

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA
FACULTE DE MEDECINE DE BLIDA

THESE POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT D'ETAT EN SCIENCES MEDICALES

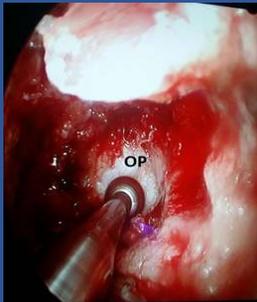
**Approches chirurgicales de différentes pathologies
de la jonction crano vertébrale**

Réalisé par :

DR RAMDANI SOUFIANE

Dirigé par :

PR BOUAITA KAMEL



JURYS

PRESIDENT : Pr DJAAFER.M

MEMBRES : Pr YACOUBI.B

Pr KHIDER.S

Pr MELIANI.A

DEDICACE

A mes parents Mohamed et Brahimi Fatma avec leur amour
inconditionnel.

A mes enfants Nada, Adam, Ines, et Nouh avec mon amour inconditionnel.

A ma belle-mère Doumandji Wahiba, avec mon grand respect et ma
profonde affection.

A Harchaoui Nabila ma femme, ma compagne et mon amie, avec mon
amour éternel.

Une pensée très profonde à ma patiente Zina rabi Yerhamha, tu resteras
gravée dans ma mémoire à vie.

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord le directeur de thèse le Pr Bouaita Kamel pour son soutien pour la réalisation de ce travail.

Un remerciement très spécial au Pr Deliba Hatem Chakib avec qui j'ai commencé ce travail.

Durant la réalisation de ce travail trois chefs de service ont dirigés le service de Neurochirurgie de l'EHS CHERCHELL, en l'occurrence les Professeurs Deliba, Meliani et Bouaita respectivement, tous les trois ont mis tous les moyens matériels et logistiques du Service qui ont rendu la réalisation de ce travail possible et pour ça je les remercie infiniment.

Je remercie également le président de jury le Pr Djaafer.M le chef de Service de neurochirurgie du CHU Mustapha pour avoir accepté de juger ce travail.

Un vif remerciement aussi au Pr Yacoubi.B, professeur en neurochirurgie au CHU de Bab El Oued de m'avoir honoré par sa contribution à l'évaluation de ce travail.

Le Pr Khider.S professeur en neurochirurgie à l'EHS Salim Zmirli est chaleureusement remercié d'avoir fait partie des membres de jurys ayant évalué ce travail.

Le Pr Meliani.A professeur en Neurochirurgie à l'EHS Cherchell, mon maitre depuis que j'étais jeune résident est également remercié pour sa participation au jugement de ce travail.

Je remercie aussi tous les résidents du service, actuels et anciens qui sont déjà neurochirurgiens, pour leur apport et aide précieuse durant la réalisation de ce travail.

Le personnel Para médical du service ; infirmiers, instrumentistes et auxilliaires anesthésistes ainsi que le personnel adiministratif de l'EHS Cherchell de Neurochirurgie sont tous remerciés pour leurs efforts quotidiens pour essayer de rendre notre tache plus facile.

ABREVIATIONS :

AAL : approche antérolatérale

AANS : American association of neurological surgery

ACA : approche cervicale antérieure

ACAH : approche cervicale antérieure haute

ACC : angle du canal clival

ACH : achondroplasie

AEE : approche endoscopique endonasale

AM : amplitude de mouvement

AOA : atlanto-occipitale antérieure

AOP : atlanto-occipitale postérieure

APC : angle ponto cérébelleux

ARM : approche retro mastoïde

ATALE : approche trans atlantale latérale extrême

ATB : approche trans basale

ATO : approche trans orale

AV : artère vertébrale

CO : condyle occipital

DAA : dislocation atlanto-axiale

DMARD : Anti rhumatoïdes modificateurs de la maladie

EFLA: extreme far lateral approach

HF: hangman's fracture

Hhg: Sonic hedgehog

IAD: intervalle atlanto dentaire

IADP : intervalle atlanto dentaire postérieur

IB : invagination basilaire

KA : kyste anévrysmal

FA : fractures de l'atlas

Fgf : fibroblast growth factor ou facteur de croissance des fibroblastes

FCO : fractures du condyle occipital

FLA : far lateral approach

FO : fractures odontoïdes

FOC : fixation occipito cervicale

FTA : fixation trans articulaire

GAG : glycosaminoglycanes

JCV : jonction cranio vertébrale

LLA : ligament longitudinal antérieur

LLP : ligament longitudinal postérieur

LOT : ligament occipital transverse

LT : ligament transverse

MFM : méningiomes du foramen magnum

MIS : mini invasive

MM : myélome multiple

MP : maladie de Paget

MPS : mucopolysaccharidoses

OI : ostéogenèse imparfaite

OO : ostéome ostéoïde

OSB : ostéoblastome

OST : ostéosarcome

PICA : artère cérébelleuse inférieure et postérieure

PR : polyarthrite rhumatoïde

SCM : sternocléidomastoïdien

SCMI : supra condylienne mini invasive

SD : syndrome de Down

SE : sarcome d'Ewing

TB : tuberculose

TCG : tumeur à cellules géantes.

VAO : vissage antérieur odontoïde

VLM : vecteur de lésion majeure

ZL : zone lâche

ZLI : zone limite intervertébrale

ZN : zone neutre

ZR : zone rigide

SOMMAIRE :

I. INTRODUCTION p10

II. HISTORIQUE DES APPROCHES CHIRURGICALES DE LA JONCTION CRANIOVERTÉBRALE p14

III. EMBRYOLOGIE ET DEVELOPEMENT DE LA JONCTION CRANIO-VERTÉBRALE p21

III.1 LE STADE PRÉSOMITIQUE

III.2 SOMITOGENESIS

III.3 LA RESEGMENTATION

III.4 DÉVELOPPEMENT PARTICULIER DE LA JCV

III.5 CONTRÔLE GÉNÉTIQUE DU DÉVELOPPEMENT DE LA JCV

III.6 DÉVELOPPEMENT VERTÉBRAL : MEMBRANEUX, CARTILAGINEUX ET OSSEUX

III.7 DÉVELOPPEMENT NEURAL

III.8 DÉVELOPPEMENT VASCULAIRE

III.9 DIFFÉRENTES MALFORMATIONS OSSEUSES DE LA JCV

IV. ANATOMIE DE LA JONCTION CRANIO-VERTÉBRALE p31

IV.1 STRUCTURES MUSCULAIRES

IV.2 STRUCTURES OSSEUSES

IV.3 LES STRUCTURES LIGAMENTAIRES ET MEMBRANAIRES

IV.4 STRUCTURES VASCULAIRES

IV.5 LES STRUCTURES NEURALES

V. BIOMÉCANIQUE DE LA JONCTION CRANIO-OVARBRALE p59

V.1 BIOMÉCANIQUE NORMALE

V.2 MÉCANISMES DE PRÉJUDICE ET D'INSTABILITÉ

VI. EXPLORATION DE LA JCV p66

VI.1 CRITERES ET LIGNES A RECHERCHER EN IMAGERIE DE LA JCV

VI.2 EXPLORATIONS RADIOLOGIQUES SELON LA PATHOLOGIE

VI.3 POLYSOMNOGRAPHIE :

VI.4 INTERET DE L'IMAGERIE POUR LA PLANIFICATION DE L'ACTE CHIRURGICAL

VII. LES PATHOLOGIES DE LA JONCTION CRANIO-VERTÉBRALE p75

VI.1 PATHOLOGIES CONGÉNITALES

VI.2 PATHOLOGIES ACQUISES DE LA JCV

VI.3 TUMEURS DE LA JCV

VI.4 PATHOLOGIES TRAUMATIQUES DE LA JCV

VIII.LES APPROCHES CHIRURGICALES ANTÉRIEURES DE LA JCV p122

VIII.1 L'APPROCHE TRANS BASALE

VIII.2 LES APPROCHES TRANS FACIALES

VIII.3 APPROCHE ANTÉRIEURE CERVICALE HAUTE

VIII.4 APPROCHE CERVICALE ANTÉRIEURE

IX. LES APPROCHES LATÉRALES DE LA JCV p180

IX.1 L'APPROCHE ANTÉROLATÉRALE

IX.2. L'APPROCHE TRANS ATLANTAIE LATÉRALE EXTRÊME

IX.3 L'APPROCHE LATÉRALE EXTRÊME : EFLA

IX.4 L'APPROCHE LATÉRALE : FLA

IX.5 L'APPROCHE RÉTROMASTOÏDE

X. APPROCHES POSTÉRIEURES DE LA JCV p212

X.1 L'APPROCHE SOUS-OCCIPITALE MÉDIANE

XI. APPROCHES MINI-INVASIVES p220

XI.1 L'APPROCHE SUPRA CONDYLAIRE MINI-INVASIVE

XI.2 L'APPROCHE LATÉRALE FLA ASSISTÉE PAR ENDOSCOPIE

XII. TECHNIQUES DE FIXATION DE LA JCV p230

XII.1 FIXATION C1C2 ANTÉRIEURE

XII.2 VISSAGE ANTÉRIEUR ODONTOÏDE

XII.3 FIXATION C2C3 ANTÉRIEURE

XII.4 FIXATION OCCIPITO CERVICALE

XII.5 FIXATION POSTÉRIEURE C1C2

XII.6 FIXATION POSTÉRIEURE C2C3

XIII. FIXATION MINI INVASIVE DE LA JCV p279

XIII.1 VISSAGE ANTÉRIEUR ODONTOÏDE MINI INVASIF

XIII.2 FIXATION POSTÉRIEURE MINI INVASIVE C1C2

TRAVAIL PRATIQUE : SERIE PERSONNELLE p287

A. L'APPROCHE ENDOSCOPIQUE ENDONASALE p294

A.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

A.2 RÉSULTATS

A.3 DISCUSSION

A.4 CONCLUSION

B. L'APPROCHE RÉTROPHARYNGIENNE SUPRAHYOÏDE p313

B.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

B.2 RÉSULTATS

B.3 DISCUSSION

B.4 CONCLUSION

C. APPROCHE CERVICALE ANTÉRIEURE p327

C.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

C.2 RÉSULTATS

C.3 DISCUSSION

C.4 CONCLUSION

D.L'APPROCHE ANTÉROLATÉRALE p344

D.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

D.2 RÉSULTATS

D.3 DISCUSSION

D.4 CONCLUSION

E. L'APPROCHE RÉTROMASTOÏDE p357

E.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

E.2 RÉSULTATS

E.3 DISCUSSION

E.4 CONCLUSION

F. L'APPROCHE LATÉRALE FLA p367

F.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

F.2 RÉSULTATS

F.3 DISCUSSION

F.4 CONCLUSION

G. L'APPROCHE SOUS-OCCIPITALE MÉDIANE POUR LA FIXATION p389

G.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

G.2 RÉSULTATS

G.3 DISCUSSION

G.4 CONCLUSION

H. APPROCHE SOUS-OCCIPITALE MÉDIANE POUR LES TUMEURS p421

H.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

H.2 RÉSULTATS

H.3 DISCUSSION

H.4 CONCLUSION

I.FIXATION MINI INVASIVE DE LA JCV p432

I.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

I.2 RÉSULTATS

I.3 DISCUSSION

I.4 CONCLUSION

I.DISCUSSION GÉNÉRALE p446

CONCLUSION p449

I. INTRODUCTION

La jonction craniale vertébrale (JCV) est une région complexe et particulière, le terme particulier est toujours présent dans la littérature à chaque fois que cette région est mentionnée, cette région est la transition entre le crâne et la colonne cervicale ; l'os occipital, l'atlas et l'axis constituent le squelette de cette région.

Nous présentons ici un travail sur les différentes approches chirurgicales utilisées pour traiter les différentes pathologies de la JCV ; notre travail commence par des notions sur l'embryologie de cette région, depuis les premières semaines de l'embryogenèse jusqu'à la segmentation et la resegmentation de la colonne vertébrale et surtout de la JCV. Cette resegmentation est différente et particulière dans cette jonction, comprendre la formation du proatlas et le développement des différentes parties de cette région transitionnelle est la clé pour comprendre les différentes malformations congénitales possibles, leur développement et leur issue.

Ensuite, l'anatomie de la JCV est détaillée, les différentes structures de la JCV sont mentionnées ; les structures musculaires, osseuses, ligamentaires, vasculaires et nerveuses sont décrites. L'idée commune de toutes ces structures est leur morphologie unique et exceptionnelle, qui est différente de toutes les autres régions de la colonne vertébrale. La compréhension et la connaissance de cette anatomie sont obligatoires pour tout chirurgien qui souhaite traiter des pathologies de la JCV.

Le prochain chapitre qui sera discuté est la biomécanique de la JCV, cette biomécanique est basée sur la compréhension de l'anatomie et des rôles des ligaments et des articulations de la JCV.

Les principaux mouvements sont la rotation axiale, la flexion-extension et la flexion latérale, cette région comprend les articulations les plus stables et les plus mobiles de toute la colonne vertébrale, qui sont respectivement les articulations occipito-atlantales et atlanto-axiales. Toute lésion ou approche chirurgicale peut influencer la stabilité de cette JCV, une fixation et une fusion peuvent être nécessaires et doivent être effectuées.

Les différentes lignes et critères craniométriques à rechercher lors de l'exploration de cette région sont présentées ensuite. Les radiographies standards en vues de face, latérale ou profil et de face en bouche ouverte ; le CT scan avec les différents plans et reconstructions 3D et l'IRM de manière multiplanaire avec ses différentes séquences sont les différentes explorations utilisées. Les explorations angiographiques (angioCT et angioMR) peuvent donner une idée sur l'anatomie et la morphologie du système vasculaire postérieur et sa relation avec la lésion pathologique et les différentes structures de la JCV. Toute pathologie a ses caractéristiques et ses schémas radiologiques spécifiques.

Les différentes pathologies de la JCV seront mentionnées par la suite, ces pathologies comprennent les lésions traumatiques, tumorales, congénitales, acquises, développementales, infectieuses et inflammatoires. Les lésions et tumeurs intra-axiales et les malformations vasculaires ne seront pas abordées ici. L'histoire naturelle, la présentation clinique, les outils de diagnostic et les modalités de traitement seront tous mis en évidence dans ce chapitre.

Ensuite, les différentes approches chirurgicales seront abordées dans quatre chapitres, y compris les approches antérieures, les approches latérales, les approches postérieures et les techniques de fixation de la JCV. À la fin des trois premiers chapitres les approches mini-invasives seront mentionnées. Après le chapitre de fixation, les techniques de fixation mini-invasives seront également mentionnées.

Les voies d'abord antérieures comprennent l'abord trans basal, les voies d'abord trans faciales avec la voie endonasale endoscopique, l'abord trans oral, l'abord trans maxillaire et l'abord labio mandibulaire, et l'abord trans cervical. Les indications, la technique, les avantages et les inconvénients de chaque voie d'abord seront présentés en détail.

Les approches latérales comprennent l'approche antérolatérale, l'approche latérale FLA, l'approche latérale extrême EFLA et l'approche rétro sigmoïdienne ; bien sûr, leurs indications, techniques, avantages et inconvénients seront également présentés en détail.

Les voies d'abord postérieures comprennent une seule voie d'abord qui est la voie d'abord sous-occipitale médiane avec ses différentes extensions et modifications. Ses indications, sa technique, ses avantages et ses inconvénients seront également abordés dans ce chapitre.

Les approches mini-invasives comprennent l'approche latérale FLA assistée par endoscopie et l'approche supra condyloire.

Les techniques de fixation seront présentées plus loin, commençant par des techniques de fixation antérieure telles que la fixation par vissage odontoïde antérieur, la fixation atlanto axiale antérieure par plaque et vis ou vis transarticulaires et la fixation C2C3 antérieure. Ensuite, les techniques de fixation postérieure seront discutées comme la fixation occipito cervicale, les techniques de fixation atlanto axiale postérieure et la technique de fixation postérieure C2C3.

La description des différentes techniques chirurgicales sera terminée par la discussion des techniques de fixation mini-invasives. Ces techniques MIS comprennent la fixation mini invasive par vis odontoïde antérieure percutanée et la fixation atlanto axiale postérieure mini-invasive.

Notre série personnelle sera ensuite présentée, la série comprend 67 patients ; les différentes approches seront discutées avec la technique détaillée que nous utilisons pour chaque approche, les résultats et la discussion de la littérature relative à chaque approche.

Les approches que nous avons utilisées comprennent les approches endoscopique endo nasale, cervicale haute et cervicale antérieure pour les approches antérieures ; les approches antérolatérale, latérale FLA et rétro sigmoïde pour les approches latérales ; et l'approche sous-occipitale médiane utilisée pour la fixation ou pour les tumeurs comme approche postérieure.

À la fin, nous présentons la série de patients traités par des techniques mini-invasives, la série comprend sept patients traités en utilisant ces techniques.

II.HISTORIQUE DES APPROCHES CHIRURGICALES DE LA JCV

Les chirurgiens ont toujours été intéressés par la JCV, en raison de la complexité de son anatomie et de ses caractéristiques biomécaniques, mais aussi des différentes pathologies qui la touchent et qui nécessitent une intervention chirurgicale.

Le développement des approches chirurgicales de la JCV telles que nous les connaissons aujourd'hui a évolué au cours des cent dernières années ; l'évolution des modalités d'imagerie, des connaissances anatomiques et des techniques microchirurgicales a permis de développer différentes techniques chirurgicales. Les progrès réalisés en matière d'instrumentation rachidienne permettent aujourd'hui aux chirurgiens de gérer efficacement les pathologies instables complexes de la JCV.

La planification de la procédure chirurgicale est désormais possible grâce à différentes modalités radiologiques, pour identifier la lésion pathologique avec la définition de ses limites et de ses extensions et même la reconstruction 3D des éléments osseux, neuraux et vasculaires.

Le développement des outils radiologiques a commencé en 1891 par Roentgen où les structures osseuses ont été visualisées pour la première fois à l'aide de la radiographie ⁽⁵¹³⁾. Dandy en 1919 a décrit la myélographie gazeuse, Sicard en 1921 a développé l'étude de la myélographie en utilisant l'agent Lipiodol ⁽⁵⁰¹⁾. À la fin des années 1960 Hounsfield a mis au point une technique utilisant les données des rayons X pour reconstruire des images en 3D et le premier scanner du cerveau a été réalisé en 1971 ⁽⁵¹³⁾, pour la première fois dans l'histoire, des images du cerveau et de la colonne vertébrale trop proches de la réalité ont été obtenues. Par la suite, le développement de l'IRM basé sur les travaux de Bloch et Purcell a permis d'obtenir des images en 3D de la colonne cervicale et de la JCV avec ses structures neurales, vasculaires et osseuses. La planification de l'acte chirurgical et la préparation de l'implantation du matériel d'ostéosynthèse ont été possibles. Le développement s'est poursuivi ces dernières années en introduisant le scanner et l'IRM dans le champ chirurgical pour contrôler la qualité de la résection et la mise en place du matériel.



Figure 2.1 Godfrey Hounsfield, créateur du premier scanner. IL l'a appelé scanographe.

Les approches antérieures de la JVC comprennent les approches trans basale, trans orale, endoscopique endo nasale, trans maxillaire, trans mandibulaire et trans cervicale.

L'approche trans-basale a été utilisée par Unterberger en 1958 pour réparer une lésion traumatique de la base du crâne (638). Derome a introduit cette approche en 1982 pour traiter différentes lésions de la base du crâne de la ligne médiane, de l'étage antérieur au clivus (195). Feiz-Erfan et al ont récemment décrit en 2008 la classification des différentes extensions de l'approche trans basale (232).

L'approche trans orale a été décrite pour la première fois par Kanaval en 1917 pour l'extraction d'une balle entre l'atlas et le clivus (350), cette approche a été affinée par la suite par de nombreux auteurs tels que Crockard et Menezes (176), elle est toujours considérée par de nombreux chirurgiens comme la référence pour le traitement des pathologies congénitales, développementales et acquises de la JCV avec compression antérieure.

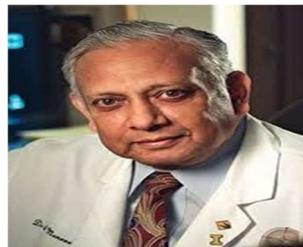


Figure 2.3 Arnold Menezes, Neurochirurgien de la JCV de renommée internationale.

L'approche endoscopique endo nasale de la JCV pour réaliser une odontoïdectomie a été décrite en 2005 pour la première fois par Kassam.A et al (356), pour devenir l'une des approches les plus importantes utilisées aujourd'hui pour le traitement de l'invagination basilaire.



Figure 2.2 Amin Kassam, le premier à décrire l'odontoïdectomie endoscopique endonasale avec l'équipe de Pittsburg.

L'approche cervicale haute a été signalée en 1966 par Stevenson et al pour le traitement d'un chordome clival ⁽⁶⁰³⁾, elle a été mentionnée dans 21 articles jusqu'à présent ⁽⁴⁶¹⁾, cette approche présente de nombreux avantages mais ses indications ne sont pas claires dans la littérature.

Les approches latérales comprennent l'approche antérolatérale, l'approche latérale FLA, l'approche latérale extrême EFLA et l'approche rétro sigmoïde.

L'abord antérolatéral a été décrit à la fin des années 1980 par Georges et al pour traiter les pathologies autour du troisième segment de l'artère vertébrale, l'artère vertébrale a été mobilisée et transposée pour l'exérèse des lésions extradurales situées antérieurement ⁽⁹⁸⁾. Cette approche a également été utilisée par Pamir et al en 2003 pour la résection d'odontoïde dans les cas d'invagination basilaire ⁽⁶³⁶⁾.

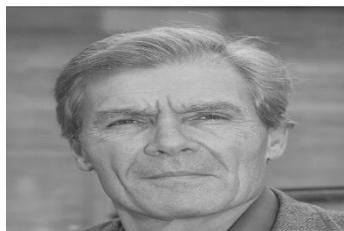


Figure 2.4 Bernard Georges, neurochirurgien français réputé pour ses travaux sur l'artère vertébrale et ses approches chirurgicales.

L'abord latéral FLA a été signalé par Heros et al en 1986 pour le traitement des anévrismes vertébro basilaires ⁽²⁹⁸⁾, cet abord a été décrit par Georges et al comme un abord postéro-latéral pour la résection des méningiomes du foramen magnum. Spetzler et al ont signalé une modification de cette approche ⁽⁵⁹⁵⁾.

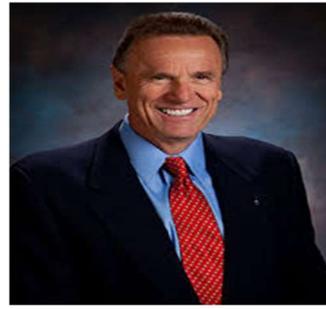
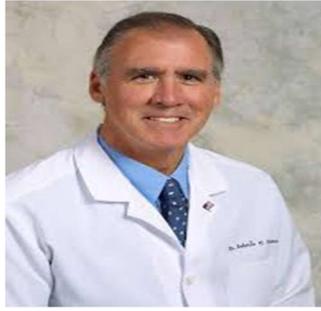


Figure 2.5 Roberto Heroes sur l'image de gauche et Robert Spetzler sur l'image de droite, tous deux avaient fait beaucoup de travaux sur l'approche latérale FLA.

L'abord latéral extrême EFLA a été décrit en 1991 par Sekhar et al, ils ont utilisé cette approche pour traiter les méningiomes du foramen magnum ; l'artère vertébrale a été totalement mobilisée pour accéder à l'espace antérieur du foramen magnum. (568)



Figure 2.6 Laligam Sekhar a décrit l'approche latérale extrême pour le traitement des méningiomes du foramen magnum.

L'approche rétro sigmoïde ou approche latérale sous occipitale a été décrite pour la première fois par Dandy dans les années 1920 pour le traitement des neurinomes de l'angle ponto-cérébelleux ; cette approche a été développée plus tard avec différentes extensions au-dessus et en dessous de la JVC.

Les approches postérieures comprennent l'approche sous-occipitale médiane, qui est l'une des approches les plus anciennes et les plus classiques utilisées pour traiter les pathologies de la JCV ; elle a été utilisée pour la première fois par Cushing pour traiter les lésions de la fosse postérieure.

Les techniques de fixation de la JCV comprennent le vissage antérieur de l'odontoïde, la fixation occipito cervicale et la fixation atlanto-axiale.

Le vissage antérieur de l'odontoïde a été publié en 1982 par Bohler pour la première fois ⁽¹²¹⁾, Kazan et al ont décrit en 1999 la technique percutanée de fixation par vis odontoïde antérieure ⁽³⁵⁹⁾.

La fixation occipito cervicale a été signalée pour la première fois par Foerster en 1927 en utilisant des greffons péroniers et tibiaux ⁽²³⁸⁾, Hamblen et al en 1967 ont décrit leur expérience de l'utilisation du greffon osseux avec ou sans fil ⁽²⁸⁶⁾. Sonntag et Dickman ont décrit en 1993 la technique de fixation occipito cervicale à l'aide de fil et de tige ⁽²⁰⁸⁾ ; la tige avait la forme d'un U inversé. En 2003, Gonzalez et al ont publié un rapport sur l'utilisation de vis transarticulaires passant par la masse latérale de C1 aux condyles occipitaux. Aujourd'hui, l'utilisation des plaques, des tiges et des vis poly axiales est répandue dans le monde entier.

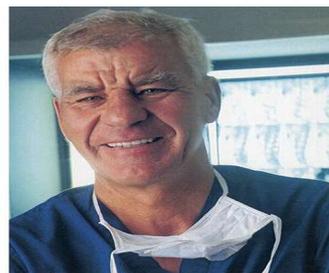


Figure 2.7 Curtis Dickman à gauche et Volker Sonntag à droite.

Les techniques de fixation atlanto-axiales ont commencé avec les techniques de laçage en 1939 par Gallie, puis Brooks en 1978 ⁽²⁰⁸⁾ ; Sonntag a modifié la technique de Gallie par la suite. En 1975, Tucker a décrit la fixation atlanto-axiale de Halifax à l'aide de pinces sans laçage⁽⁶³⁴⁾. En 1987, un grand progrès a été réalisé lorsque Magerl a décrit une fixation trans articulaire passant par les pars et la surface articulaire supérieure de C2 puis la surface articulaire inférieure de C1 avec le grand avantage d'une stabilisation immédiate ⁽⁴¹²⁾. Plus tard en 1994, Goel et Lahiri ont décrit une technique de fixation utilisant une plaque et des vis placées dans la masse latérale de C1 et le pédicule de C2 ⁽²⁶³⁾, Harms et Melcher ont popularisé cette technique en utilisant des tiges et des vis poly axiales en 2001 ⁽²⁹³⁾ Joeffer et al ont utilisé une technique mini-invasive en 2005 pour la fixation atlanto-axiale ⁽³⁴¹⁾.



Figure 2.8 Atul Goel, neurochirurgien indien le premier à décrire la fixation de la masse latérale de l'atlas.

Avec le développement de toutes les approches chirurgicales et techniques de fixation et de fusion précédentes, le chirurgien qui veut traiter les pathologies de la JCV doit maîtriser ces approches et techniques pour donner à son patient la meilleure option et l'approche adaptée pour traiter sa pathologie.

III. EMBRYOLOGIE ET DEVELOPEMENT DE LA JCV

Le terme JCV fait référence à la partie de l'os occipital qui entoure le foramen magnum, l'atlas et l'axis. L'embryologie de la JCV est particulière et complexe, sa compréhension permettra d'assimiler mieux l'anatomie et la biomécanique, ces trois chapitres sont primordiaux pour une bonne prise en charge thérapeutique des lésions de la JCV.

Le terme JCV, fait penser à une zone de transition entre le crâne et la colonne vertébrale ; en fait, cette transition existe anatomiquement mais l'origine embryologique des différentes parties de la JCV est assez similaire, nous verrons cela plus loin ⁽³⁶⁰⁾.

Les anomalies osseuses qui affectent la JCV peuvent entraîner une compression nerveuse, un compromis vasculaire et des anomalies de la dynamique du liquide cébrospinal ⁽³⁶¹⁾.

III.1 LE STADE PRÉSOMITIQUE :

Au 4ème jour de la fécondation, il se forme un blastocyste, qui est une masse de 32 cellules, un embryon à deux couches, suspendu entre le sac amniotique et le sac vitélin ⁽³⁶⁰⁾. La gastrulation est le processus de transformation de l'embryon à deux feuillets en embryon à trois feuillets, elle aura lieu pendant la troisième semaine de la gestation, ainsi pendant la deuxième semaine une ligne primitive médiane se développe en caudal et s'allonge au niveau crânial, puis elle régresse ⁽⁴⁸⁶⁾. Alors que la ligne primitive s'allonge, les cellules épiblastiques s'invaginent à l'intérieur d'elle à travers le sillon primitif et forment l'endoderme ⁽¹⁷⁹⁾, plus tard lorsqu'elle régresse en caudal, les cellules invaginées migrent entre l'épiblaste et l'endoderme pour former le mésoderme ⁽⁵³²⁾.

Le reste de l'épiblaste se développe en un neuroectoderme et un ectoderme pour remplacer les cellules invaginées ⁽²¹⁰⁾. À l'extrémité crânienne de la ligne primitive se trouvent le nœud de Henson et la fosse primitive qui est l'extension crânienne du sillon primitif, lorsque la ligne primitive régresse, la notocorde médiane est formée à partir des cellules invaginées du nœud de Henson à travers la fosse primitive. La notocorde médiane continue de s'allonger tandis que la ligne primitive régresse caudalement ⁽⁴⁷⁹⁾. À l'extrémité céphalique de l'embryon,

le neuroectoderme recouvrant la notocorde commence à s'épaissir et se différencie pour former la plaque neurale. (57)

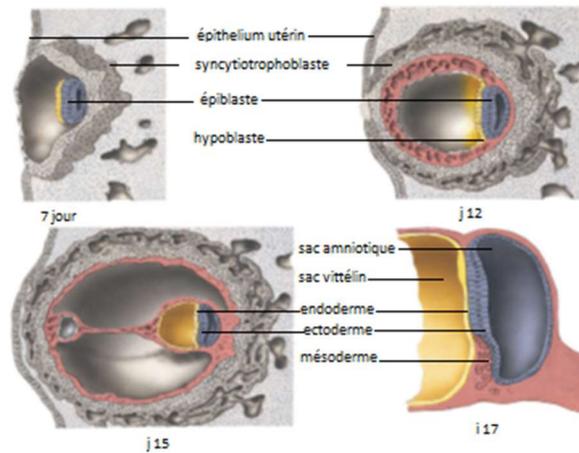


Figure 3.1 : formation d'un blastocyste pendant les deux premières semaines. (385)

Il faut noter que la polarité rostrocaudale (antéro-postérieure) de l'embryon est claire très tôt pendant la gastrulation, le mésoderme pré chordal, rostral par rapport à la vésicule otique se développera en os et en musculature de la tête et du visage. Caudalement à la vésicule otique les cellules épiblastiques se condensent pour former le mésoderme pré chordal de chaque côté de la notocorde allant de la vésicule otique au blastopore pour former le futur axe du corps de l'occiput à l'anus (le mésoderme se sépare en somites). Après une régression complète de la ligne primitive, le blastopore se referme, un groupe de cellules restructuré appelé bourgeon caudal ou éminence caudale est laissé à l'extrémité caudale de la ligne primitive et fonctionne comme un blastème de cellules non différenciées. Ces dernières et les somites caudaux ne proviennent pas d'une régression épiblastique, mais de la condensation des progéniteurs in situ. (188) (210)

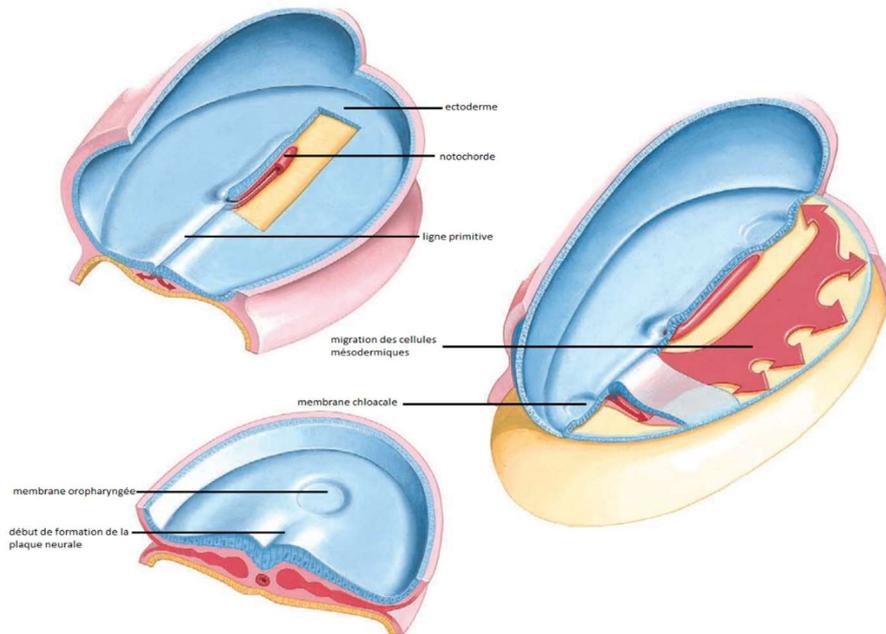


Figure 3.2 : Gastrulation transformant l'embryon de deux à trois feuilletts ou disques. (385)

III.2 SOMITOGENESE :

La somitogenèse commence peu après l'internalisation du mésoderme, elle commence juste caudalement à la vésicule otique et suit une direction rostrocaudale, la transformation du mésoderme présomitique en une forme métamérique suit comme Cooke et Zeeman l'ont dit un modèle en "horloge et front d'onde", ou "clock and wavefront" (210) (459) (479). Ainsi, elle suit une oscillation périodique avec transformation rostrocaudale en somites, l'horloge génère une périodicité temporelle qui s'exprimera spatialement avec les limites des somites. (518)

Au niveau moléculaire, l'horloge est contrôlée par le gène 8 du facteur de croissance des fibroblastes (fgf8), la surexpression du fgf8 entraîne une inhibition de la somitogénèse. On pense que la spécification d'une vertèbre est contrôlée par les gènes de la homéo box (363). Peu après avoir été développé, un somite se réorganisera en sclérotome ventral autour de la notocorde et en dermomomyotome dorsal. Cette réorganisation est régulée par la notocorde, très probablement par l'expression du sonic hedgehog (hhg). (371)

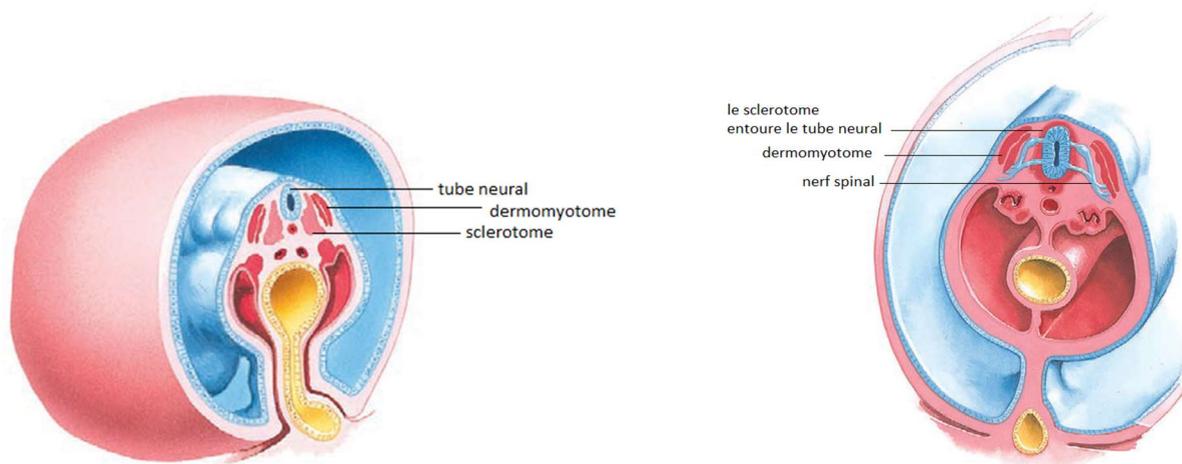


Figure 3.3 Durant la somitogenèse le mésoderme se transforme en somites réorganisés en sclérotome et dermomyotome autour de la notocorde. (385)

III.3 LA RESEGMENTATION :

La re-segmentation a été proposée par Remak en 1855 et fait toujours l'objet de débats jusqu'à présent. Après la formation des somites, une autre réorganisation aura lieu. Les cellules sclérotomiques migrent autour de la notocorde en région ventrale et autour du tube neural en région dorsale, et les limites métamériques entre les somites changent à nouveau, en commençant dans le sclérotome latéral avec une subdivision en une partie crânienne lâche et une partie caudale dense et tassée, séparées par une fente hypo cellulaire appelée Fissure de Von Ebner (151). La partie crânienne lâche attire et soutient la croissance du tissu nerveux périphérique du tube neural et des crêtes neurales, mais ne se développe jamais en vertèbre. Le mésenchyme dense caudal prend une forme triangulaire, la face tournée vers le sclérotome axial en position ventrale devient le corps vertébral et donne naissance au pédicule, la face tournée vers le sclérotome en position dorsolatérale devient l'arc neural et la face tournée vers le sclérotome ventrolatéral devient le processus costal (458).

La surface crânienne de la partie caudale constituera la zone limite intervertébrale (ZLI) qui formera l'anneau fibreux du disque intervertébral, la limite supérieure de la future vertèbre sera au sommet de la partie caudale, ce qui explique pourquoi le nerf provenant de la partie crânienne lâche se situera sous le pédicule (486), chaque future vertèbre proviendra d'une partie caudale du somite et de la partie crânienne du somite sous adjacent (80) (367).

III.4 DEVELOPPEMENT PARTICULIER DE LA JCV :

La JCV se forme à partir des 4 somites occipitaux et 3 premiers somites cervicaux (234). Les trois premiers somites occipitaux ne subissent pas de résegmentation, leurs sclérotomes axiaux péri chordaux fusionneront pour donner le futur basioccipit rostral, et les sclérotomes latéraux comme les sclérotomes vertébraux forment des zones denses et lâches ; la zone lâche du deuxième et troisième sclérotomes donnera le nerf et l'artère hypoglosses et la zone dense donnera le canal hypoglosse osseux (309) (457).

Le quatrième somite occipital va subir une re-segmentation, sa partie caudale dense va rejoindre la partie crânienne lâche du cinquième somite pour former un sclérotome appelé proatlas (234). La partie crânienne du proatlas rejoindra les trois premiers sclérotomes pour former le basioccipit et la partie caudale donnera le segment apical de la dent, et plus tard une séparation entre le basioccipit et cette dent apicale à travers le proatlas donnera à la JCV sa forme de charnière et ceci est bien sûr médié par des gènes spéciaux (601). La partie latérale du proatlas donnera dans sa région dense les exo-occipitaux qui formeront plus tard les condyles occipitaux et le bord antérolatéral du foramen magnum, la partie lâche donnera le premier nerf cervical (569).

En avant de la notocorde du proatlas, il y a un arc hypochordal qui donnera le tubercule clival antérieur (26). Les premier et second sclérotomes cervicaux résultent de la resegmentation des somites 5,6 et 7 à partir de la partie caudale du somite 5, les sclérotomes axiaux de ces deux derniers donneront le segment basal de la dent et le corps de l'axis.

Les ZLI ne deviendront pas des disques intervertébraux comme ci-dessous mais donneront les synchondroses supérieure et inférieure de la dent (58).

Le ligament apical dérive du proatlas pour certains auteurs et de la notocorde pour d'autres (300). Les ligaments alaires et le ligament transversal dérivent de la composante axiale du premier sclérotome cervical (300). La zone dense latérale du premier sclérotome cervical se développera en arc postérieur de l'atlas et la zone dense latérale du second sclérotome cervical donnera l'arc de l'axis, leurs zones lâches formeront les deuxième et troisième nerfs cervicaux et leurs artères segmentaires. L'arc hypochordal du premier sclérotome cervical donnera l'arc antérieur

de C1, il faut mentionner qu'il n'y a pas d'arc hypochordal plus caudalement à l'atlas. (26)

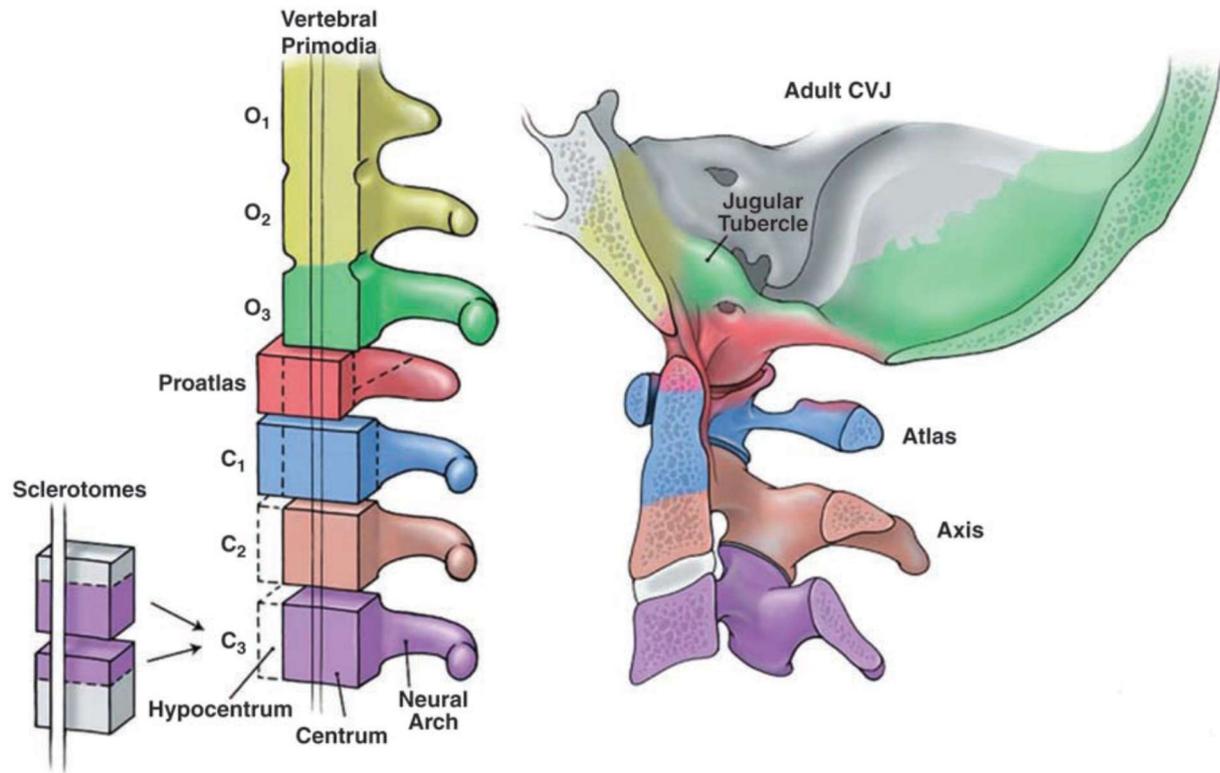


Figure 3.4 Re-segmentation et formation de la JCV (57).

III.5 CONTRÔLE GÉNÉTIQUE DU DÉVELOPPEMENT DE LA JCV:

Les gènes Hox sont responsables de la planification du corps et de la détermination de l'identité de la position du segment pré vertébral le long de l'axe embryonnaire. Chez l'homme, il y a 39 gènes Hox répartis en quatre groupes de liaison A, B, C et D, sur quatre chromosomes différents (6, 11, 15 et 2), les gènes Hox sont exprimés dans les cellules mésodermiques et ectodermiques le long de l'axe du corps (162).

Par exemple chez les souris, le Hox d-3 est un gène important pour la pré vertèbre C1, son inactivation entraîne la transformation du C1 en vertèbre occipitale, produisant des souris mutantes avec assimilation occipitale du C1 (162).

La famille des gènes Pax est impliquée dans la re-segmentation sclérotomique, il y a neuf gènes Pax dans la famille des mammifères, tous sauf Pax-1 et Pax-9 sont responsables du développement du névraxe, ces deux derniers contrôlant en particulier la formation des limites entre les tissus, donc l'action

de Pax-1 dans la future ZLI aide à délimiter le site et l'étendue d'une ségrégation des somites. Le Pax-1 est également exprimé de manière intense dans le sclérotome ventral, ce qui suggère un rôle dans la médiation de la spécification dorsoventrale du somite. Inversement la fusion normale de certains sclérotomes adjacents n'a lieu que lorsque l'expression du Pax-1 est désactivée, par exemple dans la JCV de l'embryon du poussin, l'inexpression du Pax-1 est synchronisée exactement au moment où les sclérotomes occipitaux fusionnent pour former le basioccipit. (571)

III.6 DÉVELOPPEMENT VERTÉBRAL : MEMBRANEUX, CARTILAGINEUX ET OSSEUX :

La formation de la notochorde, la formation du somite, la segmentation du sclérotome et la migration des cellules sclérotomiques autour de la notochorde et du tube neural ont lieu dans la troisième semaine et constituent le stade membraneux du développement vertébral⁽¹⁰⁾.

À la quatrième semaine, deux centres de chondrification apparaissent, un de chaque côté de la notochorde dans le futur corps vertébral et un centre de chaque côté de l'arc neural, et commencent à se former et à se rejoindre, les cellules de la notochorde sont limitées dans un disque intervertébral pour former le nucleus pulposus, cette notochorde va régresser et disparaître au niveau de l'os occipital où aucune re-segmentation ne se produit (502).

Vers la septième à la huitième semaine de gestation, l'ossification commence au milieu de la région thoracique et s'étend en région rostrale et caudale (626).

Entre la dixième et la douzième semaine de gestation, la chondrification se produit dans différentes parties de l'os occipital et un à deux centres apparaissent sur chaque partie de l'os occipital. La fusion de la partie supra occipitale avec la partie exo occipitale se produit vers deux ans de vie et la fusion de la partie basi occipitale et exo occipitale ne se produit pas avant quatre ans (626).

Pour l'atlas, il existe trois centres d'ossification, deux sur les masses latérales et un sur l'arc antérieur, et l'ossification complète par la jonction de ces trois points se produit entre six et huit ans de vie (502).

Pour l'axis, il est ossifié à partir de six centres ; deux centres pour l'arc apparaissant vers la septième à la huitième semaine de gestation, un centre pour le corps apparaît entre le quatrième et le cinquième mois de vie fœtale ; juste au-dessus du corps dans la dent, deux centres font leur apparition au sixième mois, une synchondrose sous-dentaire sépare la base de la dent du corps et ils s'ossifient entre trois et six ans de vie. Le sixième centre apparaît à l'extrémité supérieure de la dent à la deuxième année de vie et commence à se développer vers six ans de vie et il ne fusionne avec le reste de la dent qu'autour de 10 à 12 ans de vie (502).

III.7 DÉVELOPPEMENT NEURAL :

Au cours de la troisième semaine de gestation, l'ectoderme situé sur la notochorde s'épaissit et se différencie en un ectoderme neural qui forme la plaque neurale, cette plaque s'incurve en son milieu pour former le sillon neural. De chaque côté de celle-ci, les plis neuronaux l'enserrent. Au cours de la quatrième semaine, les plis neuronaux commencent à fusionner dans la ligne médiane pour former un tube, qui se produit au niveau de la future jonction atlanto-occipitale et correspond au quatrième somite et se poursuit rostralement et caudalement, au cours de la sixième et de la septième semaine, la moelle épinière et le cerveau se différencient en différentes parties, le toit du quatrième ventricule s'amincit sur la ligne médiane pour former le foramen de Magendie et latéralement de chaque côté les foramens de Luschka et une connexion entre le quatrième ventricule et l'espace sous-arachnoïdien se produit à la septième semaine (57).

Il faut mentionner que l'expansion de la fosse postérieure est le résultat d'un déplacement cérébelleux vers le bas avec la rotation des lobes temporaux et occipitaux du cerveau et la participation de la croissance synchondrodriale. (57)

III.8 DÉVELOPPEMENT VASCULAIRE :

Au début de la cinquième semaine, le tube neural contient à son extrémité rostrale trois vésicules enfouies dans un tissu conjonctif dense appelé meninx primitiva. Au sein de cette membrane, les cellules endothéliales s'assemblent pour former des cordons angioblastiques qui se canalisent ensuite pour constituer un réseau plexiforme autour du tube neural (422).

Au cours de la cinquième semaine, une communication est établie entre le primordium cardiaque avec les veines cardinales et les deux aortes primitives, puis l'espace péri neural est réorganisé en système capillaire profond et superficiel avec une paire d'artères du système carotidien ventral au prosencéphale et deux artères neurales longitudinales ventrales au rhombencéphale et des sinus primaires de la tête veineuse de chaque côté du tube neural (105).

Le système carotidien s'anastomose avec le système longitudinal par des artères segmentaires ; l'artère pro atlantale, l'artère trigémينية et l'artère hypoglosse. Ces anastomoses régresseront avec l'établissement de l'artère communicante postérieure caudale au système carotidien avec l'artère neurale longitudinale ventrale ipsilatérale ; en même temps, les artères longitudinales ventrales tendent à fusionner à la ligne médiane pour former l'artère basilaire et donner naissance à l'artère vertébrale de chaque côté et à l'artère spinale antérieure (643).

III.9 DIFFÉRENTES MALFORMATIONS OSSEUSES DE LA JCV :

Différentes anomalies peuvent se produire au niveau de la JCV, ces anomalies peuvent toucher l'occiput, l'atlas et l'axis :

-Anomalies occipitales : hypoplasie condylienne, platybasie, troisième condyle occipital (571).

-Anomalies de l'atlas : assimilation ou occipitalisation de l'atlas, hypoplasie ou aplasie de l'arc antérieur, hypoplasie ou aplasie de l'arc postérieur, foramen arqué ou posticus ponticus (57) (361).

-Anomalies de l'axis : ossiculum terminale, hypoplasie de la dent, fusion atlanto-axiale, os odontoïdeum (encore débattu, congénital ou traumatique) (59).

-Invagination basilaire : il s'agit d'une affection caractérisée par une ascension de la colonne cervicale supérieure dans le foramen magnum, généralement c'est le processus odontoïde, cette affection est associée à une ou plusieurs des anomalies sus décrites (59) (61).

IV. ANATOMIE DE LA JCV

La JCV est une région originale et particulière avec une anatomie complexe, c'est une zone de transition entre le crâne et la colonne vertébrale, l'ancrage anatomique de cette région est l'occiput, l'atlas et l'axis, il contient le tronc cérébral, la partie supérieure de la moelle épinière et les nerfs crâniens inférieurs. Elle donne également passage aux artères vertébrales originaires du tronc basilaire dans leurs portions intradurales (506). La JCV est une région très mobile, et tout cela est possible grâce à un complexe de structures ligamentaires et musculaires, et malgré cette mobilité, une stabilité rigide est assurée par ces mêmes éléments (13).

La connaissance anatomique précise des éléments de la JCV est primordiale pour la prise en charge chirurgicale de ses anomalies. La JCV abrite des structures neuro vasculaires sensibles devant être préservés durant la procédure chirurgicale. Un deuxième élément primordial de la chirurgie de la JCV est de garantir une stabilité mécanique de celle-ci.

IV.1 STRUCTURES MUSCULAIRES :

La connaissance des structures musculaires de la JCV impose une étude de l'ensemble de la musculature du cou.

IV.1.A LES MUSCLES POSTÉRIEURS :

Il existe quatre plans ou couches de muscles :

-La première couche est constituée par le **muscle trapèze**, il est issu de la protubérance occipitale externe, du ligament nuchal et des épines des sept vertèbres cervicales et de toutes les vertèbres thoraciques, il s'insère sur le tiers latéral de la clavicule pour les fibres supérieures, sur le bord de l'acromion et le bord supérieur de l'épine de l'omoplate pour les fibres moyennes et sur l'épine de l'omoplate pour les fibres inférieures. Son action consiste à élever le bras au-dessus de la tête, et il est innervé par le nerf spinal accessoire (46).

-La deuxième couche est constituée des splenius capitis et cervicis, du levator scapulae, du scalène postérieur et du scalène moyen. Le **splenius capitis** est issu du ligament nuchal, des sept vertèbres cervicales et des six premières vertèbres thoraciques, il s'insère sur la face latérale et inférieure de la mastoïde et le tiers latéral de la ligne nuchale supérieure (343), **Le splenius cervicis** est latéral à ce dernier et comme lui il provient du ligament nuchal, des sept

vertèbres cervicales et des six premières vertèbres thoraciques, il s'insère sur les apophyses transverses des trois vertèbres cervicales supérieures sous le levator scapulae. Ils sont innervés par le rami dorsal des nerfs cervicaux moyens, ils fléchissent la tête latéralement et la font tourner ipsilatéralement, et lorsqu'ils agissent avec leurs homologues de l'autre côté, ils étendent le cou (27). Le **levator scapulae** est issu des apophyses transverses (sur leurs tubérosités postérieures) des quatre vertèbres cervicales supérieures, il s'insère sur la face supérieure du bord médian de l'omoplate. Il est innervé par le rami ventral du troisième et quatrième nerfs cervicaux et le rami dorsal du cinquième nerf cervical. Son action consiste à incliner l'omoplate vers l'avant et contribue à la stabilisation de la colonne cervicale (343). Le **scalène postérieur** provient des tubercules postérieurs des apophyses transverses de C4 à C6 et s'insère sur le bord externe de la deuxième côte, il est innervé par le rami antérieur des nerfs C7 et C8(46). Le **scalène moyen** est issu des tubérosités postérieures des apophyses transversales de C2 à C7 et s'insère sur le bord postérieur de la première côte, il est innervé par le rami antérieur des nerfs de C3 à C8. Leur action est la même, fléchissant le cou latéralement mais aidant surtout lors de l'inspiration forcée. (46)

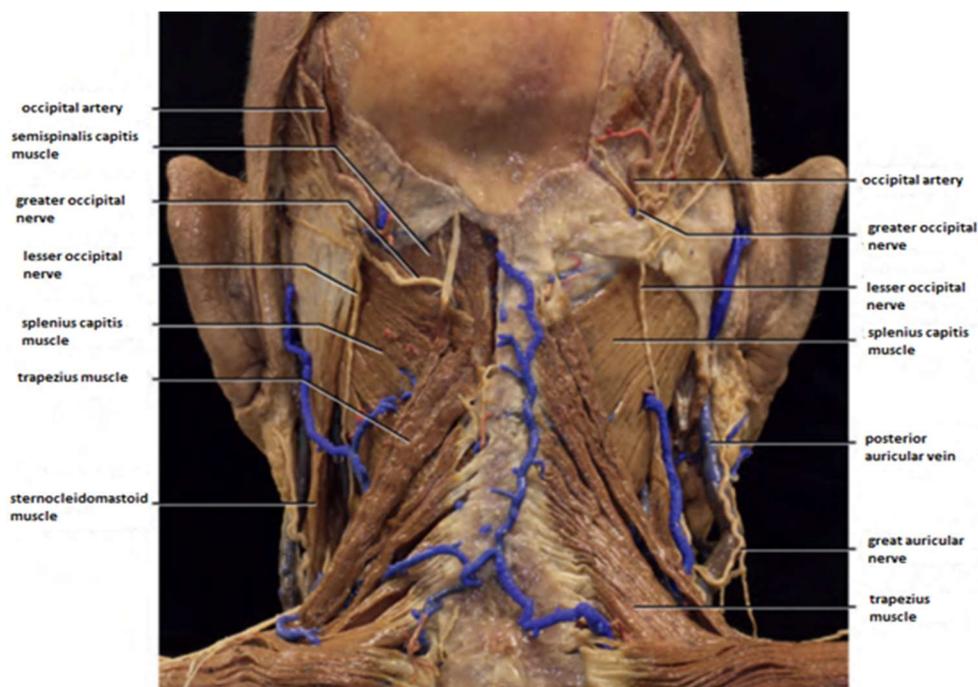


Figure 4.1 Les première et deuxième couches de muscles couvrant la partie postérieure du cou (506)

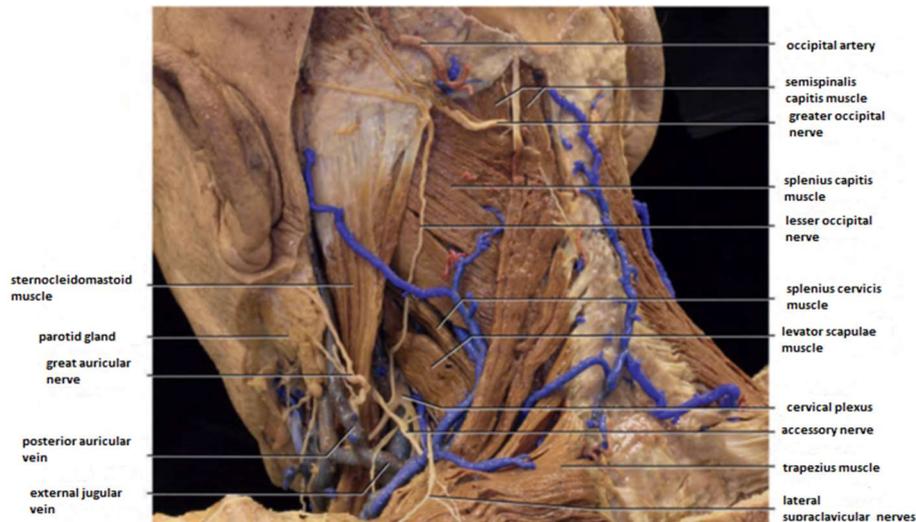


Figure 4.2 Vue postéro-latérale des première et deuxième couches des muscles postérieurs du cou (506)

-La troisième couche est composée de longissimus cervicis et capitis, semispinalis cervicis et capitis, interspinalis et intertransversarii. Le **longissimus cervicis et capitis** proviennent des apophyses transversales de la colonne cervicale et thoracique supérieure et s'insèrent sur les apophyses transversales pour le cervicis et sur l'apophyse mastoïde pour le capitis. Ils fléchissent latéralement la tête et le cou. Le **semispinalis cervicis** provient des apophyses transverses de la colonne thoracique et cervicale et s'insère sur les apophyses épineuses des vertèbres supérieures. Le **semispinalis capitis** provient des apophyses transversales de T1 à T6 et s'insère sur la partie médiane de l'os occipital entre les lignes nucales supérieure et inférieure. Les semispinalis sont les muscles les plus grands du cou postérieur, ils fléchissent et font tourner le cou lorsqu'ils sont activés unilatéralement et l'étendent lorsqu'ils sont activés bilatéralement. Les **muscles inter épineux** sont insérés entre deux apophyses épineuses et sont bien développés dans la région cervicale, ils sont innervés par le rami dorsal des nerfs cervicaux. Les **muscles inter transversaires** sont insérés entre les apophyses transverses et sont innervés par le rami ventral des nerfs cervicaux. (46)



Figure 4.3 La troisième couche des muscles dans la partie postérieure du cou (506)

-La quatrième couche est composée des muscles sous-occipitaux, le rectus capitis posterior major, le rectus capitis posterior minor, le muscle oblique inférieur capitis et le muscle oblique supérieur capitis. Le **rectus capitis posterior major (grand droit)** provient de l'apophyse épineuse de l'axis et s'insère sur l'os occipital juste en dessous de la ligne nucale inférieure (343). Le **rectus capitis posterior minor (petit droit)** provient de la tubérosité postérieure de l'arc postérieur de l'atlas et s'insère sur l'occiput juste en dedans du posterior major, ils font tourner la tête ipsilatéralement et ce sont des muscles posturaux (46). Le **muscle oblique supérieur capitis** provient du processus transverse de C1 et s'insère sur l'occiput entre les lignes nucales supérieure et inférieure, il stabilise la tête et la fléchit. Le **muscle oblique inférieur capitis** provient de l'apophyse épineuse de C2 et s'insère sur l'apophyse transverse de C1, il fait tourner la tête en tirant sur C1, c'est pourquoi on l'appelle capitis même s'il ne s'insère pas sur le crâne. (46)

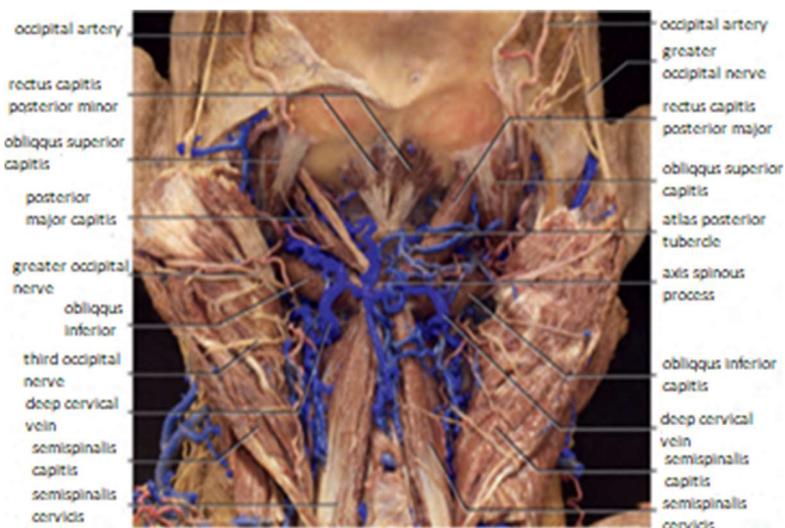


Figure 4.4 La couche profonde ou muscles sous-occipitaux de la partie postérieure du cou (506)

IV.1.B LES MUSCLES ANTÉRIEURS :

La couche superficielle est constituée par le **muscle platysma (peaucier du cou)** qui n'a pas d'insertion sur la colonne cervicale et ne joue aucun rôle dans sa stabilisation. Le muscle superficiel le plus important est le **muscle sternocléidomastoïdien** qui provient de la mastoïde et qui s'insère avec deux chefs sur la clavicule et le sternum, son action est de fléchir la tête et de faire tourner le visage vers le côté controlatéral et vers le haut, il est innervé par le nerf spinal accessoire et les branches des deuxième et troisième nerfs cervicaux, il y a aussi le digastrique, le supra-hyoïde, l'omohyoïdien, le sternohyoïdien, les muscles omotrachéaux qui n'ont aucune action sur la colonne vertébrale mais qu'il est important de connaître lors d'une intervention chirurgicale (voir ci-dessous dans les triangles antérieurs)⁽⁴⁴⁴⁾.

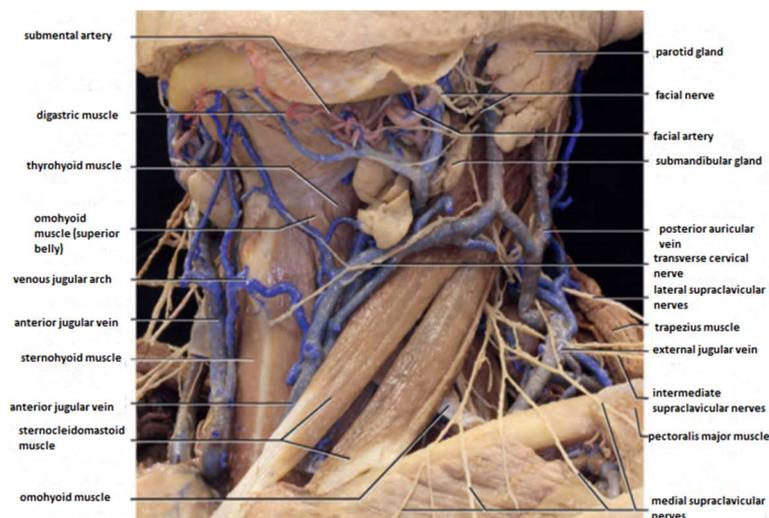


Figure 4.5 Vue antérieure des muscles antérieurs du cou (le platysma a été reséqué) (506)

-La couche profonde est constituée des muscles pré vertébraux, le longus colli, le rectus capitis antérieur et le rectus capitis latéral. Le **longus colli (muscle long du cou)** est le muscle le plus grand et le plus médian qui provient de la tubérosité antérieure de l'atlas et qui s'insère sur les corps vertébraux de toutes les vertèbres cervicales et de la partie supérieure du thorax ainsi que sur les apophyses transverses de C3 à C6. Le **rectus capitis anterior** est un muscle large et court, il provient de la face ventrale de la masse latérale de l'atlas et s'insère sur l'occiput juste en avant du condyle occipital. Le **rectus capitis lateralis** est un muscle court, il provient de la face antérieure de l'apophyse transverse de C1 et s'insère sur

l'apophyse jugulaire de l'occiput juste en arrière du foramen jugulaire (46) (444).

Ils agissent comme des stabilisateurs du crâne sur la colonne cervicale et fléchissent la tête sur la colonne cervicale, ils sont innervés par le rami ventral des nerfs cervicaux. Juste en avant d'eux, on trouve l'espace rétro pharyngien(343) (444).

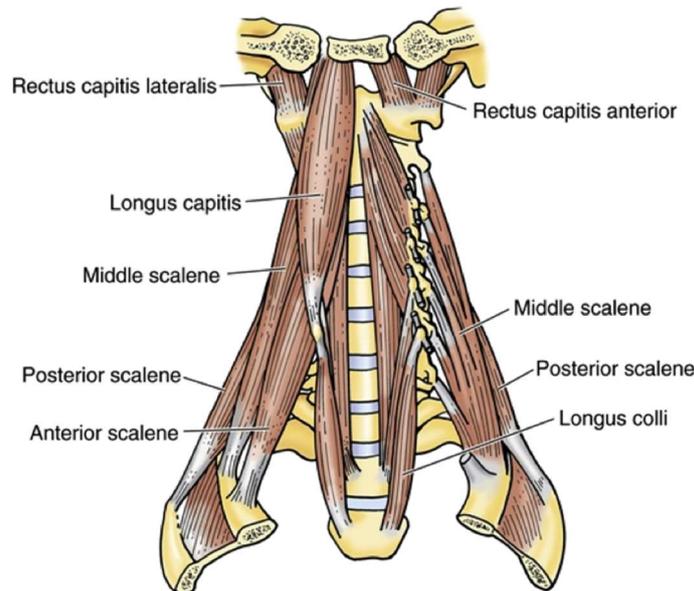


Figure 4.6 Muscles antérieurs profonds de la JCV (343)

IV.1.C TRIANGLES MUSCULAIRES DU COU :

Ces triangles sont très importants à connaître lors des approches chirurgicales du cou ; nous avons les triangles antérieurs et postérieurs qui comprennent des petits triangles.

IV.1 .C. a Le triangle antérieur : défini par la ligne médiane du cou, le bord inférieur de la mandibule et le bord antérieur du muscle sternocléidomastoïdien, il contient quatre petits triangles :

-Le **triangle sous-mental** de part et d'autre du cou, il est défini par les deux chefs antérieurs des muscles digastriques, la symphysis menti et l'os hyoïde à sa base, il contient les veines qui forment les veines jugulaires antérieures et les ganglions sous-mentaux qui drainent la bouche et le visage.

-Le **triangle sous-mandibulaire** est défini par le bord inférieur de la mandibule et les deux chefs antérieur et postérieur du digastrique ; il contient le nerf hypoglosse, le nerf du muscle mylohyoïde, des segments de la veine et de l'artère faciales, les ganglions lymphatiques sous-mandibulaires et la glande

sous-mandibulaire et son canal.

-Le **triangle carotidien** est défini par le bord antérieur du muscle sternocléidomastoïdien, le chef supérieur du muscle omohyoïdien et le chef postérieur du digastrique. Il contient la gaine carotidienne, le tronc sympathique en arrière, le nerf laryngé récurrent en dedans, le nerf glossopharyngé en arrière, le nerf accessoire en dehors et le nerf hypoglosse en avant. Dans la gaine carotidienne, nous avons l'ansa cervicalis en avant, le nerf vague en arrière, la veine jugulaire en latéral et les carotides commune, interne et externe en arrière, la bifurcation carotidienne se trouve au niveau du bord supérieur du cartilage thyroïdien.

-Le **triangle musculaire** est défini par le bord antérieur du muscle sternocléidomastoïdien, le chef supérieur du muscle omohyoïdien et la ligne médiane du cou, il se situe juste en dessous du triangle carotidien, il contient les structures viscérales et les muscles infra hyoïdes (46).

IV.1.C.b Le triangle postérieur : il est défini par le bord postérieur du muscle sternocléidomastoïdien, le muscle trapèze et le tiers moyen de la clavicule ; il contient deux triangles :

-Le **triangle occipital**, qui porte le nom de l'artère du même nom.

-Le **triangle supra claviculaire**, qui porte le nom de l'artère du même nom située plus profondément (17).

Ces deux triangles sont séparés par le chef inférieur du muscle omohyoïdien. Le triangle postérieur contient l'artère occipitale à son apex et le nerf occipital inférieur, en dessous duquel se trouve la veine jugulaire externe, il s'étend superficiellement au muscle sternocléidomastoïdien pour s'anastomoser avec la veine sous-clavière, les branches du tronc thyrocervical apparaissent dans ce triangle, les ganglions lymphatiques forment une chaîne et s'étendent avec la veine jugulaire externe jusqu'au triangle supra claviculaire, le XIe nerf innerve le muscle trapèze, les branches du plexus cervical (C2 à C4) entrent dans le triangle postérieur au niveau du bord postérieur du muscle sternocléidomastoïdien et donnent le petit nerf occipital, le grand nerf auriculaire, le nerf cervical transversal, le nerf supra claviculaire avec ses branches médianes, intermédiaires et latérales. Le nerf phrénique (C3 à C5) s'enroule autour du scalène antérieur et descend vers le thorax. Le plexus brachial avec ses trois troncs sort entre le scalène antérieur et le scalène intermédiaire ou moyen (18)(46).

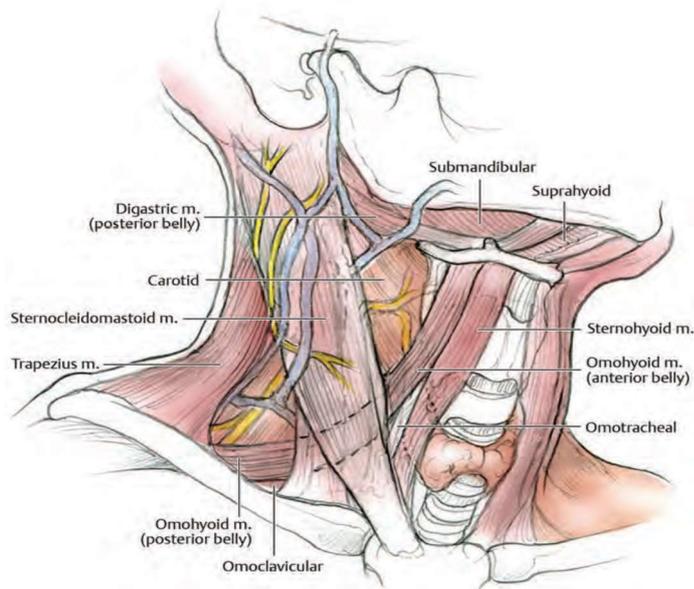


Figure 4.7 Les muscles antérieurs limitant les différents triangles antérieurs (505)

IV.1.C.c Le triangle sous-occipital : est défini par le rectus capitis posterior major, le muscle oblique supérieur capitis et le muscle oblique inférieur capitis, il contient l'artère vertébrale (segment V3) et le nerf C1⁽²⁵¹⁾.

IV.1 .C. d Autres triangles : d'autres triangles ont été décrits récemment comme le **triangle sous-occipital inférieur** entre le muscle oblique inférieur, la lame de C2 et le muscle inter transversal entre C1 et C2 qui contient l'artère vertébrale dans son segment entre C1 et C2.

Le **triangle sous-atlant** entre le muscle oblique inférieur capitis, le longissimus capitis et la splenius cervicis et levator scapulae qui contient le même segment de l'artère vertébrale mais vu après avoir utilisé une approche antérolatérale ⁽²⁵¹⁾.

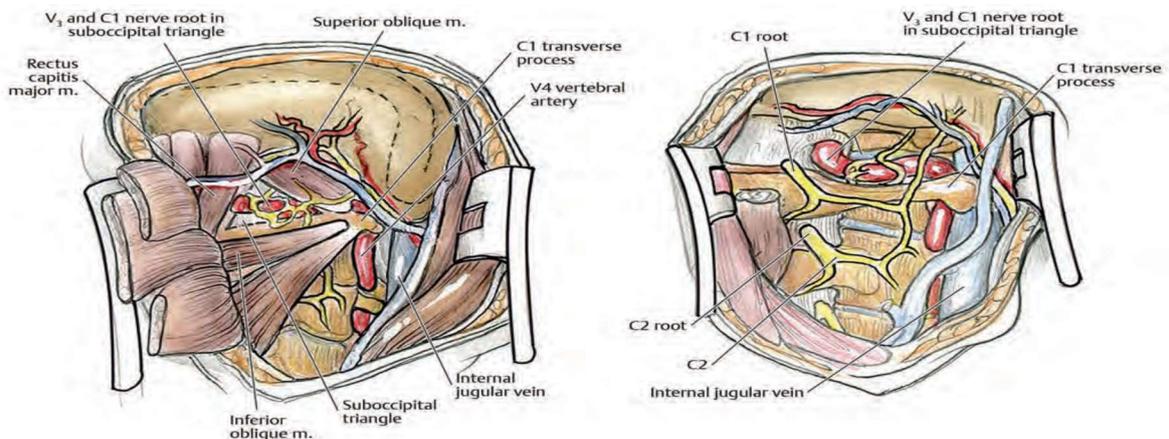


Figure 4.8 Le triangle sous-occipital (505)

IV.2 STRUCTURES OSSEUSES :

La JCV ou foramen magnum possède trois structures osseuses : l'os occipital, la vertèbre atlas et la vertèbre axis.

IV.2.A L'OS OCCIPITAL :

L'os occipital entoure le trou occipital qui est de forme ovale, il est plus large postérieurement qu'antérieurement. La partie antérieure est située au-dessus de l'apophyse odontoïde, et la partie postérieure est occupée par la moelle épinière. L'os occipital est divisé en quatre parties : la partie basilaire devant le foramen magnum, la partie squameuse derrière et les deux condyles latéralement (18) (24).

-La partie basilaire de l'os occipital, également appelée clivus, est une plaque quadrangulaire qui s'étend vers l'avant et vers le haut à 45° du foramen magnum, juste en dessous du dorsum sella, elle rejoint l'os sphénoïde par la synchondrose sphénooccipitale, sa surface supérieure est concave d'un côté à l'autre, elle est séparée de l'os temporal latéralement par la fissure pétroclivale qui contient le sinus pétreux inférieur à son bord supérieur et se termine postérieurement au foramen jugulaire. Sur la face antérieure de la partie inférieure de la partie basilaire, il existe une petite élévation appelée tubérosité pharyngienne où s'attache le raphé fibreux du pharynx (194).

-La partie squameuse est une plaque située au-dessus et derrière le foramen magnum, elle est concave intérieurement, elle s'articule avec les os pariétaux par la suture lambdoïde et avec l'os temporal par la suture occipitomastoïdienne. Sur la surface externe, il y a une proéminence au centre de la partie squameuse appelée protubérance occipitale externe ou inion, d'où rayonnent deux lignes parallèles, la plus haute étant la crête supérieure et la plus basse étant la ligne nucale supérieure qui est la plus proéminente. À la ligne médiane, une crête verticale descend de l'inion jusqu'au point médian du bord postérieur du foramen magnum appelé crête occipitale externe. La ligne nucale inférieure s'étend latéralement à partir de cette crête. La surface interne est concave, elle contient la protubérance occipitale interne en son centre et elle est divisée en quatre fosses par le sillon du sinus sagittal supérieur qui s'étend vers le haut à partir de la protubérance, la crête occipitale interne s'étendant vers le bas, et le sillon des deux sinus transversaux qui s'étendent latéralement. Sur les fosses supérieures se trouvent

les lobes occipitaux et sur les fosses inférieures les lobes cérébelleux. La crête occipitale interne se bifurque juste au-dessus du foramen magnum, entre eux se trouve la fosse vermiennes (24).

-Les parties latérales ou condyliennes sont latérales au trou occipital, les condyles sont les protubérances externes de ces parties, ils sont en forme ovale dirigés vers l'avant et vers l'intérieur, situés dans la partie antérieure du trou occipital, sur leurs faces médiales il y a les tubercules des ligaments alaires, le canal hypoglosse qui transmet le nerf hypoglosse, est situé au-dessus et latéralement. La fosse condylienne est une dépression située sur la partie externe de la partie condylienne derrière le condyle, elle est souvent perforée avec le canal condylien qui contient une veine émissaire reliant le plexus vertébral au foramen jugulaire. L'apophyse jugulaire forme le bord postérieur du foramen jugulaire, c'est une plaque quadrilatère, située entre le condyle et la partie squameuse. Sur la surface intracrânienne, une proéminence se trouve juste au-dessus du condyle et en dedans de la partie inférieure de la fissure pétroclivale, c'est ce qu'on appelle le tubercule jugulaire. Le foramen jugulaire est situé entre l'apophyse jugulaire postérieure et la fosse jugulaire de l'os pétreux antérieurement, qui se trouve à l'extrémité postérieure de la fissure pétroclivale, une bande fibreuse relie les apophyse jugulaire pétreuse et occipitale et cela divise le foramen jugulaire en deux parties, une petite partie antéro-médiale ou pars nervosa qui transmet le nerf glossopharyngien et le sinus pétreux inférieur et une grande partie postéro-latérale ou pars vascularis qui transmet le nerf vague et les nerfs accessoires, la veine jugulaire interne et les branches méningées des artères pharyngienne ascendante et occipitale (11) (194).

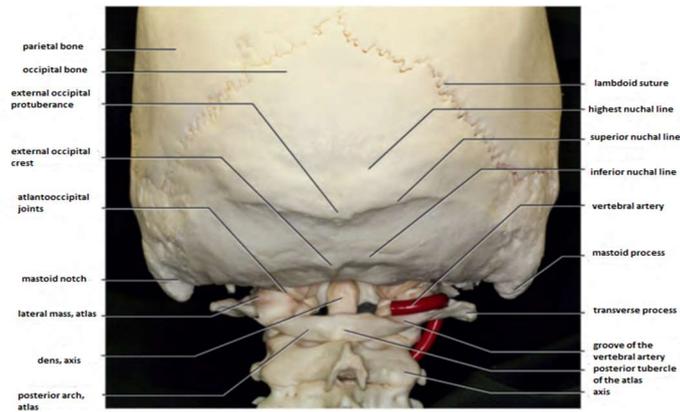


Figure 4.9 Vue postérieure de la JCV osseuse (506)



Figure 4.10 Vue supéro-interne de l'os occipital. (18)

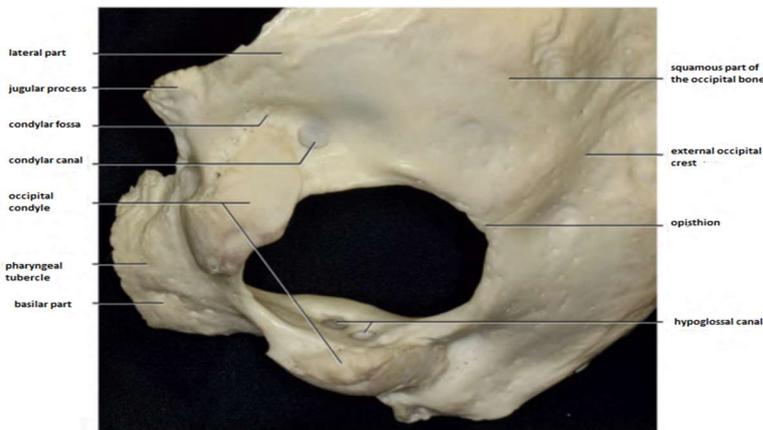


Figure 4.11 Vue infero-externe de l'os occipital (18)

IV.2.B L'ATLAS :

L'atlas est la première vertèbre cervicale, il ne contient pas de corps vertébral et d'apophyse épineuse comme les autres vertèbres, il est constitué de deux masses latérales reliées par deux arcs, un court arc concave qui présente une tubérosité médiane antérieure et un long arc postérieur courbe qui présente une tubérosité

médiane postérieure. Sur sa surface latérale et supérieure, il y a une rainure sur laquelle reposent l'artère vertébrale et la première racine cervicale. Chaque masse latérale s'articule avec le condyle occipital, dont la surface supérieure concave est légèrement orientée vers le haut et vers l'intérieur et s'articule avec l'axis, dont la surface inférieure plate ou légèrement concave est orientée vers le bas et vers l'intérieur et un peu en arrière. Sur la face médiale de chaque masse latérale se trouve un petit tubercule pour la fixation du ligament transverse qui passe derrière l'odontoïde. Sur la face latérale de chaque masse latérale, il y a un processus transverse séparé de celle-ci avec un foramen transverse qui transmet l'artère vertébrale (18) (641).

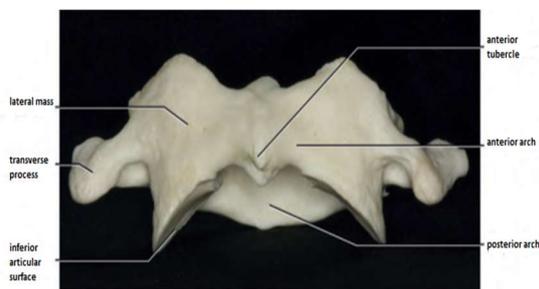


Figure 4.12 Vue antérieure de l'atlas (18)



Figure 4.13 Vue supérieure de l'atlas (18)



Figure 4.14 Vue latérale droite de l'atlas (18)



Figure 4.15 vue inférieure de l'atlas (18)

IV.2.C L'AXIS :

L'axis est la deuxième vertèbre cervicale, il a aussi une anatomie particulière, il contient l'apophyse odontoïde ou la dent qui se projette vers le haut à partir de son corps, sur sa surface antérieure il y a une facette qui s'articule avec la surface postérieure de l'arc antérieur de l'atlas, son apex est pointé vers le haut, il est lié au ligament apical, sa surface latérale est plate là où le ligament alaire s'attache. Sur sa surface postérieure à la base, la dent est rainurée à l'endroit où passent le ligament transverse. La face

antérieure du corps de l'axis est creusée latéralement, ici les muscles longs du cou sont attachés. Sur la partie latérale du corps, il y a de grandes facettes ovales qui s'articulent avec les facettes inférieures de l'atlas, à partir de la facette supérieure le pédicule et la lame de C2 s'étendent vers l'arrière. La lame est assez épaisse et l'apophyse épineuse est large. Les facettes inférieures sont postérieures aux facettes supérieures et sont situées au niveau de la jonction lame pédicule, elles sont orientées vers le bas et vers l'avant en s'articulant avec les facettes supérieures de C3. Les apophyses transverses sont des petites projections latérales qui délimitent des foramen transverses dans lesquels passent les artères vertébrales (194) (641).

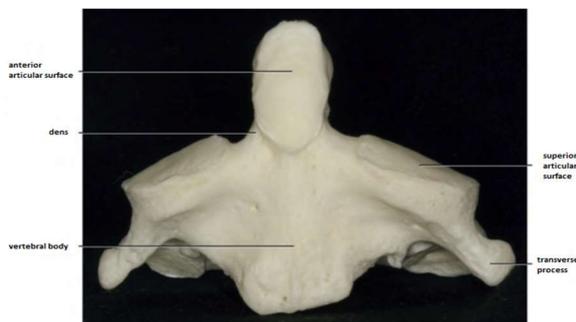


Figure 4.16 Vue antérieure de l'axis (18)



Figure 4.17 Vue postérieure de l'axis (18)



Figure 4.18 Vue latérale droite de l'axis (18)

IV.2.D MENSURATIONS UTILES :

Le diamètre transversal du trou occipital est de 27,9 mm (de 23 à 32) et le diamètre sagittal de 34,7 mm (de 29,5 à 43,5). La longueur moyenne du condyle occipital est de $23,6 \pm 2,5$ mm, sa largeur moyenne est de $10,6 \pm 1,4$ mm et sa hauteur moyenne de $9,2 \pm 1,4$ mm, il peut être classé comme court (longueur condylienne <20 mm, 8,6%), modéré (23 ± 3 mm, 77,2%) ou long (>26 mm, 14,1%). La distance entre le bord postérieur du condyle et le canal

hypoglosse est comprise entre 7,5 et 12,2 mm. La longueur anatomique moyenne, la largeur et la hauteur du tubercule jugulaire sont respectivement de 15,4, 9,6 et 7,7 mm ⁽²²¹⁾.

La masse latérale de l'atlas est de forme trapézoïdale, sa hauteur médiale est de $8,81 \pm 1,46$ mm et sa hauteur latérale de $18,01 \pm 2,33$ mm. Le diamètre antéro-postérieur de la masse latérale est de $19,73 \pm 1,71$ mm. La hauteur de l'arc antérieur est de $15,4 \pm 3,2$ mm et son épaisseur est de $6,4 \pm 1$ mm. La hauteur de l'arc postérieur la plus longue est de $10 \pm 1,8$ mm et son épaisseur de $8 \pm 2,1$ mm.

Le diamètre sagittal de l'anneau de l'atlas est de $31,7 \pm 2,2$ mm et son diamètre transversal est de $32,2 \pm 2,3$ mm. La longueur de la rainure (sillon arqué) est de $14,5 \pm 2,1$ mm et se termine entre 8 et 13 mm de la tubérosité médiane ⁽²¹¹⁾.

Le processus odontoïde est long de 1 à 1,5 cm et large de 1 cm et il s'incline de 0 à 30° par rapport au corps vertébral C2. La hauteur du corps C2 est de 22,13 mm (17 à 26 mm), sa largeur est de $19,2 \pm 2,2$ mm à la base et de $15,9 \pm 1,7$ mm au milieu du corps. L'épaisseur de la lame est de $5,75 \pm 1,21$ mm et la longueur de $24,8 \pm 1,9$ mm, l'angle laminaire de l'apophyse épineuse est de $48,47 \pm 5,370$. La hauteur du pédicule est de 8,7 mm (5,90 à 10,90). ⁽²²¹⁾

IV.3 LES STRUCTURES LIGAMENTAIRES ET MEMBRANAIRES :

La JCV contient de nombreuses structures neuronales vitales et présente en même temps une mobilité importante. Toutes ces structures sont donc bien protégées, ce qui est possible grâce aux différentes structures ligamentaires et articulaires qui permettent aux os de la JCV avec leurs formes et tubercules originaux de se déplacer comme une seule unité.

La disposition particulière des ligaments occipito atlanto axiaux est remarquable et même s'ils permettent des mouvements complexes, ils confèrent une grande stabilité à la JCV.

IV.3.A LE LIGAMENT TRANSVERSE :

Le ligament transverse est le composant le plus important du ligament cruciforme, il est considéré comme le principal stabilisateur de l'articulation atlanto-axiale, sa hauteur moyenne est de 6 mm et son épaisseur moyenne de 7 mm, ce qui en fait le ligament le plus épais et le plus résistant de la JCV. Il protège la moelle épinière de l'apophyse odontoïde lors des mouvements

en divisant l'anneau C1 en deux compartiments : l'un antérieur contenant l'apophyse odontoïde et l'autre postérieur contenant la moelle épinière et le nerf accessoire. Du ligament transverse partent deux bras minces qui s'insèrent en haut sur la surface supérieure du clivus et en bas sur la surface postérieure du corps de C2, formant un ligament croisé ou cruciforme. Le ligament transverse s'attache aux masses latérales de l'atlas sur les tubercules latéraux, la distance entre les deux tubercules varie de 14 à 16,5 mm. Le processus odontoïde se déplace sur le ligament en raison de la surface fibrocartilagineuse lisse et une capsule synoviale est située entre les deux. La membrane tectoria est située en arrière du ligament et en avant de la dure-mère (217).

IV.3.B LE LIGAMENT ALAIRE :

Les ligaments alaires fixent l'axis sur le crâne, ils stabilisent la JCV en limitant la rotation et la flexion latérale et le déplacement antérieur de l'atlas, ils ont une direction caudorostrale à partir de la partie postéro-latérale de l'odontoïde en formant un angle de 154° (allant de 125 à 210), leur fixation sur le crâne se fait sur la partie médiale du condyle pour certains auteurs et sur le bord antérolatéral du trou occipital pour d'autres. Le ligament alaire est de forme tubulaire et peut être ovoïde, rond ou en forme d'aile en section transversale, sa longueur est de 8 mm et son diamètre est de 7,3 mm (142) (220).

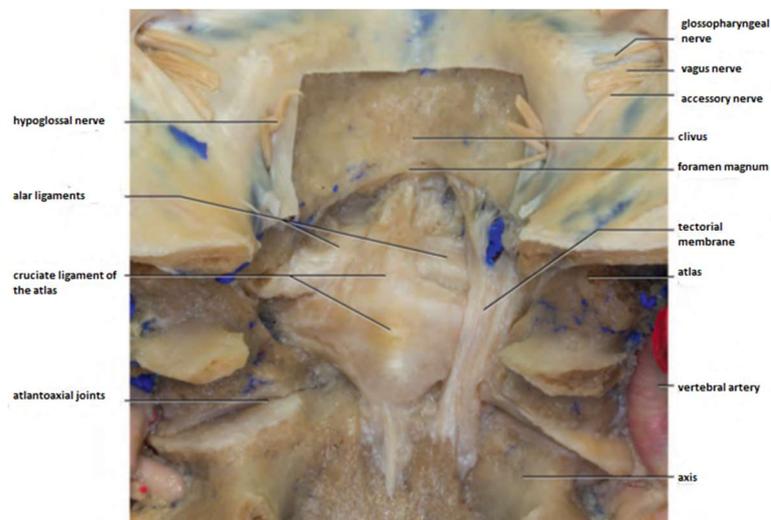


Figure 4.19 Vue cadavérique des ligaments croisé et alaires (629)

IV.3.C LE LIGAMENT OCCIPITAL TRANSVERSE (LOT) :

Ou ligament de Lauth, le LOT se situe entre les parties médiales des condyles occipitaux et il est situé juste postérieurement au ligament alaire et à l'apex odontoïde et supérieur au ligament transverse. Sa présence varie de 10 à 77,8% dans la littérature, selon Tubbs : sa longueur moyenne est de 19,4 mm, sa largeur moyenne est de 3,4 mm et son épaisseur moyenne est de 1,3 mm. Le LOT peut aider les ligaments en fonction et bloquer l'apex de l'odontoïde car le ligament transverse se termine en dessous de l'apex (630).

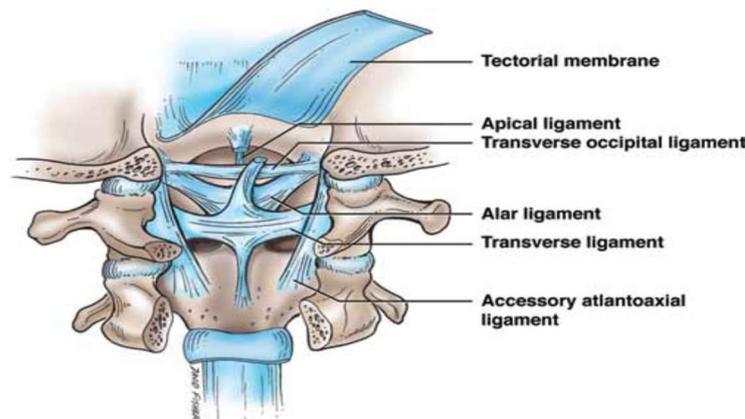


Figure 4.20 Schéma du complexe ligamentaire de la JCV (631)

VI.3.D LE LIGAMENT ATLANTO-AXIAL ACCESSOIRE :

Appelé aussi ligament d'Arnold, le ligament atlanto-axial accessoire s'étend entre la partie médiale de l'axis et la partie médiale de la masse latérale de l'atlas juste en arrière de l'attache du ligament transverse, il s'étend latéralement et est ventral par rapport à la membrane tectoriale, sa longueur moyenne est de 29 mm et sa largeur moyenne est de 5,5 mm, il peut s'étendre jusqu'à l'os occipital. Il aide les autres ligaments à stabiliser la JCV en particulier les ligaments alaires (632).

IV.3.E LE LIGAMENT ATLANTO-OCCIPITAL LATÉRAL :

Ce ligament est attaché à la partie antérieure de l'apophyse transverse de l'atlas et s'insère dans l'apophyse jugulaire de l'os occipital, il court latéralement à la membrane atlanto-occipitale antérieure et postérieurement au muscle rectus capitis lateralis, ses fibres courent de l'intérieur vers l'extérieur à l'opposé des fibres du muscle. Sa longueur moyenne est de 22,5 mm et sa largeur moyenne est de 2 mm. Il est situé entre l'artère vertébrale en arrière

et la veine jugulaire en avant. Elle joue un rôle dans la limitation de la flexion latérale (633).

IV.3.F LIGAMENT DE BARKOW :

Le ligament de Barkow relie les parties médiales des condyles situées en ventral aux ligaments alaires et à l'apex odontoïde, parfois il peut être attaché à la membrane atlanto-occipitale au milieu, son épaisseur est de 3,5 mm. Ce ligament soutient la JCV en limitant l'extension (628).

IV.3.G LE LIGAMENT APICAL :

Le ligament apical relie l'extrémité de l'odontoïde au basion, il passe entre les ligaments alaires juste en arrière de ceux-ci et en avant du ligament cruciforme (grotte apicale). Sa longueur varie de 7,5 à 11,5 mm, d'après Tubbs il n'est présent que chez 80% des cadavres, sa fonction est donc discutable, d'autant plus qu'il n'y a pas de tubercules sur ses insertions, ce qui explique son arrachement chronique, pour certains auteurs il s'agit juste d'un rudiment de la notochorde (629).

IV.3.H LA MEMBRANE TECTORIALE :

La membrane tectoriale est une fine membrane qui s'étend du clivus au corps de l'axis et se poursuit avec le ligament longitudinal postérieur, elle est située juste derrière le ligament croisé, et juste en dedans du ligament atlantoaxial accessoire, elle est composée de deux à trois couches, la couche la plus externe s'étend latéralement jusqu'aux canaux hypoglosses et est la plus large, la deuxième est la plus épaisse et s'étend du clivus au corps de l'axis et la troisième est la plus profonde et elle est discontinue, surtout au-dessus de l'apex de l'odontoïde. Les vaisseaux et les nerfs passent entre les couches. La membrane tectoriale peut jouer un rôle dans le blocage d'une flexion excessive au niveau de la JCV et dans la limitation de l'extension (631).

IV.3.I LA MEMBRANE ATLANTO-OCCIPITALE POSTÉRIEURE (AOP) :

La membrane AOP s'étend de l'arc postérieur de C1 au bord postérieur du foramen magnum, elle se poursuit avec la membrane atlanto-axiale inférieure et le ligamentum flavum, elle couvre latéralement les articulations atlanto occipitales, elle se situe entre la dure-mère ventrale et le rectus capitis pars minor dorsalement. Pour certains auteurs, il existe une interdigitation entre la membrane AOP et le muscle et la dure-mère. Le plus important

est que l'artère vertébrale la pénètre avant de pénétrer dans la dure mère. Elle ne joue aucun rôle dans la stabilité de la JCV, récemment un ligament sous-occipital a été décrit, il est situé horizontalement entre le condyle occipital et le bord supérieur de la lame C1 et le condyle controlatéral et le bord supérieur de la lame C1, sa longueur moyenne est de 35 mm, il est partiellement recouvert par le bord occipital postérieur du trou occipital (683).

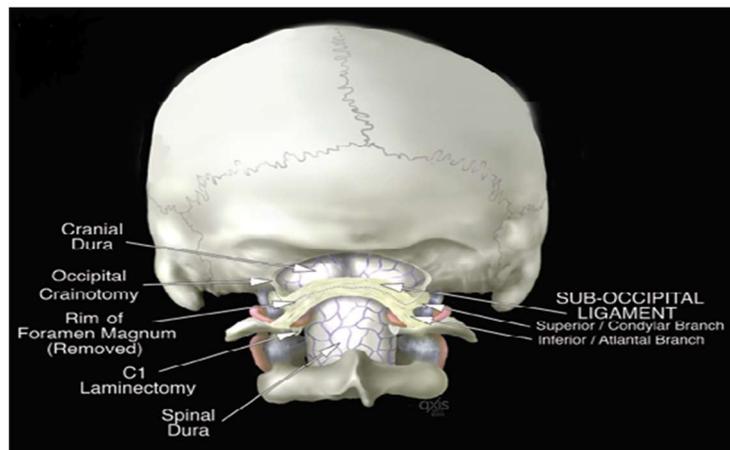


Figure 4.21 Le ligament sous-occipital (683)

IV.3.J LA MEMBRANE ATLANTO-OCCIPITALE ANTÉRIEURE (AOA) :

La membrane AOA s'étend entre l'arc antérieur de C1 et le bord antérieur du foramen magnum, elle est située juste derrière les muscles pré vertébraux et antérieurement au ligament de Barkow avec lequel elle se connecte au milieu comme nous l'avons dit plus haut. Elle peut limiter l'extension atlanto-occipitale (372).

IV.3.K LE LIGAMENT NUCAL :

Le ligament nucal s'attache sur les apophyses épineuses cervicales et s'étend jusqu'à l'inion, il se poursuit avec les ligaments supra-épineux, il divise les muscles du cou sur les côtés droit et gauche. Il joue un rôle dans la limitation de l'hyper flexion et le maintien d'un bon alignement de la colonne cervicale (383).

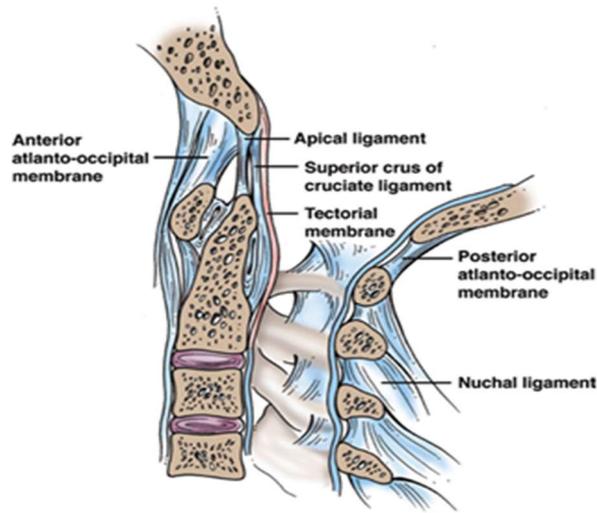


Figure 4.22 Schéma d'une vue sagittale du complexe ligamentaire de la JCV (632)

IV.3.L PROPRIETES HISTOLOGIQUES DES LIGAMENTS :

La plupart des ligaments et membranes proviennent du pro atlas, ils sont composés de fibres de collagène avec un minimum de fibres élastiques, les ligaments transverse et alaires contiennent peu de fibres élastiques, la présence de fibrocartilage est due à l'adaptation aux constantes d'étirement et de compression, ce fibrocartilage peut être la cible de réactions auto-immunes comme dans la polyarthrite rhumatoïde. La membrane tectoria est composée de faisceaux de collagène parallèles avec des fibrocytes intercalés, les fibres de collagène sont plus homogènes à l'attache axiale de la membrane tectoria et les fibres élastiques sont visibles à l'attache crânienne avec de multiples zones calcifiées (627).

IV.4 STRUCTURES VASCULAIRES :

IV.4.A LES STRUCTURES ARTÉRIELLES :

Les artères liées à la JCV sont les artères vertébrales (AV), les artères cérébelleuses inférieures et postérieures (PICA), les artères spinales et les branches méningées des artères vertébrales, de la carotide externe et de la carotide interne.

IV.4.A.a L'artère vertébrale (AV) :

Les artères vertébrales sont issues des artères sous-clavières puis elles courent pour entrer dans le trou transversal au niveau de la sixième vertèbre cervicale, puis remontent dans les apophyses transversales jusqu'en C1 et passent derrière la masse latérale

de l'atlas et entrent dans la dure-mère au niveau du trou occipital et se rejoignent pour former l'artère basilaire ventrale à la jonction ponto-bulbaire.

L'artère vertébrale est divisée en quatre segments :

-Le premier segment va de l'artère sous-clavière à l'entrée du trou transversal généralement au niveau de la sixième vertèbre, il peut rentrer au dessus ou dessous de ce niveau.

-Le deuxième segment passe par les trous transversaux des six vertèbres, il monte verticalement de C6 à C2 puis s'incurve latéralement pour atteindre le trou transversal de C1 qui est plus latéral, l'artère passe devant les racines des nerfs cervicaux.

-Le troisième segment s'étend du foramen transversal de l'atlas jusqu'à l'entrée par la dure-mère dans l'espace atlanto-occipital, au niveau de l'apophyse transverse l'artère est médiale au rectus capitis lateralis, puis l'artère passe derrière la masse latérale de C1, et est pressée en rainure sur la partie latérale et supérieure de l'arc postérieur de C1 où elle se dirige et où elle est partiellement recouverte par la membrane atlanto-occipitale, le rectus capitis posterior major, le semispinalis capitis et les muscles obliques supérieur et inférieur, puis elle entre latéralement dans la dure-mère, la racine nerveuse C1 quitte la dure-mère et passe sous l'artère vertébrale sur le sillon de l'arc postérieur de l'atlas, l'artère vertébrale pourrait être enveloppée dans un anneau osseux au niveau du sillon (ponticus posticulus), l'AV est recouverte par un plexus veineux au niveau du sillon qui est une anastomose entre les veines cervicales profondes et épidurales. Le troisième segment de l'AV donne quelques branches ; les artères spinales postérieure et méningées postérieures, les branches de la musculature profonde et parfois la PICA.

-Le quatrième segment ou segment intradural commence à la dure-mère juste en dessous du bord latéral du trou occipital, la dure-mère est épaisse et forme un trou de 4 à 6 mm à ce niveau, la racine du nerf C1 et l'artère vertébrale postérieure sortent et entrent respectivement dans ce trou. Ce segment est divisé en segments médullaires latéraux et en segments médullaires antérieurs ; le segment latéral part du foramen dural juste supérieur aux racines du nerf C1 et antérieur au ligament dentelé, à l'artère spinale postérieure et aux radicules du nerf accessoire, il passe en avant et supérieur à la surface médullaire latérale et se termine au niveau du sillon pré olivaire, le segment antérieur part de là, monte devant ou

entre les radicules hypoglosses, traverse la pyramide et repose sur le clivus avant de rejoindre l'autre AV au niveau du sillon ponto-bulbaire pour former l'artère basilaire. Le segment intradural donne naissance à certaines ramifications ; la PICA, l'artère spinale antérieure, les branches méningées antérieures et postérieures et parfois l'artère spinale postérieure (475) (627).

IV.4.A.b L'artère spinale postérieure :

Elle part de la partie extradurale de l'AV et entre dans la dure-mère avec celle-ci dans le même foramen, elle pourrait aussi provenir de la PICA ou de l'AV intradurale, elle passe juste derrière le ligament dentelé et donne naissance à deux branches au niveau de la moelle allongée latérale inférieure, une ascendante qui alimente le corps restiforme, les tubercules gracile et cunéiforme, les radicules du nerf XI et le plexus choroïde au niveau du foramen de Magendie. Le second est descendant sur la surface postéro-latérale de la moelle épinière, il alimente la moitié dorsale superficielle de la moelle épinière (630).

IV.4.A.c L'artère cérébelleuse inférieure et postérieure : PICA

La PICA est la plus grande branche de l'AV, provenant de la vertébrale extradurale dans 20% des cas, lorsqu'elle provient du segment intradural cette origine pourrait être au-dessus ou en dessous du foramen magnum, elle fait le tour de la moelle allongée pour atteindre le foramen de Magendie, puis elle passe par la fissure cérébelleuse médullaire pour atteindre les surfaces cérébelleuses vermiennes et hémisphériques, elle se divise en 5 segments ; médullaire antérieur, médullaire latéral, amygdalien, tétolovelotonsilaire et cortical (398).

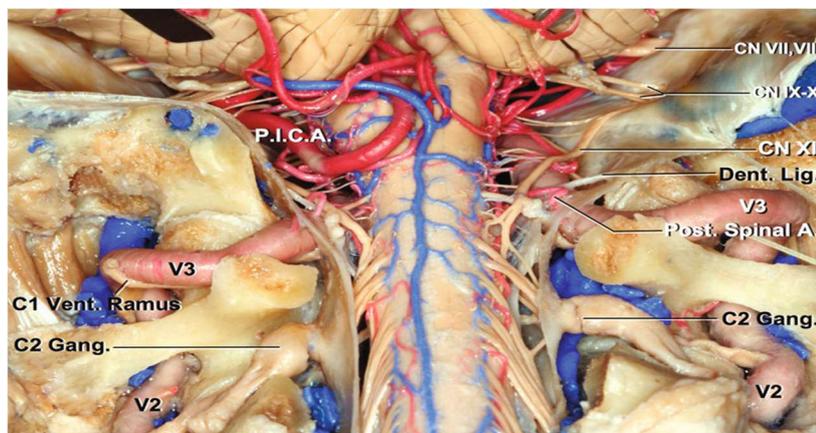


Figure 4.23 Vue postérieure des artères vertébrales, des PICA et de l'artère spinale postérieure (18)

IV.4.A.d L'artère spinale antérieure :

Elle est issue de deux artères vertébrales ventrales qui partent des artères vertébrales proches de l'origine de l'artère basilaire, ces deux artères vont se rejoindre juste au-dessus du foramen magnum près de l'extrémité inférieure des olives pour former un tronc, l'artère spinale antérieure, elle alimente les pyramides et leur décussation, le lemniscus médial, les faisceaux inter olivaires, les noyaux et nerfs hypoglosses et le fascicule longitudinal postérieur (13).

IV.4.A.e Les artères méningées :

Il s'agit des artères méningées antérieure et postérieure, elles partent de l'artère vertébrale de l'artère pharyngienne ascendante et de l'artère occipitale et du tronc méningohypophysaire, rarement elles peuvent naître de la PICA, des artères spinales postérieures ou de l'AV intra durale.

L'artère méningée antérieure naît de la partie médiane du deuxième segment de la vertébrale juste au-dessus du foramen transverse de la troisième vertèbre cervicale et pénètre dans la dure-mère par le foramen intervertébral et remonte pour alimenter la dure-mère clivale, la dure-mère sur la partie antérieure du foramen magnum et la dent et le corps de l'axis. Elle forme une arche avec son homologue controlatéral au-dessus de l'apex de la dent.

L'artère méningée postérieure naît du troisième segment juste avant d'entrer dans la dure-mère, elle alimente la dure-mère de la partie postérieure du trou occipital et la dure-mère de la partie postéro-latérale de la fosse postérieure.

L'artère pharyngienne ascendante donne deux branches méningées, l'une entre par le canal hypoglosse, qui se divise en deux branches, l'artère ascendante qui alimente la dure-mère clivale et l'artère descendante qui s'anastomose avec l'arcade au-dessus de l'apex odontoïde ; la seconde entre par le foramen jugulaire qui alimente la dure-mère de la fosse postérieure par voie postéro-latérale.

La branche méningée de l'artère occipitale est inconstante et si elle est présente, elle entre avec la veine émissaire mastoïdienne et donne deux branches, l'une alimentant la dure-mère de la partie postéro-latérale de la fosse crânienne postérieure et l'autre s'anastomose avec la branche de l'artère pharyngienne ascendante sur la dure-mère clivale antérieure (18).

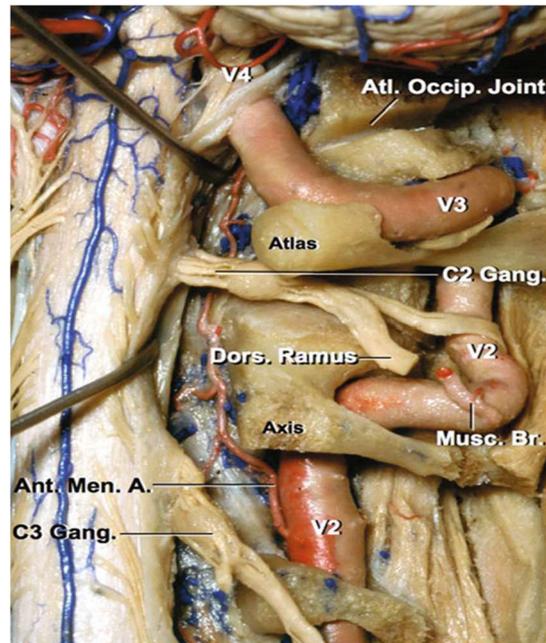


Figure 4.24 L'artère méningée antérieure provenant de V2 (18)

IV.4.B STRUCTURES VEINEUSES :

Les structures veineuses dans cette zone sont divisées en trois groupes :

IV.4.B.a Le groupe extradural : il est constitué de deux systèmes qui drainent le flux veineux, le premier est la veine jugulaire interne qui est le système le plus important dans la région de la JCV, où confluent les sinus sigmoïde et pétreux inférieur au niveau du foramen jugulaire où elle commence.

Le second est le plexus veineux entourant l'artère vertébrale qui se draine dans les plexus du foramen transverse de l'atlas et qui accompagne l'artère vertébrale dans le foramen transverse de différentes vertèbres cervicales pour se drainer dans la veine brachio-céphalique. Ces deux systèmes s'anastomosent l'un avec l'autre par la veine condylienne postérieure (398).

IV.4.B.b Les sinus durs : dans la dure-mère, cinq systèmes drainent le flux veineux au niveau du trou occipital, le sinus marginal est le premier, il court entre les couches de la dure-mère dans le bord du trou occipital, il communique avec le plexus basilaire, le sinus occipital et le sinus sigmoïde respectivement en avant, en arrière et en latéral. Le sinus occipital est le second, il s'étend postérieurement dans la faux cérébelleuse, et rejoint le torcular supérieur, à son extrémité inférieure il y a deux membres qui s'étendent latéralement pour se connecter au sinus sigmoïde.

Le troisième est le plexus basilaire qui se trouve dans la dure-mère clivale et qui s'anastomose avec le sinus pétreux inférieur, le sinus caverneux et le sinus marginal. Le quatrième est le sinus pétreux inférieur qui court dans la fissure pétroclivale et communique avec le plexus basilaire. Le cinquième est le sinus sigmoïde (11).

IV.4 .B. c Le groupe intradural : les veines de la région du trou occipital drainent la partie supérieure de la moelle épinière, le tronc cérébral et la partie inférieure du cervelet, la veine spinale antérieure se poursuit par la veine bulbaire antérieure qui court sur le sillon antéro-médian de la moelle allongée, la veine spinale latérale antérieure court à l'origine des racines ventrales et se poursuit avec la veine bulbaire latérale antérieure qui longe l'origine des radicules hypoglosses et il en va de même pour la veine spinale latérale postérieure qui court à l'origine des racines dorsales et se poursuit avec la veine bulbaire latérale postérieure. La veine spinale postérieure médiane est continue avec la veine bulbaire postérieure médiane (18).

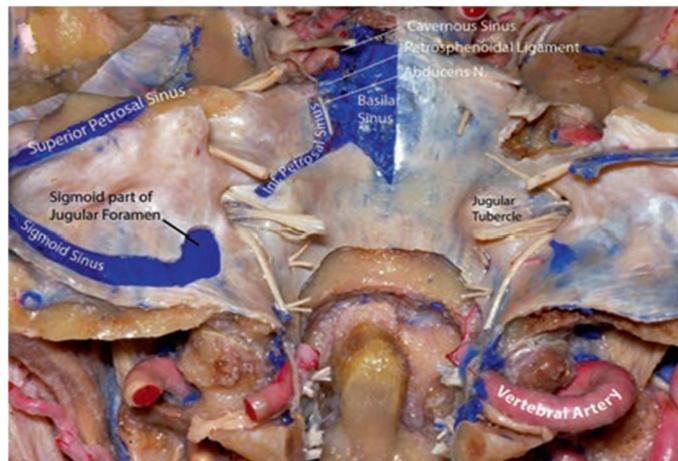


Figure 4.25 Sinus durs de la fosse cérébrale postérieure et du foramen magnum (17)

IV.5 LES STRUCTURES NEURALES :

Les structures neurales de la JCV sont les parties caudales du tronc cérébral, du quatrième ventricule et du cervelet, les nerfs crâniens inférieurs, la moelle épinière supérieure et les nerfs cervicaux supérieurs.

IV.5.A LA PARTIE SUPÉRIEURE DE LA MOELLE ÉPINIÈRE :

La jonction entre la moelle allongée et la moelle épinière n'est pas claire, mais elle se trouve au niveau de la limite supérieure des radicules du premier nerf cervical, elle est plus facile

à reconnaître sur la surface ventrale car les radicules dorsales peuvent être absentes, la moelle allongée occupe donc le trou occipital et la moelle épinière se trouve en dessous.

Au milieu de la surface postérieure de la moelle épinière se trouve le sillon postéro médian qui est peu profond et se poursuit par la cloison postéro médiane qui pourrait atteindre le canal central, latéralement se trouve le sillon latéral postérieur qui limite le funiculus latéral postérieur avec ce dernier, les radicules dorsales sortent dans l'axe de ce sillon, un sillon plus superficiel divise le funiculus latéral postérieur en : fascicule gracile médial et fascicule cunéiforme latéral, qui est le sillon intermédiaire postérieur. Au milieu de la surface antérieure de la moelle épinière s'étend la fissure antéro médiane qui atteint quelques millimètres de profondeur, entre cette fissure et le sillon latéral postérieur, les radicules ventrales sortent et divisent cette région en funiculus antérieur et latéral, les radicules du nerf accessoire sortant du funiculus latéral (13) (18).

IV.5.B LE TRONC CÉRÉBRAL :

La partie caudale du tronc cérébral, c'est-à-dire la partie inférieure de la moelle allongée occupe le foramen magnum ; face au clivus et à l'apex de l'odontoïde, les pyramides médullaires forment la surface antérieure, les olives inférieures forment la surface latérale, la partie inférieure du quatrième ventricule et les pédoncules cérébelleux inférieurs forment la partie supérieure de la surface postérieure et le fascicule et le tubercule graciles et le fascicule et tubercule cunéiformes forment la partie inférieure (16).

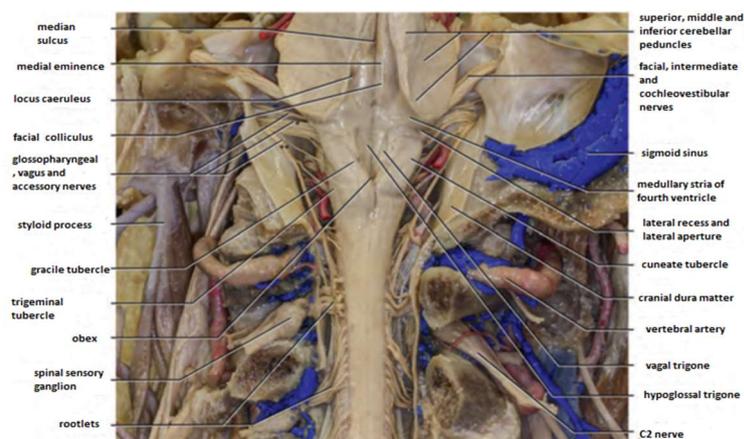


Figure 4.26 Structures neurales de la JCV (506)

IV.5.D LE CERVELET :

La partie inférieure du vermis (uvule, nodule et pyramide) au centre, le lobule bi ventral et les amygdales latéralement sont liés au foramen magnum ; l'incisure cérébelleuse postérieure qui est une profonde dépression verticale (la dépression de la faux cérébelleuse) juste au-dessus du bord postérieur du foramen magnum. La fissure cérébelleuse médullaire se trouve également au-dessus de ce bord postérieur. (12)



Figure 4.27 Vue postérieure du cervelet (506)

IV.5.E LES NERFS CRÂNIENS :

Le glossopharyngien, le nerf vague et le nerf accessoire se situent dans le sillon olivaire postérieur dans le prolongement du bord postérieur de l'olive. Le glossopharyngien et le nerf vague sortent au tiers supérieur de l'olive, le nerf accessoire se situe aux deux tiers inférieurs et une partie de la moelle épinière et peut descendre jusqu'à C7, l'hypoglosse sort aux deux tiers inférieurs de l'olive mais dans le prolongement du bord antérieur. Les nerfs glossopharyngien, vague et accessoire se dirigent vers le foramen jugulaire et le nerf hypoglosse vers le canal hypoglosse juste derrière l'artère vertébrale (632).

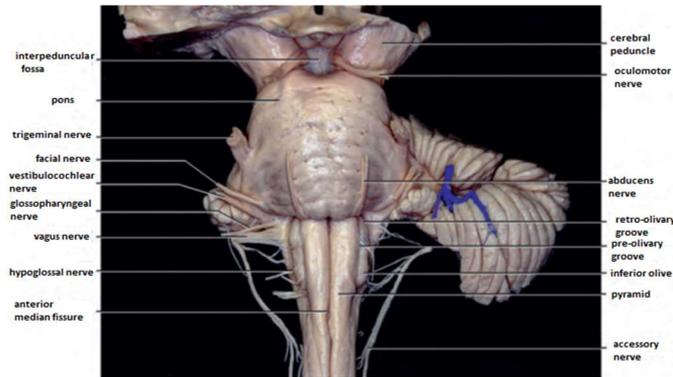


Figure 4.28 Vue antérieure du tronc cérébral et des nerfs crâniens inférieurs (506)

IV.5.F LES NERFS CERVICAUX :

Le premier nerf cervical ou nerf sous-occipital est formé de radicules ventrales et radicules dorsales, ces dernières pouvant être absentes, il sort du foramen dural dans lequel entre l'AV, passe sous la vertébrale sur l'arc postérieure de l'atlas, sa branche dorsale innerve les rectus capitis postérieur major et minor, les obliques supérieur et inférieur et le semispinalis capitis, sa branche ventrale innerve le rectus capitis latéral.

Le deuxième nerf cervical sort entre l'atlas et l'axis, son ganglion est médial par rapport à l'artère vertébrale, sa branche la plus importante est le grand nerf occipital qui innerve le semispinalis, le cuir chevelu jusqu'au vertex et l'arrière de l'oreille (18).

V. BIOMÉCANIQUE DE LA JCV

Le système musculo-squelettique est un système biologique composé d'os, de muscles squelettiques, de tendons et de ligaments. Sa fonction principale est de fournir la forme, le soutien, le mouvement et la stabilité au corps humain (389).

Le complexe occipitoatlantoaxial est unique, c'est la région la plus mobile de la colonne cervicale, avec son anatomie spéciale et la configuration des os et des ligaments comme nous l'avons vu dans le chapitre sur l'anatomie (443).

Comme la JCV est une transition entre le crâne et la colonne vertébrale, de nombreux mouvements complexes sont possibles, ces mouvements ne compromettent pas la stabilité de la JCV et ne nuisent pas aux structures neurales vitales (70).

Nous verrons dans ce chapitre la biomécanique normale de la JCV, et les mécanismes de préjudice et d'instabilité.

V.1 BIOMÉCANIQUE NORMALE :

Nous avons trois mouvements au niveau du complexe occipito-atlanto-axial dans trois plans différents de l'espace, le mouvement de translation ou de flexion-extension dans le plan sagittal, la rotation axiale dans le plan transversal et la flexion latérale dans le plan coronal (445).

Toutes les informations que nous connaissons sur la biomécanique ont été recueillies dans le cadre d'expériences de laboratoire utilisant des colonnes vertébrales humaines cadavériques ne comportant que des os et des ligaments. En ce qui concerne l'anatomie humaine particulière de la JCV, nous ne pouvons pas compter sur les modèles animaux, sauf pour les primates (445).

Dans le laboratoire, il y a un test spécial appelé test de flexibilité qui est un test utilisant des segments de deux ou plusieurs vertèbres, nous appliquons une charge aux segments et différents paramètres sont analysés comme la flexibilité, la rigidité, l'amplitude de mouvement, la zone neutre, la zone lâche, la zone rigide et les axes de rotation (200).

L'amplitude de mouvement (AM) est le déplacement entre la position neutre et la limite du mouvement physiologique. La position ou zone neutre (ZN) est le point où un effort articulaire et musculaire minimal est nécessaire pour maintenir une position.

La zone lâche (ZL) est une partie de l'AM où une force minimale est nécessaire pour produire un mouvement vertébral important.

La zone rigide (ZR) se situe près du bord de l'AM où les ligaments s'étirent et résistent à tout autre mouvement (492).

La flexibilité est la quantité de déformation ou de mouvement en réponse à une charge unitaire et c'est le contraire de la rigidité, donc quand la flexibilité diminue, la rigidité augmente (166).

L'AM pourrait être normale avec des ZN et ZR anormales, ce qui explique l'instabilité in vivo et le fonctionnement des dispositifs de fixation (166).

Au niveau de la JCV, il n'existe pas de disque intervertébral entre C0 et C1 ou entre C1 et C2, les mouvements à ce niveau dépendent de la forme et de la géométrie des os et des articulations et de la disposition des ligaments.

Les articulations de C0C1 sont comme une cavité et une rotule, la flexion et l'extension sont donc plus importantes que les autres niveaux de la colonne cervicale. Au niveau C1C2, les surfaces articulaires sont biconvexes, ce qui permet une large rotation axiale autour de la dent (200).

V.1.A LE NIVEAU C0C1 :

Le principal mouvement à ce niveau est la flexion-extension, il est de 23° à 24,5°, limité en flexion par l'impact de la pointe de l'odontoïde sur le foramen magnum et par la membrane tectoriale en flexion même si le rôle de la membrane tectoriale est encore sujet à débat (667).

La rotation axiale à ce niveau est de 2,4° à 7,2°, limitée par l'articulation et les ligaments alaires (667).

La flexion latérale au niveau C0C1 est de 6,4°. Elle est limitée comme la rotation axiale par l'articulation et les ligaments alaires.

V.1.B LE NIVEAU C1C2 :

Le segment C1C2 est le segment le plus mobile de toute la colonne vertébrale (567).

Le mouvement le plus important à ce niveau est la rotation axiale, elle est de 23,3° à 38,9°. Ce mouvement est limité par les articulations C1C2, le ligament transverse et le ligament alaire controlatéral. Elle représente 77% de la rotation de la colonne cervicale (567).

La flexion-extension au niveau du C1C2 varie de 10,1° à 22,4°, limitée en flexion par le ligament transverse et en extension par la membrane tectoriale et les articulations du C1C2. Ce mouvement

pourrait être évalué par de simples radiographies en calculant l'intervalle atlanto-dentaire qui est inférieur ou égal à 3 mm pour les adultes et à 5 mm pour les nourrissons et les jeunes enfants et considéré comme pathologique au-delà (667).

La flexion latérale en C1C2 est limitée à 6,8° par les ligaments alaires (667).

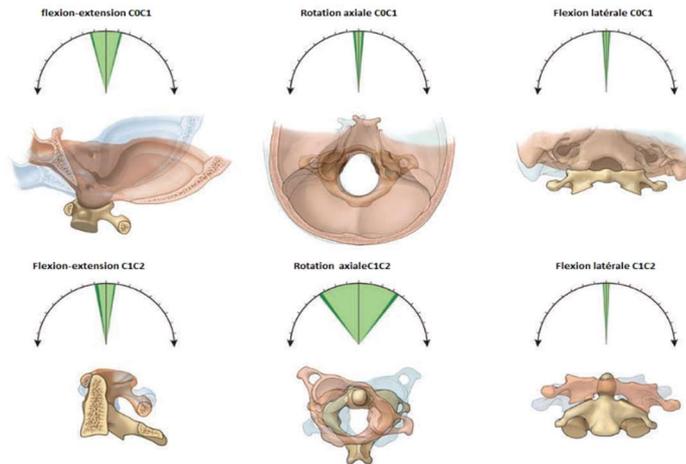


Figure 5.1 L'amplitude du mouvement (AM) est différente aux niveaux C0C1 et C1C2 pour les trois mouvements : flexion-extension, rotation axiale et flexion latérale (476).

Il faut noter qu'à côté du mouvement principal au niveau des articulations, un mouvement couplé ou secondaire se produit.

En C1C2, la rotation axiale est toujours associée à une flexion latérale au niveau de l'articulation opposée. Cette rotation axiale induit également une rotation opposée au niveau C0C1.

La flexion latérale au niveau du C1C2 est couplée à une rotation axiale au niveau de l'articulation controlatérale (491).

Le maintien de différentes postures de la JCV peut affecter ces mouvements couplés, pour le même mouvement tel que la flexion latérale en C1C2, il est couplé à la rotation axiale du côté opposé en position neutre ou en extension, et est couplé à une rotation axiale du même côté en cas de flexion (167).

Le mouvement couplé peut être utilisé pour différencier la colonne normale de la colonne atteinte.

V.1.C AXES DE ROTATION :

Le centre de rotation est le point sur lequel une vertèbre tourne dans le plan de mouvement, il est défini dans un seul plan de mouvement.

Au niveau C0C1, pour le mouvement de flexion-extension, le centre de rotation se trouve dans le foramen magnum parallèlement au centre des articulations C0C1. Pour la rotation axiale, il se trouve à la partie antérieure du trou occipital et pour la flexion latérale, il se trouve au centre du bord antérieur du trou occipital (667).

Au niveau C1C2, le centre ou l'axe de rotation du mouvement principal la rotation axiale est au centre du processus odontoïde. Il se trouve à mi-chemin entre la pointe et la base de l'odontoïde pour le mouvement de flexion-extension, il est au centre du corps de C2 pour le mouvement de flexion latérale (667).

Au niveau C2C3, l'axe de rotation est à la base de l'odontoïde pour la rotation axiale, au centre de l'espace intervertébral C2C3 pour la flexion latérale et au centre du corps C3 pour le mouvement de flexion-extension (667).

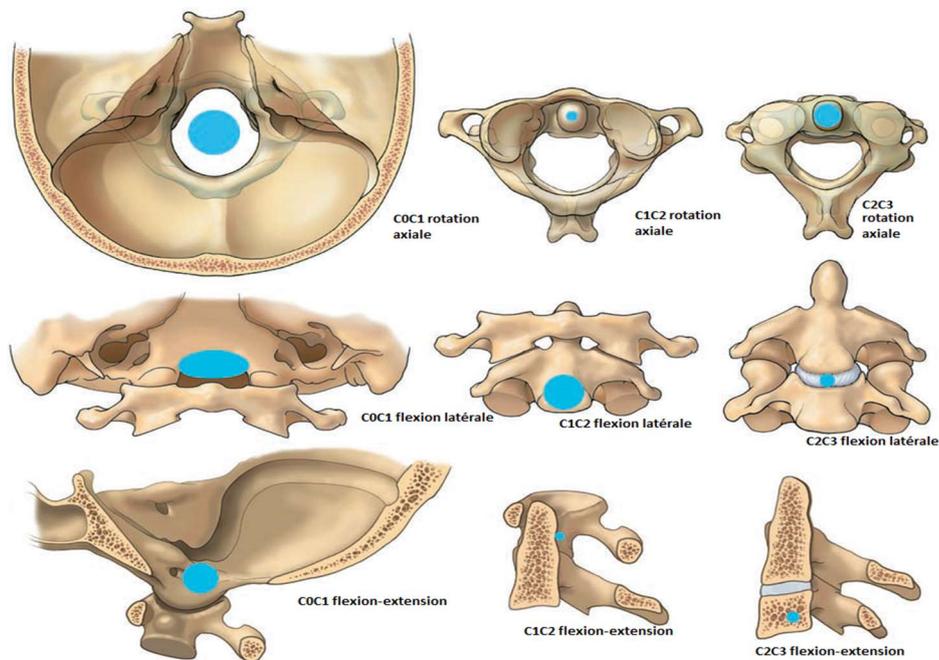


Figure 5.2 Axes de rotation à différents niveaux C0C1, C1C2 et C2C3 pour la rotation axiale, la flexion latérale et la flexion-extension respectivement (476)

V.2 MÉCANISMES DE PRÉJUDICE ET D'INSTABILITÉ :

L'instabilité est due à la compromission des structures de la JCV qui permettent des mouvements en dehors des limites physiologiques.

Pour comprendre les différentes lésions du complexe occipito- atlanto-axial, on utilise le concept de vecteur de lésion majeure (VLM). Il s'agit de la force et/ou du moment le plus

important appliqué à la colonne vertébrale et causant la blessure en question (204).

Le ligament transverse est le ligament le plus fort et le plus épais de toute la colonne vertébrale, il faut une très forte charge appliquée en amont de l'atlas pour le rompre (235).

Le ligament transverse est rigide et inélastique, il ne se déchire donc pas partiellement ou progressivement, c'est un phénomène de tout ou rien comme dit Dickman, lorsqu'il se déchire il ne se répare pas (235). Lorsque le ligament transverse est déchiré, une subluxation du C1 antérieure se produit.

La rupture du ligament alaire induit une instabilité de la rotation atlanto-axiale, cette instabilité est modeste et il n'y a de changement que dans l'AM et la ZR et la flexibilité est normale ou change de façon insignifiante. La section expérimentale des deux ligaments alaires augmente la ZN et l'AM pendant la rotation axiale, la flexion latérale et les mouvements de flexion-extension. Elle induit également une augmentation du mouvement de couplage de la flexion latérale lors de la flexion-extension (490).

La rupture des ligaments capsulaires augmente l'AM lors de la rotation axiale mais sans changement au niveau de la flexion-extension et de la flexion latérale. Les ligaments capsulaires représentent la première ligne de défense contre l'hyper rotation (168).

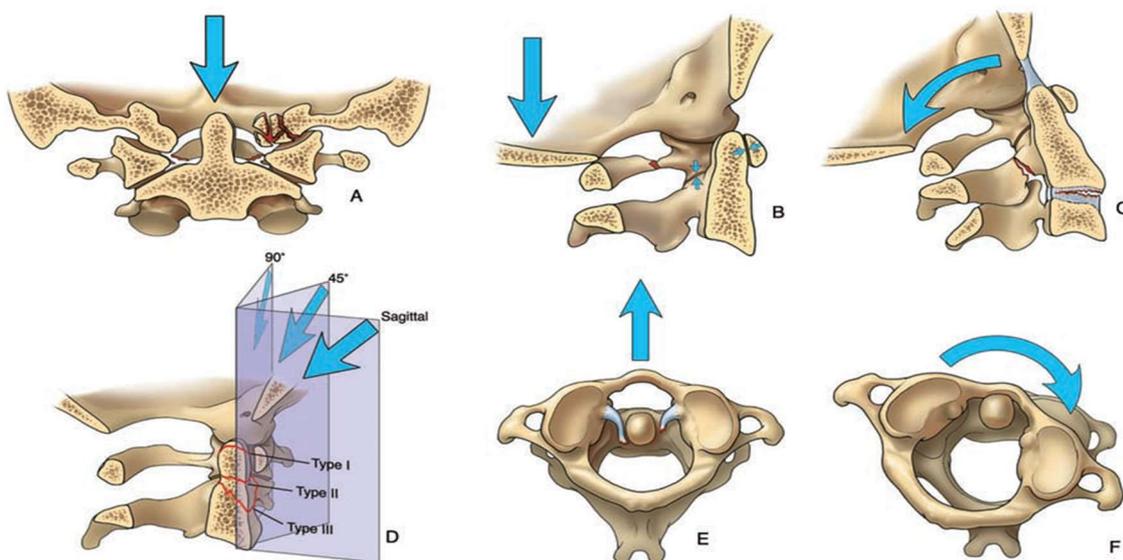


Figure 5.3 Le VLM des différentes pathologies traumatiques de la fracture du condyle A, de la fracture de l'atlas B, de la fracture bi pédiculaire C, de la fracture odontoïde D, de la rupture du ligament transverse E à la luxation rotatoire atlanto-axiale F (476)

V.2.A BLESSURES IATROGÈNES :

Dickman et al ont étudié les effets de l'odontoïdectomie in vitro, ils ont trouvé que l'AM augmentait en extension flexion et en flexion latérale mais pas en rotation axiale. Le centre de rotation est passé d'une distribution focale à une distribution mobile et large ; malgré ces résultats, ils ont constaté que tous les patients ayant subi une odontoïdectomie ne deviendront pas instables, en particulier ceux qui présentent des malformations congénitales et une assimilation et une fusion des articulations (462).

Avec 50% ou plus de condylectomie, la mobilité augmente de façon significative, la flexion-extension de 15,3%, la flexion latérale de 40,8% et la rotation axiale de 28,1% à l'articulation C0C1. Cette mobilité augmente de 19,8%, 71,4% et 60,2% pour la flexion-extension, la flexion latérale et la rotation axiale respectivement si 75% du condyle est réséqué (651).

La clivectomie inférieure induit une hyper mobilité modeste. L'AM augmente de 6 à 12% en flexion-extension et en rotation axiale au niveau des articulations C0C1 et il n'y a pas de changement significatif au niveau des articulations C1C2 (399).

VI. EXPLORATIONS DE LA JCV

L'exploration de la JCV est basée surtout sur les examens radiologiques en premier lieu, les examens électro physiologiques n'ont pas de place pour diagnostiquer les différentes pathologies de la JCV.

Comme il a été décrit dans les chapitres précédents, l'anatomie de la JCV est complexe, ce qui rend l'imagerie de la JCV un défi, établir un diagnostic parfait des différentes pathologies de la JCV exige, en plus de l'expérience, une bonne connaissance de cette anatomie de la part du radiologue.

Les techniques d'imagerie ont connu des développements considérables ces dernières décennies, les radiographies simples sont plus performantes et sont très utiles et importantes pour la gestion des différentes pathologies de la JCV.

Aujourd'hui, les appareils de tomодensitométrie aident non seulement à diagnostiquer les différentes anomalies, mais aussi à planifier les interventions chirurgicales, notamment grâce aux différentes reconstructions sur différents plans et aux images 3D parfaites que nous pouvons obtenir grâce aux logiciels installés dans ces appareils. L'angio CT de la JCV détecte les différentes anomalies vasculaires qui sont fréquentes avec les lésions congénitales et aide également à la planification chirurgicale. L'IRM est un outil essentiel dans l'arsenal des outils d'imagerie nécessaires au diagnostic et à la gestion des pathologies de la JCV. Elle est complémentaire des radiographies et du scanner pour les pathologies traumatiques, toujours nécessaires pour les anomalies congénitales et acquises de la JCV et est l'examen de choix pour les pathologies tumorales de la CVJ.

VI.1 CRITERES ET LIGNES A RECHERCHER EN IMAGERIE DE LA JCV :

Au fil des années plusieurs lignes et critères ont été décrits dans la littérature. Dans l'ère moderne ces critères sont reproductibles sur les explorations radiologiques incluant le CT scanner et l'IRM. Ces lignes sont généralement utiles pour le diagnostic et le suivi des lésions malformatives et inflammatoires de la JCV induisant une invagination ou une impression basilaire.

La ligne de Chamberlain : elle va du palais osseux à l'opisthion qui est le point médian du bord postérieur du foramen magnum, la pointe de l'odontoïde ne doit pas dépasser de 2,5 mm cette ligne et elle est considérée comme anormale si elle se trouve à 5 mm au-dessus de cette ligne (468).

Ligne de McGregor : elle va du palais osseux à la partie la plus basse de l'os occipital en postérieur, elle est généralement considérée comme anormale si la pointe de l'odontoïde dépasse de plus de 7 mm cette ligne (468).

Ligne de McRae : c'est la ligne qui va du basion (bord antérieur du foramen magnum) à l'opisthion, elle doit être mesurée sur la ligne médiane, l'extrémité de l'odontoïde est généralement en dessous de cette ligne (468).



Figure 6.1 Utilisation des lignes classiques sur des vues sagittales de CT : (a) ligne de Chamberlain, (b) ligne de McGregor et (c) ligne de McRae (178)

Ligne de Wackenheim : elle est tracée le long de la surface postérieure du clivus et s'étend jusqu'au canal rachidien cervical, l'apophyse odontoïde devant être antérieure à cette ligne (583).

L'angle du canal clival (ACC) : ou angle de Wackenheim qui est tracé entre la ligne de Wackenheim et une ligne parallèle au bord postérieur de l'odontoïde. (entre 150° en flexion et 180° en extension),

L'angle atlanto-occipital : ou angle de Schmidt-Fisher, il est tracé entre l'intersection des deux lignes passant parallèlement aux articulations atlanto-occipitales en vue coronale, l'angle moyen mesure 124° à 127°, il devient plus obtus avec l'hypoplasie condylienne (584).

L'angle de Welcher : il est tracé entre l'intersection de deux lignes, la première s'étend du nasion au tubercule de la selle et la seconde du basion au tubercule, sa moyenne est de 132°, il est considéré comme normal lorsqu'il est inférieur à 140°, il indique

un aplatissement de la base crânienne ou platybasie lorsqu'il est supérieur à 140° (365).



Figure 6.2 Différentes lignes et angles sur la radiographie et l'IRM, ligne de Chamberlain a,b ; ligne de Wackenheim c,d ; angle de Wechler e,f ; angle du canal clival g,h ; angle de Schmidt-Fisher i,j (584)

Angle oméga : on trace deux lignes dont l'une passe par le corps d'axis et parallèle à la seconde passant au niveau du palais osseux sur le plan sagittal ; pourquoi le palais, parce qu'il ne change pas avec les mouvements de flexion extension, l'angle est entre ces lignes et une ligne verticale passant au centre de l'odontoïde. Cet angle dépend du déplacement de l'odontoïde, lorsqu'il est réduit, cela signifie que l'odontoïde est horizontalisée et inclinée vers l'arrière (533).

Autres critères :

Il existe d'autres critères très utiles tels que :

- Les intervalles atlanto-dentaires et clivo-dentaires.
- La distance entre la pointe de l'odontoïde et la jonction ponto-médullaire à l'IRM.
- Les lignes bi mastoïdiennes et bi digastrique de Fischgold.

- L'indice de hauteur de Klaus : c'est la distance entre la ligne de Twinning et la pointe de l'odontoïde. Cette distance est à 40 à 41mm dans les cas normaux. Si l'odontoïde est haute située cette distance est plus courte.
- La méthode de Redlund-Johnell : c'est la distance entre la ligne McGregor et le point médian de la marge inférieure de C2 (> 29mm chez les femmes et > 34mm chez les hommes).
- La méthode de Ranawat : c'est la distance entre deux lignes tracées en coupes sagittales, la première passant au centre des deux arcs antérieur et postérieur de l'atlas et une deuxième ligne parallèle à celle-ci passant par le centre de l'épineuse et le centre du corps de C2. Cette distance est supérieure à 13mm chez les femmes et 15 mm chez les hommes (533).
- L'angle de Boogaard qui est un angle entre la ligne de Wackenheim et la ligne de McRae, cet angle doit être inférieur à 136° et au-delà il est anormal (584).

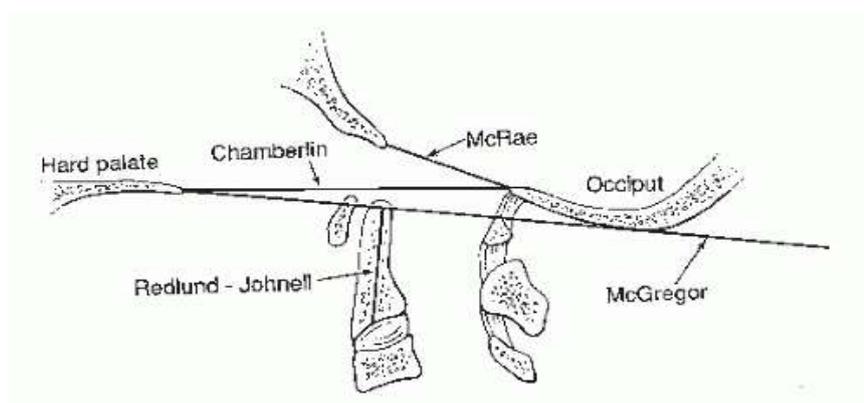


Figure 6.3 Différentes lignes utilisées pour diagnostiquer une invagination basilaire. La méthode Redlund-Johnell consiste à calculer la distance entre la ligne McGregor et le point médian de la marge inférieure de C2 (cette distance est supérieure à 29 mm chez les femmes et à 34 mm chez les hommes) (346)

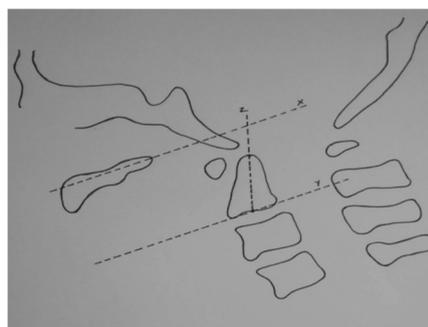


Figure 6.4 Calcul de l'angle oméga modifié entre une ligne parallèle au palais osseux et une ligne parallèle à l'axe de l'odontoïde (255)

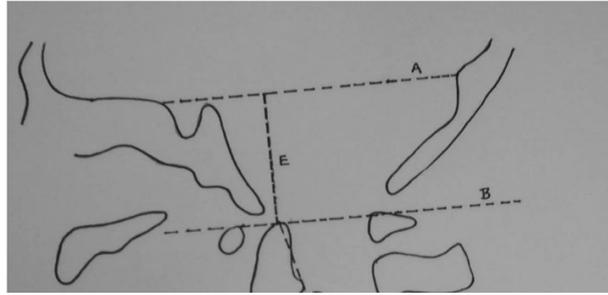


Figure 6.5 Indice de hauteur de Klaus : la distance E est calculée entre la ligne de Twinning (A) et une ligne parallèle passant par la pointe de l'odontoïde (B) (la hauteur normale est de 40-41 mm) (255)

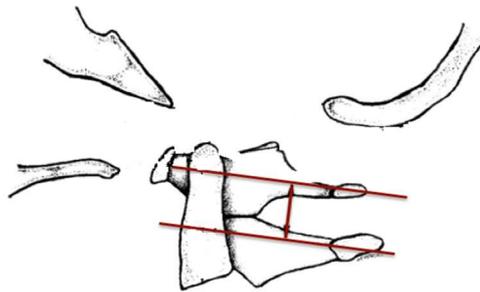


Figure 6.6 Méthode Ranawat (la distance normale est supérieure à 13 mm pour les femmes et à 15 mm pour les hommes) (533)

VI.2 EXPLORATIONS RADIOLOGIQUES SELON LA PATHOLOGIE :

- Pour les lésions malformatives et inflammatoires le CT scanner et l'IRM ont largement remplacés la radiographie conventionnelle et les différentes lignes et critères craniométriques vus précédemment sont généralement dessinés ou calculés sur les clichés ou les images de ces explorations.

Les reconstructions 3D des coupes en haute résolution qu'on peut avoir avec les scanners modernes aident à comprendre la morphologie exacte des malformations osseuses de la JCV associées à ces lésions.

L'IRM est très utile à étudier les tissus mous et ligamentaires de la jonction crano-vertébrale, et d'évaluer la compression des structures nerveuses par les processus osseux malformatifs. Les lésions secondaires type souffrance médullaire avec un hyper signal en T2 sont bien visualisés. La dynamique du LCR peut être modifiée avec une syringomyélie associée dans ces lésions malformatives, elle est bien mise en évidence par l'IRM.

L'exploration angiographique des artères vertébrales et du tronc basilaire et de leurs branches est possible avec l'angio CT ou l'angio MR, le trajet et les branches de l'artère vertébrale chez les patients

porteurs de lésions malformatives de la JCV peuvent être modifiés par rapport à leur anatomie habituelle chez des sujets normaux.

- Pour la pathologie tumorale de la JCV, l'IRM est l'examen de choix permettant d'orienter le diagnostic sur la nature exacte de la tumeur, sur son origine, son extension et surtout sur sa relation avec les structures nerveuses sous-jacentes. Les tumeurs de la JCV peuvent être osseuses primitives ou secondaires, ou intradurales extras médullaires incluant les méningiomes du foramen magnum et les schwannomes.

Le CT scanner est complémentaire à l'IRM en matière de pathologie tumorale, il montre mieux l'extension tumorale des lésions osseuses et évalue bien le caractère stable ou instable de ces lésions.

L'exploration angiographique utilisant l'angio CT ou l'angio MR permet de déterminer la relation de la tumeur avec les artères vertébrales, les PICA et le tronc basilaire dans certains cas.

-Pour la pathologie traumatique la radiographie standard garde toujours son utilité, c'est le premier examen à demander en urgence, il faut insister à dire que l'incidence de face bouche ouverte doit être demandée de façon systématique avec les autres incidences pour tout traumatisé du rachis cervical. Les différentes incidences en face, profil et bouche ouverte permettent de poser le diagnostic positif de lésion traumatique en montrant un trait de fracture dans certains cas ou un déplacement entraînant une luxation ou une angulation dans d'autres cas, ou suspecter une lésion instable en se basant sur certains signes indirects.

L'indice de Spence est mesuré en calculant la distance entre deux lignes, une ligne passant le bord le plus externe de la masse latérale de l'atlas et une ligne passant par le bord le plus externe de la surface articulaire de l'axis, les distances des deux côtés sont additionnées et l'indice de Spence ne doit pas dépasser 6,9mm ou 8,1mm pour certains en prenant en compte le grossissement radioscopique. Si cet indice dépasse ces valeurs une rupture du ligament transverse est fortement suspectée.

Le CT scanner est devenu l'examen de choix dans les différents centres de référence à travers le monde en matière de pathologie traumatique cervicale et surtout celle de la JCV, les reconstructions multi planaires en sagittal, coronal et 3D permettent le diagnostic exact de la lésion et permettent également d'identifier sa morphologie et d'établir une classification selon le type de la lésion. Les critères d'instabilité sont facilement mis en évidence en calculant la dislocation, l'angulation, l'intervalle

atlanto-dentaire (IAD), l'indice de Spence est reproductible au scanner sur les coupes coronales passant par les articulations atlanto axiales latérales. Certains auteurs essaient d'évaluer la rupture du LT en faisant le CT sur deux positions : une neutre et une sur 10° de flexion et en calculant l'IAD, s'il y a un changement de plus de 15% entre les deux positions de l'IAD, la rupture du LT est fortement suspectée (410).

Le CT scanner est souvent suffisant pour guider la conduite thérapeutique conservatrice ou chirurgicale des lésions traumatiques de la JCV.

L'IRM n'est pas demandée en urgence pour la pathologie traumatique de la JCV et lorsqu'elle est faite elle confirme le diagnostic et montre les lésions ligamentaires associées. L'IRM est très utile en cas de tableau clinique non expliqué par l'imagerie scannographique du patient traumatisé. Elle peut montrer une lésion médullaire associée.

VI.3 POLYSOMNOGRAPHIE :

La polysomnographie est un examen consistant à enregistrer, au cours du sommeil du patient, plusieurs variables physiologiques afin de déterminer certains troubles liés au sommeil, qui peuvent être en rapport avec une malformation ou une anomalie de la charnière cranio vertébrale.

VI.4 INTERET DE L'IMAGERIE POUR LA PLANIFICATION DE L'ACTE CHIRURGICAL :

Initialement les explorations radiologiques de la JCV permettent d'établir le diagnostic des différentes pathologies, et après ces explorations aident le chirurgien à poser l'indication chirurgicale et à choisir l'approche nécessaire pour traiter le patient.

La planification de l'acte chirurgical est un temps capital, prenant en compte l'état clinique du malade et surtout l'analyse des différents examens radiologiques.

Pour la pathologie malformative et inflammatoire, en plus de l'indication opératoire les examens radiologiques aident le chirurgien à identifier les différentes cibles de vissage et chercher et mesurer les meilleures trajectoires. En cas de décompression la partie osseuse à réséquer peut être identifiée et quantifiée (voir le chapitre sur la pathologie).

Pour la pathologie tumorale, l'extension de la lésion visualisée sur l'IRM et le CT scanner guide le chirurgien dans son geste pour réaliser une exérèse complète ou juste une décompression tumorale

en faisant une exérèse partielle ou limitée. Le deuxième point capital est la nécessité de fixation et de fusion en cas de pathologie tumorale déstabilisante, les examens radiologiques définissent ces lésions déstabilisantes et comme pour la pathologie malformative la planification du geste de fixation en plus du geste d'exérèse profite des examens radiologiques modernes.

La prise en charge de la pathologie traumatique est très liée à l'exploration radiologique, dès que ces examens sont réalisés la lésion traumatique peut être classée selon des classifications consensuelles dans la littérature et suivant la classe ou le grade de la lésion, la conduite thérapeutique est soit conservatrice utilisant des moyens orthopédiques soit chirurgicale avec une fixation et une stabilisation de la lésion. Les cibles de vissage et les trajectoires sont définies selon l'approche et la voie d'abord choisies.

En fait l'analyse de l'imagerie de la JCV est la première étape de toute approche chirurgicale quelque soit la pathologie.

VII. LES PATHOLOGIES DE LA JONCTION CRANIO-VERTEBRALE

Après les chapitres sur l'embryologie, l'anatomie, la biomécanique et l'exploration de la JCV nous développerons le chapitre des différentes pathologies de la JCV, et comme nous l'avons vu dans le chapitre de l'embryologie, il est très logique de commencer par les anomalies congénitales et développementales. Nous poursuivrons ensuite avec les pathologies acquises dues aux troubles métaboliques des os, aux maladies osseuses de ramollissement, aux maladies dégénératives comme la polyarthrite rhumatoïde et aux maladies infectieuses, puis nous aborderons les pathologies tumorales de la JCV et enfin nous terminerons ce chapitre par les traumatismes de la JCV.

Le point commun des pathologies diverses dans cette région est leur retentissement clinique par compression nerveuse et l'instabilité que peuvent induire.

Il est donc indispensable de comprendre les différentes pathologies pour les traiter correctement et essayer à chaque fois d'atteindre les premiers objectifs de toute chirurgie dans cette région qui sont la décompression des structures nerveuses et la stabilisation de la JCV.

Un autre point à discuter est la spécificité de ces pathologies lorsqu'il s'agit d'enfants, comme nous l'avons vu dans le chapitre sur l'embryologie, le développement de la JCV ne s'arrête pas à la naissance et se poursuit pendant la première décennie de la vie, et c'est une question très importante à prendre en compte lors du traitement de ces enfants.

VII.1 PATHOLOGIES CONGÉNITALES :

La JCV est une région particulière, c'est la transition entre le crâne et la colonne vertébrale, c'est la plus mobile de toute la colonne vertébrale, avec une embryologie unique. Cette région est composée de l'occiput, de l'atlas et de l'axis, les anomalies osseuses congénitales peuvent toucher n'importe quel os de ces trois ou deux d'entre eux, voire tous.

Il est très important de comprendre cliniquement ces troubles et d'essayer de définir leur influence sur les structures

environnantes. La gestion de ces troubles dépend de cette compréhension.

VII.1.A LES PATHOLOGIES CONGÉNITALES OCCIPITALES :

VII.1.A.a INVAGINATION BASILAIRE :

L'invagination basilaire (IB) est définie comme le prolapsus de l'odontoïde dans le foramen magnum ou le prolapsus de la colonne vertébrale cervicale dans la base du crâne. C'est un résultat ou un signe d'autres anomalies associées comme l'hypoplasie du basiocciput (clivus) ou l'hypoplasie du condyle occipital. Il pourrait être associé à d'autres anomalies telles que l'assimilation de l'atlas, le syndrome de Klippel Feil ⁽³⁴⁶⁾. Il faut différencier l'invagination basilaire de l'impression basilaire qui est un trouble acquis que l'on retrouve dans d'autres pathologies telles que la maladie de Paget, l'ostéogenèse imparfaite, l'achondroplasie, la polyarthrite rhumatoïde, le syndrome de Hurler. Ces deux termes sont parfois utilisés comme synonymes dans la littérature ⁽⁵⁵⁾.

L'hypoplasie occipitale peut affecter le basiocciput (clivus), l'exoccipital (condyles occipitaux) et l'os occipital squameux. L'invagination basilaire antérieure ou ventrale résulte d'une hypoplasie du basiocciput avec platybasie et fosse postérieure peu profonde. L'invagination basilaire médiane résulte d'une hypoplasie condylienne, unilatérale ou bilatérale, les caractéristiques des deux formes sont généralement présentes ^{(344) (533)}.

-Elle cause des dommages en cas de compression neurale directe, en particulier lors des mouvements répétitifs de flexion-extension normaux ⁽⁶²⁾.

-Sur le plan clinique, il existe peu de rapports sur les signes cliniques de l'invagination basilaire, Menezes et al ont la plus grande série dans la littérature, Goel et al ont rapporté 190 patients, 88 sans malformation de Chiari, 58% d'entre eux se sont présentés dans la deuxième décennie de vie et 86% dans les trois premières décennies de vie, les signes les plus fréquents sont la faiblesse motrice dans 100% des cas, la douleur au cou dans 59% des cas, une atteinte cordonale postérieure dans 39% des cas, un dysfonctionnement vésical dans 28% des cas et des paresthésies dans 25% des cas. Les signes localisés comprennent le torticolis dans 69 % des cas, des mouvements limités de la tête dans 59 % des cas, une insertion basse des cheveux dans 48 % des cas et un cou court dans 41 % des cas. Ils ont également constaté

qu'un traumatisme était le facteur révélateur dans 41% des cas. Pour les 102 patients présentant une invagination basilaire avec malformation de Chiari associée, 44% se sont présentés dans la troisième décennie de vie et 88% entre la deuxième et la quatrième décennie de vie, la durée d'installation des symptômes était lentement progressive, avec une faiblesse motrice dans 94% des cas, des paresthésies dans 79% des cas, une atteinte de la colonne postérieure et du tractus spino-thalamique dans 56% des cas et une ataxie dans 47% des cas. Les signes locaux comprenaient un cou court dans 50 % des cas et une insertion basse des cheveux dans 37 % des cas (256) (260).

-Lorsque le diagnostic d'invagination basilaire est suspecté, l'imagerie le confirme, les radiographies simples ont été pendant de nombreuses années le principal examen utilisé pour le diagnostic de l'invagination basilaire, le diagnostic est suspecté lorsque la facette C1C2 n'est pas visualisée sur l'incidence bouche ouverte de la colonne cervicale. Les structures osseuses du sphénoïde au corps C2 doivent être visualisées, les radiographies simples sont donc moins favorables que la tomodensitométrie (CT) et l'imagerie par résonance magnétique (IRM), surtout avec le développement des reconstructions 3D à haute résolution, les mesures radiologiques du crâne pourraient être adaptées à la CT et à l'IRM et elles sont fiables et précises. Nous disposons de nombreux critères radiologiques pour le diagnostic de l'invagination basilaire, incluant les lignes de Chamberlain, de McGregor, de McRae et de Wackenheim et les angles de Wackenheim, de Wechler et de Boogaard (365) (468) (583).

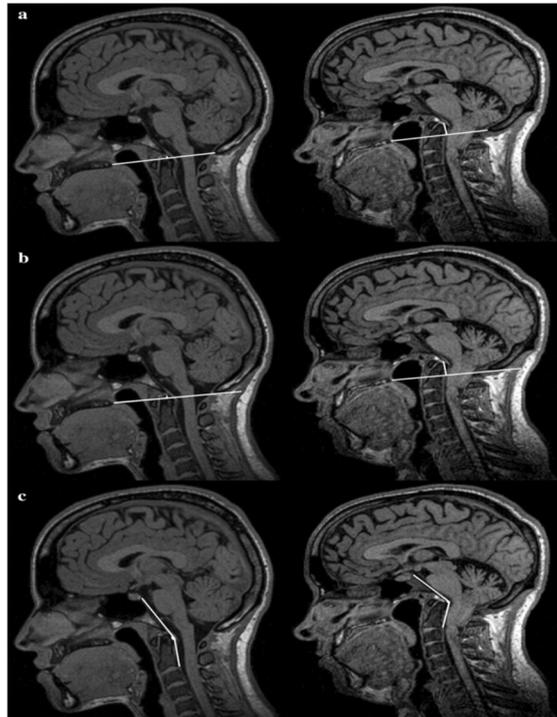


Figure 7.1 comparaison des images IRM d'une personne normale et d'un patient avec IB ; (a) ligne de Chamberlain, (b) ligne de McGregor et (c) angle Wackenheim ou angle du canal clival. (345)

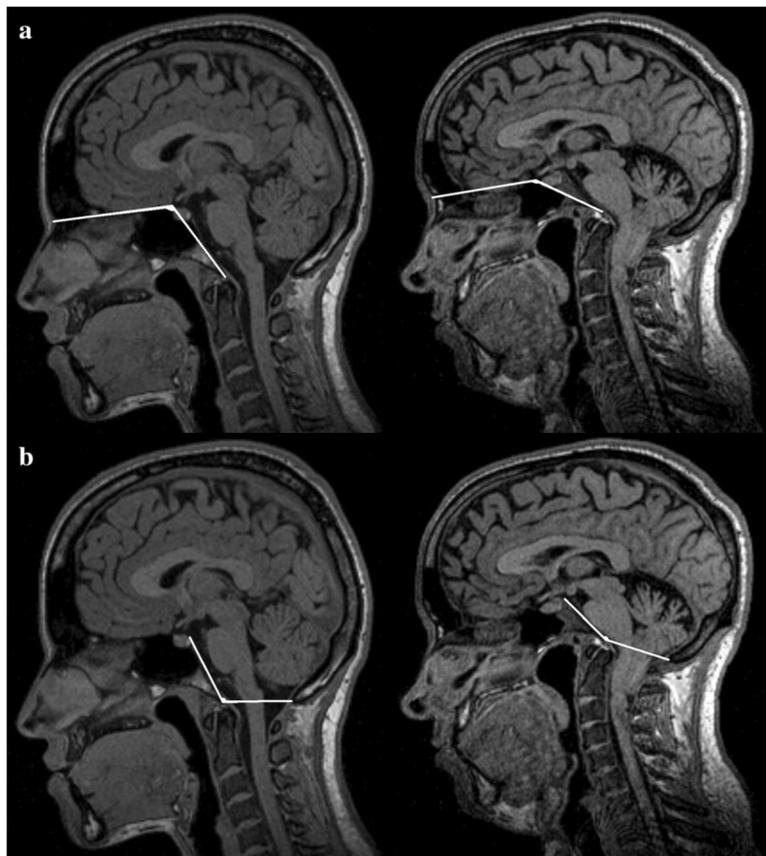


Figure 7.2 Angle de Welcher (a) et angle de Boogaard (b) chez une personne normale et un patient avec une IB. (345)

D'autres critères peuvent être utilisés comme la méthode de Redlund-Johnell, la méthode de Ranawat, l'angle oméga, et l'indice de hauteur de Klaus peuvent être utilisés pour le diagnostic et l'évaluation de l'IB (533).

Les intervalles atlanto dentaires et clivo dentaires et la distance entre la pointe de l'odontoïde et la jonction ponto-médullaire à l'IRM, sont des critères très utiles (533).

L'angle atlanto-occipital ou angle de Schmidt-Fisher, devient plus obtus en cas d'hypoplasie condylienne associée (584).

En plus de tous ces critères, la TDM de la JCV est très utile pour étudier les structures osseuses sur les reconstructions 3D et pour identifier les anomalies et les troubles associés.

L'avantage de l'IRM dans la région de la JCV est de visualiser les changements dans les tissus mous, la visualisation des ligaments, des membranes et des articulations de la JCV est de loin supérieure à celle du scanner. L'IRM est la méthode de choix lorsqu'il existe des signes cliniques ou radiologiques de compression du tronc cérébral ou de la moelle épinière cervicale haute.

L'imagerie dynamique utilisant les rayons X, le scanner ou l'IRM peut démontrer l'instabilité et la compression du tronc cérébral en fonction de la position.

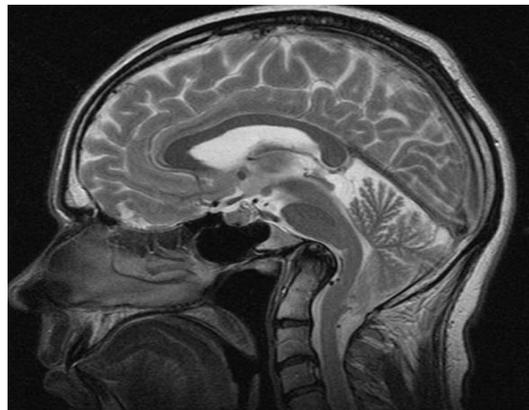


Figure 7.3 IRM T2 Vue sagittale d'un patient atteint d'IB, le tronc cérébral est comprimé (344).

-Après avoir diagnostiqué l'invagination basilaire et les troubles associés, la stratégie de prise en charge est discutée, deux points définissent la prise en charge, la compression du tronc cérébral et de la moelle épinière et l'instabilité cranio cervicale.

Menezes et al ont proposé le premier algorithme dans les années 1980, un algorithme qui est applicable après avoir atteint plus de 6000 patients, cet algorithme est basé sur la réductibilité de l'IB après traction, donc si c'est réductible une décompression postérieure avec fixation est proposée, sinon la gestion dépend de la compression, si elle est postérieure une décompression dorsale est proposée, si elle est antérieure une décompression ventrale est proposée, la fixation est réalisée là où il y a une instabilité dans ces cas. Avec le développement des techniques de diagnostic par imagerie, la réductibilité est vérifiée en peropératoire (68) (344).

À la fin des années 90, Goel et al ont classé l'invagination basilaire en fonction de la présence ou non d'une malformation de Chiari associée en deux groupes I et II, puis l'ont reclassée en groupe A et groupe B. Dans le groupe A, il y a une dislocation atlanto axiale et la pointe de l'odontoïde est au-dessus de la ligne de Chamberlain, de la ligne de McRae et de la ligne de Wackenheim, l'angle oméga modifié suggère que l'odontoïde s'incline horizontalement plutôt que rostralement. Dans le groupe B, l'extrémité de l'odontoïde se trouve au-dessus de la ligne de Chamberlain, mais en dessous des lignes de McRae et de Wackenheim, l'alignement de l'odontoïde et du clivus reste normal et les intervalles dento clival et atlantodentaire sont normaux. Ils ont proposé une distraction et une fixation des articulations atlantoaxiales avec réalignement pour le groupe A et seulement une technique de décompression ou de distraction-fixation pour le groupe B (259).

VII.1.A.b VERTEBRALISATION DE L'OCCIPUT :

On les appelle des manifestations des vertèbres occipitales, elles proviennent d'un défaut de segmentation du troisième sclérotome occipital et du pro atlas, on les voit donc autour du foramen magnum (469).

La différence entre ces malformations et l'assimilation de l'atlas qui est une fusion du premier sclérotome cervical et du pro atlas, est la présence d'un foramen pour l'artère vertébrale et du premier nerf cervical dans ce dernier.

Ce groupe présente de nombreuses anomalies :

-Fissure transversale du basiocciput : unilatérale ou bilatérale, fentes dans le clivus, elles résultent de l'assimilation incomplète des somites occipitaux, diagnostiquée au scanner, elles pourraient s'étendre au canal hypoglosse (54).

-Troisième condyle occipital : est une protubérance osseuse dans le bord antérieur du foramen magnum, il s'articule avec l'arc antérieur de C1 ou avec la dent, ce qui limite les mouvements aux articulations atlanto-occipitales et aggrave la compression nerveuse en cas d'invagination basilaire associée. Lorsque les protubérances sont multiples, on les appelle des processus basilaires (54) (518).

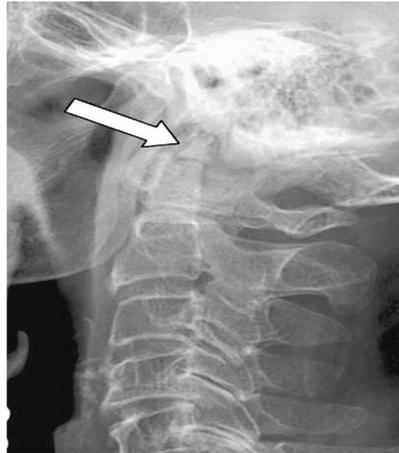


Figure 7.4 Image radiographique du troisième condyle occipital ou condylus tertius (flèche blanche) (673)

-Calcifications, pseudo articulations et fusions atlanto-occipitales elles sont dues à la persistance de l'apophyse transverse du pro atlas, elles comprennent une saillie du crâne appelée masse para mastoïde ou para occipitale, une masse située entre la tubérosité occipitale et l'apophyse transverse de l'atlas appelée masse para condylienne et une extension rostrale de l'apophyse transverse appelée apophyse épi transverse.



Figure 7.5 Masse ou processus para condylienne droit (673)

-Facettes atlantales supérieures bipartites : la facette supérieure est subdivisée en deux facettes par une fente, la facette antérieure est plus large ⁽⁴⁶⁹⁾.

-Les signes cliniques sont variables dans ces anomalies, elles pourraient être asymptomatiques, Menezes et al ont rapporté une série de 90 patients, 85 à 90% se sont présentés entre la première et la deuxième décennie, la tétra parésie était présente dans 80%, les déficits des nerfs crâniens inférieurs dans 33%, le dysfonctionnement du système vertebro basilaire dans 40% des cas et 60% ont été découverts après avoir subi un traumatisme ⁽⁵⁴⁾.

-Le diagnostic exact est confirmé par la tomodensitométrie et l'IRM, en particulier la tomodensitométrie 3D pour définir la morphologie de l'anomalie, la compression nerveuse et les anomalies nerveuses sont mieux visualisées en IRM.

-Le traitement est chirurgical lorsque les patients sont symptomatiques, les principes sont les mêmes qu'avec l'IB avec décompression et fixation.

VII.1.A.c HYPOPLASIE CONDYLIENNE OCCIPITALE :

Les condyles occipitaux se développent à partir du pro atlas, dans cette malformation les condyles occipitaux sont sous-développés et plats, la base du crâne est aplatie et remonte en dedans, les masses latérales de C1 pourraient être fusionnées avec ces condyles hypoplasiques.

-Sur les radiographies ordinaires, les condyles hypoplasiques pourraient être suspectés sur les incidences bouche ouverte et de profil et l'angle entre les deux lignes passant par les surfaces articulaires occipito atlantales est augmenté (angle de Schmidt-Fisher) est normalement compris entre 124 et 127°. Le scanner avec des reconstructions 3D à haute résolution permettra de mieux visualiser et diagnostiquer l'hypoplasie ^{(55) (673)}. En raison des condyles hypoplasiques, il y a une élévation de l'atlas et de l'axis, donc une invagination basilaire associée pourrait se produire avec ce trouble, l'invagination basilaire paramédiane est plus fréquente dans cette condition. L'IRM objective la compression cervico médullaire latérale dans ce cas ⁽³⁴⁶⁾.

-Les symptômes cliniques moteurs sont présents lorsqu'il y a une compression neurale, mais celle-ci peut être asymptomatique et peut être unilatérale ou bilatérale.

-Le traitement est une décompression avec fixation en cas de compression neurale avec ou sans instabilité.



Figure 7.6 Vue coronale CT de l'hypoplasie du condyle occipital (flèche noire) (673)

VII.1.B PATHOLOGIES CONGÉNITALES DE L'ATLAS :

VII.1.B.a ASSIMILATION DE L'ATLAS :

On l'appelle aussi occipitalisation de l'atlas, décrite pour la première fois par Rokitansky, elle est due à un défaut de segmentation entre le quatrième sclérotome occipital et le premier sclérotome spinal, elle peut être focale, segmentaire, unilatérale ou bilatérale, les fusions condyliennes sont asymétriques, un reste de l'arc postérieur peut être présent au bord postérieur du trou occipital (250).

Elle est présente chez 0,12 à 3 % de la population normale, généralement asymptomatique quand elle est isolée (573).

L'anomalie associée la plus fréquente est l'instabilité atlanto-axiale, en raison de toutes les contraintes exercées sur les articulations atlanto-axiales, cette dislocation est d'abord réductible puis si elle n'est pas découverte, elle évolue en invagination basilaire réductible à la fin de l'enfance et enfin en invagination basilaire fixe et instabilité atlanto-axiale fixe à l'âge adulte avec horizontalisation du clivus (63).

Les autres troubles qui pourraient être présents avec cette anomalie comprennent la malformation de Chiari et la réduction du volume de la fosse postérieure (63).

Le diamètre du trou occipital est toujours inférieur à la normale dans cette anomalie (250).

-Cliniquement, lorsque cette pathologie est associée à une instabilité atlantoaxiale ou à une invagination basilaire compressive ou dans d'autres cas rares à une compression postérieure, on pourrait avoir un syndrome du foramen magnum avec tétra parésie évolutive avec paresthésie des quatre membres (250).

-Sur les radiographies latérales, l'arc antérieur du C1 est trop élevé

lorsqu'il y a assimilation partielle de C1 et non visible lorsqu'il y a assimilation complète. Le scanner confirmera cette anomalie et démontrera les anomalies associées.

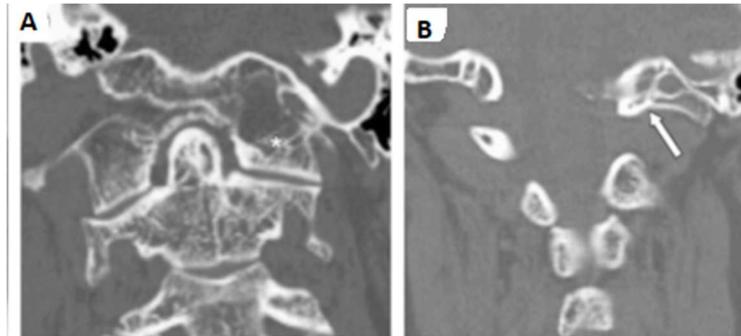


Figure 7.7 Cas d'assimilation d'atlas vu sur un CT scanner en coupes coronales CT (A) (B) (673)

Le CT angio est obligatoire lorsqu'une fixation postérieure est prévue pour identifier le parcours de l'artère vertébrale (AV) ; l'AV a dans presque tous les cas d'occipitalisation de C1 une trajectoire anormale, elle est divisée en quatre types selon Sivaraju et al :

-L'AV de type 1 entre dans la dure-mère en dessous de C1 avec la présence ou non d'un foramen transverse.

-L'AV de type 2 entre dans le complexe fusionné du COC1 par un canal, en avant de la masse latérale (2a), en arrière de la masse latérale (2b) ou à travers la masse latérale.

-L'AV de type 3 entre dans la dure-mère au-dessus de l'arc de C1 mais ne passe pas par le foramen transverse de C1.

-L'AV de type 4 suit une trajectoire normale. (388)

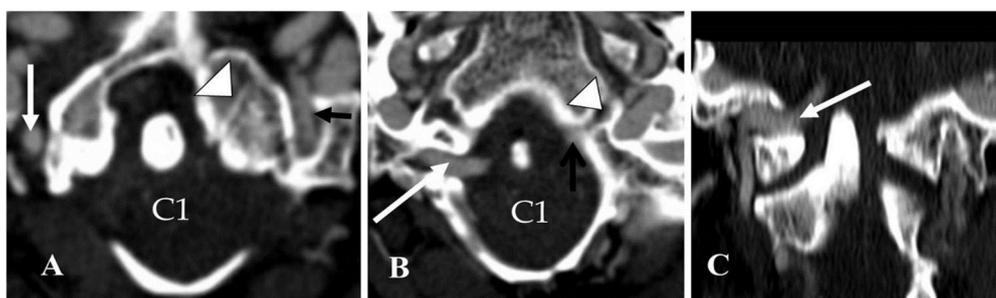


Figure 7.8 AngioCT axial (A) (B) et coronal (C) d'un cas avec assimilation de l'atlas, l'AV droite (flèche blanche) passe dans la masse latérale, l'AV gauche (flèche noire) passe dans le canal antérieur à la masse latérale C1 (pointe de flèche blanche). (388)

-Le traitement dépend des troubles associés à cette lésion avec les mêmes objectifs de décompression et de stabilisation.

VII.1.B.b APLASIE ET HYPOPLASIE DE L'ARC ANTÉRIEUR ET/OU POSTÉRIEUR :

Les masses latérales et la partie supérieure de l'arc postérieur sont dérivées du pro atlas et l'arc antérieur et la partie inférieure de l'arc postérieur dérivent du premier sclérotome cervical.

Deux centres d'ossification dans les masses latérales se développent à la 7^e semaine de gestation puis l'ossification se poursuit progressivement vers les tubercules antérieur et postérieure des arcs ⁽²¹⁰⁾.

-Les fentes sont plus fréquentes que l'aplasie complète, plus fréquentes dans l'arc postérieur (0,5% à 5%) que dans l'arc antérieur (0,1%) ⁽²⁴⁷⁾.

-Ces lésions pourraient être interprétées comme des fractures sur de simples radiographies et le diagnostic sera confirmé par un scanner ou une IRM.

-Ces lésions sont souvent asymptomatiques et stables.

VII.1.B.c APLASIE ET HYPOPLASIE DE L'ATLAS :

-L'aplasie ou l'hypoplasie d'un côté de l'atlas est due à l'absence d'ossification ou d'hypoplasie, elle pourrait être associée au syndrome de Klippel Feil, à la fusion atlanto-occipitale, à la malformation de Chiari et à la plagiocéphalie ⁽¹⁹⁷⁾.

-Elle est révélée par des torticolis et des vertiges.

-L'instabilité est rarement présente dans l'hypoplasie et ne nécessite pas de traitement, mais elle est évidente dans le cas d'une aplasie avec torticolis sévère, une fusion occipito cervicale est souvent nécessaire.

VII.1.B.d FUSION ATLANTO-AXIALE :

Il s'agit d'une anomalie congénitale rare, décrite comme des case report dans la littérature, l'aplasie ou l'hypoplasie de l'arc antérieur de l'atlas et de la dent sont souvent associées à cette condition ⁽¹¹²⁾.

VII.1.C PATHOLOGIES CONGÉNITALES DE L'AXIS :

VII.1.C.a ANOMALIES DE LA DENT :

La dent est ossifiée à partir de trois centres, deux paramédians et un centre à la pointe ⁽⁵⁶⁹⁾.

-L'Ossiculum terminale persistens : appelé aussi osselet de Bregmann, est un échec de la fusion de la pointe de la dent à la base, il ne doit pas être confondu avec l'os odontoïdeum, c'est une anomalie stable avec une hauteur odontoïde normale et ne nécessite aucun traitement (53).

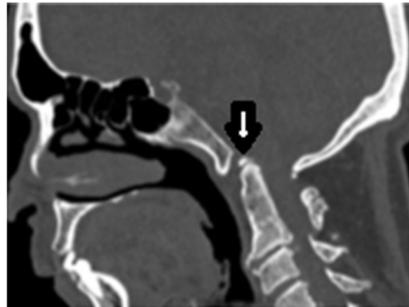


Figure 7.9 Vue sagittale CT d'un cas d'ossiculum terminale (flèche noire) (480)

-La dent bicornue ou le bicornis dens est un échec de fusion des deux centres paramédians d'ossification, elle est diagnostiquée comme ligne verticale radio transparente sur les reconstructions par un scanner en coupes coronales. Il n'a pas besoin de traitement (480) (602).

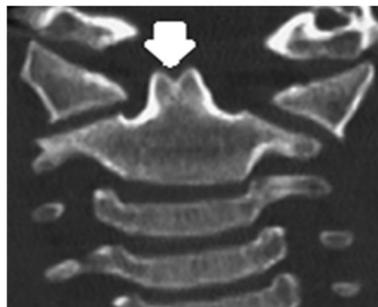


Figure 7.10 CT scanner en coupe coronale d'un cas bicornis dens (flèche blanche) (480)

-Os odontoïdeum :

-Il a été considéré par McRae comme une anomalie congénitale, mais la synchondrose neuro centrale est en dessous de la ligne des facettes supérieures et dans la plupart des cas d'os odontoïdeum, la ligne séparant l'osselet supérieur des fosses hypoplasiques est rostrale à cette ligne, donc l'histoire d'un ancien traumatisme au niveau de la colonne cervicale supérieure avec une fracture non fusionnée est une théorie plus accréditée maintenant pour la genèse de cette anomalie.

-Cette pathologie se révèle par un déficit progressif et dans d'autres cas par une aggravation neurologique après un traumatisme.

-Le diagnostic est confirmé par une imagerie radiologique comprenant des radiographies simples, un scanner et une IRM avec

des études dynamiques. L'os odontoïdeum est un osselet arrondi avec des bords corticaux et est séparé de l'apophyse odontoïde, cet osselet se déplace souvent avec le clivus et l'arc antérieur de C1 et est considéré comme dystopique, le reste de l'odontoïde pouvant se trouver derrière le ligament transverse.

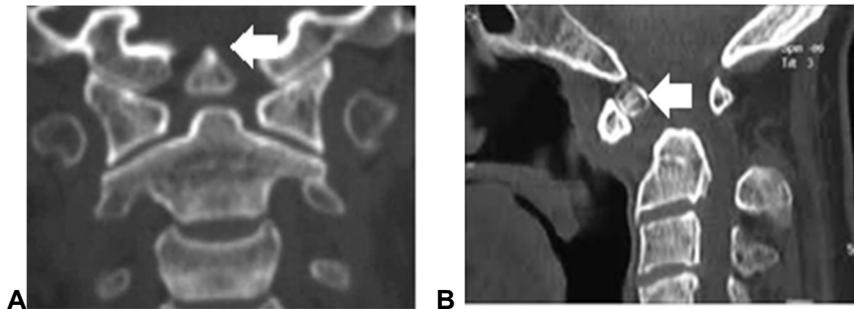


Figure 7.11 Os odontoïdeum. (Flèches blanches) A : notez que la ligne séparant l'osselet est au-dessus de la ligne des facettes B : dislocation atlanto-axiale secondaire à l'os odontoïdeum (128)

L'AV a une trajectoire aberrante dans un nombre modéré de cas d'os odontoïdeum.

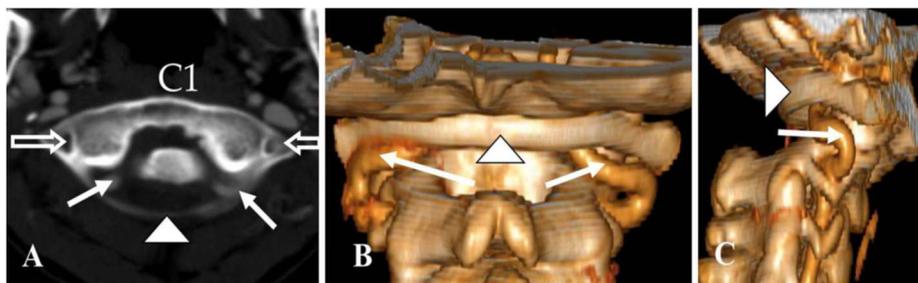


Figure 7.12 Vue axiale (A), coronale 3D (B) et sagittale 3D d'un cas d'os odontoïdeum avec les deux AV (flèche blanche) rentre dans le canal sous l'arc postérieur de C1 (pointe de flèche blanche), le foramen transversarium est vacant (flèche blanche ouverte) (388)

-Le problème de l'os odontoïdeum est la luxation atlanto-axiale, il est souvent réductible et nécessite une fusion atlanto-axiale, il peut être irréductible dans certains cas et une décompression antérieure avec fusion occipito cervicale peut être nécessaire (268).

-**L'hypoplasie ou l'aplasie isolée de la dent** : avec absence du processus odontoïde au-dessus de la synchondrose neuro centrale, est une anomalie extrêmement rare.

VII.1.D SYNDROME DE KLIPPEL-FEIL :

Il a été décrit pour la première fois en 1912. Il s'agit d'un trouble de la segmentation cervicale qui se produit lorsque deux vertèbres ou plus sont fusionnées en raison d'une diminution de l'expression du gène pax-1.

C'est une affection génétique hétérogène, elle peut être sporadique

ou héritée avec des modes dominants ou récessifs. Il est subdivisé en trois modèles ;

- Le modèle I consiste en une fusion de deux segments avec un disque presque normal.
- Le modèle II comprend de multiples segments fusionnés avec invagination basilaire ou assimilation atlanto-occipitale.
- Le modèle III est constitué de multiples segments fusionnés avec sténose du canal cervical. Cet état peut induire une déformation avec instabilité et compression nerveuse (62).

Il présente un syndrome typique avec la triade, un cou court, une insertion basse des cheveux et une amplitude de mouvement limitée du cou.

Ce syndrome pourrait être trouvé accidentellement après de simples radiographies ou un scanner effectué pour d'autres raisons telles qu'un traumatisme, il pourrait être associée à d'autres anomalies de la JCV (581).

VII.2 PATHOLOGIES ACQUISES DE LA JCV :

Il y a beaucoup de conditions qui affectent la JCV secondairement, ces conditions ou troubles peuvent toucher l'os comme les anomalies génétiques, les maladies de ramollissement des os et les troubles du métabolisme osseux, les maladies inflammatoires comme la polyarthrite rhumatoïde, les infections comme le syndrome de Grisel et la tuberculose.

La première conséquence de ces troubles est une impression basilaire dans certains cas, appelée aussi invagination basilaire secondaire.

Certains troubles peuvent entraîner une instabilité de la JCV sans impression basilaire ou une compression neurale qui pourrait nécessiter une intervention chirurgicale.

VII.2.A LE MÉTABOLISME OSSEUX ET LES PATHOLOGIES DE RAMOLLISSEMENT DES OS :

L'os est un tissu conjonctif constitué d'os compact et spongieux, ce dernier se trouvant dans les vertèbres, il existe trois types de cellules dans l'os, les ostéoblastes qui forment les composants organiques de la matrice osseuse tels que le collagène de type I et déposent les composants inorganiques qui sont des cristaux

de calcium et de phosphore ou d'hydroxyapatite, les ostéocytes sont les ostéoblastes matures entourés par la matrice osseuse, les ostéoclastes décomposent la matrice osseuse. La formation et la résorption osseuses sont un processus perpétuel qui se poursuit tout au long de la vie (381).

Les niveaux de calcium et de phosphate dans le sang sont régulés par de nombreux facteurs tels que la vitamine D qui favorise l'absorption du calcium, la PTH, une hormone sécrétée par la glande parathyroïde, qui stimule la résorption ostéoclastique et augmente le niveau de calcium dans le sang, la calcitonine sécrétée par la glande thyroïde qui diminue le niveau de calcium dans le sang en le déplaçant dans l'os, l'œstrogène qui inhibe la résorption osseuse (529).

Il existe de nombreuses maladies qui altèrent le métabolisme et la formation des os.

VII.2.A.a OSTEOGENESE IMPARFAITE :

-L'ostéogénèse imparfaite (OI) est une maladie héréditaire caractérisée par une extrême fragilité osseuse, elle présente une pénétrance variable allant d'une hérédité récessive à une hérédité à dominance autosomique. L'OI est donc un groupe de maladies, la majorité des cas présentent une forme légère de la maladie.

Il est relativement rare, son incidence est de 6,5 pour 100000 naissances vivantes et sa prévalence dans la population est de 1 sur 30 000, elle est due à une synthèse défectueuse du collagène de type I (64).

-Les symptômes neurologiques sont dus à l'impression basilaire, celle-ci est le résultat d'un ramollissement de l'os, le volume de la fosse postérieure est réduit, les bords postérieurs du trou occipital sont courbés vers le haut, le clivus s'horizontalise, le complexe clivus-atlas-odontoïde est élevé et le tronc cérébral est comprimé par cette élévation anormale. Les autres résultats sont l'étirement des nerfs crâniens, l'altération de la dynamique du LCR et l'insuffisance vasculaire (291) (620).

Les signes neurologiques, lorsqu'ils sont présents, sont observés chez l'enfant et l'adolescent entre 5 et 15 ans. Menezes et al ont rapporté une série de 52 patients, des céphalées occipitales étaient présentes chez 80% des cas, un déficit des nerfs mixtes chez 70% avec une dysphagie chez 66% et des problèmes respiratoires chez 60%, une faiblesse motrice chez 48% et une ataxie chez 32% des cas (64).

-Les résultats radiologiques sont parfois extraordinaires si l'on considère les quelques signes cliniques chez ces patients, l'odontoïde est à 30 à 40 mm au-dessus de la ligne de McGregor et 20 mm au-dessus de la ligne bi digastrique de Fishgold, l'angle basal peut dépasser 180°, les os pétreux sont élevés. À l'IRM, le tronc cérébral est déformé, le clivus est en contact avec la jonction ponto médullaire, la moelle épinière est allongée et dans certains cas, les amygdales cérébelleuses descendent sous le foramen magnum (579).

-Le traitement est chirurgical, selon Menezes la décompression postérieure avec fixation seule n'est jamais suffisante. Une décompression ventrale puis décompression postérieure et fixation est généralement le plan de traitement. La fusion est réussie, mais l'os est mou, on peut donc s'attendre à un échec à l'interface métal-os et l'utilisation d'une greffe osseuse généreuse est préférable (558).



Figure 7.13 IRM T1 sagittale d'un enfant atteint d'OI (476)

VII.2.A.b ACHONDROPLASIE ;

-L'achondroplasie (ACH) est une maladie héréditaire, c'est une maladie autosomique dominante, mais elle peut être sporadique dans la plupart des cas et représente une nouvelle mutation. L'ACH est due à une mutation du FGFR3, un facteur très important dans l'ossification endo chondrale, il inhibe et altère la prolifération des chondrocytes dans les sites endochondrales et les plaques cartilagineuses, ce processus d'ossification se produit dans les os longs, la colonne vertébrale et la base du crâne surtout au niveau de la synchondrose sphéno-occipitale, c'est ce qui explique le nanisme observé chez ces enfants (534).

-Cliniquement, les caractéristiques morphologiques de l'ACH sont présentes à la naissance avec une rhizomyélie ou des extrémités raccourcies, un tronc et une tête larges, des bosses frontales, une récession mi- faciale et une sténose lombaire exagérée (72). Les signes neurologiques, dus à l'impression basilaire et à la sténose du foramen magnum, comprennent une tétra parésie, un mauvais contrôle de la tête, une dysphagie, ainsi que des difficultés respiratoires et une apnée du sommeil.

Ces patients courent un risque de mort subite (158).

-A l'imagerie par scanner et IRM, il y a un aspect classique du foramen magnum en larme sur le plan axial, d'autres signes incluent un occiput horizontal, des citernes basales proéminentes, une hypoplasie du basiocciput et une dysplasie odontoïde (351).

Yamada et al ont présenté une méthode pour calculer la sténose du trou occipital, ils calculent la dimension sagittale du tronc cérébral à trois niveaux : **a** à la jonction ponto médullaire, **b** au niveau du FM et **c** au niveau de C3, ils concluent qu'une sténose sévère est présente si le rapport **b/a** était < à 0,6 et ou **b/c** était < 1. Les autres signes radiologiques comprennent une ventriculomégalie et une compression du tronc cérébral (674).

-Le traitement chirurgical est basé sur la décompression de la JCV avec élargissement du foramen magnum rétréci, l'ouverture de la dure-mère est un sujet de débat dans la littérature. Le plus important dans ces cas est l'indication chirurgicale, il y a deux indications de décompression de la JCV, la première est l'atteinte neurologique clinique grave et la seconde est la preuve d'une apnée ou d'une hypopnée centrale à la polysomnographie chez un patient avec un FM rétréci et un manque d'espaces sous arachnoïdiens péri médullaires ou la présence d'un hyper signal intramédullaire T2 (158).

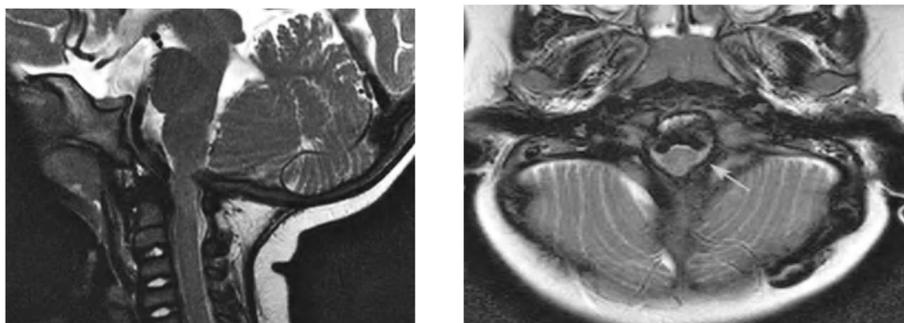


Figure 7.14 IRM T2 vues sagittales et axiales chez un patient achondroplase, à gauche il y a une surcroissance de l'opisthion et à droite le foramen magnum a une forme de goutte de larme (flèche blanche). (429)

VI.2.A.c MUCOPOLYSACCHARIDOSES :

Les mucopolysaccharidoses (MPS) sont un groupe de maladies héréditaires, transmises en mode autosomique récessif, à l'exception du type II qui est héréditairement récessif lié au sexe. Il existe sept types de MPS, ils affectent les enzymes responsables des glycosaminoglycanes (GAG), leur accumulation dans les lysosomes conduit à des troubles multi systémiques dans le foie, la rate, et les systèmes cardiovasculaire et nerveux, leur accumulation dans le cartilage de croissance provoque une altération de l'activité ostéoclastique et entraîne une réduction de la résorption du cartilage ⁽⁵³⁰⁾.

-Les manifestations cliniques dépendent de l'enzyme, les principaux signes consistent en une faible hauteur, un thorax court et large, une macrocéphalie, des membres supérieurs et inférieurs courts et une anomalie avec un grand espacement entre les dents (micro-odontie).

La moelle épinière cervicale haute secondairement atteinte est impliquée dans les MPS et ça doit toujours être gardé à l'esprit, Rodrigo et al dans une série de 52 patients ont constaté que 21 patients avaient une tétra parésie ⁽⁵³⁰⁾.

-Le principal examen radiologique est l'IRM avec séquences dynamiques, les principales anomalies au niveau de la JCV sont : l'hypoplasie ou l'aplasie de la dent, la sténose du canal cervical avec tissu péri odontoïde et épaissement des tissus ligamentaires et de la dure-mère par accumulation de glycosaminoglycane, et l'instabilité atlanto-axiale avec laxité du ligament transverse ⁽⁴¹⁶⁾. Pour la maladie de Morquio, la JCV est presque toujours atteinte, la dent est hypoplasique, avec un tissu mou postérieur à cette dent, rétrécissant le canal rachidien, cette masse montre un signal faible à intermédiaire sur les images MR pondérées T1 et faible sur les images MR pondérées T2. Tout cela va entraîner une instabilité atlanto-axiale. Elle est mieux évaluée avec des séquences dynamiques démontrant la compression de la moelle épinière et la myélopathie, l'instabilité est évidente si l'intervalle atlanto-dentaire est supérieur à 5 mm ou s'il diffère de plus de 2 mm entre les images en flexion et en extension. Si l'intervalle atlanto-dentaire n'est pas visualisé, la différence de 2mm dans le diamètre antéro-postérieur entre le bord postérieur de l'odontoïde et l'arc postérieur de C1 en flexion et en extension a la même valeur diagnostique pour l'instabilité ^{(313) (417)}.

Le scanner n'est pas indiqué comme examen de première intention car il s'agit d'une maladie infantile, il est donc indiqué lorsque la compression ou l'instabilité est évidente à l'IRM et qu'il y a une indication chirurgicale. Il démontre également la déformation cervicale, les corps vertébraux présentent des anomalies morphologiques en raison de l'échec de l'ossification secondaire périphérique résultant de l'accumulation des GAG, ces anomalies comprennent une platy spondylie, des corps vertébraux en forme de balle et un scalloping postérieur des corps vertébraux (671).

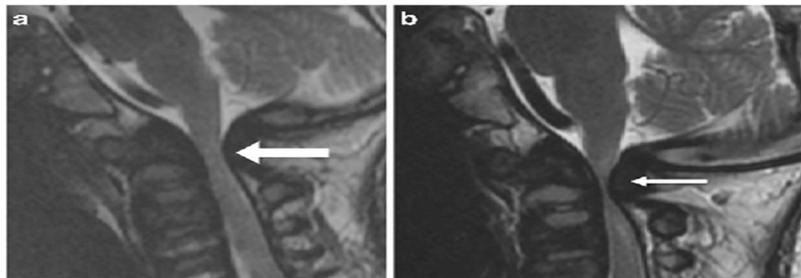


Figure 7.15 a, b Compression médullaire progressive chez un patient atteint d'une MPS VI (429)

-Pour le traitement, la chirurgie est indiquée chez les patients atteints d'une myélopathie clinique progressive avec des signes de compression de la moelle épinière au niveau de la JCV. La chirurgie préventive est encore un sujet de débat, elle est indiquée chez les patients atteints de MPS de type IV ou de maladie de Morquio, avec une sténose canalaire > 50% sur l'IRM et une instabilité de la JCV. (227)

Le traitement proposé dans la majorité des cas est la décompression postérieure avec osteosynthèse et fusion même si certains auteurs ont envisagé une simple décompression seule ; car la décompression isolée chez ces patients est une technique déstabilisante.

La technique de fixation rigide est complétée par l'utilisation d'une greffe prélevée de la crête iliaque ou des côtes (129).

En plus du traitement chirurgical, l'utilisation de la thérapie enzymatique substitutive dans les cas de MPS de type I, II et VI et la transplantation de cellules souches hématopoïétiques dans les cas de MPS de type I ont modifié l'histoire naturelle de ces patients (347).

VI.2.A.d SYNDROME DE DOWN :

Le syndrome de Down (SD) ou trisomie 21 est l'anomalie chromosomique la plus fréquente chez l'homme, survenant une fois pour chaque 700 naissances, l'instabilité de la JCV dans le SD a été décrite pour la première fois par Spitzer et al, en 1983 les Jeux olympiques spéciaux et l'Académie américaine de pédiatrie ont commencé à recommander un dépistage radiologique pour tous les enfants atteints de SD avant de participer aux Jeux olympiques spéciaux (37).

L'instabilité de la JCV est présente chez 14 à 24% des patients atteints de SD, elle est symptomatique chez 1% des enfants, cette instabilité peut toucher la jonction occipito-cervicale en raison d'une anatomie osseuse particulière chez ces enfants avec des condyles occipitaux et des facettes supérieures de l'atlas aplatis, ce qui augmente la tension sur les ligaments et entraîne une perturbation du fonctionnement de l'articulation. La deuxième instabilité est la luxation atlanto-axiale due à la présence d'un os odontoïdeum associé (6 % des enfants atteints de SD) ou à la laxité du ligament transverse en raison de défauts intrinsèques du collagène (624).

-Les signes cliniques de SD avec instabilité de la JCV symptomatique sont le résultat d'un rétrécissement du canal cervical lors des mouvements de flexion-extension, une tétra parésie progressive secondaire à la myélopathie est observée chez ces enfants symptomatiques. (65)

-Les examens radiologiques, y compris les radiographies simples, le scanner et l'IRM, permettront de diagnostiquer l'anomalie qui a causé cette instabilité. Il peut s'agir d'une instabilité C1C2 fixe ou réductible, elle est diagnostiquée au scanner et à l'IRM en calculant l'IAD qui est supérieur à 5mm.

La luxation atlanto-occipitale est également fréquente chez ces patients, elle est mieux évaluée en utilisant le ratio de Powers ou le rapport de Wiesel-Rothman qui est mesuré sur la radiographie dynamique en flexion et en extension, entre deux lignes l'une tangente au cortex postérieur de l'arc antérieur et l'autre tangente au point postérieur du basion. Une différence supérieure à 1 mm sur les deux séquences est significative (668).

Il pourrait s'agir d'un os odontoïdeum ou d'une instabilité C1C2 rotatoire. Des anomalies osseuses telles que les arcs antérieurs ou postérieurs bifides, l'assimilation partielle de l'atlas et l'hypoplasie

condylienne pourraient être présentes dans de rares cas (620).

- Le traitement chirurgical consiste en une fixation occipito-cervicale, une fixation C1C2 et dans de rares cas une décompression ventrale. Des rapports pessimistes sur les résultats de l'arthrodèse ont été publiés dans la littérature sur le SD, mais Menezes et al ont rapporté une série de 54 patients atteints de SD, dont 36 ont été traités chirurgicalement, avec un taux de fusion de plus de 90% (65).

VI.2.A.e MALADIE DE PAGET : (MP)

-La MP est une maladie d'étiologie inconnue, elle peut être inflammatoire, hormonale, auto-immune, néoplasique, vasculaire, ce qui est le plus convaincant, c'est une infection virale, elle touche l'os de manière focale et dans certains cas, plusieurs os peuvent être touchés (352).

-La pathophysiologie de cette maladie est une activité hyper ostéoclastique et une reformation osseuse anormale (123).

-Le crâne est touché dans 60 % des cas et l'impression basilaire est présente chez un tiers des patients atteints d'une maladie crânienne de longue durée.

L'impression basilaire devient symptomatique lorsqu'il y a compression neurale, avec tetraparésie progressive, apnée du sommeil et dans certains cas un nystagmus (540).

-Sur le plan radiologique, l'os a un aspect de flocon de coton en raison de la reformation de l'os aux bords irréguliers (522).

-Le traitement fait appel à des procédures de décompression qui peuvent être très difficiles car l'os est très vascularisé (540).

VI.2.A.f SYNDROMES RARES :

Ils comprennent des troubles génétiques rares avec une implication de la JCV, nous avons le syndrome de Marfan, un désordre autosomique dominant avec impression basilaire et instabilité atlanto-axiale dans certains cas, le syndrome de Conradi un trouble lié au chromosome X avec instabilité de la JCV, le syndrome de Pierre Robin, un trouble autosomique récessif avec assimilation de l'atlas et une hernie des amygdales cérébelleuses, Le syndrome de Goldenar est un trouble autosomique dominant avec assimilation du C1 et une instabilité atlanto-axiale, le syndrome de Weaver est un trouble autosomique dominant avec instabilité du C1C2 et le syndrome de Larsen qui est un trouble autosomique dominant ou récessif dans certains cas (64).

VI.2.B POLYARTHRITE RHUMATOÏDE :

-La polyarthrite rhumatoïde (PR) est une maladie inflammatoire chronique, qui provoque des lésions articulaires progressives, elle est symétrique et érosive, elle touche les petites articulations des mains et des pieds. (187)

Les mécanismes impliqués dans cette maladie induisent une activation de l'immunité innée avec infiltration endothéliale micro vasculaire et infiltration de la synovie par les lymphocytes et les monocytes, tous ces processus conduiront à une hypertrophie synoviale et à la formation de pannus avec le temps.

La prévalence de l'implication cervicale est comprise entre 17 et 88% des patients dans la littérature, elle touche la moitié des patients après 10 ans d'évolution de la maladie (45).

Le complexe ligamentaire de la JCV est touché par la maladie, en particulier le ligament transverse qui est le plus stabilisateur du complexe atlanto-axial, secondairement les articulations capsulaires C1C2 sont touchées. L'érosion de l'odontoïde et la formation du pannus au niveau de l'articulation dento-atlantale va diminuer l'espace pour la moelle épinière. Le centre de rotation en C1-C2 est différent de celui des patients normaux (321). L'anomalie la plus fréquente au niveau de la JCV est la subluxation atlanto-axiale et l'impression basilaire est l'anomalie la plus grave de la PR (7).

-Les signes cliniques sont constitués de douleurs, avec céphalées occipitales et cervicalgies, de myélopathie progressive avec tétra parésie, de troubles de l'équilibre et de troubles de la marche. Les mouvements du cou, surtout après une flexion, peuvent provoquer des chocs électriques dans le torse et les extrémités (signe de Lhermitte). Les vertiges peuvent également être présents, et ils sont dûs à une insuffisance vertébro basilaire (682).

-Les radiographies simples avec séquences dynamiques en flexion-extension et en incidence bouche ouverte sont effectuées périodiquement chez les patients atteints de PR, même asymptomatiques. Ils peuvent révéler une subluxation atlanto axiale et une érosion odontoïde (682).

Le scanner et l'IRM sont réalisés chez les patients symptomatiques ou présentant des anomalies radiologiques, le scanner permet de visualiser les modifications osseuses et l'IRM est un meilleur outil pour évaluer la compression des tissus mous et de la moelle épinière et les modifications du signal résultant d'une myélopathie.

L'intervalle atlanto-dentaire (IAD) est calculé avec ces explorations radiologiques, en dessous de 3 mm il est considéré comme normal, et jusqu'à 5 mm est accepté chez les patients atteints de PR, au-dessus de cette valeur une subluxation atlanto-axiale est diagnostiquée, l'intervalle atlanto-dentaire postérieur (IADP) est un meilleur prédicteur de pronostic (682).

La compression du cordon médullaire par les tissus mous et le pannus est mieux visible en IRM et pourrait être présente même avec des radiographies normales.

L'impression basilaire peut être diagnostiquée en utilisant différents paramètres en utilisant les mêmes paramètres craniométriques décrits pour l'IB, tels que la ligne de McGregor, la méthode de Ranawat, la valeur de Redlund-Johnell. Les stations de Clark (normalement, le tiers supérieur de l'odontoïde se trouve au même niveau que le cercle de l'atlas, la station II est définie lorsque le tiers moyen se trouve à ce niveau et la station III est définie lorsque le tiers inférieur se trouve à ce niveau, c'est un signe d'impression basilaire importante) est un bon critère à utiliser (419) (525).

-La gestion de la PR a été considérablement influencée par l'utilisation des anti rhumatoïdes modificateurs de la maladie (DMARD), qui permettent de bien contrôler cette pathologie et de réduire l'atteinte de la colonne cervicale (472).

La présence de signes neurologiques indique un traitement chirurgical. La subluxation atlanto axiale nécessite une fixation et une fusion C1C2, l'impression basilaire est traitée par fixation et décompression occipito-cervicale ou décompression ventrale avec fixation occipito-cervicale si elle est irréductible. (508)



Figure 7.16 Patient atteint de PR avec pannus rétroodontique (flèche blanche) à l'IRM T2 sagittale (419)

VI.2.C TUBERCULOSE DE LA JCV :

-La tuberculose (TB) touche la colonne vertébrale dans 1% des cas, elle affecte la JCV dans 0,3% à 1% des cas, elle est toujours considérée comme un problème de santé internationale avec plus de 10 millions de nouveaux patients chaque année (269).

La tuberculose peut entraîner une instabilité de la JCV par destruction des os, des articulations et des ligaments. La lésion la plus fréquente est la dislocation atlanto-axiale (DAA) (279).

-Les signes cliniques observés chez les patients atteints de TB de la JCV sont des douleurs cervicales avec des limitations de mobilité au niveau du cou, des déficits neurologiques dus à la myélopathie (tétra parésie) associés à des symptômes généraux comme l'asthénie et la perte de poids.

-Les examens radiologiques incluant la radiographie simple, l'IRM et le scanner confirmeront le diagnostic. Ils peuvent montrer des signes de destruction osseuse, une DAA avec un IAD > 3 mm, une destruction ligamentaire et la présence d'un abcès à contours irréguliers contenant des calcifications. Lifeso et al ont proposé une classification radiologique en trois étapes :

-Etape 1 : il y a intégrité ligamentaire sans dislocation et seulement destruction osseuse.

-Etape 2 : il y a une DAA avec rupture ligamentaire, et destruction osseuse. L'impression basilaire peut être présente à ce stade.

-Etape 3 : DAA avec destruction osseuse importante et fermeture de l'arc antérieur de l'axis (374).

Le diagnostic repose sur la coloration et la culture de *Mycobacterium tuberculosis*, mais ce n'est pas toujours possible. Le diagnostic est suspecté devant la présence d'un prélèvement de la JCV et d'une destruction osseuse avec la présence d'un critère majeur tel que :

- La positivité de la poly chain reaction (PCR).
- La preuve microbiologique ou histo pathologique de la tuberculose.

Et quatre critères mineurs tels que :

- La preuve radiologique d'une tuberculose pulmonaire.
- Les antécédents de tuberculose.
- Le test de Mantoux positif (IDR à la tuberculline).
- La vitesse de sédimentation des érythrocytes > à 50mm/h.

- Les signes constitutionnels tels que la perte de poids et la réponse clinico-radiologique à la thérapie antituberculeuse (144).

-Le traitement est d'abord médical avec une thérapie antituberculeuse, le traitement chirurgical est basé sur la décompression nerveuse et la fixation occipito cervicale. Les indications de traitement chirurgical sont principalement le déficit neurologique, la DAA et la destruction osseuse sévère avec une compression nerveuse importante sur les explorations neuroradiologiques (618).

VI.2.D SYNDROME DE GRISEL :

-Il a été signalé par Grisel pour la première fois en 1930, ce syndrome concerne la sublaxation rotatoire atlanto-axiale après une inflammation ou une infection du nasopharynx, ou des procédures ORL, il est observé dans l'enfance et il est inhabituel après 12 ans (273).

L'hypothèse pathogène la plus avancée est la propagation de l'inflammation aux ligaments atlanto axiaux, par le biais d'anastomoses entre les vaisseaux lymphatiques et les veines pharyngo-vertébrales (79) (520).

-La luxation rotatoire atlanto-axiale fixe (LRAAF) est fréquente, elle est fixée et le patient ne peut pas bouger son cou normalement, surtout en rotation axiale controlatérale ou en flexion latérale (489).

-Le syndrome de Grisel se manifeste cliniquement par un torticolis, avec des mouvements du cou limités et douloureux (28).

-Le diagnostic de la sublaxation atlanto-axiale est établi après avoir effectué des examens neuroradiologiques, notamment des radiographies standards, un scanner et une IRM.

Le scanner 3D est la référence pour ce syndrome, il permet d'établir le bon diagnostic et de classer la sublaxation selon la classification de Hawks et Fielding avec :

- Le type I comme une sublaxation mineure avec un IAD < 3 mm,
- Le type II comme une luxation unilatérale de l'atlas avec un IAD entre 3 et 5 mm,
- Le type III comme une luxation bilatérale avec un IAD > 5 mm
- Le type IV comme une luxation postérieure de l'atlas (233)

L'IRM est utile pour étudier les tissus mous tels que la laxité des ligaments transverse et alaires.

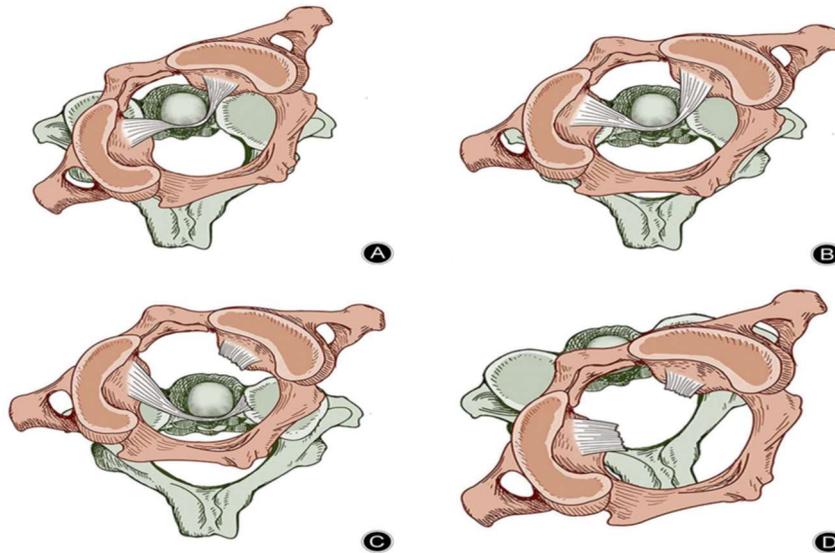


Figure 7.17 Classification de Hawks et Fielding de la dislocation rotatoire C1C2 (A : type I, B : type II, C : type III, D ; type IV) (516)

-Le traitement des types I et II n'est pas chirurgical, il repose sur des antibiotiques, des anti-inflammatoires et une immobilisation du cou pendant 4 semaines après une réduction par traction cranienne.

Un traitement chirurgical par fixation atlanto-axiale est proposé pour les types III et VI, dans lesquels l'atteinte neurologique pourrait être fatale (55) (593).

VI.3 TUMEURS DE LA JCV :

Les tumeurs de la JCV peuvent toucher n'importe quelle partie de la JCV, elles affectent le contenant à savoir l'os, mais également les nerfs, la dure-mère et les structures neurales.

Nous étudierons les tumeurs osseuses, en commençant par les tumeurs les plus fréquentes qui sont les tumeurs métastatiques, puis les tumeurs osseuses primitives malignes et les tumeurs osseuses primitives bénignes. Nous discuterons leurs signes cliniques et radiologiques et leur prise en charge.

Ensuite, les tumeurs extra médullaires intradurales, y compris les méningiomes, schwannomes et neurofibromes, seront abordées

avec leurs signes clinico-radiologiques et leur prise en charge. Les tumeurs neurales intra-axiales sont exclues de cette étude.

VI.3.A TUMEURS OSSEUSES MÉTASTATIQUES DE LA JCV :

-La maladie métastatique de la colonne vertébrale est en augmentation, en raison de l'amélioration des modalités de traitement en oncologie, c'est la tumeur osseuse la plus fréquente dans cette région, mais elle est rare par rapport à d'autres localisations de la colonne vertébrale, elle ne représente que 0,5% de toutes les métastases vertébrales ⁽⁴⁵⁵⁾.

L'origine la plus fréquente de ces métastases, comme d'autres endroits de la colonne vertébrale est le sein dans 35 % des cas, la prostate dans 13 % des cas et le cancer du poumon non à petites cellules dans 10 % des cas ⁽⁸¹⁾.

-L'âge moyen à la présentation est de 60 ans, la douleur est le principal symptôme qui est cervicale dans ces cas avec la raideur de la nuque, quand elle est présente chez des patients déjà connus d'avoir un cancer le diagnostic de la maladie métastatique est suspecté et devrait être considéré, les déficits neurologiques sont moins fréquents.

-Pour confirmer le diagnostic, l'IRM est le premier examen lorsqu'on suspecte une maladie métastatique, elle permet une excellente visualisation de la tumeur et de son extension à d'autres structures. La compression de la moelle épinière est mieux évaluée sur les images T2 ⁽⁴⁵⁵⁾.

Des radiographies simples sont demandées comme premier examen, mais la spécificité et la sensibilité de ces radiographies sont faibles, elles pourraient visualiser une image radio transparente comme signe de destruction vertébrale.

L'imagerie CT scanner peut démontrer la destruction de l'os lytique par rapport à l'os cortical dans certains cas, elle fournit des informations importantes sur l'alignement et la stabilité et elle permet d'effectuer la planification du traitement chirurgical ⁽⁵⁶¹⁾.

-Le traitement est basé sur la radiothérapie seule ou avec la chirurgie lorsqu'il y a présence de déficits neurologiques ou de signes d'instabilité sur l'imagerie radiologique ou il s'agit d'une lésion métastatique isolée chez un patient présentant une maladie néoplasique contrôlée ⁽¹¹⁴⁾.

Le pronostic dépend de l'état général et du statut de la maladie néoplasique d'origine.

Le traitement chirurgical consiste en une décompression avec excision de la lésion si possible, une reconstruction et une fixation interne sont nécessaires s'il existe des signes d'instabilité de la JCV avant ou après l'excision de la lésion. (342)



Figure 7.18 Lésion métastatique de la JCV (flèche blanche) due à un cancer du sein (476)

VI.3.B TUMEURS OSSEUSES MALIGNES PRIMAIRES DE LA JCV :

VI.3.B.a CHORDOMES :

-Les chordomes surgissent des vestiges de la notocorde, découverts par Luschka en 1856, il la décrit comme une tumeur gélatineuse, Virchow l'appelle ecchondrosis physaliphora la même année, en 1895 Ribbert l'appelle chordome et dit qu'elle provient de la notocorde (94).

Cette tumeur se trouve à trois endroits : la base du crâne, au niveau cervical et sacré ; l'endroit sacré est le plus fréquent.

-C'est une tumeur très rare avec une incidence de 0,51 à 0,8 par million, la chordome de la JCV pourrait s'étendre du clivus à C2 avec une extension latérale aux condyles, aux masses latérales de l'atlas et aux surfaces articulaires de l'axis (124).

C'est une tumeur de bas grade en histologie, mais beaucoup la considère comme maligne localement par sa forte incidence de récurrence due à une excision chirurgicale incomplète (31).

-Elle est découverte cliniquement après une douleur cervicale et des signes de myélopathie avec tétra parésie, on peut parfois avoir des signes d'atteinte des nerfs crâniens mixtes (159).

Le chordome est suspecté à l'IRM, en particulier dans les séquences T2 lorsqu'il apparaît en hyper intensité par rapport aux tissus mous, ça reflète une forte teneur en liquide des composants cellulaires vacuolés(56). Au scanner c'est une masse de tissu mou expansible bien définie qui provient du clivus avec un changement osseux

lytique associé à des calcifications intra tumorales (160).

-Le traitement est obligatoirement chirurgical avec comme premier objectif l'excision complète, même si ce n'est pas toujours possible. Il existe différentes approches chirurgicales utilisées pour traiter le chordome de la JCV, en fonction des extensions latérales, inférieures et intra dures. Elles peuvent être trans faciales, antérolatérales ou postéro-latérales et l'approche la plus utilisée actuellement est l'approche endoscopique endonasale étendue (AEE). L'AEE devient très populaire ces dernières années même si le risque d'ensemencement de la tumeur tout au long de l'approche existe mais les résultats sont très prometteurs avec une morbi-mortalité acceptable (580).

La fixation interne et la fusion de la JCV pourraient être associées à l'excision chirurgicale si une instabilité est présente ; elle peut être secondaire à des extensions de la tumeur ou iatrogène due à une exérèse large déstabilisante (460).

Les radiations sont un outil thérapeutique très important, en particulier la proton thérapie et la radiothérapie à haute dose, qui sont très efficaces chez les patients présentant une excision totale ou quasi-totale (312).

Le pronostic du chordome dépend de l'étendue de la résection et de la morbidité postopératoire.

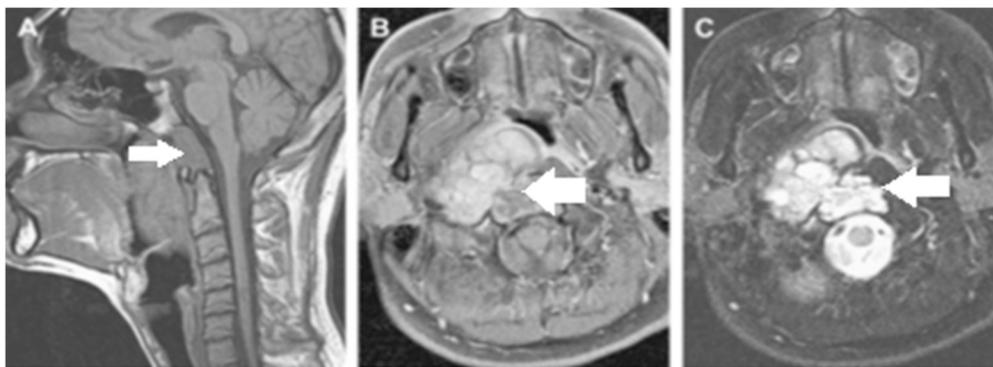


Figure 7.19 Chordome de la JCV sur la vue sagittale T1 (A), la vue axiale T1 (B) et la vue axiale T2 (673)

VI.3.B.b CHONDROSARCOME :

-Le chondrosarcome est une tumeur maligne cartilagineuse, il touche la colonne cervicale dans 20% des cas, il peut toucher le corps vertébral, des parties latérales ou postérieures, il est indolent dans la plupart des cas (74).

Il touche plus les hommes que les femmes, dans la cinquième ou sixième décennie de la vie, lorsqu'il touche la JCV, les déficits neurologiques sont présents dans 50% des cas, une masse pourrait

être palpée à l'examen physique, car elle pourrait toucher les parties postérieures de la vertèbre (438).

Sur le CT, le chondrosarcome est une lésion lytique et destructrice, avec une expansion focale osseuse et une extension exophytique aux tissus mous. L'IRM peut démontrer une invasion des tissus mous (75).

-L'approche chirurgicale dépend de la localisation et de l'extension de la tumeur, l'excision totale est le premier objectif de la chirurgie. Comme pour le chordome, la fixation interne dépend de la présence d'une instabilité avant ou après l'opération (89).

Le pronostic dépend du grade de la lésion, la chirurgie est la première option, le chondrosarcome est résistant à la chimiothérapie et à la radiothérapie.

VI.3.B.c PLASMOCYTOME ET MYÉLOME MULTIPLE (MM) :

-Ce sont les tumeurs les plus fréquentes dans cette région après les métastases, le plasmocytome est une tumeur bénigne de lignée lymphoïde, le myélome multiple est un plasmocytome multifocal (comme transformation maligne de cette tumeur) (113).

-Elles se manifestent par des douleurs locales et des déficits neurologiques dans certains cas.

-Les explorations radiologiques à l'aide de radiographies simples et de tomodensitométrie (CT) permettront d'obtenir des images lytiques et kystiques, tandis que l'IRM explorera l'invasion du canal rachidien et la compression de la moelle épinière. La tumeur a une intensité de signal homogène sur T1 et T2, il présente une intensité plus faible sur T2 reflétant des cellules densément tassées dans la tumeur (609).

-Le bilan biologique est obligatoire dans ces lésions ; la présence d'une hyper gamma globulinémie monoclonale dans l'électrophorèse des protéines, la protéine de Bence Jones dans l'urine est considérée comme un facteur d'orientation vers le myélome multiple (113).

-Le traitement est une combinaison de chimiothérapie et de radiothérapie à faible dose qui contrôle le plasmocytome et le MM, le traitement chirurgical est indiqué en cas de compression de la moelle épinière non soulagée par la radiothérapie ou en présence d'instabilité due à des localisations multiples. Le pronostic du plasmocytome est bon mais pas celui des MM qui est très mauvais avec une médiane de survie de 28 mois (77).

VI.3.B.d OSTEOSARCOME: (OST)

-L'ostéosarcome est la deuxième tumeur maligne après le MM, il touche la colonne vertébrale dans seulement 5% des cas avec une certaine prédilection pour la colonne lombaire pour certains auteurs, donc l'ostéosarcome de la JCV est très rare (487).

L'ostéosarcome présente un turn over accéléré avec une activité ostéoblastique et ostéolytique, il peut survenir de novo ou à partir d'une lésion préexistante telle que la maladie de Paget, l'ostéoblastome, ou dans un os irradié (612).

-Il est fréquent entre la deuxième et la troisième décennie de la vie, la majorité des cas présentent des douleurs, des déficits neurologiques pourraient être présents surtout quand on sait que dans 90% des cas l'ostéosarcome est situé antérieurement dans le corps vertébral (86).

-Au scanner, l'OST montre des composantes lytiques et sclérotiques avec des foyers minéralisés au centre. En IRM, l'OST est hypo intense en T1 et hyper intense en T2, avec une prise de contraste très marquée (609).

-L'OST doit être traité par une combinaison de chirurgie, de chimiothérapie et de radiothérapie, la résection en bloc est idéale si elle est possible, avec reconstruction et fixation de la JCV (612). Même avec un traitement agressif, le pronostic de l'OST est mauvais, avec seulement 23 mois comme médiane de survie (614).

VI.3.B.e SARCOME D'EWING (SE) :

-Le SE est la tumeur maligne de la colonne vertébrale la plus fréquente chez les enfants et les adolescents, l'atteinte de la vertèbre est secondaire, elle est primitive dans seulement 3 à 10% des cas (275).

La lésion est d'origine inconnue, elle consiste en une petite néoplasie ronde, elle peut toucher n'importe quel endroit de la colonne vertébrale, les SE cervicaux et de la JCV sont très rares, le corps vertébral est l'endroit le plus fréquent mais elle peut s'étendre aux éléments postérieurs et aux tissus mous.

-Elle touche plus les hommes que les femmes avec un rapport de 3 pour 2, elle est fréquente dans la deuxième décennie de la vie, rarement après 30 ans (648).

La douleur est le principal symptôme, les déficits neurologiques sont présents dans plus de 50% des cas. Les patients atteints de SE

présentent également une faible fièvre, une VS élevée et une anémie.

-Sur la tomodensitométrie et l'IRM, le SE a des images non spécifiques, il a un signal intermédiaire sur T1 et un signal élevé sur T2 (648).

-Le traitement est une combinaison de chimiothérapie et de radiothérapie car le SE est sensible aux deux traitements, la chirurgie est indiquée pour les patients présentant une compression de la moelle épinière et pour les patients présentant une déformation et une instabilité avant ou après la chimiothérapie et la radiothérapie (572).

Malgré cette sensibilité au traitement, le taux de survie à cinq ans pour les SE varie de 33 à 48% (546).

VI.3.C TUMEURS OSSEUSES BÉNIGNES DE LA JCV :

VI.3.C.a OSTÉOME OSTÉOÏDE : (OO)

-L'ostéome ostéoïde (OO) est une tumeur osseuse primitive bénigne, définie par Jaffe en 1935, c'est une tumeur fréquente, elle n'est localisée dans la colonne vertébrale que dans 10 % des cas, la plupart des ces localisations sont lombaires et cervicales (519). Les ostéomes ostéoïdes de la JCV sont très rares et sont décrits comme des case reports dans la littérature.

L'OO est caractérisé par un nidus qui prend naissance dans les régions corticales, spongieuses ou sous-périostées. Le type cortical (Classique) est le plus courant (349).

-L'OO touche deux fois plus d'hommes que de femmes, il est fréquent dans la première et la deuxième décennie de la vie ; il est très rare après 40 ans (349).

-Cliniquement la douleur cervicale sans notion de traumatisme est le signe le plus courant, elle pourrait être associée au torticolis, le déficit neurologique n'existe pas dans cette pathologie (545).

-Le diagnostic est établi par tomodensitométrie et IRM, le but est de détecter le nidus qui apparaît hyper intense en T1, T2 et ne s'accroît pas après l'injection de produit de contraste ; il s'agit d'une lésion circulaire avec un os sclérosé réactif environnant (1) (67).

-Le traitement consiste en une excision chirurgicale par fraisage et curetage ; l'approche chirurgicale dépend de la localisation de l'OO, des approches antérieures (trans oral ou extra orale) si la lésion est antérieure, ou des approches postérieures si la lésion

est sur la lame. Si la lésion est difficile à exciser, les AINS ont été décrits comme très efficace pour soulager la douleur, c'est parce que le nidus sécrète des prostaglandines (184).

VI.3.C.b OSTEOBLASTOME (OSB) :

-L'OSB a été décrit par Jaffe et Lichtenstein en 1956, il représente 1% de toutes les tumeurs osseuses primitives, 34 à 40 % sont situées dans la colonne vertébrale, il surgit dans les éléments postérieurs (326).

L'OSB est composé d'un stroma de tissu conjonctif vasculaire avec une zone périphérique de sclérose (408).

-L'OSB de la JCV est extrêmement rare, il touche plus les hommes que les femmes, avec un rapport de 2:1, il apparaît généralement avant l'âge de 30 ans.

Cliniquement, le patient atteint d'OSB présente une douleur au niveau du cou sans notion de traumatisme et un examen neurologique normal (375).

-Le CT scanner démontre une masse expansible bien circonscrite qui a été multi localisée contenant des calcifications. Sur l'IRM, il y a une anomalie du signal largement répandue faisant discuter une tumeur maligne (66) (570).

Les radiographies simples sont généralement presque normales et ne peuvent pas orienter le diagnostic.

-Le traitement est l'excision complète de l'OSB, plusieurs approches pourraient être utilisées selon l'emplacement de l'OSB. Des approches trans-orales ont été décrites pour les OSB situés antérieurement ; les approches postérieures sont utilisées pour les lésions situées dans les éléments postérieurs (526).

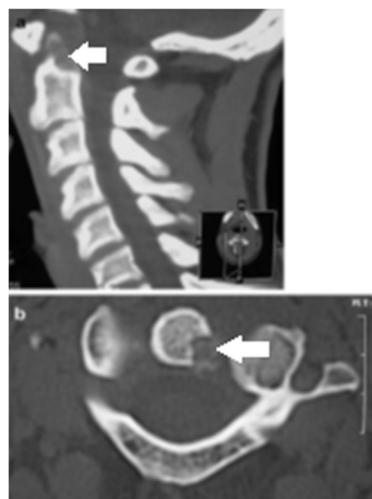


Figure 7.20 (a) Vue sagittale du scanner montrant l'ostéoblastome de la dent (flèche blanche) ; (b) Vue axiale du scanner montrant l'ostéoblastome dans la partie gauche de la dent (flèche blanche) (526)

VI.3.C.c KYSTE ANEVRYSMAL :

-Les kystes osseux anévrysmaux (KA) sont des lésions osseuses bénignes non néoplasiques, très vascularisées, qui touchent principalement les patients entre 10 et 20 ans ⁽⁵⁴⁴⁾.

L'incidence du KA de la JCV est inconnue, la colonne vertébrale est touchée dans 30 % des cas. La lésion est composée de multiples kystes à paroi mince remplis de sang avec de riches réseaux vasculaires.

La pathogenèse est attribuée à une lésion osseuse initiale telle qu'un traumatisme local entraînant un shunt artério-veineux intra osseux, qui forme une cavité kystique qui dilate l'os cortical ⁽¹⁹⁰⁾.

Le KA pourrait être associé à d'autres lésions telles que l'OSB, la dysplasie fibreuse et les tumeurs à cellules géantes, l'expansion de ces lésions entraînera une compression neurale ou des fractures pathologiques ⁽⁶¹⁰⁾.

-Le diagnostic est confirmé par le scanner qui définit le site et l'extension de l'atteinte osseuse ; l'IRM est utile pour définir l'extension aux tissus mous et le degré de compression de la moelle épinière ^{(448) (649)}.

-Le traitement est une excision chirurgicale complète, le problème avec le KA est le saignement peropératoire, une éventuelle coagulation des artères d'alimentation est toujours préférable avant l'excision, une excision subtotalaire augmentera le risque de récurrence ; en fin d'opération, s'il y a une instabilité, une fixation interne avec fusion est obligatoire ⁽⁴³⁾.



Figure 7.21 Cas d'un kyste osseux anévrysmal à l'arc postérieur de C1 sur une reconstruction coronale 3D (flèche blanche), sagittale 3D (flèche blanche) et une vue axiale (entourée en rouge) ⁽⁴³⁾

VI.3.C.d Tumeurs à cellules géantes :

-Les tumeurs à cellules géantes (TCG) sont des tumeurs osseuses bénignes, elles représentent 5 à 8 % de toutes les tumeurs osseuses primitives, la colonne vertébrale est un site peu fréquent pour cette tumeur avec 2,5 % dans le sacrum et 2,9 % dans les autres régions. Elles sont extrêmement rares dans la colonne cervicale et la JCV ⁽⁵⁵⁴⁾. Elles apparaissent après la maturité osseuse, et sont légèrement

plus fréquentes chez les femmes.

L'apparence générale de la TCG est décrite comme ayant un tissu vasculaire friable avec une surface rougeâtre ou jaunâtre et un stroma brun (665).

-Cliniquement comme beaucoup d'autres tumeurs bénignes, la douleur est le principal symptôme. La présence de signes neurologiques dépend du degré de compression de la moelle épinière ou d'éventuelles fractures pathologiques.

-Sur le plan radiologique, la TCG se présente sous forme de kyste sur le scanner, impliquant le corps vertébral de C2 et touche rarement les autres éléments de la vertèbre. Le scanner permet également d'apprécier l'extension de la tumeur et révélera l'intégrité et la stabilité de l'os (311).

A l'IRM, la TCG est en signal hétérogène ou homogène sur T1, en hypersignal sur T2 (306). Il est parfois difficile de différencier cette tumeur d'autres tumeurs telles que l'OSB, l'OO, le KA, les métastases ou le chordome (181).

-Histologiquement, les TCG sont difficiles à différencier du KA (553).

-En tant que tumeur bénigne, la chirurgie avec excision totale est le traitement standard. Si l'excision n'est pas totale, le taux de récurrence est élevé, car la TCG est très agressive localement, malgré sa nature bénigne, l'excision totale dans la JCV pourrait être difficile s'il y a un rapport étroit avec l'ensemble des structures neuro vasculaires vitales.

L'approche dépend de l'emplacement et de l'extension de la tumeur, ainsi des approches antérieures trans nasales, trans orales ou trans cervicales pourraient être utilisées, même des approches combinées ont été décrites avec une reconstruction et une fusion en cas d'instabilité.

Le taux de récurrence dépend de l'importance de la résection, il est très élevé si l'excision n'est pas totale (578).

VI.3.D TUMEURS INTRADURALES EXTRAMÉDULLAIRES DE LA JCV :

VI.3.D.a MENINGIOMES DU FORAMEN MAGNUM :

-Les méningiomes du foramen magnum (MFM) sont des lésions qui surviennent dans la région du foramen magnum. Ces tumeurs sont difficiles à traiter en raison de la proximité du tronc cérébral, des nerfs mixtes, de la partie supérieure de la moelle épinière, des artères vertébrales et des PICA (125). Les limites pour considérer un

méningiome comme un MFM sont : antérieurement entre le tiers inférieur du clivus, et le bord supérieur du corps de C2, latéralement entre les tubercules jugulaires et la face supérieure de la lame de C2 et postérieurement du bord antérieur de l'os occipital squameux à l'apophyse épineuse de C2 (185).

Historiquement, c'est Hallopeau qui, en 1872, a décrit une autopsie révélant un MFM chez un patient décédé dans les cinq mois suivant l'apparition des symptômes, en 1922 Frazier a décrit une opération chirurgicale d'un méningiome crano spinal dans une série de 14 patients atteints de tumeurs de la moelle épinière, malheureusement le patient est décédé en cours d'intervention par arrêt respiratoire. Elsberg et Strauss ont été les premiers à réussir la résection d'un MFM en 1925, les symptômes du patient se sont améliorés en quelques jours.

En 1980, Yasargil a publié sa série de 114 patients. Heros a introduit l'approche latérale : far lateral approach en 1986, Bernard Georges en 1988 a utilisé l'approche postéro-latérale pour réséquer les MFM antérieurement localisés (132).

-Les méningiomes du foramen magnum (MFM) représentent 3,2 % de tous les méningiomes, ils représentent 77 % de toutes les tumeurs extra médullaires intradurales de la JCV, ils touchent plus les femmes que les hommes avec un âge moyen de 55 ans plus ou moins 4,2 ans, ils ont été décrits chez les enfants surtout dans les cas de NF2 (467).

Les symptômes cliniques des MFM comprennent l'ataxie de la marche, des céphalées sous-occipitales et des douleurs cervicales, un syndrome du foramen magnum qui comprend une tétra parésie progressive, des déficits crâniens inférieurs avec dysarthrie, dysphagie, l'atrophie du SCM et e du trapèze sont très rares, des chutes soudaines sans perte de conscience ont été signalées.

(100)

-L'IRM est l'examen de référence pour le diagnostic et la planification chirurgicale de ces lésions, Le méningiome a une intensité de signal intermédiaire sur les images T1 et T2 avec une forte intensité de signal après injection de produit de contraste, il est homogène sur les différentes séquences, le rehaussement au gadolinium permet de délimiter la zone d'attachement dural de la tumeur et sa relation avec les structures neurales et vasculaires (9). La tomодensitométrie montre une hydrocéphalie associée dans certains cas, les reconstructions 3D permettent d'étudier l'anatomie et la forme des condyles si une condylectomie partielle est prévue (671).

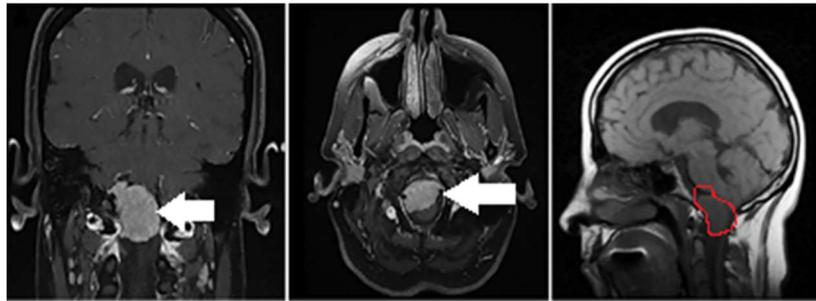


Figure 7.22 Méningiome du Foramen magnum, de gauche à droite ; T1 avec contraste coronal (flèche blanche), T avec contraste axial (flèche blanche), et T1 sagittal (entourée en rouge). (368)

Sur la base de l'IRM, de nombreuses classifications ont été décrites dans la littérature, la classification de Bernard Georges est la plus utilisée ; elle est basée sur :

- La localisation du méningiome, qui peut être antérieure, postérieure, antérolatérale et postéro-latérale,
- Le MFM peut être intra dural, intra et extradural et dans de très rares cas extradural,
- Le dernier point est la situation de l'AV par rapport au méningiome, le MFM peut être au-dessus, en dessous ou des deux côtés de l'AV (131).

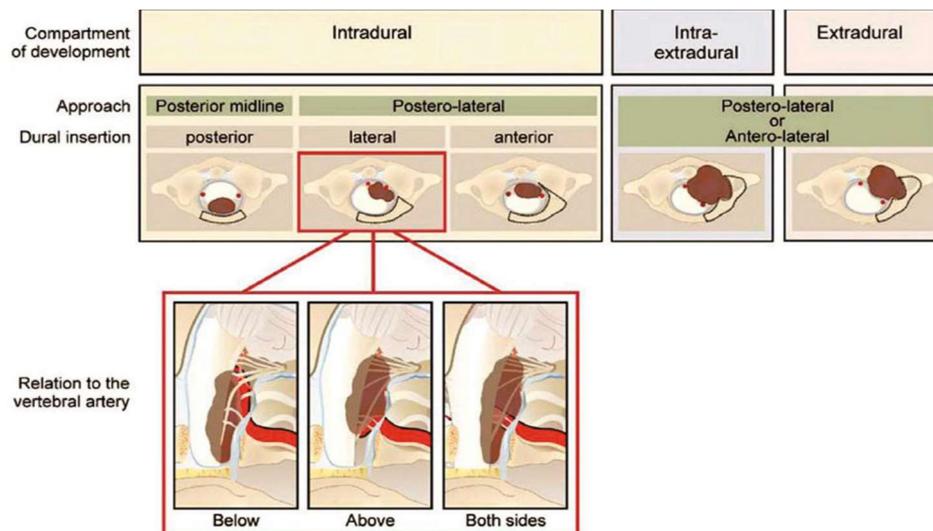


Figure 7.23 Classification Bernard Georges des méningiomes FM (131)

-L'approche chirurgicale dépend du type de méningiome, de nombreuses approches chirurgicales ont été décrites, une approche classique médiane sous occipitale a été décrite pour les MFM postérieurs, certains auteurs ont décrit cette approche même pour les MFM localisés latéralement mais elle est limitée pour une bonne exposition des structures neuro vasculaires (550).

L'approche latérale Far lateral approach (FLA) est l'approche la plus

utilisée, l'incision en bâton de hockey permet d'exposer l'écaïlle occipitale, l'arc postérieur du C1 au processus transversal, l'AV extradurale est disséquée de l'arc postérieur du C1 (590).

La craniotomie occipitale et la résection de l'arc postérieur de C1 sont complétées par une condylectomie partielle qui expose le clivus inférieur et la zone pré médullaire. (101)

Après l'ouverture de la dure-mère, la tumeur est enlevée avec dévascularisation, évidement et dissection de la tumeur et tout cela en préservant les nerfs crâniens inférieurs, le tronc cérébral, l'AV et les PICA. (107)

Les approches trans condylienne et supra condylienne ont été décrites comme variations du FLA. (52)

L'Extreme FLA est une approche utilisée par certains auteurs, c'est une approche plus étendue et agressive avec transposition de l'AV, elle prend plus de temps que la FLA, beaucoup d'auteurs pensent que cette approche est un peu agressive pour réséquer un MFM avec risque de blessure de l'AV ou de migration d'embolies lors de sa mobilisation (547).

Le pronostic des MFM est excellent lorsque l'exérèse totale ou subtotale est réalisée avec un taux de morbi-mortalité acceptable (615).

Des approches endoscopiques endonasales ont été décrites récemment pour réséquer les MFM, mais dans un certain nombre de cas très sélectionnés, le principal problème de ces approches est la fistule du LCR (368).

La radio chirurgie est indiquée pour les petits reliquats lorsqu'une résection totale n'est pas possible ou lorsque l'AV est englobée et qu'une partie de la tumeur est laissée dans l'artère (353).

VI.3.D.b NEURINOMES DE C2:

Les schwannomes de la JCV sont très rares et la plupart des cas sont des neurinomes de C2, les schwannomes C1 et des nerfs accessoires sont extrêmement rares. Les implications cliniques, radiologiques et chirurgicales sont les mêmes que pour les neurinomes de C2 (509).

Les schwannomes de C2 sont moins fréquents que les MFM et représentent 13% des tumeurs bénignes extra médullaires intradurales de la JCV. L'âge des patients atteints de schwannomes de C2 va de l'enfance à la septième décennie, ils peuvent être bilatéraux, ce qui est fréquent chez les patients atteints de neurofibromatose de type (102).

Les schwannomes ou neurinomes proviennent de cellules des racines spinales postérieures et parfois de racines motrices

antérieures.

Les schwannomes de C2 pourraient être intraduraux, intra et extraduraux ou extra duraux, pour d'autres auteurs les neurinomes C2 sont soit :

- A : intra canalaire,
- B : des schwannomes ganglionnaires C2,
- C : hors du canal rachidien.
- Ils peuvent être aussi A+B, B+C ou A+B+C (257).

-Cliniquement, les patients atteints de neurinomes C2 présentent une névralgie d'Arnold, ou douleur cervicale et surtout des signes de myélopathie avec une tétra parésie d'évolution progressive (405).

-Sur le scanner, la lame de C2 et l'arc postérieur de C1 sont amincies par la tumeur, à l'IRM, les neurinomes C2 sont iso intenses sur les séquences T1 et hyper intenses sur les séquences T2, ils ont un aspect homogène après l'injection du produit de contraste, la lésion est mise en évidence de façon uniforme, dans de rares cas les neurinomes présentent une intensité accrue sur les images pondérées en T2 avec une hypoactivité centrale (102).

L'AV pourrait être entourée par la tumeur dans certains cas dans le segment C2-C1 (V3) (680).

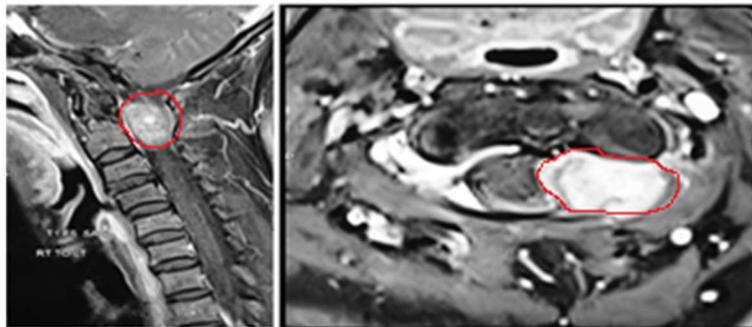


Figure 7.25 Schwannome C2 (entouré en rouge) sur T1 sagittal , et T1 axial avec injection de produit de contraste . (252)

-La chirurgie est le traitement de choix de ces lésions en utilisant l'approche classique de la ligne médiane ou une FLA si la composante intradurale est importante et s'étendant à la région du FM. Les défis chirurgicaux dans ces cas sont les lésions où l'AV est englobée par la tumeur ; la fermeture de la dure-mère si la lésion est intra et extra durale (dumbbell-shaped tumor).

Pour certains auteurs, même pour une lésion intradurale, la membrane durale existe et couvre les schwannomes C2 et le neurinome est inter dural dans ces cas et la dure-mère pourrait être préservée (264).

Dans le cas où l'AV est englobée, le neurinome peut être disséqué

dans la plupart des cas, sinon un petit reliquat peut être laissé autour de l'artère ⁽⁶⁶⁰⁾.

Si une fermeture durale étanche n'est pas possible, la graisse pourrait être utilisée pour combler l'espace laissé par l'excision de la tumeur. Le pronostic de ces lésions est excellent dans la plupart des cas avec une bonne qualité d'exérèse.

VI.4 PATHOLOGIES TRAUMATIQUES DE LA JCV :

À l'heure actuelle, les traumatismes de la colonne vertébrale sont fréquents, probablement en raison d'accidents de la route (AVP et accidents de la circulation), La JCV comme d'autres parties de la colonne vertébrale pourraient être touchées.

Les lésions traumatiques de la JCV comprennent les dislocations occipito-atlantales (DOA), les fractures du condyle occipital, les fractures de l'atlas et les fractures de l'axis, dont trois types : fracture de l'odontoïde, fractures bi pédiculaires et fractures du corps C2.

Les structures vitales rendent ces lésions mortelles et lorsque le patient ne présente pas d'atteinte neurologique, la précocité du diagnostic et de la prise en charge sont cruciales, car sa vie en dépend.

Un autre point important est l'intégrité du complexe ligamentaire spécifique de la JCV, il est donc primordial de définir l'instabilité des lésions traumatiques de la JCV pour la prise de décision et la prise en charge précoce.

VI.4.A DISLOCATION OCCIPITOATLANTALE :

-La dislocation occipito-atlantale (DOA) a été décrite pour la première fois par Blackwood en 1908, il s'agit d'une entité très instable résultant d'une lésion des structures ligamentaires et/ou osseuses, elle est associée à une morbidité neurologique et une mortalité importantes secondaires à une lésion du tronc cérébral et de la moelle épinière cervicale supérieure ⁽¹¹⁶⁾.

-La DOA représente 6 à 10 % des atteintes post traumatiques de la colonne cervicale et pourrait atteindre 35 % dans le cas d'un accident fatal ⁽²⁴⁴⁾.

-La DOA est plus fréquente chez les enfants et les jeunes adultes, ce qui peut être dû à la forme plate des surfaces articulaires et à la laxité relative des structures ligamentaires ⁽²⁴⁴⁾.

En raison des traumatismes à haute énergie causant ces atteintes (AVP, chutes), les lésions cérébrales associées sont très fréquentes et pourraient masquer une DOA.

Les cas de DOA sont de plus en plus fréquents ces deux dernières décennies en raison du développement de la médecine d'urgence avec transport rapide et immobilisation cervicale (679).

-Les mécanismes de cette lésion comprennent l'hyper extension, l'hyper flexion, la flexion latérale ou une combinaison de tous ces mécanismes ayant pour conséquence une rupture ligamentaire (394).

Des troubles inflammatoires, congénitaux et néoplasiques représentent des facteurs de prédisposition pour cette lésion et peuvent se produire après un traumatisme mineur.

-Cliniquement, cette lésion pourrait être dévastatrice et entraîner la mort ou une tétraplégie avec dépendance aux mesures de maintien des fonctions vitales.

Les patients peuvent être asymptomatiques dans certains cas.

Les blessures concomitantes au niveau du cerveau, au thorax et aux extrémités peuvent masquer une faiblesse ou une apnée (268).

Pour les patients asymptomatiques (20%), la douleur cervicale est le seul signe, un tel tableau ne devrait pas retarder le diagnostic d'une lésion aussi fatale.

La dysrégulation neurovégétative, y compris le choc neurogène, peuvent être observés, ce qui implique qu'une DOA doit être suspectée chez tout patient victime d'un traumatisme à haute énergie même si l'examen neurologique est normal (292).

-La radiographie simple est le premier examen effectué aux urgences, la tomodensitométrie est généralement recommandée lorsque le patient est victime d'un traumatisme à haute énergie est reçu, en particulier dans les centres spécialisés. L'IRM n'est pas obligatoire, mais dans le cas où elle sera réalisée, elle pourrait révéler des anomalies de signal au niveau de la membrane tectoriale, des ligaments alaires et transversaux et de l'articulation occipito-atlantale (205).

Traynellis a proposé une classification des lésions de la DOA en trois types : le type I est une DOA antérieure, le type II est une DOA de distraction, et le type III est un déplacement occipital postérieur (625).

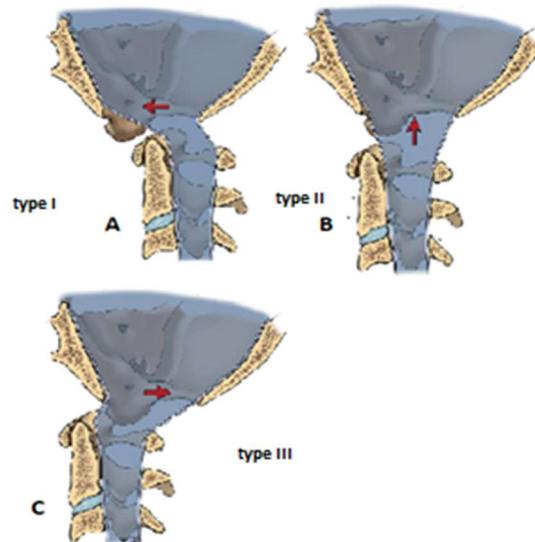


Figure 7.25 La classification Traynelis de la DOA (476)

De nombreux critères ont été proposés pour la DOA, ces critères sont mesurés sur des radiographies latérales ou sur le CTscanner :

- Le rapport de Powers utilise la distance du basion à l'arc postérieur de C1 (BC) et la distance de l'opisthion à l'arc antérieur de C1 (OA), le rapport BC/OA est normalement < 1 , quand il est > 1 il y a une DOA antérieure, il est moins sensible aux DOA de type II et III.
- La Méthode des lignes X : deux lignes sont tracées, une du basion à la jonction spino laminaire postérieure de C2 et une de l'opisthion au coin postéro-inférieur de C2, les deux lignes ne doivent pas croiser C2 ou C1 pour être normales.
- La méthode Harris utilise deux mesures : le BDI (basion dental interval), si ces valeurs sont $> 10\text{mm}$ pour les adultes, ou $> 12\text{mm}$ pour les enfants elles sont considérées comme anormales, le BAI (basion axial interval) qui est mesuré entre une ligne parallèle à la surface corticale postérieure de C2, et une ligne parallèle à cette dernière passant par le basion. Les BAI vont de 12mm à -4mm pour les adultes, et de 12mm à 0mm pour les enfants. Le BDI est sensible au type II et le BAI est sensible au type I et au type III.
- L'intervalle surface condylienne-surface articulaire de C1 ou ICC, est mesuré sur des séquences coronales de CT scanner, il est inférieur à 2mm pour les adultes et 5mm pour les enfants, il est très sensible au type II (433).

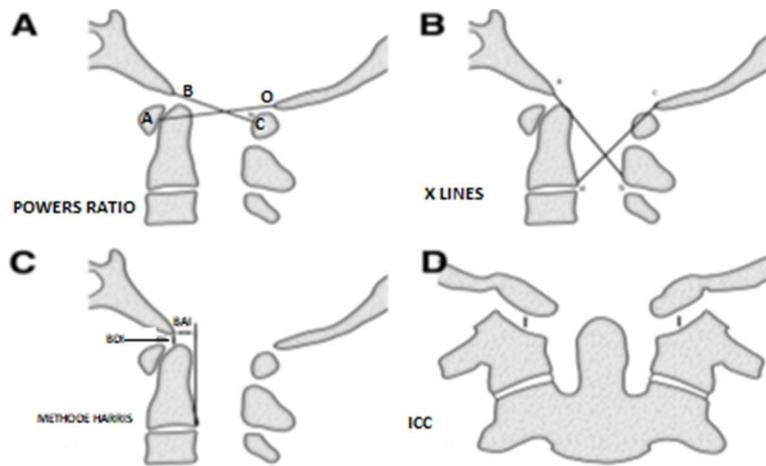


Figure 7.26 Différents critères pour diagnostiquer l'OAD ; A rapport de Powers ; B lignes X ; C lignes de Harris, BAI et BDI ; D intervalle condyle C1 ou ICC. (679)

-Le traitement de la DOA commence déjà sur le lieu du traumatisme par immobilisation du cou et stabilisation hémodynamique et respiratoire (268).

Aux urgences, la présence de dysfonctionnements respiratoires et d'apnées, de déficits des nerfs crâniens pourrait susciter des inquiétudes quant à la présence d'une DOA.

Une fois le diagnostic de la DOA confirmé, il convient d'éviter toute traction et d'indiquer une fixation et une fusion internes.

S'il n'y a pas de lésions associées, les patients atteints de DOA pourraient être traités par des approches postérieures avec fixation par tiges et vis de l'occiput et C1 ou de l'occiput à C2, les vis sont placées dans les masses latérales de C1, les pars ou les pédicules de C2 (310).

Si d'autres lésions cervicales sont associées, la fixation occipito-cervicale pourrait être étendue à d'autres niveaux.

Certains auteurs ont proposé l'immobilisation par halo mais celle-ci devrait être temporaire, car la DOA est une lésion ligamentaire et les ligaments ne guérissent pas avec l'immobilisation (621).

Pour les enfants, les greffes de côtes sont utilisées avant l'âge de 5 ans et une fixation rigide peut être utilisée après cela (180).

Le pronostic de la DOA dépend des comorbidités et des lésions associées, lorsqu'elle est asymptomatique et traitée à temps le pronostic est bon.

VI.4.B FRACTURES DU CONDYLE OCCIPITAL

-Les fractures du condyle occipital (FCO) sont des entités rares des lésions traumatiques de la JCV. Le premier cas a été décrit en 1817 par Charles Bell (comme un cas d'autopsie d'un patient blessé qui

s'est soudainement effondré après un traumatisme suite à un mécanisme d'hyper flexion), en fait ces fractures sont diagnostiquées à l'aide d'un scanner à haute résolution comme un examen de routine pour les patients traumatisés (119).

Ces fractures résultent de traumatismes à haute énergie, elles représentent une incidence de 0,3 % avec 30 % d'association avec d'autres traumatismes et jusqu'à 58,7 % à d'autres lésions cervicales (391).

La première classification largement utilisée est la classification d'Anderson et Montesano qui a été décrite en 1988. Elle est basée sur la morphologie avec 3 types ; le type I est une fracture comminutive non déplacée ; le type II est une fracture de la base du crâne étendue au condyle et le type III est une fracture d'avulsion (42).

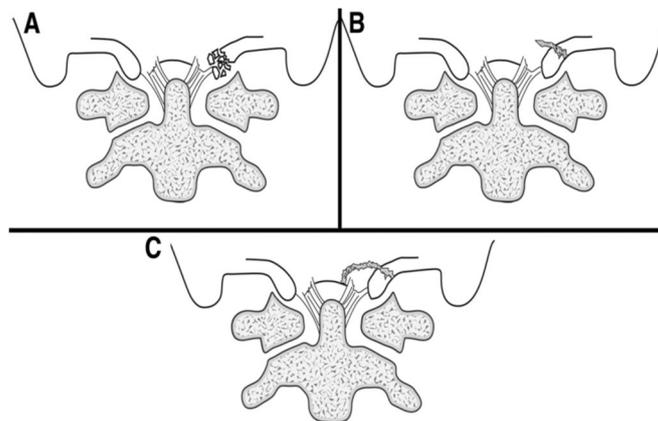


Figure 7.27 Classification d'Anderson et Montesano des fractures du condyle occipital ; A) Les fractures de type I sont comminutives. (B) Les fractures de type II sont des fractures de cisaillement s'étendant à la base du crâne. (C) Les fractures de type III sont des fractures d'avulsion des ligaments alaires. (679)

En 1997, Tulli a proposé une classification en trois catégories : le type 1 est une fracture non déplacée, linéaire ou comminutive, le type 2A est une fracture déplacée sans instabilité de l'articulation atlanto occipitale et le type 2B est une fracture déplacée avec instabilité atlanto occipitale manifeste (478).

-Biomécaniquement, le mécanisme dépend du type de fracture, le type I d'Anderson et Montesano est dû à une charge axiale avec une lésion ipsilatérale du ligament alaire, la stabilité est préservée, les lésions bilatérales peuvent être instables ; les fractures de type II sont dues à une extension, les ligaments sont intacts et donc ce sont des fractures stables et les fractures de type III sont dues à un mécanisme de rotation et de latéroflexion, elles sont le résultat d'une rupture du ligament alaire et de la membrane tectorielle (111).
-Sur le plan clinique, ces patients présentent des douleurs

cervicales, les déficits des nerfs crâniens inférieurs sont très rares avec une paralysie de l'hypoglosse, classique dans ce type.

La compression neurale est le grand risque des fractures instables avec compression directe du tronc cérébral, des déficits moteurs et des troubles respiratoires pouvant être présents mais sont exceptionnels (391).

-Les radiographies simples sont normales et ne montrent pas ces fractures, une DOA peut être présente. Le scanner à haute résolution est l'examen radiologique de choix, la morphologie de cette pathologie et son type pourrait très bien être analysés dans différents plans (sagittal, coronal et axial). L'IRM est indiquée pour les fractures instables (type III) afin de visualiser la lésion ligamentaire (115) (421).

-La prise en charge de ces fractures dépend du type de la lésion, ainsi les types I et II sont stables et l'immobilisation externe à l'aide d'un collier cervical est très suffisante. Les fractures de type III sont instables et la chirurgie avec fixation occipito-atlantale ou occipito-C2 à l'aide de tiges et de vis, est indiquée (424).

L'immobilisation par halo est proposée pour les fractures de type III pour deux mois mais cette méthode est encore controversée (127).

VI.4.C FRACTURES DE L'ATLAS :

-Les fractures de l'atlas (FA) représentent 25 % des blessures de la JCV et 2 à 13 % de toutes les blessures de la colonne cervicale. D'autres blessures cervicales associées sont courantes, en particulier les fractures de l'odontoïde qui surviennent dans 40 à 44 % des FA (253).

-Sur le plan biomécanique les fractures prédominent au niveau des points les plus faibles des arcs antérieurs et postérieurs ou du ligament transverse (LT) avec les masses latérales (76) (484).

Les blessures de l'arc postérieur sont dues à une hyper extension et les blessures de l'arc antérieur sont dues à une compression axiale. Les impacts latéraux entraînent souvent des fractures de la masse latérale et de l'arc antérieur (239).

-Cliniquement les patients atteints de FA se plaignent de douleurs au niveau cervical haut, surtout en cas mécanisme par rotation, le torticolis peut être présent dans certains cas, le déficit neurologique est très rare, il signe une atteinte de la moelle épinière qui est souvent de mauvais pronostic (431).

D'autres signes tels que les vomissements et les nausées peuvent être présents, ils sont dus à une hypo perfusion basilaire.

-Les FA à l'imagerie ne peuvent pas être visibles lorsqu'elles ne sont pas déplacées sur les radiographies standards, lorsqu'elles sont disloquées, l'incidence de face bouche ouverte pourrait montrer un déplacement bilatéral des masses latérales C1 (302).

Selon la règle de Spence, le déplacement bilatéral est calculé, s'il dépasse 6,9 mm, l'instabilité est présente, cette valeur devrait être de 8,1 mm en raison du grossissement radiographique (selon Heller) (voir chapitre explorations de la JCV) (592).

Le scanner est l'examen radiologique de choix pour évaluer ces fractures, l'instabilité doit être suspectée devant des signes indirects tels que l'avulsion osseuse, le déplacement des masses latérales sur les vues coronales. Selon Dickman, la règle de Spence ne s'applique qu'à 60% des cas, l'intervalle atlanto dentaire (IAD) de plus de 3 mm est un autre critère pour détecter l'instabilité et la rupture du LT (436).

La confirmation de la rupture du LT est cruciale pour la prise de décision dans ce type de fractures et le CTscanner est un examen facile et rapide à réaliser dans la plupart des centres de traumatologie, certains auteurs essaient d'évaluer l'intégrité du LT en faisant le CTscanner sur deux positions : une neutre et l'autre en 10° de flexion et en calculant l'IAD, s'il y a un changement de plus de 15% entre les deux positions de l'IAD, la rupture du LT est fortement suspectée (410).

Il faut demander l'IRM pour confirmer la rupture du LT, surtout lorsqu'il y a des signes indirects de sa rupture sur les radiographies et le scanner (203).

Dans certains cas, lorsqu'il y a des signes cliniques d'hypo perfusion vertébro-basilaire (fractures des masses latérales et processus transverses sur le CTscanner), un angio CT est réalisé pour détecter les lésions des artères vertébrales).

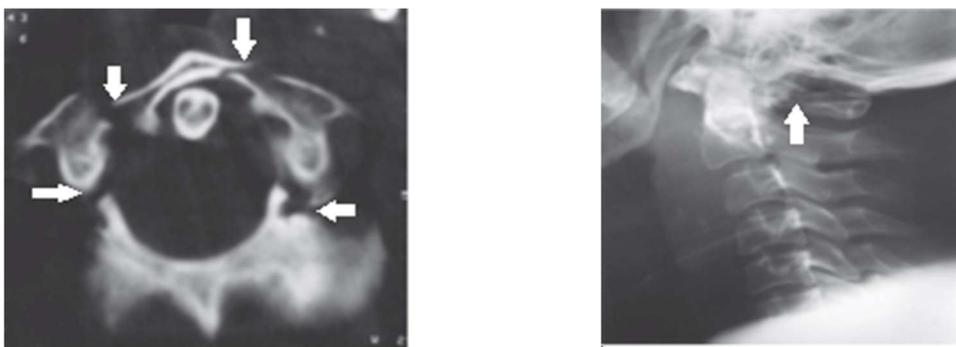


Figure 7.28 Fracture de Jefferson sur la vue axiale du scanner à gauche (flèches blanches) , fracture de l'arc postérieur C1 sur la vue latérale d'une radiographie simple (flèche blanche) (476)

-Après l'exploration radiologique, la FA doit être classée, 3 classifications communes ont été décrites : la classification de Jefferson, la classification de Gehweiler et la classification de Landells.

- La fracture isolée de l'arc antérieur est de type I pour Jefferson et Gehweiler ; la fracture isolée de l'arc postérieur est de type II pour les deux classifications.
- Le type III est la fracture de Jefferson commune, qui est une fracture des arcs antérieur et postérieur. Pour Gehweiler IIIa est stable et III b lorsque la fracture est instable avec rupture du LT.
- Le type IV est une fracture de la masse latérale ; le type V, qui n'existe que pour Gehweiler, est la fracture de l'apophyse transverse de C1 (248, 380).

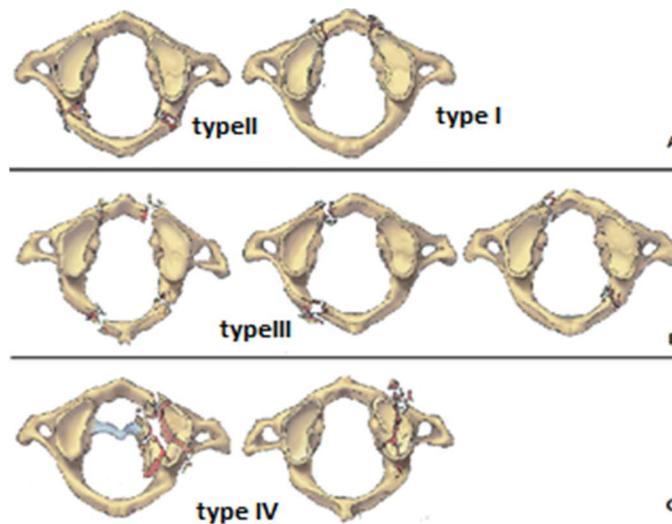


Figure 7.29 Classification Jefferson des fractures de l'atlas ; A) type II et type I, B) type III, C) type IV (476)

Dickman a proposé une classification de l'intégrité du LT en 2 types :

- Le type I est la rupture du LT qui peut être centrale (IA) ou proche de son insertion sur la masse latérale (IB).
- Le type II est une avulsion osseuse du LT de la masse latérale, qui peut être une fracture comminutive de la masse latérale avec avulsion osseuse du LT (IIA) ou une avulsion osseuse fragmentaire (IIB) (207).

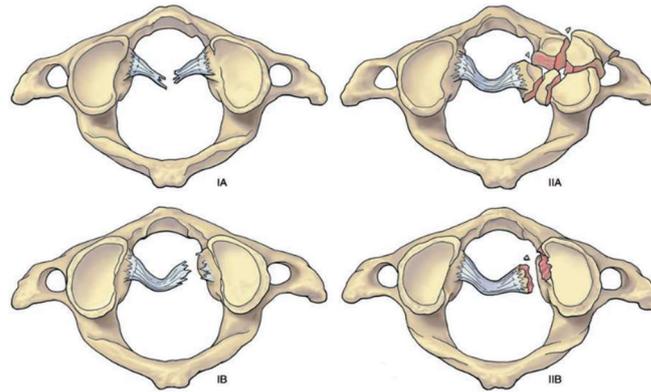


Figure 7.30 Classification de Dickman des lésions du ligament transverse (476)

Le type I le ligament est rompu dans sa partie médiane (type IA) ou à son insertion périostée (type IB). Le type II le ligament transverse est déconnecté de la masse latérale C1 en impliquant une masse C1 fracturée (type IIA) ou avulsion du tubercule osseux d'insertion d'une masse latérale intacte (type IIB)

-Le traitement de la FA isolée dépend de la rupture ou non du LT. Pour les fractures non déplacées et stables (I, II, V et certains cas de IV et IIIa) sont traitées de manière conservatrice avec immobilisation en utilisant des colliers cervicaux rigides pendant 8 semaines. Pour la FA avec rupture du LT, pour le type I de Dickman, une ostéosynthèse C1C2 en utilisant des vis au niveau de la masse latérale C1 et des vis au niveau pédiculaire C2 ou bien une technique de vissage transarticulaire C2C1 (technique de Magerl) (242).

Pour le type II de Dickman, certains auteurs ont proposé l'immobilisation par halo avec possibilité de consolidation et de cicatrisation de la masse latérale, si l'instabilité persiste après 6 à 12 semaines d'immobilisation, la fixation C1C2 sera réalisée (404).

VI.4.D FRACTURES DE L'AXIS :

L'axis est une vertèbre unique avec une anatomie et une situation spéciales, elle peut être le siège de nombreuses fractures, les plus courantes sont les fractures de l'odontoïde, peut-être en raison de son emplacement et de son rôle biomécanique, puis la fracture bi pédiculaire et rarement les fractures du corps C2. L'association de ces dernières avec les premières n'est pas inhabituelle.

VI.4.D.a FRACTURES DE L'ODONTOÏDE :

-Les fractures de l'odontoïde (FO) représentent 9 à 15 % des différentes lésions de la colonne cervicale, c'est la fracture la plus fréquente chez les patients âgés de plus de 70 ans, représentant près de 60 % de toutes les lésions du rachis cervical dans cette population (640). Pour les jeunes patients, les accidents de la route sont la principale cause des traumatismes qui en résultent alors que

chez les patients âgés, ces lésions sont secondaires aux chutes simples (335).

-Les mécanismes impliqués dans la biomécanique des FO sont l'hyper flexion ou l'hyper extension. Certains auteurs ont émis l'hypothèse qu'une force de partage provoquant l'avulsion de la dent, mais cela n'est pas accepté par tous. La ligne de fracture dépend du mécanisme causal, pour l'hyper flexion, le déplacement est antérieur et il est postérieur pour l'hyper extension (272).

Il faut noter que la flexion est un vecteur de protection contre la fracture de l'odontoïde (667).

Pour Dickman, les différents VLM sur le plan sagittal produisent les différents types de fractures de l'odontoïde. Le type de fracture dépend de l'angle du VLM. Une charge latérale (de 90°) produit une fracture de type I, une charge angulaire (de près de 45°) produit une fracture de type II et une charge directe sur le plan sagittal produit une fracture de type III (204). (Voir chapitre biomécanique de la JCV)

-Cliniquement, la douleur cervicale est le signe le plus fréquent, elle peut irradier dans le territoire du nerf occipital supérieur (184). Les lésions de la moelle épinière sont rares, allant de 2 à 27%, lorsqu'elles surviennent, elles peuvent être dévastatrices et peuvent entraîner la mort avant l'évaluation radiographique (290).

-Les radiographies simples, en particulier les vues latérales, permettent de diagnostiquer la FO, les incidences face bouche ouverte peuvent aider au diagnostic de presque toutes les FO (325). Lorsqu'une instabilité est suspectée sur des radiographies simples, des séquences dynamiques seront réalisées.

Le CT scanner avec reconstruction dans trois plans, sagittal, axial et coronal, permettra de diagnostiquer et de définir la morphologie de la fracture, différents paramètres d'instabilité peuvent être calculés sur des coupes sagittales ou coronales du CT scanner. Les blessures associées de la colonne cervicale supérieure ou inférieure sont également recherchées. Si une intervention chirurgicale est indiquée, le scanner aide à planifier l'acte par la mesure de différentes cibles osseuses pour le vissage. Certaines variations anatomiques particulières (pédicules minces, ponticus posticus) sont diagnostiquées facilement sur les reconstructions CTscanner (515).

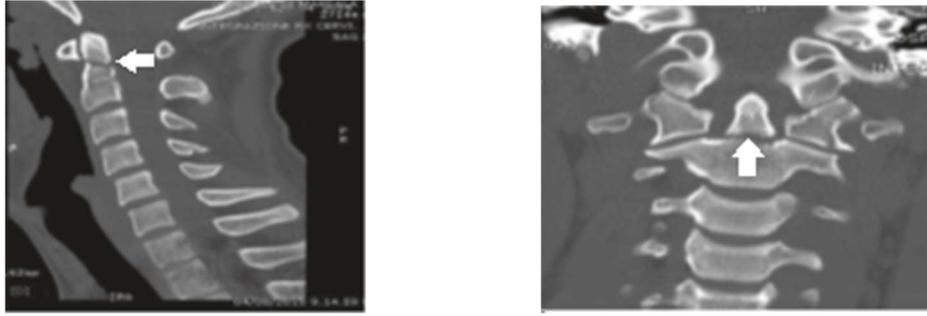


Figure 7.31 Fracture de l'odontoïde de type II en vues sagittale et coronale (flèches blanches) (653)

L'IRM n'est pas indiquée pour toutes les FO, elle est utile pour le diagnostic de rupture ligamentaire, en particulier la rupture du LT, et aussi pour voir s'il y a une lésion de la moelle épinière qui pourrait expliquer la présence d'un éventuel signe neurologique (658). L'IRM est également utile pour certains auteurs afin d'évaluer l'intégrité du LT lorsque le vissage antérieur est indiqué (271).



Figure 7.32 Fracture de l'odontoïde de type II sur vue sagittale CT (A), vue sagittale pondérée T2 IRM d'un patient ayant une fracture de l'odontoïde montrant un hyper signal de la moelle épinière entre les flèches (676)

-Après l'évaluation radiologique, la FO doit être classée, la classification d'Anderson et d'Alonzo est mondiale, elle a été décrite en 1974 pour la première fois, elle est reproductible et très simple avec trois types : le type I est la fracture de la pointe de l'odontoïde, le type II est la fracture à la jonction entre la dent et le corps de C2, et le type III qui est la fracture à la base avec le corps de C2 (41).

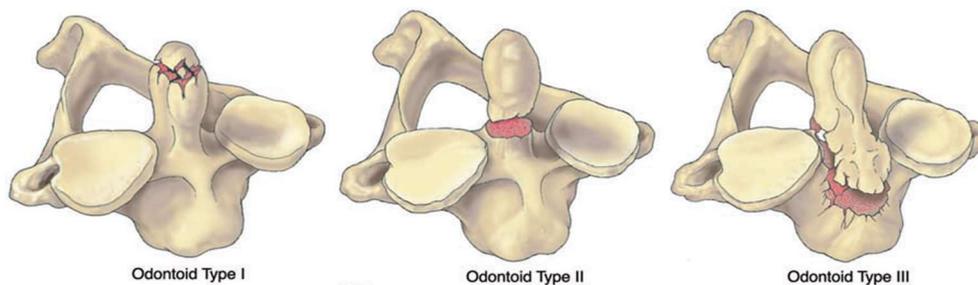


Figure 7.33 Classification des fractures odontoïdes selon Anderson et D'Alonzo : les fractures de type I impliquent la pointe de l'odontoïde. Les fractures de type II se produisent à la base de l'odontoïde. Les fractures de type III impliquent le corps de C2 (476)

Hadley avait défini en 1988 le type II A avec une fracture comminutive à la base de l'odontoïde, il considérait ce type comme très instable (280).

Grauer et al proposent trois sous-types pour le type II, le type II A est défini comme une fracture minime ou non déplacée, le type II B est défini comme une fracture déplacée qui a un trajet qui commence en antéro-supérieur et se termine en postéro-inférieur. Le type II C a été défini comme une fracture qui a un trajet qui commence en antéro-inférieur et se termine en postéro-supérieur (270).

En fait, c'est la classification française de Roy Camille qui a décrit en premier la ligne de fracture des années bien avant Grauer, dans les années 70 avec trois types : oblique en arrière, oblique en avant et horizontale, considérant les fractures oblique en arrière et l'horizontale comme des fractures instables.

-Pour traiter des FO, The Spine Joint de l'AANS a proposé en 2013 quelques recommandations (623).

La première recommandation est une recommandation de niveau II de chirurgie pour les patients de plus de 50 ans présentant une fracture de type II.

La deuxième recommandation (niveau III) est le traitement chirurgical du type II de FO avec déplacement de la dent de plus de 5mm.

La troisième recommandation (niveau III) est lorsque l'immobilisation externe est utilisée pour le traitement des FO, l'absence de fusion ou la pseudarthrose est plus remarquée dans le type II par rapport au type I et au type III.

La dernière recommandation est lorsqu'une intervention chirurgicale est indiquée, les deux approches, antérieure et postérieure, se valent.

Pour l'avis des experts le type I et le type III sont traités par une immobilisation externe, ils sont considérés comme stables, le halo vest et le collier sont tous aussi efficaces pour ces fractures. Pour les fractures de type II, le halo vest pourrait être indiqué pour les fractures non déplacées avec un taux de fusion supérieur à 80 % si l'âge est inférieur à 55 ans.

Pour les fractures déplacées, la chirurgie est le traitement de choix, les approches antérieures sont indiquées pour le type II B de Grauer et les types horizontal et oblique en arrière de Roy Camille à condition que le LT soit intact.

Le vissage antérieur a été décrit pour la première fois par Bohler en 1982, une ou deux vis pourraient être utilisées, un débat existe toujours pour les anciennes fractures mal diagnostiquées, un délai inférieur à 6 mois est acceptable pour certains auteurs, l'âge devrait également être inférieur à 70 ans pour le vissage antérieur, certains morphotypes de thorax (thorax en tonneau) pourraient rendre la technique du vissage antérieur difficile (49).

Si le vissage antérieur n'est pas indiqué (type C, rupture du LT, Hadley type II A) les approches postérieures seront utilisées avec une ostéosynthèse C1C2 (582).

De nombreuses techniques ont été décrites, telles que les techniques de laçage (Gallie, Brooks), la technique transarticulaire de Magerl ou la technique de Goel Harms avec une fixation de C1C2 en utilisant des vis fixées dans les masses latérales de C1 et les pédicules ou les pars de C2 ou carrément les lames de C2 (la technique de Wright) (193).

Le taux de fusion pourrait atteindre 100 % avec des taux de morbidité et de mortalité acceptables (156) (575).

Ces techniques permettent de supprimer 50 % de la rotation du cou, elles ne sont utilisées donc que lorsque le vissage antérieur n'est pas indiqué ou inapproprié (482).

Des techniques mini invasives ont été décrites pour le traitement des FO (147). Pour les personnes âgées, les indications du traitement sont encore controversées, les approches chirurgicales sont également controversées avec quelques préférences pour les approches postérieures. De toute façon, les fractures de type II sont plus susceptibles d'être traitées chirurgicalement après 55 ans (318).

VI.4.D.b FRACTURES BI PEDICULAIRES :

-Les fractures bi pédiculaires ou fractures du pendu, hangman's fracture des anglo-saxons (HF), sont des fractures des pédicules de ou des fractures des pars interarticulaires de C2.

Houghton a décrit pour la première fois la dislocation de la fracture qui s'est produite lors d'une exécution judiciaire par pendaison en 1866 (308).

En 1964, Garber a utilisé le mot de spondylolisthesis traumatique de l'axis pour distinguer les fractures de C2 de celles du pendu. L'incidence des HF est de 4 % de tous les traumatismes cervicaux.

-Elles surviennent suite aux accidents de la route et aux chutes, ces fractures peuvent être associées à des traumatismes faciaux, thoraciques et des membres. Les fractures cervicales concomitantes

surviennent dans 7 à 33% des cas (164).

De nombreux mécanismes sont impliqués dans les fractures bi pédiculaire de C2, tels que l'hyper extension, la flexion, la charge axiale et la distraction (400).

-Les HF entraînent rarement des troubles neurologiques, ces troubles, lorsqu'ils existent-ils sont plus en rapport avec d'autres lésions, et ce en raison du traumatisme à haute énergie, la moelle épinière pourrait être touchée dans ces cas (396).

Des déficits neurologiques peuvent également se produire à la suite d'une lésion de l'artère vertébrale si la fracture s'étend au foramen transverse.

-Les radiographies simples suffisent pour faire le diagnostic en montrant la fracture sur des séquences latérales, et permettent de calculer la dislocation et l'angulation de la fracture (397).

Le scanner de la colonne cervicale est un meilleur outil pour évaluer les lésions du rachis cervical supérieur, la morphologie d'HF est définie dans différentes reconstructions sagittales, coronales et axiales, la luxation est calculée et l'angulation de C2 sur C3 est déterminée. Les lésions cervicales concomitantes sont nettement mieux visibles (453).

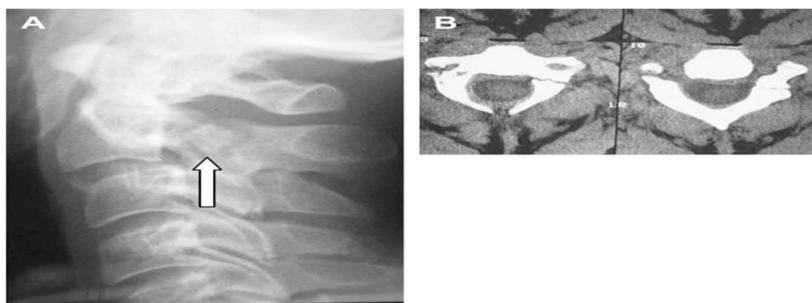


Figure 7.34 Fracture bi pédiculaire de C2 sur une radiographie latérale (A) et une vue axiale du CTScanner (B). (673)

L'IRM n'est pas un outil de routine et ne semble pas fournir plus d'informations, elle peut montrer des signes de lésions du ligament longitudinal postérieur (LLP) ou du disque C2 C3 (658).

L'IRM est plus recommandée pour les patients présentant des déficits neurologiques (428).

-Après l'évaluation radiologique, la HF est classée, de nombreuses classifications ont été décrites.

Francis et al, en 1981, ont développé un système de notation basé sur les paramètres d'instabilité décrits par White et Panjabi. Les fractures ont été classées en 5 grades ;

- Grade I, la dislocation est < 3,5 mm et associée à une angulation inférieure à 11 degrés ;
- Grade II, l'angulation est > 11 degrés et la dislocation est < 3,5 mm ;
- Grade III, le déplacement est > 3,5 mm et l'angulation est < 11 degrés ;
- Grade IV, le déplacement est > 3,5 mm et l'angulation est > 11 degrés
- Grade V, il y a une rupture discale totale.

Effendi et al, en 1981 aussi, ont basé leur classification sur le degré et le type de déplacement ;

- Le type I a un déplacement ou une angulation minime.
- Les fractures de type II ont un listhésis ou une angulation évidente en position fléchie ou étendue.
- Les fractures de type III présentent un déplacement antérieur du corps en position fléchie et des facettes bilatérales disloquées et bloquées.

Cette classification a été modifiée par Levine et Edwards en 1985 et c'est la classification la plus utilisée ; les fractures sont classées en 4 types ;

- Les fractures de type I ont une translation ne dépassant pas 3 mm et aucune angulation, le mécanisme de ces fractures est une force d'hyper extension avec une charge axiale ; elles sont stables.
- Les blessures de type II sont des blessures instables, elles ont une translation de plus de 3 mm et une angulation légère, elles résultent d'une hyper extension suivie d'une flexion et d'une charge axiale, le LLP et le disque sont rompus, le ligament longitudinal antérieur (LLA) est préservé.
- Le type II A a une translation minimale inférieure à 3 mm avec une angulation dépassant parfois 15 degrés. Ces fractures résultent d'un mécanisme de flexion et de distraction. Elles sont instables.
- Les fractures de type III sont des fractures bi pédiculaires instables avec subluxation en C2C3. Le mécanisme ici est également la distraction en flexion suivie d'une hyper extension (393).
- Plus récemment, le type I A a été ajouté à cette classification il est constitué de lignes de fracture asymétriques, dont l'une

des deux est généralement dans le corps de C2. Le mécanisme de ce type est l'hyper extension avec flexion latérale (599).

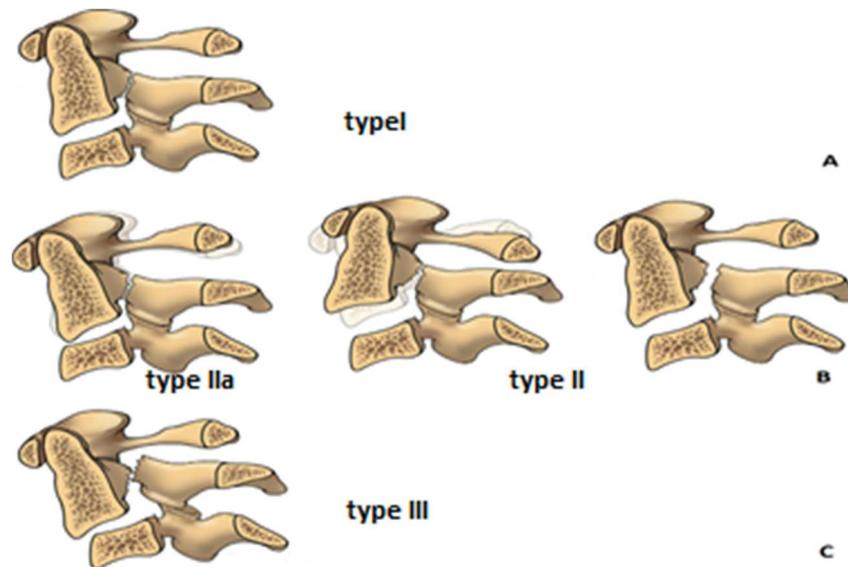


Figure 7.35 Système de classification d'Effendi, modifié par Levine et Edwards, pour le spondylolisthésis traumatique de l'isthme C2 (fracture du pendu). A, le type I est une fracture avec un disque intervertébral C2-3 normal et un déplacement inférieur à 3 mm sans angulation. B, le type II est une fracture consistant à la perturbation de l'espace discal C2-3 et aux fractures angulaires ou déplacées antérieurement. C, le type III est une fracture associée à des dislocations unilatérales ou bilatérales des facettes (673)

-Le traitement de ces fractures est l'immobilisation externe pour les types I, I A et II, ce dernier type étant immobilisé après traction en position étendue.

Les types II A et III sont traités chirurgicalement par une arthrodèse C2C3 antérieure ou une fixation C2C3 postérieure avec des vis C2 qui sont placées dans le pars interarticulaire à travers la ligne de fracture (535) (672).

Le traitement chirurgical est également réservé au type II avec un alignement difficile après traction.

Il faut noter que la traction axiale est contre-indiquée pour les fractures de type II A et de type III.

Ces recommandations de traitement ont été proposées par le Spine Joint comittee de l'AANS (niveau III en 2013) (623).

VI.4.D.c FRACTURES DU CORPS DE C2:

Les fractures du corps C2 sont diverses et peu fréquentes, la majorité des cas ont été décrits comme des « case reports » dans la littérature.

Benzel et al ont été les premiers à classer ces fractures, ils ont classé les fractures du corps C2 en trois sous-types, type I coronal,

type II sagittal et type III transversal (93).

Le diagnostic repose généralement sur le scanner (339).

Le traitement de ces fractures n'est pas chirurgical, utilisant l'immobilisation externe avec près de 99 % du taux de fusion (154).

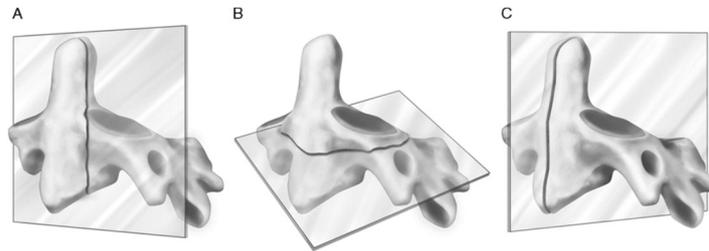


Figure 7.36 Classification des fractures du corps de Benzel C2 : les fractures de type coronal (A), les fractures de type transversal (B) et les fractures de type sagittal III (C) (154)

VI.4.D.d C1C2 FRACTURES ASSOCIÉES :

Les plus fréquentes sont :

- Fracture bi pédiculaire associée à une fracture de l'odontoïde
- Fracture de Jefferson associée à une fracture de l'odontoïde

Les déficits neurologiques sont plus fréquents pour ces lésions associées.

Le traitement chirurgical est indiqué en fonction de la fracture associée, même si aucune recommandation claire n'a été décrite dans la littérature (495).

VIII.LES APPROCHES CHIRURGICALES ANTÉRIEURES DE LA JCV

La JCV est une entité à part avec une anatomie et une biomécanique particulière, les pathologies rencontrées sont variables par leurs nature et siège. Ainsi, les approches chirurgicales décrites dans la littérature sont aussi fréquentes que ces pathologies et leurs localisations.

Les approches chirurgicales antérieures de la JCV comprennent toutes les approches utilisées pour traiter les pathologies situées dans les parties anatomiques antérieures de la JCV, ces pathologies peuvent toucher les parties osseuses avec leurs vestiges embryologiques, les structures dures et les structures neurales.

Les voies d'abord chirurgicales antérieures sont plus éloignées de la JCV que les voies d'abord latérales ou postérieures, elles peuvent être trans crâniennes, trans faciales ou trans cervicales.

Les voies d'abord trans crâniennes comprennent l'approche trans basale avec ses variantes, cette approche est généralement utilisée pour les lésions de la base du crâne situées sur la ligne médiane entre l'étage antérieur et le clivus.

Les approches trans faciales comprennent les approches trans maxillaires, l'approche endonasale endoscopique, l'approche trans orale et les approches trans mandibulaires.

Les approches trans cervicales comprennent l'approche rétro pharyngienne supra hyoïdienne ou l'approche cervicale haute et l'approche cervicale antérieure.

VIII.1 LA VOIE TRANSBASALE

L'approche trans basale est une approche de la base du crâne décrite pour traiter différentes lésions le long de la ligne médiane de la base du crâne, pour la JCV elle peut atteindre la partie antérieure du clivus, l'atlas et l'axis. Cette approche donne au chirurgien un accès sous-frontal extra dural, elle comporte beaucoup de modifications, de variations et d'extensions. Ainsi, par définition, l'approche trans basale est une abord extradural trans crânien antérieur à la base médiane du crâne. Nous discuterons l'historique, les indications, la technique

opératoire, les variantes et les extensions, la classification et les avantages et les inconvénients de cette voie d'abord.

VIII.1.A HISTOIRE DE L'APPROCHE TRANS BASALE (ATB) :

Le 21 novembre 1936, Dandy a utilisé l'approche trans-basale pour réséquer un méningiome frontal avec atteinte du sinus ethmoïdal. En 1958, Unterberger a utilisé cette approche en Allemagne pour réparer une lésion traumatique de la base antérieure du crâne (638). En 1963, Ketcham et ses collègues, se basant sur une expérience antérieure de Smith et al, ont réséqués des tumeurs malignes nasales en combinant une approche trans frontae et une approche cranio faciale (364).

En 1970, Converse et al ont utilisé cette approche pour corriger un hypertélorisme oculaire et ont décrit l'ostéotomie ethmoïdale.

Tessier et associés ont utilisé cette approche en 1973 pour corriger des anomalies cranio faciales (619).

Enfin, Derome a été le premier en 1982 à l'appeler l'approche trans basale et il l'a proposée pour traiter les tumeurs impliquant la ligne médiane antérieure de la base du crâne. En outre, Derome a noté que le clivus pourrait être atteint par cette approche (195).

En 1993, Spetzler et al ont utilisé une ostéotomie cribriforme pour préserver l'olfaction en utilisant cette approche avec une préservation de 90% dans leur série (597).

VIII.1.B INDICATIONS DE L'ATB :

- L'ATB est indiquée pour les lésions situées dans la ligne médiane de la base du crâne.
- Ainsi les lésions situées dans la base antérieure du crâne tel que le méningiome olfactif et l'esthesioneuroblastome.
- Les lésions sellaires peuvent également être abordées via l'ATB, ces lésions comprennent le méningiome du tubercule de la selle et l'adénome hypophysaire (lorsque l'approche trans crânienne est indiquée).
- Les lésions malignes sino-nasales sont également abordées par cette technique, l'ATB est utile et préférable pour ces lésions car une résection totale est possible même s'il y a une extension intracrânienne.
- L'ATB est indiquée pour la réparation de certaines brèches ostéo-durales antérieures du crâne.

Derome a été le premier à utiliser cette approche pour le traitement des lésions du clivus.

L'ATB pourrait donc être utilisée pour traiter les lésions de la jonction crano-vertébrale du clivus aux deux premières vertèbres cervicales.

Bien entendu, les lésions traitées à la JVC par cette approche sont situées antérieurement, sans extensions latérales ou postérieures, ou en tant qu'opération de premier ou de deuxième temps si la lésion présente ces extensions.

Les chordomes clivaux sont les premières lésions pour lesquelles cette approche est indiquée. Cette tumeur peut avoir quelques extensions vers la partie supérieure de la colonne cervicale caudalement ou rostralement vers la région sphénoïdale, même dans ces cas, l'approche pourrait être utilisée pour l'exérèse de ces tumeurs.

Le chondrosarcome est la deuxième tumeur de la JCV qui pourrait être abordée par l'ATB avec les mêmes implications pour le chordome.

D'autres tumeurs telles que les métastases, le plasmocytome ou l'ostéosarcome pourraient également être traitées par cette approche.

VIII.1.C TECHNIQUE OPÉRATOIRE DE L'ATB :

L'ATB est une approche de la base du crâne qui nécessite une parfaite connaissance anatomique et qui, lorsqu'elle est bien réalisée, permet au chirurgien de pratiquer une opération en toute sécurité sans rétraction du cerveau. Nous discuterons la technique opératoire de cette approche.

VIII.1.C.a POSITION :

Le patient est en décubitus dorsal, avec la tête en position neutre, ou en légère extension, fixée sur une têtère à trois prises osseuses, ces prises doivent être postérieures au site de l'incision bi coronale ⁽³²²⁾.

VIII.1.C.b INCISION ET DISSECTION SOUS CUTANÉE :

L'incision bi coronale standard est réalisée à 13 à 15 cm du bord orbitaire, puis le cuir chevelu est réfléchi vers l'avant et séparément du péricrâne, le péricrâne est disséqué du crâne jusqu'à atteindre les bords orbitaux et la suture frontale, il faut veiller à protéger les nerfs supra-orbitaires lors de leur dissection à partir de leur foramina. La péri orbite est ensuite disséquée des parois supérieure, latérale et médiale de l'orbite ⁽⁸⁸⁾.

Le muscle temporal est disséqué du processus zygomatique de l'os frontal et réfléchi postérieurement.

VIII.1.C.c CRANIOTOMIE ET OSTÉOTOMIE :

Une craniotomie bi coronale est réalisée de façon standard, des trous de trépan sont créés de part et d'autre du sinus sagittal et latéralement sur les régions ptériorales, puis les trous sont reliés pour réaliser la craniotomie bi frontale, le volet osseux est élevé en prenant soin de ne pas blesser la dure-mère (287).

Un bandeau orbitaire est réalisé, la scie oscillante est insérée dans l'orbite, la première coupe commence dans la fissure orbitaire inférieure et sort parallèlement au toit orbitaire, la deuxième coupe est verticale par rapport à la fosse frontale à partir de la fissure orbitaire inférieure puis cette coupe se poursuit à travers la fosse frontale jusqu'au bord postérieur de la plaque cribriforme et la scie doit être tournée de 90° vers l'avant à ce point. La coupe controlatérale est effectuée de la même manière. Pour incorporer l'os nasal et les parois orbitaires médiales dans la barre, une coupe est effectuée à travers la fosse lacrymale après avoir inséré une scie dans l'ouverture piriforme et enfin un marteau est utilisé pour détacher la cloison nasale de la voûte nasale (163).

Si la lésion n'implique pas l'os ethmoïdal, l'olfaction pourrait être préservée en réalisant une ostéotomie ethmoïdale (231).

La crête sphénoïdale est percée après rétraction extradurale des lobes frontaux et le clivus et la JCV peuvent être atteints via le sinus sphénoïde.

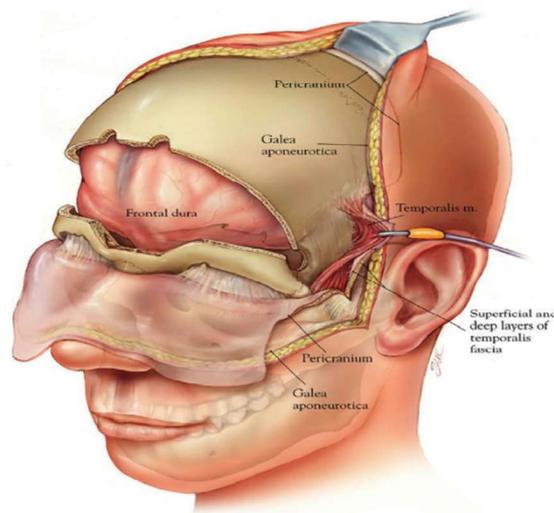


Figure 8.1 Incision bi coronale avec craniotomie bi frontale exposant la dure-mère frontale, la barre orbitaire et les orbites (564)

VIII.1.C.d FERMETURE ET RECONSTRUCTION :

Le péricranium est utile pour la reconstruction de la base antérieure du crâne, la graisse abdominale ou le fascia lata peuvent également être utilisés. Rarement, un filet en titane est utilisé (566).

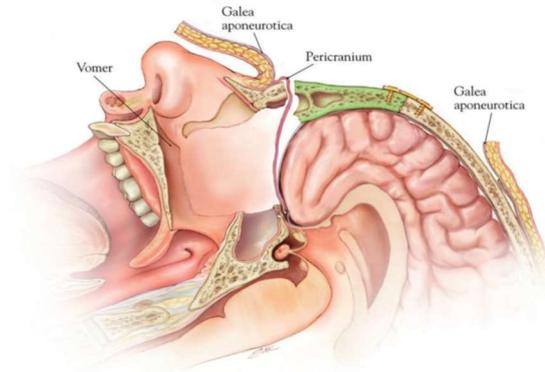


Figure 8.2 Reconstruction de la base antérieure du crâne en utilisant le péricranium après ATB (564)

VIII.1.D LES VARIANTES ET LES EXTENSIONS DE L'ATB :

VIII.1.D.a VARIANTES :

Les variantes de l'ATB comprennent la craniotomie en une seule pièce et la préservation de l'olfaction :

- Pour la craniotomie en une pièce, sept étapes ont été décrites ; un trou de trépan est réalisé sur le sinus sagittal (étape 1), puis des trous de serrure (ou keyhole) de MacCarty bilatéraux sont percés (étape 2), les trous sont ensuite reliés à celui réalisé sur le sinus sagittal (étape 3), les parois orbitaires latérales sont coupées des trous de serrure MacCarthy jusqu'au rebord orbitaires (étape 4), les toits orbitaires sont également coupées à partir des trous de MacCarthy et en se dirigeant en médial (étape 5), puis la paroi orbitaire médiale est coupée en supéro médial au niveau de la suture naso-frontale (étape 6), enfin la coupe fronto nasale est effectuée avec une scie oscillante qui est dirigée à 30° en postéro supérieur (542). Ensuite, le volet osseux est retiré et après l'ablation chirurgicale de la lésion, les sinus frontaux sont crâniolisés et la base antérieure du crâne est reconstruite.

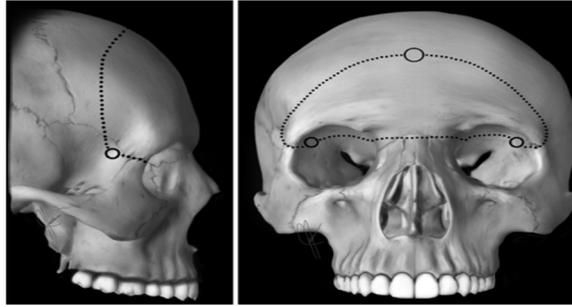


Figure 8.3 Craniotomie en une seule pièce pour l'ATB (542)

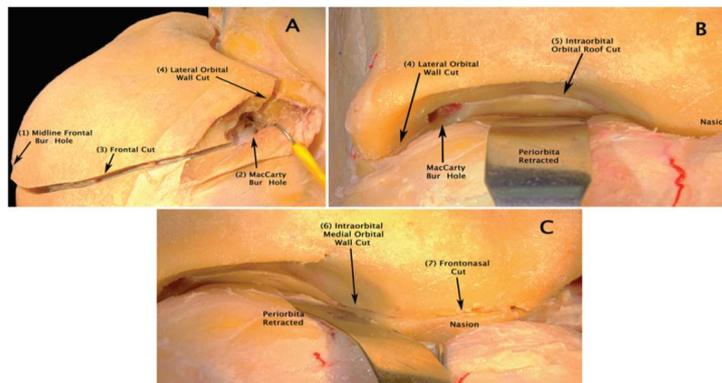


Figure 8.4 Sept étapes de la craniotomie en une pièce, du trou frontal médian au trou de serrure de MacCarthy jusqu'à la paroi orbitaire latérale (A), puis la coupe du toit orbitaire (B), et les coupes orbitaires médianes et fronto nasale à l'extrémité (C) (542)

- La préservation de l'olfaction est possible si la lésion n'est pas étendue au sinus ethmoïdal. Ainsi, après une craniotomie en une ou deux pièces, la plaque cribriforme est enlevée en bloc latéralement après avoir réalisé une ostéotomie ethmoïdale latéralement et au niveau du bord postérieur de la plaque cribriforme (334).

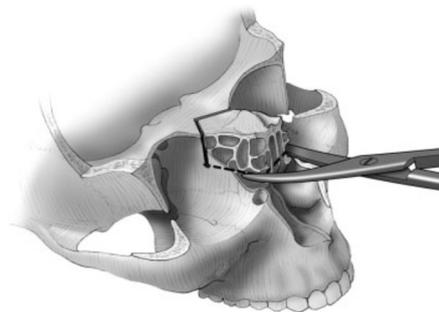


Figure 8.5 Ostéotomie ethmoïdale pour préserver l'olfaction (232)

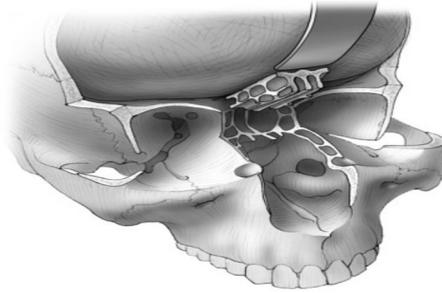


Figure 8.6 La plaque cribriforme avec la muqueuse nasale est soulevée en bloc avec rétraction de la dure-mère frontale. (232)

VIII.1.D.b EXTENSIONS :

Les extensions de l'ATB peuvent être dans le plan longitudinal ou dans le plan transversal.

- Dans le plan longitudinal les extensions touchent le bandeau orbitaire :

- Au niveau I, les limites de la barre fronto-orbitaire sont la suture fronto nasale en médial et les sutures fronto zygomatiques en latéral ;

- Au niveau II les ligaments cantaux médiaux sont détachés bilatéralement, le lambeau frontal est plus caudal avec les coupes faites au niveau de l'ouverture piriforme en inférieur ;

- Enfin au niveau III l'apophyse frontale de l'os zygomatique et les parois orbitaires latérales sont incluses dans le bandeau orbitofrontal.

- Dans le plan transversal, les extensions sont de trois types :

- Le type A est une extension à l'os ethmoïdal et de la fosse antérieure,

- Le type B s'étend au sinus sphénoïdal et à la région supérieure du clivus,

- Le type C s'étend au clivus, au bord antérieur du foramen magnum et à la partie supérieure de la colonne cervicale. (305)

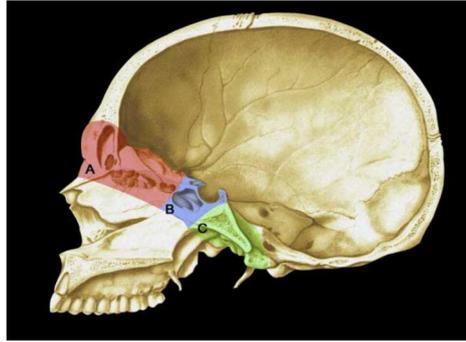


Figure 8.7 Extensions de l'ATB à l'ethmoïde et à la base antérieure du crâne (A), à la région sphénoïdale (B) et au clivus et à la JCV (C) (327)

VIII.1.E CLASSIFICATION DE L'ATB :

Raso et Gusamo ont proposé une classification en fonction de l'ostéotomie pratiquée et de l'extension de l'approche (327).

Ils ont proposé trois types pour cette classification :

- Le type 1 consiste en une craniotomie bi-frontale, le bord orbitaire limite l'approche, le clivus est difficile à atteindre par ce type.
- Le type 2 consiste en une craniotomie bi frontale avec une autre ostéotomie concernant le bord supérieur et les deux tiers du toit orbitaire et une petite partie de l'os nasal, il permet une moindre rétraction frontale et une meilleure exposition du clivus.
- Le type 3 consiste en une troisième ostéotomie sur la plaque cribreuse réalisée avec les deux autres ostéotomies, l'olfaction pourrait être préservée en rétractant le bloc avec la muqueuse nasale.

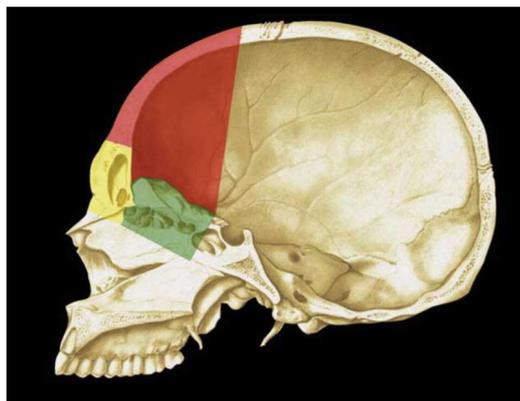


Figure 8.8 Classification de Raso et Gusamo en trois types ; type 1 (rouge), type 2 (jaune), type 3 (vert). (327)

I. Feiz-Efran et al ont proposé une autre classification, cette classification est basée sur l'extension de l'ostéotomie orbitaire, elle comprend trois niveaux : (232)

- Au niveau I, l'ostéotomie le long de la barre orbitaire, du nasion ou de l'os nasal est ajoutée au volet frontal. L'ostéotomie est réalisée en une ou deux parties avec le lambeau osseux frontal. Les ligaments ciliaires sont laissés intacts.

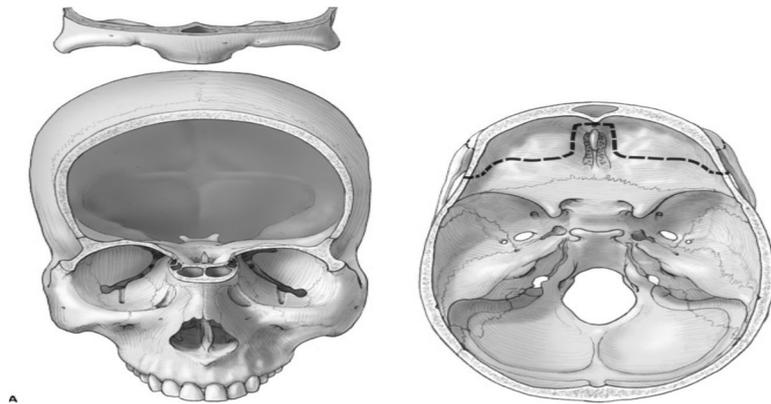


Figure 8.9 ATB de niveau I, craniotomie en deux parties (A), les limites de la barre orbitaire (B) (232)

- Au niveau II, les ligaments ciliaires sont détachés unilatéralement ou bilatéralement, l'ostéotomie comprend l'os nasal, les parois orbitaires médiales et le toit orbitaire, le système lacrymal est au risque de violation durant cette voie.

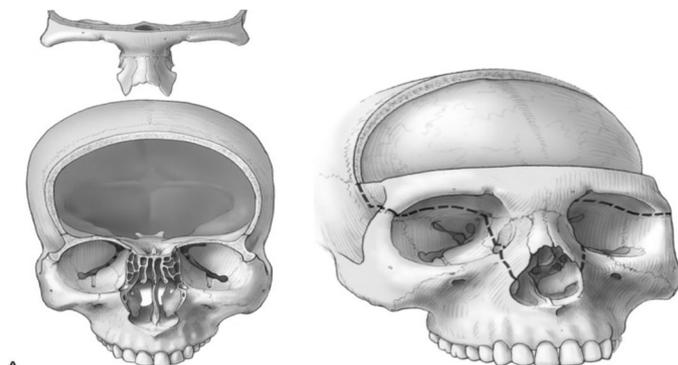


Figure 8.10 Niveau II de l'ATB, avec la barre orbito-frontale (A), et les limites de cette barre (B) (232)

- Au niveau III, l'ostéotomie est la plus étendue, elle est comme au niveau II et incluant en plus la paroi latérale de l'orbite, le système lacrymal ici est également à risque.

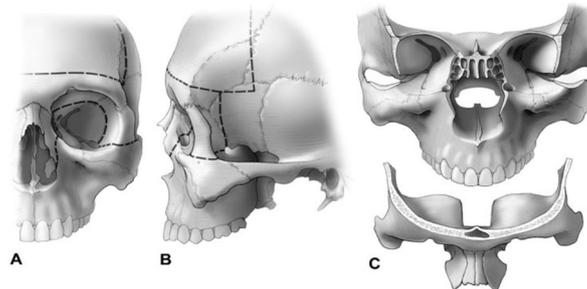


Figure 8.11 Niveau III de l'ATB avec les limites de la barre orbito-frontale (C) sur la surface interne de l'orbite (A), et la surface latérale et externe de l'orbite (B). (232)

VIII.1.E AVANTAGES ET INCOVENIENTS DE L'ATB : (4)

VIII.1.E.a AVANTAGES :

- Le premier avantage de l'ATB est de traiter les lésions du clivus qui s'étendent jusqu'à la base du crâne dans la ligne médiane, en particulier les chordomes.
- Le second avantage de cette approche est le champ de visualisation donné en extradural avec une rétraction minimale.

VIII.1.E.b INCOVENIENTS :

- L'ATB est une approche extensive et agressive qui expose les orbites au risque de blessure, le système lacrymal est également en danger et en post-opératoire le patient peut développer une enophtalmie.
- L'olfaction est toujours à risque lors de la réalisation de l'ATB, même si l'ostéotomie ethmoïdale est réalisée avec rétraction en bloc de la plaque cribreuse avec sa muqueuse nasale.
- Le risque d'infection est également considérable en raison du contact avec la cavité nasale septique.
- La reconstruction de la base du crâne en fin d'opération est nécessaire car le risque de fuite du LCR est élevé.
- Les lésions situées au niveau de la colonne cervicale supérieure sans extension au clivus ne peuvent pas être atteintes par cette approche.

VIII.2 LES APPROCHES TRANSFACIALES :

Les approches trans faciales de la JCV comprennent de nombreuses approches entre les approches maxillo-faciales et neurochirurgicales, nous avons les approches trans maxillaires, l'approche endonasale, l'approche trans orale et l'approche trans mandibulaire.

Les approches trans maxillaires comprennent l'approche trans maxillaire trans faciale, l'approche trans maxillaire sub-labiale avec ostéotomie LeFort I et l'approche sub-labiale avec maxillotomie médiale.

VIII.2.A L'APPROCHE TRANS MAXILLAIRE TRANS FACIALE :

L'approche trans maxillaire trans faciale est une approche maxillo-faciale qui a été décrite pour les tumeurs malignes du nasopharynx, les tumeurs nasopharyngiennes, les tumeurs de la base du crâne et les lésions clivales.

VIII.2.A.a PRÉPARATION PREOPÉRATOIRE :

Comme pour toute intervention pratiquée dans les sinus paranasaux, une bonne connaissance de l'anatomie individuelle du patient est indispensable, il faut donc bien étudier le scanner, en particulier les reconstructions coronales osseuses. L'intervention se fait sous anesthésie générale avec intubation endotrachéale, la trachéotomie n'est pas nécessaire, les antibiotiques tels que les céphalosporines de 3ème génération sont administrés 30 min avant l'incision. L'incision prévue est marquée et injectée à la lidocaïne à 1% avec épinéphrine (1:100000), la peau est ensuite préparée de manière standard stérile (414).

VIII.2.A.b TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-L'incision de base commence par une rhinotomie latérale et est prolongée par une incision de Weber-Ferguson si nécessaire. La rhinotomie latérale commence au niveau du canthus médian et s'étend vers le bas le long de la paroi latérale du nez, autour de l'aile du nez et dans la cavité nasale, l'incision de Weber-Ferguson (rhinotomie effectuée à 90° latéralement) et l'incision de la lèvre supérieure peuvent être utilisées comme extensions de la rhinotomie latérale (441).

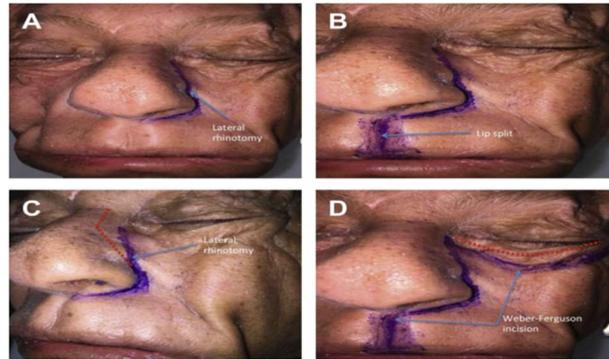


Figure 8.12 Différents types d'incisions utilisées pour l'approche trans faciale trans maxillaire : rhinotomie latérale (A) (C) avec incision labiale (B) et extensions de Weber-Ferguson (D) (507)

Le périoste et les tissus mous sont surélevés par rapport au maxillaire, aux os nasaux et au bord orbitaire inférieur, en veillant à préserver le nerf infra-orbitaire. Le sac lacrymal est surélevé par rapport à la fosse lacrymale lorsque le périoste est décollé par rapport à la lame papyracée ; le canthus médial et le canal lacrymal peuvent être sectionnés et réparés par la suite. Une ostéotomie est pratiquée sur l'os nasal à travers l'apophyse frontale du maxillaire et du dos du nez (301).

Une maxillotomie médiale est réalisée, la première coupe est faite dans le sens antéro-postérieur dans le méat inférieur, elle commence au bord piriforme et s'étend à la paroi postérieure du sinus maxillaire, la deuxième coupe est faite à travers l'orbite médiale dans le sens antéro-postérieur, la troisième coupe est faite à travers le plancher orbitaire juste en dedans du nerf infra-orbitaire, ensuite les coupes sont jointes et le sinus maxillaire est fracturé et les restes osseux sont enlevés (157).

Il s'agit d'une ouverture à travers le sinus et la cavité nasale adjacente qui expose le clivus au niveau de la face supérieure du palais osseux (517).

A la fin de l'opération, la fermeture commence d'abord par la pose d'un stent dans le canal lacrymo-nasal ou, plus souvent, par une marsupialisation, le ligament canthal médial est suturé, la plaie est fermée en deux plans (536).

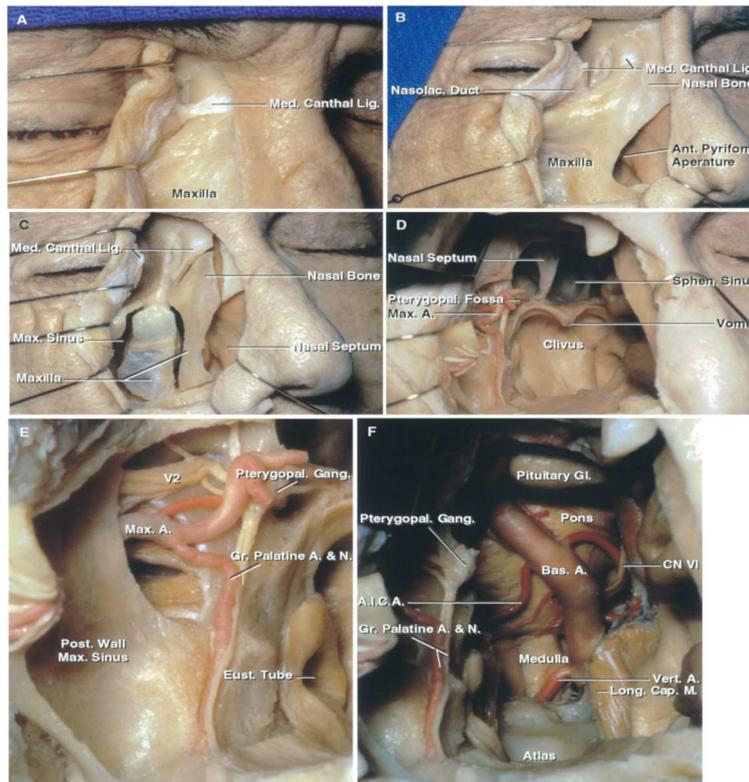


Figure 8.13 Différentes étapes de l'approche trans maxillaire trans faciale : rhinotomie latérale (A), canthectomie médiale (B), maxillotomie antérieure (C), clivus exposé (D), points clés anatomiques de la paroi postérieure et médiale du sinus maxillaire : tronc cérébral et l'artère basilaire et l'atlas (18)

VIII.2.A.c AVANTAGES ET INCONVENIENTS :

-L'avantage de cette approche est qu'elle donne une large exposition du clivus, elle permet l'utilisation du microscope, un autre avantage est que les lésions du clivus s'étendant au nasopharynx et à la cavité nasale peuvent être atteintes par la même approche.

-Les inconvénients de cette approche sont : l'agressivité de l'approche, le risque élevé d'infection en post-opératoire et les problèmes cosmétiques qui peuvent entraîner des cicatrices sur le visage du patient (560).

VIII.2.B L'APPROCHE SUB-LABIALE AVEC MAXILLOTOMIE LEFORT I:

L'approche sub-labiale avec maxillotomie de LeFort I est utilisée pour traiter les lésions de la ligne médiane du crâne, en particulier le clivus.

En 1901, LeFort a décrit et classé les différentes fractures du maxillaire. La fracture de Le Fort I est une fracture horizontale du maxillaire, située au-dessus de l'apophyse alvéolaire, traversant la cloison nasale et les plaques ptérygoïdes du sphénoïde.

Wassmund a été le premier à pratiquer et à signaler l'ostéotomie de LeFort I en 1935 (449).

Cette approche est indiquée pour traiter les lésions extradurales du clivus, le chordome et le chondrosarcome sont les plus courants. Elle peut également être utilisée pour les malformations congénitales avec une compression nerveuse antérieure marquée. Elle a été décrite comme technique de traitement des anévrismes basilaires et vertébro basilaires (51).

VIII.2.B.a ÉVALUATION PREOPÉRATOIRE :

Le patient est évalué pour déterminer l'étendue de la lésion, un scanner en haute résolution, une IRM et dans certains cas une angiographie sont nécessaires.

L'hygiène dentaire du patient est évaluée, toute lésion est traitée si nécessaire pour éviter une infection postopératoire et une ostéomyélite. Si possible, la flore bactériologique du nez et de la gorge est obtenue en préopératoire et les antibiotiques appropriés sont commencés avec l'induction et poursuivis 3 à 5 jours après l'opération (663).

VIII.2.B.b ANESTHÉSIE :

L'intubation oro-trachéale ou trachéotomie peut être utilisée, l'intubation oro-trachéale est moins invasive mais elle limite la rétraction du palais osseux vers le bas, si elle est utilisée alors la sonde d'intubation doit être suturée avec la joue pour la sécuriser (141).

En revanche, la trachéotomie est plus invasive mais offre un meilleur corridor chirurgical, une sonde oro-gastrique est insérée en fin d'opération sous contrôle visuel (126).

VIII.2.B.c TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est positionné en décubitus dorsal, la tête est fixée sur une têtère à trois prises osseuses, la tête est en légère extension et le thorax est surélevé de 10°.

-Le sillon buccal supérieur et la muqueuse sont infiltrés avec de la lidocaïne à 1% avec épinéphrine (1 : 100000), l'abdomen est préparé pour prélever la graisse et le fascia pour la fermeture.

-La lèvre supérieure est rétractée vers le haut et l'exposition commence par une incision intrabuccale au-dessus du sillon mucogingival s'étendant entre les prémolaires, l'incision est étendue d'une crête zygomatique à l'autre, le mucopérioste est

enlevé de l'os pour exposer le fond de la cavité nasale (ouverture piriforme) et la cloison nasale (395).

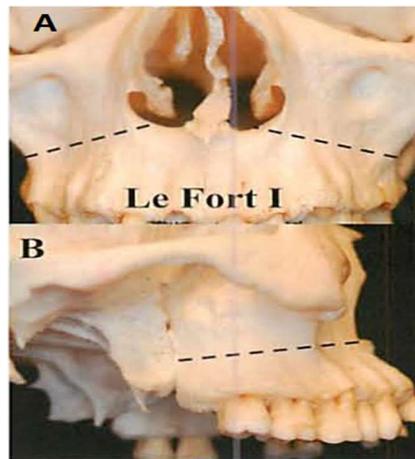


Figure 8.14 Ostéotomie de LeFort I marquée sur le maxillaire (A) et étendue latéralement à la tubérosité maxillaire (B) (216)

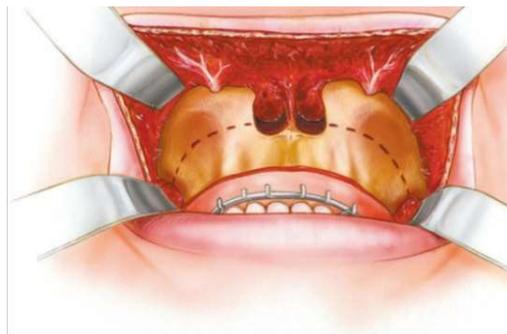


Figure 8.15 Exposition du maxillaire et de l'ouverture piriforme (565)

-Les lignes d'ostéotomie sont marquées comme les lignes de fracture de LeFort I et les plaques et les vis sont préparées pour la reconstruction. Les coupes d'ostéotomie commencent dans l'ouverture piriforme et se terminent bilatéralement au niveau des tubérosités maxillaires qui sont séparées des ptérygoïdes avec préservation du nerf palatin et des artères des deux côtés car elles alimentent le palais osseux et le maxillaire (92).

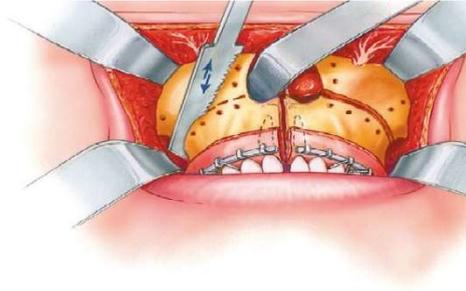


Figure 8.16 Ostéotomie de LeFort I à partir de l'ouverture piriforme (565)

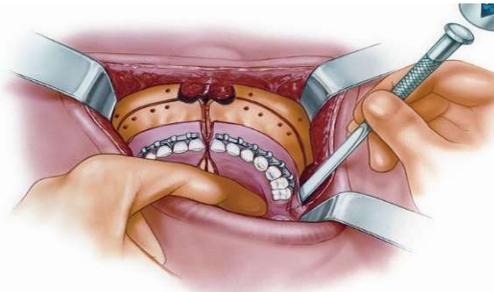


Figure 8.17 Après l'ostéotomie, le maxillaire est détaché en arrière des ptérygoïdes (565)

-Ensuite, la cloison nasale est désarticulée du palais dur et le vomer est séparé du palais dur à l'aide d'un ostéotome, les parois latérales des fosses nasales sont coupées au niveau du méat inférieur en prenant soin d'éviter toute blessure du canal lacrymo-nasal (216).

-Le maxillaire est fracturé vers le bas par pression digitale, la muqueuse nasale est réfléchi vers le haut à partir du palais dur, les cornets inférieurs peuvent être enlevés pour améliorer l'exposition, puis l'écarteur est placé (150).

-Le nasopharynx est exposé et une incision est pratiquée dans la ligne médiane ou un volet muqueux inversé est réalisé comme le préconisent Beals et al, pour exposer le clivus et le bord antérieur du trou occipital.

-Pour exposer le clivus supérieur, le vomer est fraisé, la clivectomie est commencée et les limites de cette clivectomie latéralement dépendent du niveau, au clivus supérieur, les limites sont les parois latérales du sinus sphénoïde, au clivus moyen, les canaux carotidiens pétreux sont les limites et au clivus inférieur, les canaux hypoglosses dans les condyles sont les limites. L'os peut être infiltré par la tumeur, la résection est donc déjà commencée.

-Après la clivectomie, si la lésion est extradurale, la résection est effectuée, la dure-mère est rarement ouverte lorsque la lésion s'étend intraduralement.

-À la fin de la résection, l'espace laissé après la clivectomie est rempli par la graisse ou le fascia, puis le lambeau de muqueuse pharyngée est replacé sur la graisse et maintenu à l'aide de la colle en fibrine. Des paquets nasaux sont utilisés pour maintenir le greffon, les écarteurs sont retirés, le palais osseux et le maxillaire sont rapprochés et les plaques et vis sont insérées et fixées, le montage est soutenu par des attelles inter dentaires préparées. La muqueuse buccale est fermée ((565).

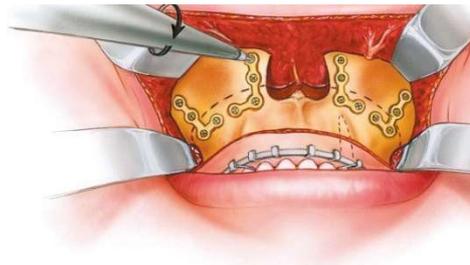


Figure 8.18 A la fin l'os est fixé en utilisant des mini plaques (565)

-Une approche trans maxillaire étendue a été signalée, qui combine l'ostéotomie de LeFort I avec une scission médiane du maxillaire, du palais dur et du palais mou. L'avantage de cette approche est une meilleure visualisation du clivus inférieur et de la jonction craniocervicale. Elle comporte les mêmes étapes et la fermeture nécessite une suture supplémentaire du palais mou (642).

VIII.2.B.d CONSIDÉRATIONS POSTOPÉRATOIRES :

Si le patient a été intubé, l'extubation est laissée pour le deuxième ou le troisième jour postopératoire, l'hygiène buccale doit être stricte avec des soins buccaux antibactériens administrés toutes les 4 à 6 heures, l'alimentation est commencée 5 à 6 jours après l'opération, avec un régime liquide pendant 4 semaines.

Si le patient a subi une trachéotomie, celle-ci est conservée pendant trois jours puis retirée, des antibiotiques sont administrés pendant 5 jours, les paquets nasaux sont retirés le cinquième jour et l'attelle dentaire est laissée en place pendant quatre semaines (40).

VIII.2.B.e COMPLICATIONS CHIRURGICALES :

Les complications possibles de l'abord sont :

- Les saignements résultant des coupes d'ostéotomie ou les saignements veineux après clivectomie.
- Les fuites et infections du LCR.
- La déhiscence palatine avec insuffisance vélo pharyngienne

secondaire.

-Malposition du maxillaire

(471)

VIII.2.C L'APPROCHE SUB-LABIALE AVEC MAXILLOTOMIE MÉDIALE :

L'intérêt d'utiliser des approches antérieures au clivus a été mis en évidence par Laws et al, ces approches donnent au chirurgien une trajectoire directe dans la ligne médiane pour traiter ces lésions. Becks et al ont déjà fait état d'un élargissement de l'approche en incluant l'antrum maxillaire dans l'exposition (402). Cette approche est semblable à l'approche transphénoïdale sublabiale classique avec peu de modifications en l'étendant à l'antrum maxillaire.

Elle a été décrite pour le traitement du chordome clival et du chondrosarcome.

VIII.2.C.a ÉVALUATION PREOPÉRATOIRE :

Le patient est préparé à l'intervention, il subit une évaluation clinique, ophtalmologique et endocrinologique.

Un scanner et une IRM à haute résolution sont réalisés pour une meilleure visualisation de la lésion et de ses extensions et une neuronavigation peut être planifiée grâce à ces examens.

VIII.2.C.b TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est en décubitus dorsal avec la tête fixée sur une têtère de Mayfield à trois prises osseuses, il peut être laissé libre si la neuronavigation n'est pas prévue.

-Une incision sub-labiale est pratiquée comme celle de l'approche trans phénoïdale, elle est prolongée latéralement sur le côté de la maxillotomie prévue.

-Une dissection sous-périostée est effectuée pour exposer la muqueuse nasale au niveau de l'ouverture piriforme, et est portée vers le haut de l'apophyse frontale du maxillaire juste en dessous de l'orbite.

-Une ostéotomie est réalisée sur la paroi antérieure du sinus maxillaire à l'aide d'une fraise ou d'une scie oscillante, elle doit être suffisamment large pour recevoir les lames de l'écarteur, la maxillotomie est ensuite poursuivie sur la paroi médiale (30).

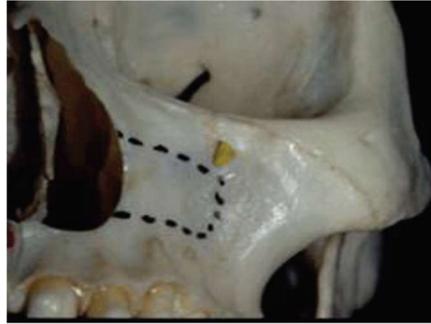


Figure 8.20 Repères de la maxillotomie antérieure utilisée pour étendre l'approche. (30)

-La cloison nasale est désarticulée du palais dur et du vomer, elle est écartée sur le côté controlatéral de la maxillotomie par la lame de l'écarteur autostatique.

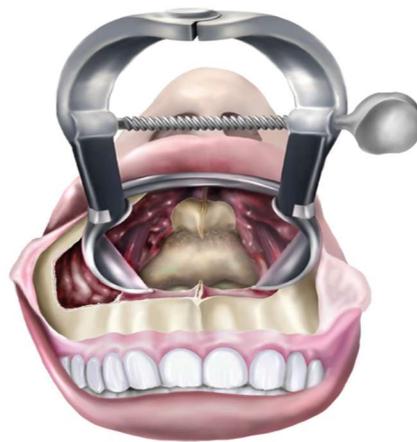


Figure 8.21 La selle et le clivus exposés après l'approche sub-labiale avec maxillotomie étendue. (30)

-Le sinus sphénoïdal est largement ouvert et la muqueuse au-dessus du clivus est enlevée et disséquée, le palais dur pourrait être fraisé partiellement pour exposer le clivus inférieur et le foramen magnum.

-Une fois la clivectomie commencée à l'aide d'un moteur à grande vitesse, elle peut être partielle ou totale selon l'extension de la tumeur, il faut faire attention lors du fraisage latéral, surtout au milieu du clivus, afin d'éviter de blesser les artères carotides (31).

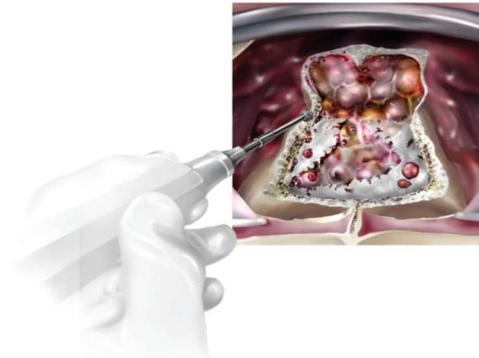


Figure 8.22 Fraisage du clivus à travers l'approche sub-labiale avec maxillotomie partielle (30)

-Après une clivectomie, la dure-mère est ouverte s'il y a une extension intradurale de la tumeur.

-Après l'ablation de la tumeur, on commence la reconstruction en utilisant le fascia pour la fermeture de la dure-mère puis de la graisse pour combler le défaut osseux, des plaques sont utilisées pour renforcer la fixation de la paroi antérieure du sinus maxillaire (543).

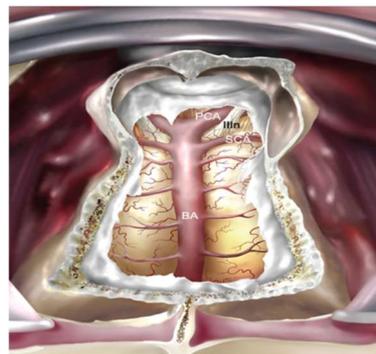


Figure 8.23 Exposer le tronc cérébral et l'artère basilaire après l'approche sub-labiale et maxillotomie. (30)

VIII.2.C.c COMPLICATIONS CHIRURGICALES :

Les fuites et les infections du LCR sont les principaux risques de l'approche, en raison de la difficulté de fermeture.

Une paralysie du nerf VI peut se produire en raison de la proximité de ce nerf au moment du fraisage du clivus.

En raison de l'incision sub-labiale et de la préservation de la cloison nasale, cette approche a un résultat cosmétique acceptable.

VIII.2.D L'APPROCHE ENDOSCOPIQUE ENDONASALE DE LA JCV

Les approches endonasales endoscopiques (AEE) ont été développées ces dernières années et ont été utilisées pour les adénomes hypophysaires et les lésions de la base du crâne à la ligne médiane.

Kassam et al ont été les premiers à décrire une approche endoscopique étendue pour la résection d'odontoïde en 2005 pour un patient présentant une impression basilaire secondaire à l'évolution de sa polyarthrite rhumatoïde ⁽³⁵⁶⁾.

Le processus odontoïde et le tubercule antérieur de C1 se trouvent sous la paroi postérieure du pharynx et les muscles longs du cou qui sont insérés sur C1 et le longus capitis qui est inséré sur le clivus inférieur.

VIII.2.D.a INDICATIONS DE L'AEE :

Le premier objectif de l'approche est la décompression de la jonction cervico médullaire.

Un autre objectif est d'obtenir un diagnostic qui ne peut être établi par l'examen d'imagerie préopératoire.

Cette approche permet d'élargir la résection tumorale et améliorer la qualité de vie des patients.

Les indications de l'AEE pour la JCV sont donc :

- Invagination basilaire avec compression de la jonction bulbo-médullaire, les cas d'IB irréductible.
- Impression basilaire secondaire à la PR avec son pannus comprimant les structures neurales.
- Les infections de la JCV peuvent entraîner une compression directe ou secondaire par impression basilaire.
- Os odontoïdeum qui comprime les structures neurales et qui est irréductible ou après une décompression et une fixation postérieures, aucune amélioration neurologique ne se produit.
- Les tumeurs de la JCV, en particulier les chordomes et les chondrosarcomes, et dans de très rares cas les méningiomes, l'AEE est indiquée lorsque ces tumeurs se développent dans la ligne médiane ou comme première ou deuxième étape de la chirurgie pour les tumeurs qui se développent antérieurement et latéralement.

(252) (356) (652)

VIII.2.D.b PLANIFICATION PREOPERATOIRE :

L'évaluation préopératoire du patient comprend un scanner et une IRM de la JCV, ces modalités d'imagerie sont complémentaires. Le scanner permet une analyse parfaite des structures osseuses et l'IRM fournit des informations sur la lésion, ses extensions et sa relation avec les autres tissus et structures. L'évaluation dépend de la nature de la lésion, pour l'impression basilaire, le scanner aide beaucoup à fournir des informations sur l'ascension odontoïde et les anomalies associées telles que l'assimilation de l'atlas, l'angulation et la direction du clivus et l'anatomie nasale et para nasale qui est un élément essentiel pour les approches endoscopiques. Le scanner permet également de tracer des lignes :

- La ligne nasopalatine (LNP) : qui est la ligne entre le rhinion et le bord postérieur du palais dur et qui se prolonge sur la JCV sur les vues sagittales.
- La ligne nasoaxiale qui relie le point médian entre le rhinion et l'épine nasale de l'os maxillaire au bord postérieur du palais dur.
- La ligne rhinopalatine est comme cette dernière avec un point de départ aux deux tiers de la distance entre le rhinion et l'épine nasale antérieure de l'os maxillaire et la ligne du palais dur qui est parallèle au palais dur.

Toutes ces lignes ont été décrites pour imaginer le bord inférieur prévu de la résection odontoïde (379). L'IRM montre la compression du tronc cérébral et de la moelle épinière par l'odontoïde et/ou le pannus associés.

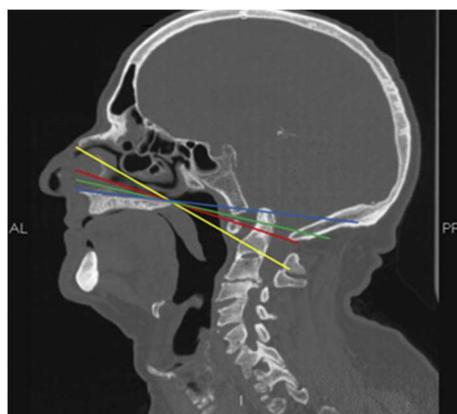


Figure 8.24 Les différentes lignes prédisant la marge inférieure atteinte par l'AEE ; la ligne nasopalatine (jaune), la ligne nasoaxiale (rouge), la ligne rhinopalatine (verte) et la ligne du palais osseux (bleue). (653)

Pour les tumeurs de la JCV qui sont indiquées pour des approches endoscopiques, le CTscanner permet de voir et d'étudier les os de la JCV qui pourraient être lytiques ou déplacés, il aide également le chirurgien à planifier l'acte de résection et son extension et l'instabilité qui pourrait en résulter après la résection, bien sûr, comme l'IB, le CT scanner donne aussi des informations sur l'anatomie des sinus nasaux et para nasaux.

L'IRM fournit des informations sur l'extension de la tumeur latéralement et intradurale, l'infiltration et l'englobement des gros vaisseaux est également visible à l'IRM.

Des études angiographiques (angiographie par tomодensitométrie, angiographie par résonance magnétique et angiographie conventionnelle) sont nécessaires pour évaluer le déplacement et des gros vaisseaux, et surtout le parcours des artères vertébrales et des artères carotides internes dans la paroi postérieure latérale du nasopharynx (390).

Après évaluation radiologique, le chirurgien planifie son acte, la neuronavigation est couramment utilisée dans les approches endoscopiques de la JCV pour améliorer la précision chirurgicale de l'intervention.

VIII.2.D.b TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-L'AAE est indiquée et pratiquée principalement pour les chordomes clivaux et les IB, avec résection tumorale ou odontoïde selon la pathologie.

Bien entendu, la technique diffère d'une pathologie à l'autre, nous décrivons donc la technique pour la résection du chordome clival et la technique pour l'odontoïdectomie endonasale.

AAE pour le chordome clival :

-Le patient est en décubitus dorsal, un système de neuronavigation avec IRM est préparé, les narines sont préparées, les cavités nasales sont remplies de cotons trempés dans de l'oxymétazoline ou une solution d'épinéphrine 1/100000, l'opération est réalisée sous anesthésie générale hypotensive (138).

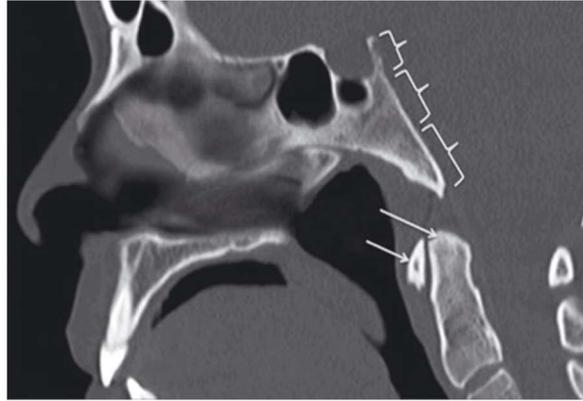


Figure 8.25 Les trois parties du clivus, supérieure, moyenne et inférieure, ainsi que l'odontoïde (grande pointe de flèche) et l'arc antérieur du C1 (petite pointe de flèche) en vue sagittale du scanner (653)

-Il s'agit d'une approche binostrale à trois ou quatre mains la première étape est la turbinectomie moyenne pour élargir l'exposition, puis le lambeau naso-septal est préparé en gardant son apport sanguin et il est placé dans le sinus maxillaire. Une septectomie nasale postérieure et de larges sphénoïdotomies bilatérales complètent l'abord nasal.

-Le plancher des sinus sphénoïdes est entièrement fraisé pour créer un champ de travail unique constitué du sinus sphénoïde et du nasopharynx.

Le fascia nasopharyngien est enlevé du rostre sphénoïdal et du clivus.

-Ensuite, le fraisage est lancé sous guidage d'imagerie et il est effectué jusqu'au foramen magnum pour exposer la dure-mère clivale, il est limité latéralement par les sinus caverneux dans le clivus supérieur, les carotides internes para clivales dans le clivus moyen et les condyles dans le clivus inférieur (143) (357).

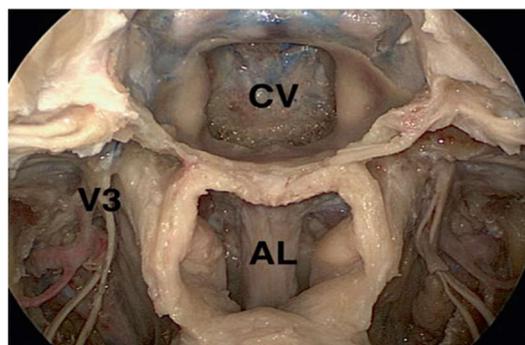


Figure 8.26 Vue anatomique endoscopique du clivus (CV), s'étendant jusqu'à la JCV exposant la partie médiane du raphé du ligament longitudinal antérieur (AL), le nerf mandibulaire est latéral (653)

-La résection de la tumeur est commencée dans l'espace épidual, la dure-mère est ouverte si la tumeur a une extension intradurale, l'ablation commence par un évidement intracapsulaire pour réduire le volume de la tumeur et faciliter la dissection extra capsulaire. Si la tumeur s'étend intraduralement, un plan arachnoïdien est conservé chaque fois que cela est possible pour préserver les structures neuro vasculaires. (228)

-La reconstruction est une étape importante de l'intervention et peut influencer le pronostic du patient, surtout si la dure-mère est ouverte. Elle est réalisée en plusieurs couches, en utilisant un fascia avec de la colle en fibrine puis de la graisse pour remplir l'espace laissé par le fraisage osseux et en terminant par une greffe du cornet moyen et la mise en place du lambeau naso-septal. La reconstruction est soutenue par un cathéter de Foley gonflé (279).

Odontoïdectomie endoscopique endonasale :

-Le patient est en décubitus dorsal, avec la tête fixée sur une têtère de Mayfield, un système de neuronavigation est utilisé, basé sur des images fusionnées du CTscanner et/ou d'IRM. Le nez est préparé en utilisant une solution iodée à 5% et de l'oxymétazoline.

La procédure est effectuée à quatre mains ou à deux mains avec un support pour certains auteurs.

-Après l'introduction de l'endoscope, les points de repère suivants doivent être identifiés : la jonction clivus-septum en haut, les trompes d'Eustache latéralement, et le plancher nasal et palais mou en bas. La neuronavigation est très utile à ce stade (442).

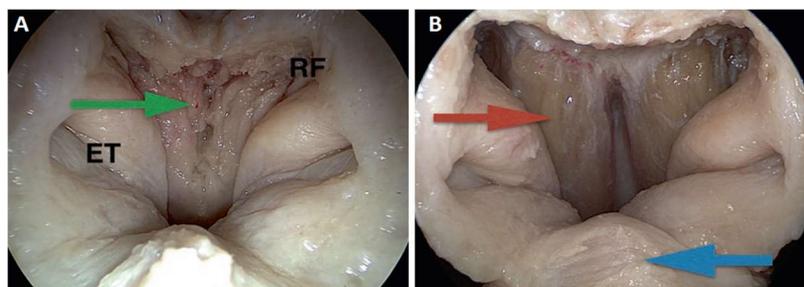


Figure 8.27 Vue anatomique endoscopique exposant en A la trompe d'Eustache (ET), la fosse de Rosenmuller (RF) et la muqueuse du rhinopharynx (flèche verte) ; et en B le fond de la cavité nasale (flèche bleue) et le muscle longus capitis (flèche rouge) (653)

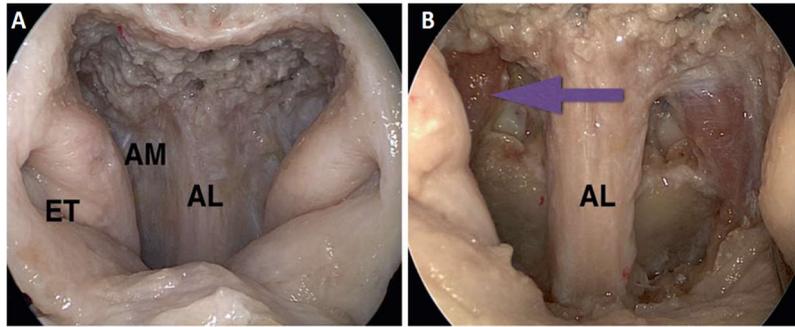


Figure 8.28 Après ablation des muscles longus capitis, (A) exposition du raphe médian du ligament longitudinal antérieur (AL), de la membrane atlanto-occipitale (AM) juste derrière la trompe d'eustash (ET), et (B) du muscle rectus capitis antérieur (653)

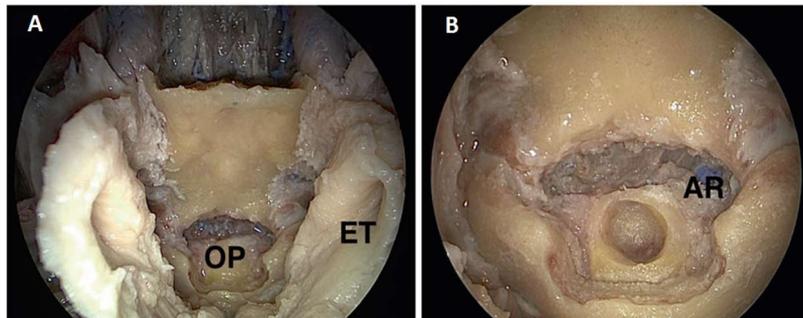


Figure 8.29 AEE à la JCV exposant (A) le processus odontoïde (OP), et (B) les ligaments, y compris les ligaments alaires (AR) (653)

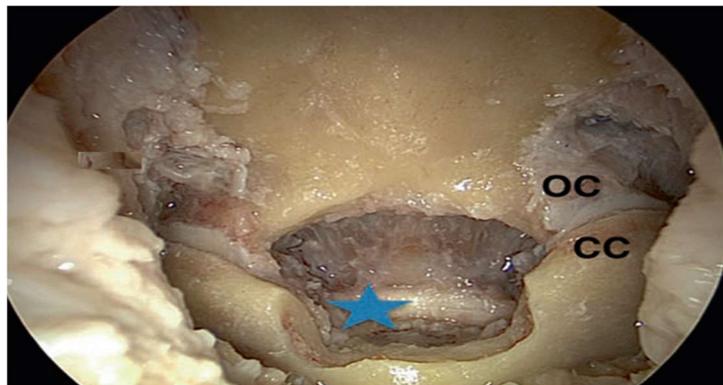


Figure 8.30 Odontoidectomie par l'AEE exposant le ligament transverse (étoile bleue), le condyle occipital (OC) et la masse latérale de C1 (CC) sont également exposés (653)

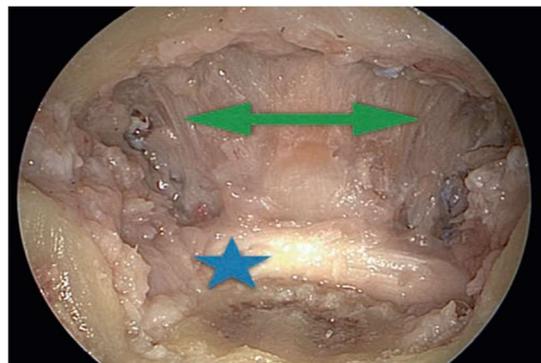


Figure 8.31 La membrane tectorielle (flèche verte) est exposée au-dessus du ligament transverse (étoile bleue) (653)

Une septectomie inférieure est réalisée par l'ablation du vomer à sa jonction avec le palais osseux (317) (386).

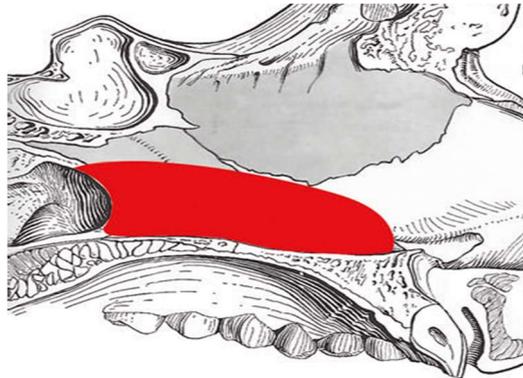


Figure 8.32 La septectomie est inférieure et postérieure lors de la réalisation de l'odontoïdectomie par l'AAE (356).

-Ensuite, un lambeau mucopharyngé en forme de U inversé est réalisé par électrocautérisation monopolaire, en partant du plancher du sinus sphénoïdal jusqu'au niveau du voile du palais, le lambeau est réfléchi dans l'oropharynx, le tissu mou supplémentaire est retiré et le microdébrideur est très utile pour cette étape, il permet d'exposer l'arc antérieur de C1 et le corps de C2 (386).



Figure 8.33 : l'incision de la muqueuse est réalisée entre les orifices des trompes d'Eustache (étoiles bleues) (23)

-A ce stade, le fraisage de l'arc antérieur de C1 est commencé, le rongeur de Kerrison est utilisé également et couplé au fraisage, la dent est exposée et le fraisage est commencé à sa base puis le corps et la pointe sont retirés du corps vertébral. S'il y a une adhésion osseuse à la dure-mère et au tronc cérébral en fonction de la pathologie, l'odontoïde est enlevé par morceaux (470).
-La reconstruction est réalisée en remettant le lambeau inversé en place et en le fixant avec la colle en fibrine (355).

En cas de déchirure de la dure-mère, on procède à une reconstruction multicouche en utilisant le fascia et la graisse.

-Il faut noter que l'ouverture du sinus sphénoïdal n'est pas obligatoire mais elle a été décrite par certains auteurs (655).

- Il a été décrit également l'odontoïdectomie avec préservation de l'arc antérieur de l'atlas par fraisage du bord inférieur de l'arc en conservant l'intégrité de l'arc, le fraisage odontoïde est effectué en haut et en bas de l'arc, lorsque la base est fraisée, la pointe peut être poussée vers le bas (320).

VIII.2.D.c POST-OPERATOIRE ET COMPLICATIONS DE L'AEE :

-Le patient opéré d'une lésion de la JCV par une approche endoscopique endonasale est extubé immédiatement après l'intervention chirurgicale, à moins qu'une fusion postérieure ne soit prévue dans le même temps.

-Les antibiotiques sont poursuivis pendant trois à cinq jours, l'alimentation est commencée 48 heures après l'opération, aucune trachéotomie n'est nécessaire.

-La première complication redoutée après l'AEE est la fuite du LCR, c'est pourquoi la reconstruction est une étape très importante de l'approche, si cette complication se produit, elle est traitée d'abord par un drainage lombaire ou des ponctions lombaires répétées, ensuite si cela ne fonctionne pas, par une réparation chirurgicale. L'autre complication qui peut se produire est l'infection, en particulier la méningite, qui est traitée par des antibiotiques (145).

VIII.2.D.d AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L'AEE :

AVANTAGES:

-Le premier avantage de cette approche est sa vision meilleure, plus large et plus angulaire.

-L'autre avantage est la préservation de la fonction palatine.

-Cette approche présente une morbidité moindre des voies respiratoires et de la déglutition, ce qui réduit la fréquence des trachéotomies.

-Elle diminue également la douleur postopératoire.

-L'extubation est possible immédiatement après l'opération et l'alimentation commence quelques jours plus tard, par rapport à l'approche trans orale.

(191) (677)

INCOVENIENTS:

- L'instabilité de la JCV est causée par l'ablation de l'arc antérieur de l'atlas et des ligaments, elle pourrait être évitée en épargnant l'arc antérieur du C1 dans certains cas.
- L'hémostase est difficile à réaliser si un saignement se produit lors de l'utilisation de l'AEE, le champ opératoire est étroit et profond.
- Les lésions du corps de C2 sont difficiles à atteindre par l'AEE et constituent la limite inférieure de l'approche.

(191) (677)

VIII.2.E L'APPROCHE TRANSORALE DE LA JCV

La pathologie ventrale de la JCV doit être traitée par voie ventrale chaque fois que cela est possible, l'approche trans orale (ATO) convient pour cela et constitue l'un des moyens chirurgicaux à ce niveau.

Elle a été utilisée pour la première fois en 1917 pour retirer une balle dans le clivus par Kanaval et dans les années 1980, avec l'avènement de la tomодensitométrie et de l'IRM et le développement d'écarteurs appropriés, l'approche trans orale a été utilisée plus couramment avec une morbidité acceptable (350).

VIII.2.E.a INDICATIONS DE L'APPROCHE TRANS ORALE (ATO) :

La voie TO est indiquée pour :

- Odontoidectomie en cas d'IB irréductible avec compression du tronc cérébral et aggravation neurologique.
- Pannus secondaire en cas de PR avec des signes neurologiques même si elle est rare maintenant avec le développement du traitement médical.
- Tumeurs extradurales de la ligne médiane du clivus inférieur et de la région C1-C2, généralement des chordomes et des tumeurs primitives.
- Biopsie diagnostique des infections en C1-C2.

(283)

VIII.2.E.b CONTRE-INDICATIONS DE L'APPROCHE TRANORALE :

La chirurgie trans orale n'est pas indiquée si :

- Il y a une infection buccale.
- L'ouverture de la bouche est limitée à moins de 25 mm sauf avec des extensions qui peuvent être utilisées avec une maxillotomie à porte ouverte ou une mandibulotomie.
- Une déformation fixe de la colonne cervico-thoracique est présente, ce qui pourrait limiter l'accès chirurgical.

- La tumeur s'étend sur plus de 15 mm latéralement, à moins qu'une deuxième phase chirurgicale ne soit planifiée.

(175)

VIII.2.E.c ÉVALUATION ET PRÉPARATION PREOPÉRATOIRE :

Lorsqu'un patient doit subir une chirurgie tran sorale, un bilan radiologique complet est effectué, en commençant par des radiographies en flexion-extension pour évaluer les mouvements au niveau de la JVC, puis des CT scanners avec séquences angiographiques sont réalisés pour comprendre l'anatomie vertébrale et le parcours des artères vertébrales qui pourraient être déplacées ou présenter des variations anatomiques en cas d'anomalies congénitales. L'IRM complète les examens radiologiques pour définir la relation de la pathologie avec le tronc cérébral et la moelle épinière (69).

Une évaluation bactériologique de la cavité buccale est également effectuée, si un staphylocoque doré résistant à la méthécilline est présent, des antibiotiques sont administrés pour l'éradiquer avant l'opération, si ce n'est pas le cas ou si un autre organisme commensal est détecté, des antibiotiques sont administrés 24 heures avant l'opération (596).

On a recours à l'intubation par fibres optiques ou à la trachéotomie en cas de dysfonctionnement bulbaire préexistant.

Une sonde nasogastrique est utilisée pour la vidange gastrique et l'alimentation postopératoire (174).

VIII.2.E.d TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est en décubitus dorsal avec la tête légèrement étendue, le crâne est fixé sur une têtère de Mayfield, la tête pourrait être tractée en cas d'instabilité de la JCV, le chirurgien est assis au sommet de la tête du patient ou sur le côté droit pour le chirurgien droitier ou sur le côté gauche pour le chirurgien gaucher (206).

-L'équipement classique nécessaire pour l'ATO comprend un écarteur oral/abaisseur de langue, des écarteurs amovibles pour le palais mou, une diathermie monopolaire, des instruments en baïonnette, un moteur à grande vitesse, un microscope et un système de neuronavigation si disponible (594).

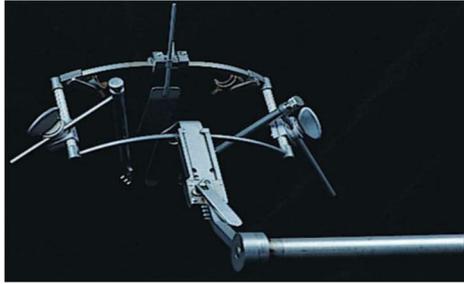


Figure 8.34 Le système d'écarteur utilisé pour l'approche trans orale (206)

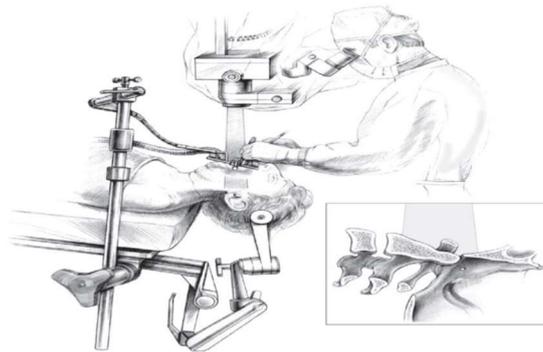


Figure 8.35 Positionnement du patient avec la tête en hyperextension et le chirurgien au dessus de la tête (206)

-Après la mise en place de l'écarteur, la langue est inspectée avec les dents pour prévenir l'oedème et la nécrose, la cavité buccale et l'écarteur sont stérilisés à l'aide d'une solution de Bétadine ou de chlorhexidine (369).

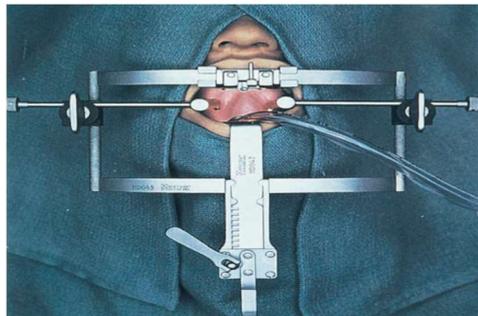


Figure 8.36 L'écarteur placé dans la cavité buccale exposant la paroi postérieure du pharynx (206)

-Une incision linéaire médiane est réalisée dans le raphe médian de la paroi postérieure du pharynx en utilisant la cautérisation monopolaire pour obtenir l'hémostase, l'incision est faite à travers la muqueuse, les muscles pharyngiens et le ligament longitudinal antérieur en une seule couche épaisse, puis elle est disséquée de façon sous-périostée à partir du clivus, de l'arc antérieur de la

vertèbre C1 et du corps vertébral C2. Un écarteur autostatique est placé pour maintenir une large exposition (171).

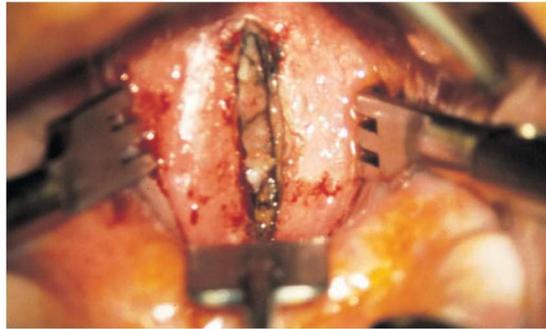


Figure 8.37 L'incision médiane est faite à travers la paroi postérieure du pharynx (206)

Odontoïdectomie :

Nous commençons par un fraisage partiel ou total de l'arc antérieur de l'atlas pour exposer le processus odontoïde, puis le fraisage de l'odontoïde est commencé à l'aide d'une fraise coupante à la base et complété au niveau du cortex postérieur à l'aide d'un rongeur de Kerrison ou d'une fraise diamantée, ensuite l'apex de la dent est détaché de ses ligaments (alaire et apical) et il est enlevé par voie caudale et ventrale pour décompresser la jonction cervico médullaire (118).

Il est également possible d'enlever la dent de manière fragmentaire, même si le sommet est plus difficile à atteindre avec cette méthode (170).

Les tissus mous doivent être réséqués pour obtenir une décompression adéquate de la dure-mère (173).

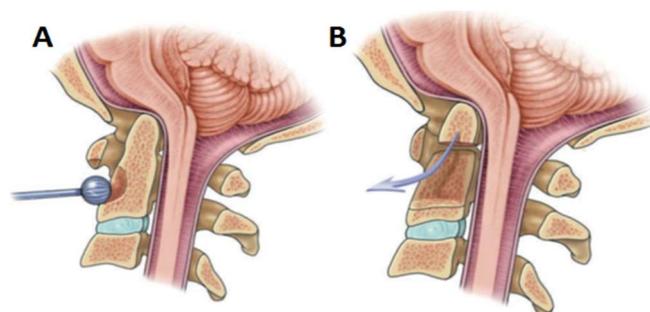


Figure 8.38 L'odontoïdectomie commence à la base de l'odontoïde (A) et se poursuit jusqu'à l'apex (B). (187)

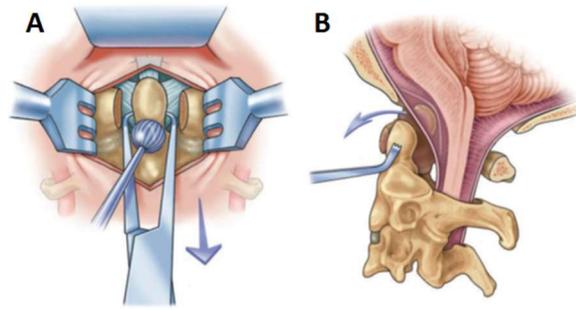


Figure 8.39 L'odontoïde est fraisée après avoir été saisi (A), puis il est retiré par voie ventrale et caudale. (187)

Excision d'une tumeur :

Après la résection de l'arc antérieur (C1), la tumeur est visualisée, la capsule est ouverte et l'ablation de la tumeur est effectuée à l'aide de curettes de rongeurs et d'un aspirateur à ultrasons. Si le processus odontoïde n'est pas infiltré par la tumeur, celle-ci doit être laissée avec son ligament croisé. Le fraisage du clivus, des condyles occipitaux et des masses latérales de C1 est réalisé à l'aide de fraises diamantées s'ils sont infiltrés par la tumeur. Si la tumeur s'étend en intradural, la dure-mère est ouverte avec une hémostase méticuleuse qui peut être difficile, un drainage lombaire est utilisé à ce stade et il est conservé quelques jours après l'opération (177).

Fermeture :

Une fois que le tronc cérébral et la moelle épinière ont été décomprimés, la fermeture commence par un fascia et de la graisse renforcés par de la colle en fibrine si la dure-mère a été ouverte, puis le ligament antérieur, les muscles et la muqueuse sont inclus dans une seule couche de fermeture en utilisant du Vicryl 2-0 ou 3-0 de manière interrompue (282).

VIII.2.E.e GESTION POSTOPERATOIRE :

Le patient est maintenu intubé jusqu'à ce que l'œdème de la langue se résorbe, cela prend de 36 heures à 4 jours, des corticoïdes locaux pourraient être utilisés pour aider à résoudre l'œdème.

L'alimentation du patient commence avec des liquides par la sonde nasogastrique, puis un régime alimentaire doux en une semaine.

Les patients opérés par voie trans orale ont généralement des lésions instables. Ils doivent être immobilisés en postopératoire à l'aide de colliers cervicaux jusqu'à ce qu'une fixation interne soit réalisée.

Si la dure-mère a été ouverte, le drainage lombaire est laissé pendant plusieurs jours pour prévenir les fuites de LCR (675).

VIII.2.E.f COMPLICATIONS DE L'ATO:

Les infections sont les premières complications de la voie TO, de l'infection locale de la plaie, de la pneumonie à la méningite, surtout s'il y a fuite de LCR ou si la dure-mère a été ouverte. Elles sont traitées avec des antibiotiques (212).

Les fuites de LCR sont traitées par un drainage lombaire et des antibiotiques en cas de méningite, et si la fuite persiste, une ré intervention est envisagée (211).

Une aggravation neurologique peut se produire avec un dysfonctionnement bulbaire qui peut retarder ou rendre difficile l'extubation. Les patients atteints de myélopathie avancée pourraient en faire l'expérience, l'état préopératoire est important pour l'issue de ces pathologies traitées via la voie TO (198).

La déhiscence de la plaie pharyngée a été signalée et elle nécessite généralement une refermeture (69).

VIII.2.G. EXTENSIONS ET MODIFICATIONS DE L'ATO :

Fracture palatine :

Lorsque l'on utilise l'ATO, l'incision comprend la paroi postérieure du pharynx et peut être étendue au palais en commençant par une incision du palais mou qui s'étend jusqu'à la luette d'un côté, puis le palais dur est ouvert à l'aide d'une fraise à grande vitesse et les deux parties sont rétractées pour élargir l'exposition (554)

Cette extension donne une large exposition surtout au clivus moyen et supérieur.

Le patient peut présenter en postopératoire une insuffisance vélopalatine avec syndrome de régurgitation (38).

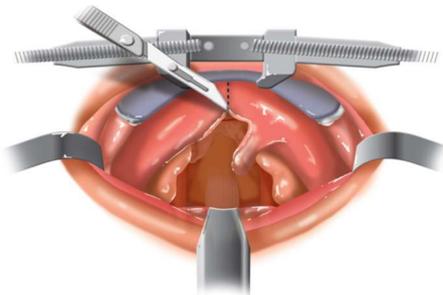


Figure 8.40 le palais mou est incisé pour élargir l'exposition (580)

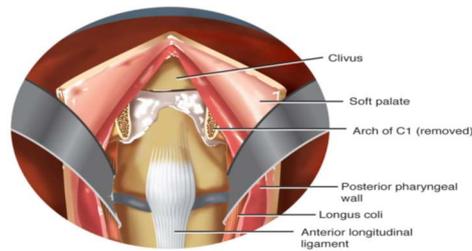


Figure 8.41 L'ouverture du palais permet une meilleure visualisation du clivus. (580)

Maxillotomie à porte ouverte :

La maxillotomie à porte ouverte telle que décrite dans les chapitres précédents utilisant la maxillotomie LeFort I pourrait être ajoutée à l'ATO, elle a été signalée pour des lésions s'étendant du sinus sphénoïdal à la vertèbre C2, comme le chordome ou le chondrosarcome (666).

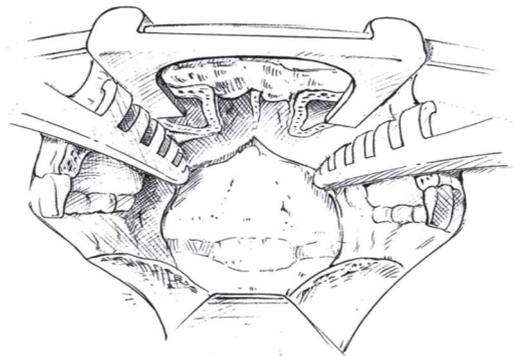


Figure 8.42 L'approche trans orale combinée à une maxillotomie à porte ouverte (565)

Mandibulotomie :

Elle a été signalée comme une extension de l'ATO s'il y a une ouverture buccale limitée ou une extension caudale de la lésion en C3 ou C4, la technique chirurgicale est détaillée dans le chapitre suivant (110).

Approche endoscopique trans orale :

L'endoscopie a été utilisée ces dernières années dans les approches trans orales avec une meilleure visualisation rostrale et caudale sans utiliser d'extension ou de fracture palatine (432).

VIII.2.E.h AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L'ATO :

AVANTAGES :

-L'ATO donne une exposition directe et large de la JCV, c'est pourquoi elle a été considérée pendant des années comme la voie de référence pour les lésions extradurales ventrales de la JCV et pour la décompression du tronc cérébral et de la moelle épinière en cas d'IB.

-Grâce aux extensions de la voie TO, les lésions du clivus supérieur à la vertèbre C2 pourraient être traitées par cette approche.

(69) (666)

INCOVENIENTS :

-Les infections sont le premier problème auquel il faut faire face en utilisant l'ATO.

-L'extubation du patient est toujours retardée et peut être difficile à réaliser ou une trachéotomie est nécessaire dans certains cas.

-L'alimentation du patient se fait par sonde nasogastrique pendant une semaine ou deux et l'alimentation orale est retardée.

-Une insuffisance vélopalatine peut également se produire, elle est généralement secondaire à une ouverture du palais mou et dur.

-Les extensions intradurales et latérales de la lésion contre-indiqueront cette approche ou nécessiteront un deuxième temps après l'utilisation de l'ATO dans la première étape.

(69) (666)

VIII.2.F APPROCHE LABIOMANDIBULAIRE DE LA JCV

L'approche labiomandibulaire avec glossotomie médiane est généralement une extension de l'approche trans orale standard, elle consiste en une incision de la lèvre inférieure et du menton suivie d'une séparation de la mandibule et de la langue, elle a été décrite par Trotter en 1929, elle est utilisée par les ORL pour traiter les tumeurs à la base de la langue et au pharynx postérieur et elle est utilisée aussi pour l'exposition du clivus et à la colonne cervicale supérieure.

VIII.2.F.a INDICATIONS DE L'APPROCHE LABIOMANDIBULAIRE :

-Les indications de l'approche labiomandibulaire sont presque les mêmes que celles de l'approche trans orale, telles que les tumeurs extradurales de la JCV comme les chordomes, les pathologies congénitales comme l'invagination basilaire

où une odontoïdectomie antérieure est indiquée et les lésions traumatiques.

-L'utilisation de cette approche est en fait utile lorsque l'ouverture de la bouche est limitée, en particulier dans la population pédiatrique.

-Cette approche est également indiquée dans les pathologies de la JCV qui s'étendent à la colonne cervicale inférieure au niveau de C3-C4.

(50)

VIII.2.F.b PRÉPARATION PREOPÉRATIVE :

Comme l'approche trans orale, une évaluation bactériologique est nécessaire, des antibiotiques sont administrés avant et après la chirurgie en fonction de cette évaluation.

Un bilan radiologique complet est également effectué pour évaluer la pathologie, il comprend un scanner et une IRM et dans certains cas une angiographie conventionnelle pour déterminer le trajet des artères carotides internes et des artères vertébrales en cas de malformations congénitales.

Pour ce faire, une trachéotomie est nécessaire et la sonde de trachéotomie est suturée et fixée au cou (82).

VIII.2.F.c TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est en décubitus dorsal avec la tête fixée sur une têtère à trois prises osseuses, le visage, le cou et le thorax du patient sont préparés de manière stérile, la cavité oropharyngée est irriguée avec de la Bétadine diluée.

-L'incision commence à la lèvre médiane et se poursuit à travers le pli sous-labial, autour de la protubérance mentale, pour revenir à la ligne médiane dans l'espace sous-mental et s'étendre en dessous de l'hyoïde (192).



Figure 8.43 Le patient est en décubitus dorsal et le site d'incision est marqué pour l'approche labiomandibulaire (565)

-Pour réaliser l'ostéotomie de la mandibule, une extraction est nécessaire pour dévier l'incision de la ligne médiane, une incisive latérale est extraite ; la fixation de la plaque est marquée avant l'ostéotomie pour être utilisée à la fermeture ; après cela, l'ostéotomie est réalisée (39).

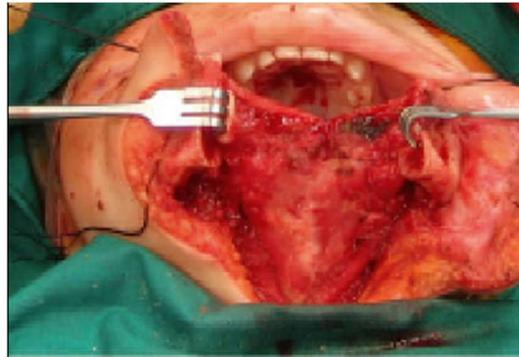


Figure 8.44 La mandibule est ouverte et étirée après une ostéotomie médiane. (565)

-Ensuite, la dissection des tissus mous est poursuivie et effectuée dans le fond de la cavité buccale et se poursuit jusqu'à la musculature de la langue, la surface de l'épiglotte lingual est exposée qui est situé au même niveau que l'hyoïde. L'exposition oropharyngée peut être élargie par une amygdalectomie (454).



Figure 8.45 Le palais mou et le palais dur sont exposés après dissection du plancher buccal et incision linguale. (331)

-Une incision et fracture palatines peuvent être réalisées à ce stade, la paroi postérieure du pharynx est alors exposée et le reste de la procédure est identique à l'approche trans orale et l'acte chirurgical dépend de la pathologie.

-La fermeture est commencée avec le palais mou et la langue en plusieurs plans, la mandibule est reconstruite avec une plaque de fixation rigide, et le plancher buccal est fermé en prenant soin de couvrir le site d'ostéotomie en intra-oral. À la fin, le tissu mou

du cou est fermé et la peau est soigneusement rapprochée à la jonction vermillon-cutanée (465).



Figure 8.46 La mandibule est fixée à la fin de l'opération avec des mini-plaques (331)



Figure 8.47 La peau est fermée à l'extrémité avec un soin particulier pour la jonction vermillon-cutanée. (331)

Après fermeture, le tube nasogastrique est placé sous la visualisation de l'incision de la paroi postérieure du pharynx.

VIII.2.F.d GESTION POSTOPÉRATOIRE :

Le patient est transféré aux soins intensifs, alimenté par la sonde nasogastrique, après déventilation il peut être transféré dans le service et la sonde de trachéotomie peut être retirée après résolution de l'œdème à partir de la deuxième semaine postopératoire (598).

L'alimentation par voie orale pouvait être commencée après la cicatrisation de la plaie, parfois entre la deuxième et la troisième semaine postopératoire.

Trois à six mois après l'opération, la fixation occipito cervicale est prévue comme deuxième étape de l'opération et le patient est maintenu sous un collier rigide pour l'immobilisation pendant cette période (330).

VIII.2.F.e COMPLICATIONS POSTOPERATOIRES :

- La complication la plus redoutée dans ces approches est l'infection, qui peut être dévastatrice et peut entraîner des problèmes cosmétiques majeurs.
- Une fistule du LCR peut également se produire si la dure-mère est ouverte, ce qui peut nécessiter un drainage lombaire et même une ré opération dans certains cas.
- Une insuffisance vélopalatine peut également se produire si le palais mou est ouvert.
- La langue peut avoir une mobilité limitée après la cicatrisation.

VIII.2.F.f AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L'APPROCHE LABIOMANDIBULAIRE :

AVANTAGES :

- Accès direct aux pathologies ventrales de la JCV.
- L'exposition est très large et donne au chirurgien un large accès du clivus à l'espace C3-C4.
- Cette approche étend l'approche trans orale si l'ouverture de la bouche est limitée, en particulier dans la population pédiatrique.
- Avec la mandibulotomie et la glossotomie médiane, l'accès à la colonne vertébrale et à l'espace de travail est plus court.

(35) (331)

INCOVENIENTS :

- Cicatrices faciales défavorables.
- Blessure à la dentition permanente en développement.
- Mobilité limitée de la langue.
- Dysphagie.
- Insuffisance vélopalatine.
- Complications de la trachéotomie.

(35) (331)

VIII.3 APPROCHE CERVICALE ANTÉRIEURE HAUTE

L'approche cervicale antérieure haute (ACAH) ou approche rétro pharyngée supra hyoïdienne est l'une des approches utilisées pour traiter les pathologies de la JCV, elle nécessite une parfaite connaissance de l'anatomie du cou.

En 1969, De Andrade et MacNab ont modifié l'approche de Southwick et Robinson avec une variante rostrale haute de cette approche. McAfee et al ont modifié cette technique avec la résection

de la glande sous-mandibulaire et la section du tendon du muscle digastrique ⁽⁴³⁴⁾.

Elle offre un corridor antérieur à la colonne cervicale supérieure avec la possibilité d'accéder aux lésions intradurales et à réaliser une arthrodèse en cas d'instabilité.

VIII.3.A INDICATIONS DE L'APPROCHE CERVICALE ANTERIEURE HAUTE :

Cette voie d'abord est indiquée pour différentes pathologies de la JCV. ⁽⁴³⁵⁾

- Les tumeurs pourraient être traitées par cette approche, des tumeurs qui s'étendent du clivus inférieur à la vertèbre C4.
- L'impression basilaire avec compression antérieure est également une indication pour cette approche.
- Les pathologies traumatiques sont traitées par l'approche cervicale haute, notamment la fracture bi pédiculaire qui est traitée par arthrodèse C2-C3.
- L'os odontoïdeum avec compression de la moelle épinière et myélopathie qui ne s'améliore pas avec une fixation et une décompression postérieure.

VIII.3.B PRÉPARATION PRÉOPÉRATOIRE :

Le patient est préparé à l'intervention, avec des examens radiologiques complets, si le patient a des problèmes respiratoires, une trachéotomie peut être réalisée avant l'intervention.

Une traction cervicale est également mise en place en préopératoire pour les pathologies réductibles.

L'intubation est réalisée à l'aide d'un dispositif à fibres optiques sans ou avec des mouvements minimes de la colonne cervicale.

Des antibiotiques sont administrés avant et pendant l'opération.

VIII.3.C TECHNIQUE CHIRURGICALE :

- Le patient est en position couchée avec la tête en hyper extension et rotation de 30° de l'autre côté de l'incision, cette position soulève la mandibule loin du champ chirurgical, la tête n'est pas fixée et mise sur un support en fer à cheval ⁽⁵⁴⁰⁾.



Figure 8.48 La tête est en hyper extension avec une rotation de 30° de l'autre côté, l'incision cutanée est réalisée à 1,5 cm à 2 cm sous la mandibule (538)

-L'incision est parallèle à la mandibule, 2 cm en dessous, en commençant à l'angle de la mandibule et en continuant jusqu'à la ligne médiane pour éviter de blesser la branche mandibulaire marginale du nerf facial, qui innerve les muscles mentaux de la lèvre inférieure (230).

-Ensuite, une large dissection est réalisée entre le platysma et le lambeau cutané ; le platysma est ouvert en dedans et disséqué verticalement de la mandibule au cartilage thyroïdien ; il est ensuite coupé de part et d'autre pour exposer l'aponévrose moyenne et profonde (285).

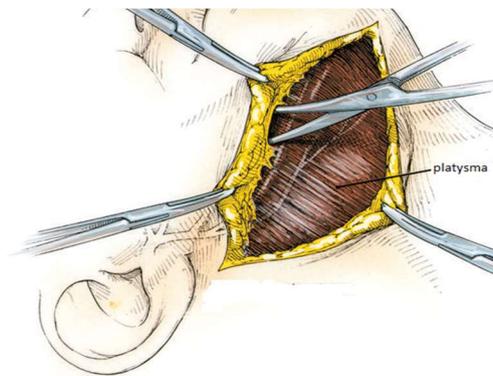


Figure 8.49 Dissection sous cutanée après l'incision pour avoir une bonne exposition du platysma (565)

-La glande sous-mandibulaire apparaît sous la couche superficielle de l'aponévrose profonde, la glande est disséquée en dessous en ligne parallèle à la ligne d'incision et surélevée rostralement la veine et l'artère faciales sont disséquées latéralement à la glande et la veine est sectionnée et l'artère est rétractée latéralement et rostralement, elles constituent le bord latéral de l'abord (494).

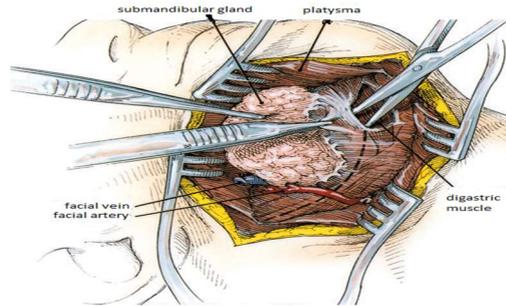


Figure 8.50 Après ouverture du platysma, la glande sous-mandibulaire est disséquée et élevée pour être rétractée vers le haut ; la veine et l'artère faciales sont les limites latérales de cette dissection (565)

-Le tendon du muscle digastrique apparaît maintenant, il est libéré de son insertion sur l'os hyoïde, les chefs postérieur et antérieur du digastrique sont disséqués après cela, le muscle digastrique peut être écarté jusqu'à la mandibule. Le nerf hypoglosse doit être identifié à cette étape juste en dessous, en profondeur et inférieur au tendon digastrique, il est soigneusement disséqué le long de son parcours depuis la gaine carotidienne et préservé, puis il est écarté et élevé avec le muscle digastrique (450).

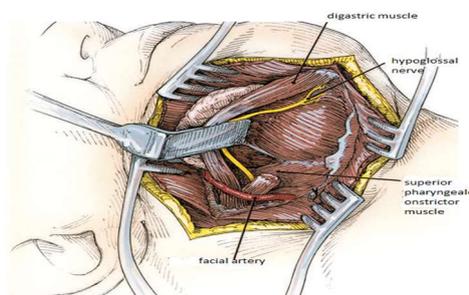


Figure 8.51 La dissection est poursuivie en exposant puis en rétractant le muscle digastrique et le nerf hypoglosse vers le haut (565)

-L'aponévrose profonde recouvrant l'os hyoïde est ouverte et disséquée latéralement à la gaine carotidienne et l'espace rétropharyngien est atteint, en prenant soin de ne pas blesser le nerf laryngé supérieur qui longe le muscle constricteur supérieur du pharynx. Le muscle constricteur supérieur du pharynx est écarté en dedans, exposant l'aponévrose prévertébrale, la ligne médiane est identifiée en palpant le tubercule antérieur de C1 et entre les muscles longus capitis et longs du cou (387).

-L'odontoïdectomie pourrait être réalisée par cette approche avec préservation de l'arc antérieur de l'atlas, l'arthrodèse C2-C3 est plus facile à réaliser par cette approche.

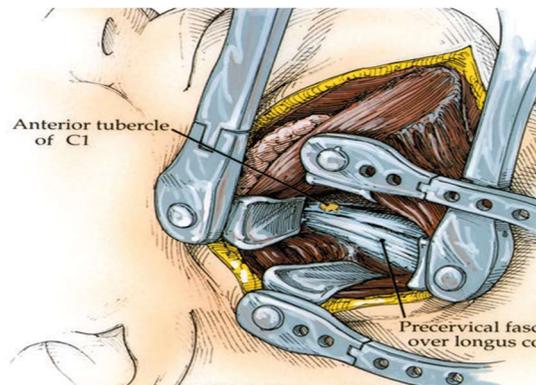


Figure 8.52 La colonne cervicale supérieure est exposée en écartant les muscles pharyngiens vers l'intérieur (565)

VIII.3.D GESTION POSTOPÉRATOIRE :

Le patient peut être extubé après l'opération ou être retardé de 48 à 72 heures après l'opération, en attendant que l'œdème pharyngé et laryngé se résorbe.

Les patients présentent une dysphagie et une dysphonie après avoir utilisé l'approche cervicale antérieure haute, heureusement transitoires pendant quelques jours.

L'alimentation orale est retardée de quelques jours et le patient est alimenté par sonde nasogastrique.

Si le patient est prévu pour un deuxième temps de chirurgie, le cou du patient est maintenu immobilisé à l'aide d'un collier cervical.

Le patient peut présenter une lésion hypoglosse avec une paralysie de l'hémi-langue qui perturbe la déglutition et la phonation.

Le nerf laryngé supérieur pourrait également être blessé avec des conséquences minimales sur la déglutition et de la phonation.

(90)

VIII.3.E AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE L'AHCA :

VIII.3.D.a AVANTAGES :

- Exposition large du clivus à la vertèbre C4.
- La voie utilisée n'est pas contaminée et le risque d'infection est donc plus faible.
- Le rétablissement est plus rapide avec cette approche par rapport à l'approche trans orale.
- Si une fixation est indiquée, elle peut être réalisée au cours de la même procédure.
- Les lésions avec extension intradurale peuvent être traitées par

cette approche avec fermeture étanche de la dure mère à la fin.
- Elle permet de mieux exposer les masses latérales de C1 et C2.

(90) (494)

VIII.3.D.b INCONVENIENTS :

- Techniquement, il s'agit d'une approche plus difficile que l'approche trans orale, la plupart des chirurgiens ne sont pas familiers avec cette approche.
- Certaines structures anatomiques sont à risque, comme le nerf hypoglosse et le nerf laryngé supérieur.
- Le patient peut présenter une dysphagie d'inconfort en période postopératoire pendant plusieurs jours à plusieurs semaines en raison de l'écartement du muscle constricteur supérieur du pharynx.

(90) (494)

VIII.4 APPROCHE CERVICALE ANTÉRIEURE DE LA JCV :

L'approche cervicale antérieure ou approche Smith-Robinson est une approche classique utilisée par les chirurgiens du rachis dans le monde entier pour traiter les pathologies du rachis cervical moyen et bas. Elle peut également être utilisée pour traiter les lésions de la JCV dans certains cas (528).

VIII.4.A DES INDICATIONS DE L'APPROCHE SMITH-ROBINSON :

- La première indication de cette approche est de traiter les fractures odontoïdes de type II par vissage odontoïde antérieur (182).
- La deuxième indication qui n'est pas acceptée par tout le monde est la fracture bi pédiculaire de C2 par dissectomie C2C3 et fixation par plaque C2C3 (635).

D'autres indications de l'approche sont les pathologies qui s'étendent du C1C2 à la colonne cervicale moyenne (297) (587).

VIII.4.B PLANIFICATION PRÉOPÉRATOIRE :

Le patient est préparé à l'intervention par des examens radiologiques complets, en particulier le CTscanner et l'IRM, le patient est intubé par fibre optique sans bouger le cou, des antibiotiques sont administrés avant l'opération.

VIII.4.C TECHNIQUE CHIRURGICALE :

- Le patient est placé en décubitus dorsal, avec un petit coussin sous les épaules, la colonne cervicale est étendue pour faciliter l'approche.

-Une fluoroscopie en incidences latérale et à bouche ouverte peut être nécessaire pour l'opération, une compresse est donc placée dans la bouche pour repousser l'intubation trachéale d'un côté. L'incision transversale est faite horizontalement en regard du cartilage thyroïdien, de la ligne médiane au bord latéral du muscle SCM (603).

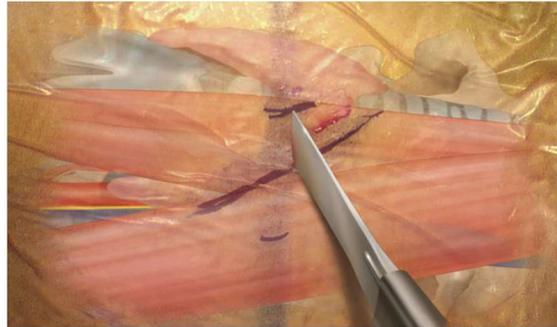


Figure 6.53 L'incision pour l'approche Smith-Robinson, est faite de la ligne médiane au bord médial du muscle sternocléidomastoidien (362).

-Le platysma est divisé horizontalement, l'aponévrose est identifiée et ouverte le long du bord médian du muscle SCM. L'artère carotide est identifiée et l'approche est poursuivie en médial par dissection mousse pour exposer le fascia pré vertébral, après avoir écarté l'œsophage et la trachée en médial (237).

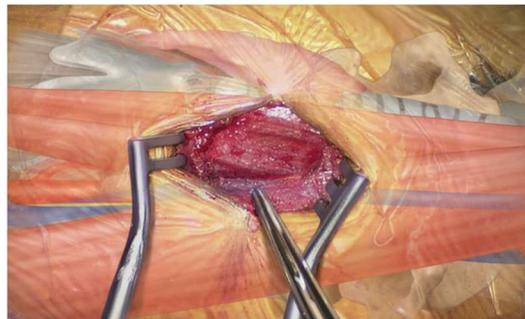


Figure 8.54 Après l'incision, le platysma est ouvert (362)

-Le muscle omo hyoïde peut être coupé pour faciliter l'exposition de la partie supérieure de la colonne cervicale. La dissection est effectuée jusqu'au C1 et confirmée par une radioscopie latérale (576).

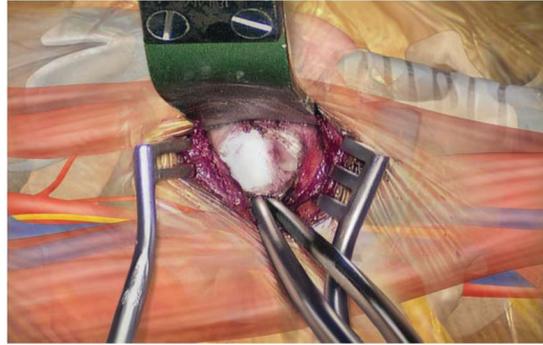


Figure 8.55 La partie antérieure de la colonne vertébrale est exposée après dissection. (362)

-Le reste de la procédure dépend du type de fixation : vis odontoïde antérieure ou plaque C2C3 antérieure.

VIII.4.D GESTION POST-OPÉRATOIRE :

Le patient est extubé immédiatement après la procédure, il doit être surveillé de près dans les 24 premières heures, il faut rechercher un hématome postopératoire qui pourrait entraîner une atteinte respiratoire (226).

Un examen neurologique de routine est réalisé lorsque le patient est réveillé, si un déficit quelconque est survenu, un scanner cervical est réalisé pour vérifier le placement des vis, si tout est en place, une IRM est faite pour vérifier la moelle épinière, la physiothérapie est commencée dès que c'est possible (48).

Le patient est maintenu immobilisé avec un collier cervical pendant 4 à 6 semaines.

VIII.4.E LES AVANTAGES ET LES INCONVÉNIENTS DE L'APPROCHE SMITH-ROBINSONIENNE :

VIII.4.E.a AVANTAGES :

-Il s'agit d'une approche de routine, pratiquée par la plupart des neurochirurgiens.

-Cette approche ne prend pas de temps, l'accès à la colonne vertébrale est réalisé rapidement.

VIII.4.E.b INCONVÉNIENTS :

-La JCV est approchée de caudal à rostral, il n'est pas toujours facile de travailler dans cette direction, surtout quand il faut placer des vis et des plaques.

-La trachée, l'œsophage et même le pharynx doivent être écartés pour accéder à la JCV, le patient peut présenter une dysphagie transitoire après l'opération (237).

-Le nerf laryngé supérieur est à risque dans cette approche.

IX. LES APPROCHES LATÉRALES DE LA JCV

De nombreuses approches latérales ont été décrites pour la JCV, une approche est dite latérale lorsqu'elle amène le chirurgien sur le côté latéral de la JCV, par exemple l'approche Smith-Robinson est une approche antérolatérale superficielle, mais profondément cette approche permet de traiter des pathologies dans la partie antérieure de la colonne vertébrale et de la JCV, c'est pourquoi elle est considérée comme une approche antérieure.

Par ce principe, nous allons détailler l'abord antérolatéral décrit par Bernard Georges, l'abord latéral trans atlantal, l'abord rétro-sigmoïde dans sa variante infra méatale, l'abord postéro latéral ou far lateral des anglo-saxons et l'abord latéral extrême (extreme far lateral).

Toutes ces approches sont utilisées pour traiter les pathologies de la JCV en accédant par voie latérale ; elles ont en commun d'être des approches de la base du crâne. Elles nécessitent une parfaite connaissance de l'anatomie complexe de la JCV.

Une des clés les plus importantes de ces approches est l'obligation du contrôle de l'artère vertébrale en accédant latéralement, l'abord chirurgical de ces techniques peut être réalisé en avant ou en arrière de l'artère vertébrale selon la pathologie et sa localisation.

Un autre point important est la stabilité de la JCV, le principe est simple, il ne faut jamais déstabiliser ce qui est déjà stable, il faut donc garder ça à l'esprit quand on choisit l'approche, si la JCV est instable, en raison de la lésion, une fixation et une fusion sont prévues.

IX.1 L'APPROCHE ANTÉROLATÉRALE :

L'abord ou l'approche antérolatérale (AAL) a été décrite par Bernard Georges dans les années 80 pour opérer autour du troisième segment de l'artère vertébrale (V3), le V3 est le segment de l'artère vertébrale qui va de l'apophyse transverse de C2 à la dure-mère au niveau du foramen magnum où elle entre ⁽⁹⁹⁾

Le V3 comporte trois parties : une partie verticale entre les deux apophyses transversales de C1 et C2, une partie horizontale dans la rainure ou la gouttière de l'arc postérieur de C1 et une partie oblique de la rainure à la dure-mère ⁽²¹⁾

Connaître l'anatomie et les variantes de l'AV est obligatoire pour réaliser l'AAL, nous devons noter que la PICA a une origine

extradurale chez 20% de la population normale (95). L'AAL est réalisée entre le muscle sternocléidomastoïdien (SCM) et la veine jugulaire interne (VJI) (le nerf accessoire spinal traverse cet espace), pour accéder au processus transverse de l'atlas, l'AV est ensuite mobilisée et les parties latérales et antérieures de la JCV peuvent être atteintes (98).

IX.1.A INDICATIONS DE L'AAL :

-Les articulations C1C2 sont situées en avant du nerf C2 et de la moelle épinière, les tumeurs extradurales et les pseudotumeurs sont mieux traitées par cette approche, en accédant à partir d'un corridor antérolatéral, la partie inférieure du clivus, le condyle, la masse latérale de C1 et le processus odontoïde peuvent être visualisés. Ainsi, les tumeurs osseuses primitives, les métastases et les chordomes pourraient être traités chirurgicalement par cette approche, l'AV est contrôlée en premier lieu dans la chirurgie ou peut être sacrifiée dans certaines situations où elle n'est pas dominante (134).

-Une autre indication est le syndrome du chasseur à l'arc lorsque l'AV est comprimée lors de la rotation de la tête, de sorte que le processus transverse du C1 est exposé en utilisant l'AAL et l'AV est libérée (288).

-L'AAL pourrait également être utilisée pour la revascularisation de l'AV dans son segment V3, cette indication est utilisée de moins en moins maintenant avec le développement des techniques endovasculaires (104).

IX.1.B PLANIFICATION PRÉOPÉRATOIRE :

Les examens radiologiques sont très importants, ils orientent le diagnostic et donnent des informations sur l'anatomie locorégionale. Le scanner avec reconstruction 3D est très utile à cet égard, l'angioCT montre le trajet de l'artère vertébrale (V3), sa dominance et ses variantes anatomiques (133).

L'IRM permet de visualiser la relation de la lésion avec la moelle épinière et l'artère vertébrale et de prévoir les difficultés peropératoires.

L'artère vertébrale est mobilisée lors de l'utilisation de cette approche, donc les patients présentant des facteurs de risque élevés d'athérosclérose doivent être bien examinés avant l'opération, s'il existe un risque de mobilisation de l'AV, il faut penser à une autre approche pour traiter la lésion.

L'intubation par fibre optique est réalisée avec une manipulation minimale du cou et de la tête, des antibiotiques sont administrés.

IX.1.C TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est en décubitus dorsal avec la tête en légère extension tournée à 15° vers le côté opposé à l'abord, cette position ramène le processus transversal de C1 dans le champ par rotation de C1 sur C2, les portions verticale et horizontale de V3 deviennent parallèles, la partie antérieure de la JCV pourrait être accédée avec cette position (103).

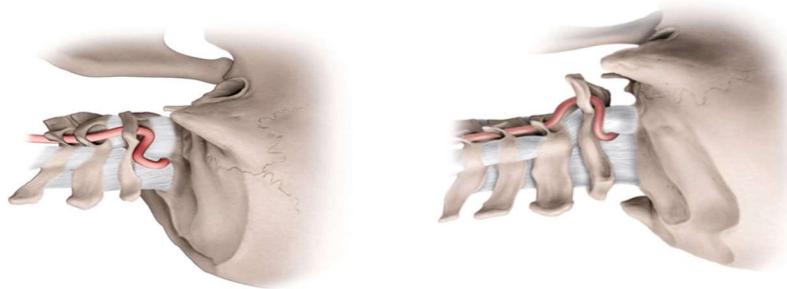


Figure 9.1 Position de l'artère vertébrale en position neutre à droite et en rotation à gauche (133).

-L'incision de la peau commence au bord médian du muscle SCM et remonte jusqu'à la pointe de la mastoïde, puis elle s'incurve au-dessus de la mastoïde et se termine sur la ligne nucale supérieure.

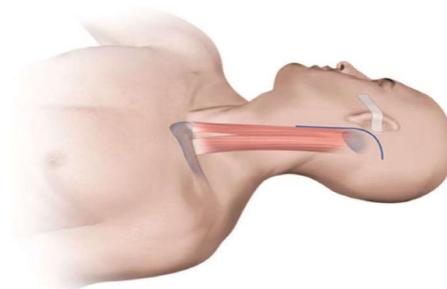


Figure 9.2 Repère de l'incision sur le bord médial du muscle sternocléidomastoïdien et remonte jusqu'à la mastoïde pour se terminer sur la ligne nucale supérieure (133)

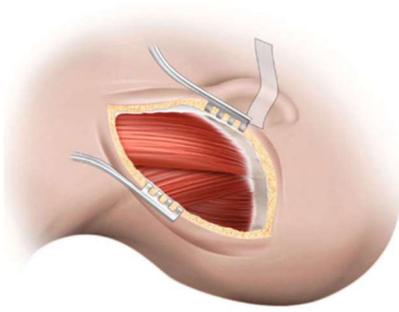


Figure 9.3 Après l'incision, le sternocléidomastoïdien, les muscles splénius capitis et longissimus capitis sont exposés (133)

-Le muscle SCM est détaché de la mastoïde, puis les muscles splénius capitis et longissimus capitis sont détachés et comme dans l'approche ptériorale, une petite coiffe de muscles est maintenue à la limite supérieure pour la fermeture.

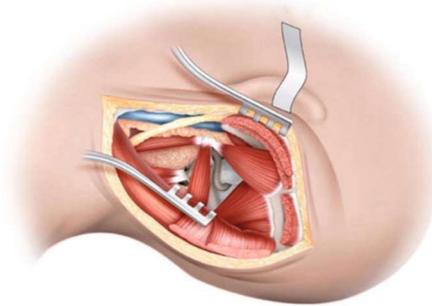


Figure 9.4 La dissection entre le muscle sternocleidomastoïdien et la veine jugulaire interne expose le triangle sous-occipital (133)

-Après, la dissection entre la VJI et le SCM est entamée, elle est facile en haut mais difficile en bas à cause du nerf spinal accessoire (XI) parcequ'il traverse le champ, donc il est recherché au niveau du bord médial du SCM puis disséqué par voie rétrograde pour être mobilisé et écarté hors du champ (136).

-Le processus transverse de l'atlas a pu être palpé en dessous de la pointe mastoïde, les muscles du triangle sous-occipital (rectus capitis posterior major, oblique inférieur et oblique supérieur) ont pu être identifiés (135).

-Les muscles sont détachés de l'apophyse transverse, le rectus capitis lateralis sur le bord antérieur, il est situé juste en dessous de la VJI, le splenius cervicis, le levator scapulae et le scalène médian sur le bord latéral, et les obliques inférieur et supérieur sur le bord latéral et postérieur.

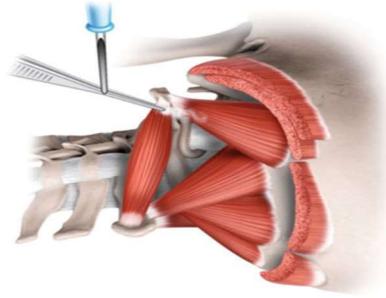


Figure 9.5 Les muscles sont détachés du processus transverse de l'atlas. (133)

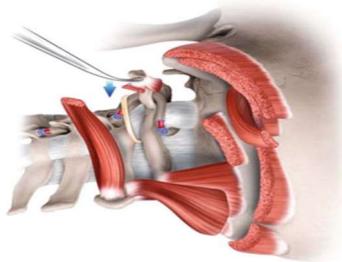


Figure 9.6 L'artère vertébrale est exposée dans ses segments horizontal et vertical après avoir détaché les muscles de l'apophyse transverse (133).

-L'artère vertébrale doit être disséquée maintenant en partant de la portion C1C2 qui est identifiée après avoir coupé les muscles attachés à l'apophyse transverse, elle est située sous le nerf C2, ensuite le segment au-dessus de l'arc postérieur de C1 est disséqué de façon sous périostée pour l'élever à partir de sa gouttière sur l'arc postérieur de l'atlas. Ces deux étapes de la dissection peuvent être difficiles en raison du saignement du plexus veineux qui est contrôlé par coagulation bipolaire ou par des agents hémostatiques (99).

-La dissection sous périostée est poursuivie dans le foramen transverse de C1, le foramen est ensuite ouvert à l'aide de rongeurs et de pinces Kerrison et la résection est poursuivie sur l'arc postérieur de C1 jusqu'à la libération complète de l'AV.



Figure 9.7 Après avoir exposé l'artère vertébrale, le foramen transverse est ouvert (133)

-Une fois l'artère vertébrale est libérée, elle peut être mobilisée et transposée postérieurement, ce qui donne accès à la partie latérale et antérieure de la JCV.

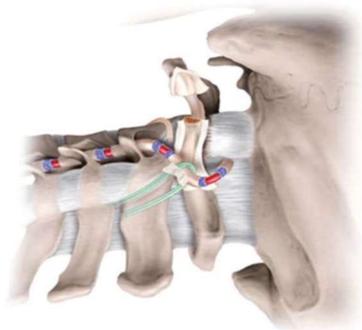


Figure 9.8 L'artère tvertebrale est mobilisée et transposée après ouverture du foramen transverse de l'atlas (133).

-Selon la pathologie, la partie inférieure du clivus, le condyle occipital, la masse latérale de C1, l'articulation C1C2 et le processus odontoïde peuvent être accédés.

-Après l'exérèse de la lésion, si la résection osseuse est importante, le lit de la lésion est rempli par la graisse qui est prélevée dans l'abdomen, la fermeture est réalisée en différentes couches avec une suture des berges du muscle SCM à la coiffe musculaire sur la mastoïde (135).

-Si la JVC est instable, une fixation et une fusion occipitocervicale pourraient être réalisées au même temps ou prévue comme chirurgie de deuxième temps. Si c'est le cas, le cou du patient est maintenu immobilisé après l'opération.

IX.1.D GESTION POSTOPÉRATOIRE :

Le patient est extubé après l'opération, un examen neurologique de routine est réalisé, le nerf XI est contrôlé car il est le plus vulnérable dans cette approche. Si la lésion s'étend au foramen jugulaire, les nerfs IX, X sont également vérifiés.

Comme nous l'avons dit précédemment, si une fixation a été réalisée ou si elle sera prévue ultérieurement, un collier cervical est mis.

L'infection et les complications thromboemboliques doivent être évitées.

IX.1.E AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE L'AAL :

IX.1.E.a AVANTAGES :

- Les tumeurs extradurales antérieures peuvent être accédées en toute sécurité par cette approche.
- La mobilisation de l'AV donne accès aux parties latérales de la JCV, du condyle occipital à la partie latérale de C2.
- Si la lésion s'étend à l'autre côté, la résection odontoïde pourrait donner accès à l'autre côté.

(60) (106)

IX.1.E.b INCONVENIENTS :

- L'ALA est une approche qui peut mettre en danger certaines structures telles que le nerf XI ou la VJI.
- L'ALA nécessite une connaissance anatomique parfaite et la courbe d'apprentissage peut prendre un certain temps.
- La mobilisation de l'AV fait courir un risque de blessure et de migration d'embolies chez les patients athérosclérotiques.
- Si la JCV est stable, l'utilisation de cette approche est limitée.

(60) (106)

IX.2. L'APPROCHE TRANSATLANTALE LATÉRALE EXTRÊME :

L'approche trans atlantale latérale extrême (ATALE) est une approche latérale des parties antérieure et latérale de la JCV, Al-Mefty et al ont introduit l'approche trans condylienne de la JCV, dans leur approche le sinus sigmoïde et le bulbe jugulaire sont exposés avec résection partielle du condyle et dénudation du nerf hypoglosse, l'artère vertébrale est mobilisée pour accéder à l'espace antérieur de la JCV (32).

Ture et al ont apporté des modifications à cette approche en traversant la masse latérale sans mastoïdectomie, ni exposition du sinus sigmoïde, ni condylectomie ou exposition du nerf hypoglosse (636).

Ainsi, l'ATALE expose l'articulation C1C2 après transposition de l'AV, la masse latérale de l'atlas est réséquée et l'odontoïde est exposée (358).

Après avoir utilisé cette approche, la fixation et la fusion sont presque nécessaires dans tous les cas, cela pourrait être fait en utilisant la même approche et dans le même temps (446).

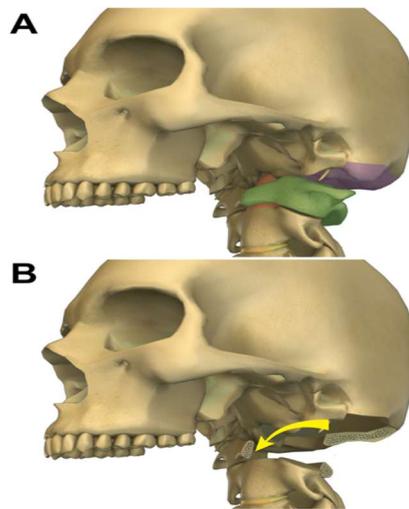


Figure 9.9 Les structures accessibles en utilisant l'ATALE (A) : le condyle occipital et mastoïde (en violet), la masse latérale et l'arc antérieur de C1 (en vert), et l'odontoïde (en rouge) et qui peuvent être réséquées (B) (254)

IX.2.A INDICATIONS DE L'ATALE :

-L'ATALE peut être utilisée pour traiter les lésions des compartiments antérieurs de la JCV, car elle permet une bonne exposition de la dure-mère et des éléments neuraux sans écartement.

-elle est indiquée dans le cas d'invagination basilaire irréductible avec compression antérieure, l'odontoïde est accessible après transposition de l'artère vertébrale et fraisage de la masse latérale de C1, il est réséqué pour soulager les structures nerveuses (446).

-Il est également indiqué pour les tumeurs osseuses primitives ou secondaires de la JCV, se développant dans les parties extradurales antérieures avec ou sans extension intradurale, le chordome est l'une de ces tumeurs (5).

IX.2.B GESTION PRÉOPÉRATOIRE :

Le scanner et l'IRM sont réalisés pour montrer la pathologie et aider le chirurgien à planifier son acte chirurgical.

Le CTscanner avec reconstruction 3D donne des informations sur l'anatomie de la JCV, surtout si le patient a une IB où l'anatomie est modifiée. L'angio CT démontre le parcours de l'artère vertébrale et détecte toute variation anatomique.

L'IRM est plus utile pour démontrer les structures neurales, la compression de la moelle épinière ou du tronc cérébral par la pathologie, la tumeur ou l'os ou le pannus sont bien vus et évalués, la présence d'un signal intramédullaire élevé indique

une myélomalacie et une compression chronique de la moelle épinière (78).

L'intubation par fibre optique est préférée pour limiter la manipulation passive de la colonne cervicale, des antibiotiques sont administrés avant l'opération.

IX.2.C TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est placé en position latérale, le côté de l'approche dépend de la dominance des artères vertébrales, le côté non dominant est choisi, la tête est parallèle au sol avec une faible inclinaison pour avoir une meilleure exposition de la JCV (2).

-L'incision commence dans la zone rétro-auriculaire puis recule et tourne dans la ligne paramédiane ou médiane selon les préférences du chirurgien, elle se termine au niveau C4 (254).

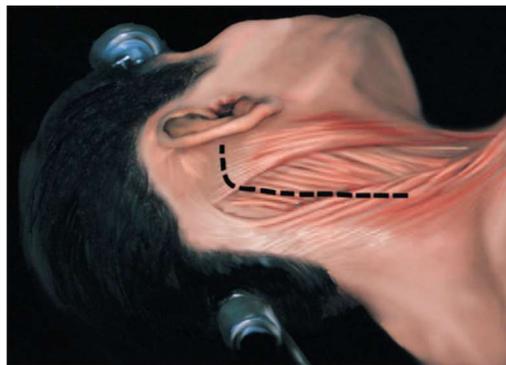


Figure 9.10 L'incision pourrait être rétroauriculaire et paramédiane dans l'ATALE (636)

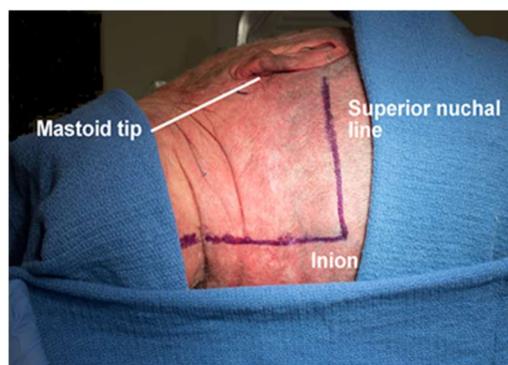


Figure 9.11 L'incision pourrait également être médiane après avoir commencé dans la zone rétro-auriculaire et continue en arrière (254)

-Les muscles sont coupés en suivant la ligne d'incision, ils sont disséqués de l'os occipital et rétractés avec le lambeau cutané.

L'apophyse mastoïde est exposée, puis l'arc postérieur C1 et la lame de C2 de manière sous-périostée. (2)

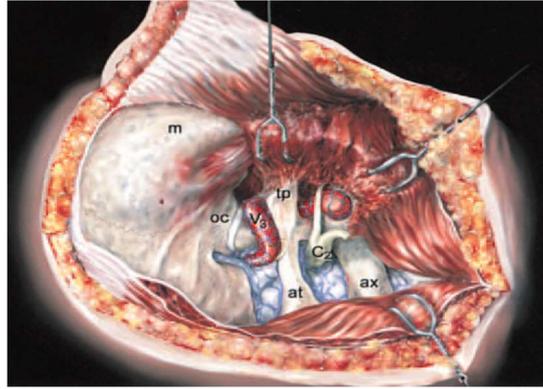


Figure 9.12 La mastoïde, l'arc postérieur et la lame C2 sont exposés (at : atlas , ax : axis, m : mastoïde, oc : condyle occipital, tp : processus transverse de C1, V3 : troisième segment de l'AV, C2 : nerf C2) (636)

-L'exposition de l'AV est l'étape suivante, elle est située dans le triangle sous-occipital entre le rectus capitis postérieur major en médial, l'oblique supérieur en supéro latéral et l'oblique inférieur en inféro latéral. La dissection commence sur la ligne médiane de l'arc postérieur de manière sous-périostée, l'AV est soulevée avec sa gaine périostée depuis le sillon à l'aide d'une petite spatule ou d'un dissecteur, la gaine est maintenue intacte chaque fois que cela est possible pour éviter les saignements en blessant le plexus péri vertébral. La dissection est poursuivie jusqu'au processus transverse puis dans l'espace C1C2 par l'identification du nerf C2 qui passe au-dessus de l'AV dans la plupart des cas (254).

Le processus transverse est ouvert à l'aide d'un petit rongeur ou d'une pince Kerrison ou à l'aide d'une fraise diamantée, l'AV est disséquée du foramen transverse et du sillon artériel sur la masse latérale (140).

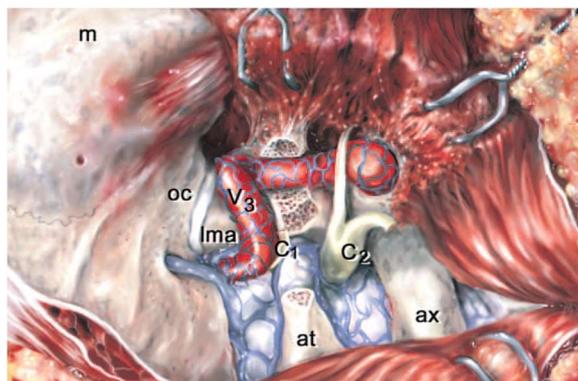


Figure 9.13 Le processus transverse de C1 est ouvert pour exposer le troisième segment de l'AV dans tout son trajet (C1 : le nerf C1 , lma : masse latérale de C1). (636)

-L'étape suivante est la transposition de l'AV après coagulation des branches musculaires et méningées postérieures, il faut rappeler que la PICA pourrait avoir une origine extradurale, l'angioCT est très

utile pour identifier cette variation anatomique. L'AV est doucement mobilisée et écartée médialement (2).

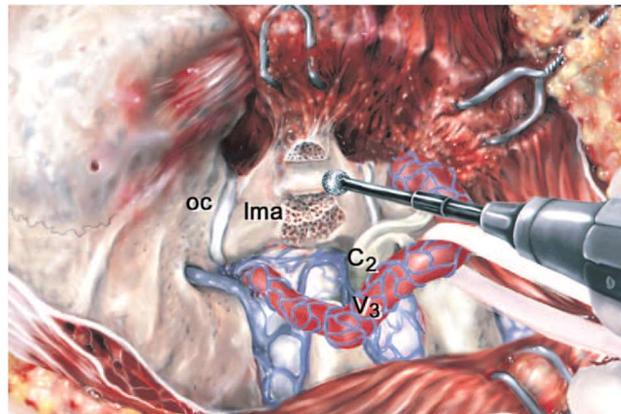


Figure 9.14 Après la mobilisation de l'AV, la masse latérale de l'atlas est fraisée. (636)

-Le condyle occipital, la masse latérale et la surface articulaire supérieure sont exposés. Les étapes suivantes dépendent de la pathologie, s'il s'agit d'une IB, la masse latérale de C1 est complètement fraisée et la dent est exposée et fraisée. La moelle épinière est bien décomprimée. Si la pathologie est une tumeur, le fraisage est réalisé en fonction de l'étendue de la tumeur, si elle s'étend des deux côtés, une résection odontoïde est nécessaire pour exposer le côté controlatéral et réséquer la tumeur qui s'y trouve (254).

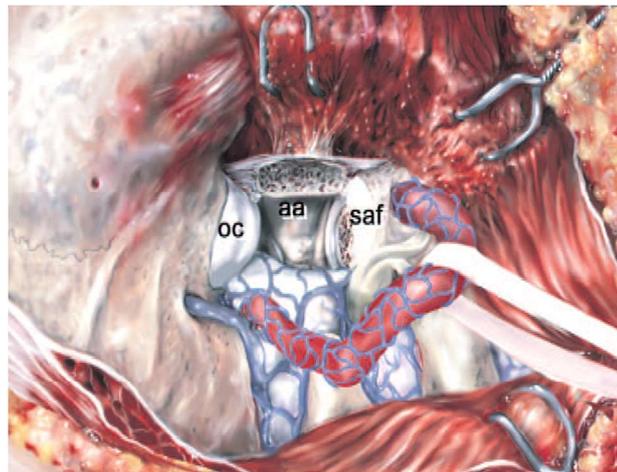


Figure 9.15 Après résection de la masse latérale de C1, le condyle occipital, l'arc antérieur de C1 (aa) et la surface articulaire de C2 (saf) sont exposés (636).

-A la fin, la fixation peut être effectuée dans la même étape en utilisant la même approche, elle est réalisée après vérification et ajustement de la position de la tête pour être neutre, elle peut également être effectuée dans une autre étape (140).

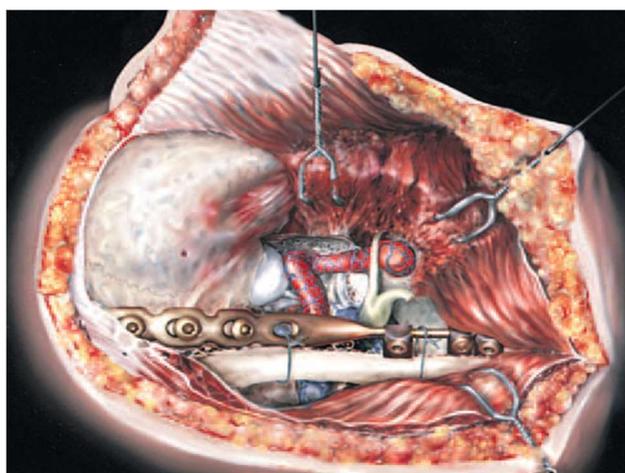


Figure 9.16 La fixation et la fusion peuvent être effectuées par la même approche en utilisant la même incision (636)

IX.2.D GESTION POSTOPÉRATOIRE :

Le patient est extubé et maintenu en unité de soins intensifs pendant 24 heures sous étroite surveillance.

Un examen neurologique est effectué, afin de vérifier toute aggravation neurologique et de prévenir les complications liées à des nouveaux déficits des nerfs crâniens inférieurs.

Le collier cervical est placé pendant six semaines si le patient a subi une fixation ou jusqu'à la deuxième étape de la chirurgie si ce n'est pas le cas.

La deuxième phase chirurgicale avec fixation est prévue dans les prochaines semaines.

IX.2.E COMPLICATIONS DE L'ATALE :

La lésion de l'AV est la première complication redoutée par le chirurgien lors de cette approche. Pour l'éviter, il faut connaître les variations anatomiques et savoir les diagnostiquer par imagerie et procéder à une dissection sous périostée (613).

L'aggravation neurologique, surtout si la lésion présente une extension intradurale.

Si le patient n'a pas été fixé, la mobilisation du cou avant et après l'extubation doit être très prudente, le collier cervical doit être mis juste après l'opération (577).

La fistule du LCR est une autre complication qui peut se produire accidentellement lors du fraisage pour des lésions extradurales ou pour des lésions intradurales lorsque la dure-mère ne peut être fermée. L'espace laissé par le fraisage et la lésion est rempli de graisse pour prévenir cette complication (340).

IX.2.F LES AVANTAGES ET LES INCONVÉNIENTS DE L'ATALE :

IX.2.F.a AVANTAGES :

- La voie et le champ chirurgical sont stériles par rapport aux approches trans orales ou trans nasales lors du traitement de l'IB.
- L'espace extradural antérieur de la JCV est bien exposé par cette approche.
- La fusion peut être réalisée au même stade de la chirurgie en utilisant la même approche car les lésions traitées par l'ATALE sont déstabilisantes pour la JCV.
- Les lésions avec extensions latérales peuvent être traitées par ATALE, comme le chordome, par rapport aux approches endonasales où une deuxième étape chirurgicale doit être prévue pour le reliquat latéral, même le côté controlatéral peut être accessible en réséquant le processus odontoïde.
- Lorsque la masse latérale et l'odontoïde sont réséqués, l'espace peut être très étroit. L'utilisation de l'endoscope peut donc aider à avoir une bonne visualisation dans ces espaces étroits et profonds.

(340) (613)

IX.2.F.b INCONVENIENTS :

- L'approche nécessite une certaine courbe d'apprentissage et des compétences en matière de chirurgie de la base du crâne et elle prend beaucoup de temps.
- L'AV risque d'être blessée en pratiquant cette approche.
- La fixation peut être effectuée dans la même approche mais pas pour les enfants car il s'agit d'une fusion d'un côté, ce qui n'a pas de sens pour les enfants dont la colonne vertébrale est encore en croissance.
- L'approche ATALE est déstabilisante et ne peut donc pas être indiquée pour les lésions de la JCV qui n'ont pas besoin de fixation.

(340) (613)

IX.3 L'APPROCHE LATÉRALE EXTRÊME

L'approche latérale extrême ou extreme far lateral des anglo-saxons (EFLA) ou l'approche trans condylienne extrême a été décrite pour la première fois en 1990 par Sen et Sekhar pour le traitement des tumeurs ventrales dans la région du foramen magnum (568).

L'angle de l'approche est antérolatéral à la JCV avec craniotomie rétro sigmoïde et exposition du sinus sigmoïde, la masse latérale de C1 et la lame de l'axis.

Cette approche pourrait être déstabilisante pour la JCV si une résection condylienne étendue est réalisée et la fixation occipito-cervicale devrait être réalisée dans un deuxième temps.

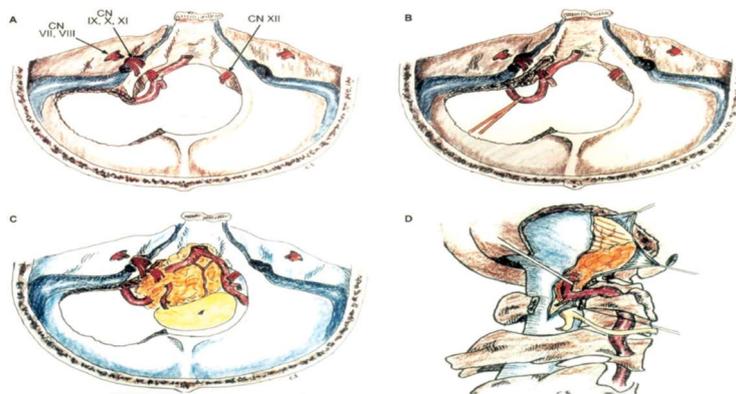


Figure 9.17 Vue du trou occipital après craniotomie sous-occipitale latérale (A), craniotomie latérale avec condylectomie partielle (B) et même vue dans le plan axial avec tumeur in situ (C) et dans le plan sagittal (D) (418)

IX.3.A INDICATIONS DE L'EFLA :

- L'EFLA est indiqué pour les tumeurs de la JCV qui sont situées dans la partie antérieure.
- Ces tumeurs peuvent être intradurales, extradurales ou à la fois intra et extradurales.
- L'EFLA donne un accès direct à la région ventrale du foramen magnum après transposition de l'AV.
- Le méningiome du foramen magnum antérieur est la tumeur pour laquelle l'EFLA a été décrite, le méningiome peut être enlevé avec son attachement dural et l'insertion osseuse peut être fraisée (328).
- Les tumeurs osseuses et les tumeurs métastatiques pourraient être réséquées en utilisant également cette approche.

IX.3.B GESTION PRÉOPÉRATOIRE :

Un bilan radiologique complet est effectué un scanner avec reconstitutions 3D et angioCT permet de bien visualiser la lésion et sa relation avec l'anatomie osseuse et vasculaire locale. L'IRM donne des informations complémentaires sur l'envahissement dural et la compression des structures neurales et la présence ou non d'un plan arachnoïdien. L'angio MR permet de visualiser la dominance des AV et des sinus sigmoïdes (547).

Les antibiotiques sont administrés avant l'opération. L'intubation endoscopique est pratiquée de manière systématique, afin d'éviter toute manipulation du cou.

IX.3.C TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est en position latérale ou en position de parc bench avec la tête en position neutre, ce qui permet de maintenir la position de l'AV, cette position permet au chirurgien d'avoir une bonne exposition de la JCV (415).

-L'incision en forme de C commence 2 cm derrière l'oreille et descend un petit peu dans le cou, le long du muscle sternocléidomastoïdien.

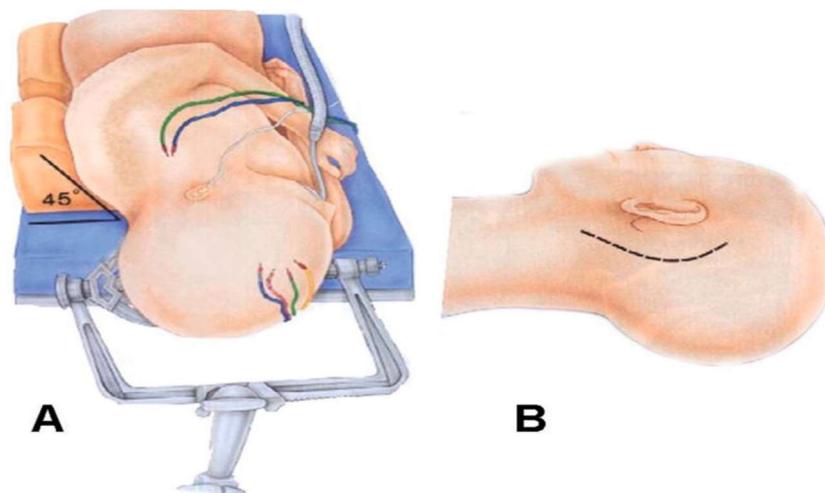


Figure 9.18 Position du banc de parc (A) et forme de l'incision (B) pour l'approche latérale extrême. (34)

-Les muscles sont coupés en suivant la ligne d'incision pour permettre l'exposition de l'os occipital et des muscles du triangle sous-occipital, les muscles obliques supérieurs et inférieurs sont détachés de l'apophyse transversale de C1. L'AV est identifiée au-dessus de C1. Elle est également identifiée dans l'espace C1C2, juste en dessous du nerf C2 (241).

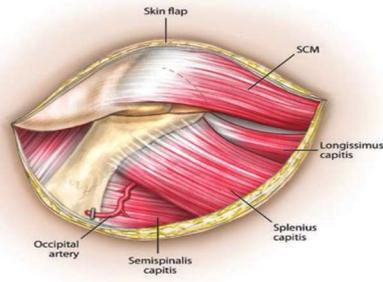


Figure 9.19 Après l'incision le premier plan de muscles est exposé ce qui permet d'exposer le triangle sous occipital (564)

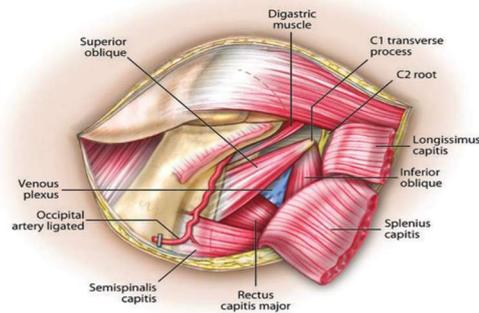


Figure 9.20 Le triangle sous-occipital est exposé en tant que couche musculaire profonde (564)

-Le foramen transversal de l'atlas est ouvert à l'aide de petites pinces, l'AV est disséquée de manière sous-périostée, saignant du plexus veineux qui la recouvre, ce qui rend cette dissection difficile et longue. L'AV doit être libérée du foramen de C2 jusqu'à son point d'entrée dural. Ensuite, l'AV est mobilisée avec précaution de l'extérieur vers l'intérieur et maintenue écartée pendant le reste de la chirurgie (456).

-La craniectomie sous occipitale se fait ensuite, elle s'étend du sinus sigmoïde à l'inion en médial et au bord postérieur du condyle en inférieur. La condylectomie partielle est réalisée pour faciliter l'accès à la partie antérieure du point d'entrée dural de l'AV, seul le tiers médial est réséqué, cette résection est limitée par le canal hypoglosse en haut, cette condylectomie partielle n'affecte pas la stabilité de la JCV. Si plus de la moitié du condyle est réséqué, une fixation cervicale occipitale peut être nécessaire. L'os entre le condyle et le bulbe jugulaire est fraisé, y compris le tubercule jugulaire, pour permettre une meilleure exposition du clivus inférieur (241).

L'arc postérieur de l'atlas est également réséqué d'un côté, mais la résection de la lame de C2 dépend de l'extension caudale de la tumeur.

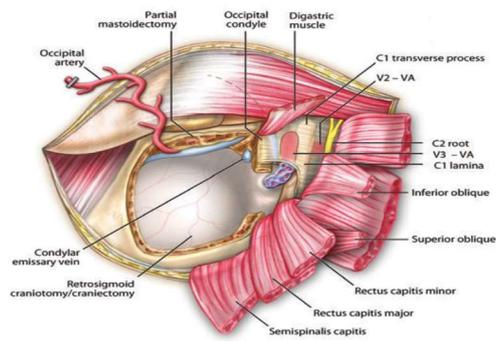


Figure 9.21 La craniotomie sous occipitale est réalisée avec une résection de l'arc postérieur de C1 (564)

-La dure-mère est ouverte derrière le sinus sigmoïde et s'étend vers le bas derrière l'attache et le point d'entrée de l'AV dans la dure-mère. Elle peut être étendue en forme de T devant le point d'entrée dural de l'AV pour permettre la mobilisation de l'AV dans de nombreuses directions afin de faciliter la résection et la dissection de la tumeur (456).

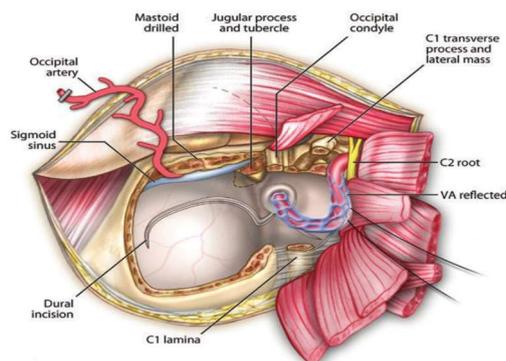


Figure 9.22 La dure-mère est ouverte juste derrière l'artère vertébrale (564)

-Après ouverture de la dure-mère, il faut contrôler l'AV intradurale, les nerfs crâniens inférieurs et la PICA, la résection de la tumeur est commencée par la dévascularisation de son insertion, puis suivie par l'évidement intracapsulaire.

-La dissection de la tumeur est ensuite effectuée en commençant par le pôle supérieur en contact des nerfs crâniens inférieurs, puis le pôle inférieur en contact de la moelle épinière cervicale haute, la PICA et l'artère vertébrale antérieure sont soigneusement disséqués et conservés.

L'attache durale est coagulée et retirée en cas d'invasion tumorale, l'os est fraisé en cas d'hyperostose (563).

-La dure-mère est fermée après avoir comblé le défaut de la dure-mère antérieure avec de la graisse, les muscles sont fermés en plusieurs plans et la peau est fermée.

-Si la tumeur présente une extension extradurale, la partie extradurale est réséquée en premier, et si la tumeur est totalement extradurale, aucune ouverture de la dure-mère n'est nécessaire.

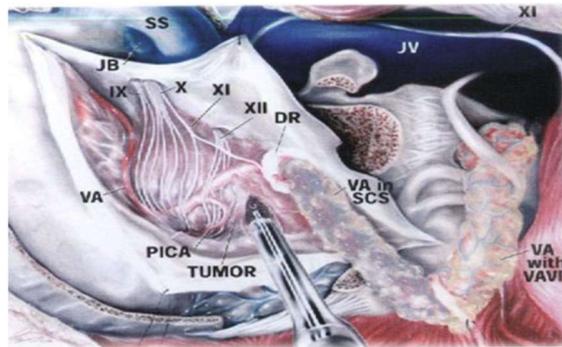


Figure 9.23 Après l'exposition et la dissection de l'arachnoïde, la résection de la tumeur est entamée (34)

IX.3.D GESTION POSTOPÉRATOIRE :

Le patient est transféré au service de soins intensifs, il est extubé après avoir vérifié qu'il n'y a pas d'aggravation des déficits pré opératoires, aucune alimentation par la bouche n'est autorisée tant qu'un examen neurologique complet n'a pas été effectué, en particulier pour les nerfs mixtes. Si le patient présente des déficits de ces nerfs, une sonde nasogastrique est placée et une trachéotomie est réalisée si nécessaire.

Le patient est transféré au service de neurochirurgie 24 à 48 heures plus tard, la marche est commencée dès que possible, la rééducation fonctionnelle est également commencée dans le service et poursuivie après la sortie.

La plaie est examinée de près, une fistule de LCR est toujours redoutée dans ces cas-là.

Une IRM ou un scanner postopératoire sont réalisés dans les 72 premières heures pour évaluer la qualité de la résection tumorale.

IX.3.E COMPLICATIONS DE L'EFLA :

L'aggravation ou l'apparition d'une atteinte des nerfs mixtes est la complication la plus morbide, la guérison peut prendre des mois et avec séquelles dans certains cas, une trachéotomie peut être nécessaire, une alimentation nasogastrique et une médialisation ou injection des cordes vocales peuvent également être réalisées.

Le nerf XII est exposé à un risque de lésion, mais il se rétablit généralement partiellement ou totalement plusieurs mois après l'opération.

Une fistule du LCR peut se produire, un drainage lombaire externe est mis en place pendant plusieurs jours, en cas de fuite

persistante, une chirurgie de révision est nécessaire pour traiter cette complication potentiellement dangereuse.

IX.3.F AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE L'EFLA :

IX.3.F.a AVANTAGES :

- Large exposition chirurgicale des régions antérieures et latérales de la JCV, elle peut être utilisée pour la résection des lésions de grande taille et situées ventralement.
- L'exposition du foramen magnum et du foramen jugulaire rend cette approche adaptée au traitement des lésions qui impliquent ces deux endroits ou qui s'étendent d'une région à l'autre.
- La mobilisation de l'AV élargit le corridor chirurgical à toute la partie antérieure de la JCV.

(336) (473)

IX.3.F.b INCONVENIENTS :

- L'EFLA est une approche extensive et agressive qui prend du temps à être réalisée.
- L'AV est exposée à des risques de blessure lors de la dissection et de la mobilisation, la migration des embolies peut également se produire lors de la transposition pour certains patients présentant un état d'athérosclérose.
- Une condylectomie complète ou un fraisage de plus de 75% du condyle déstabilise la JCV et la fixation cervicale occipitale est obligatoire.
- Le nerf hypoglosse risque d'être blessé lors de la condylectomie.

(336) (473)

IX.4 L'APPROCHE POSTERO LATÉRALE :

L'approche postéro latérale ou far lateral approach (FLA) des anglo-saxons a été décrite d'abord en 1986 par Heros pour traiter les anévrismes vertébro basilaires ⁽²⁹⁸⁾, puis en 1988 par Georges et al pour traiter les méningiomes du foramen magnum ⁽⁹⁶⁾. Il s'agit d'une approche postéro-latérale de la JCV, basée sur une craniotomie sous occipitale latérale, une hémi laminectomie C1 avec ou sans résection partielle du condyle occipital. L'AV est disséquée et contrôlée dans son troisième segment mais n'est pas mobilisée dans cette approche.

La FLA est une approche standard de la base du crâne basée sur les mêmes principes que les autres approches de la base du crâne, avec une résection osseuse pour maximiser l'exposition et ne pas écarter

les structures neurales.

La stabilité cranio cervicale après le fraisage du condyle occipital fait l'objet d'un débat depuis des années, la résection du tiers du condyle est acceptée par les auteurs, et elle est calculée en peropératoire en restant derrière le canal hypoglosse qui dans la plupart des cas ne dépasse pas 50% du volume du condyle (224).

IX.4.A LES INDICATIONS DE LA FLA :

-La FLA donne une bonne exposition de l'espace latéral et antérieur au tronc cérébral et la partie supérieure de la moelle épinière, elle est donc indiquée pour les lésions situées dans cette région anatomique.

-Les pathologies vasculaires telles que les anévrismes vertébro basilaires et de la PICA sont traitées chirurgicalement à l'aide de la FLA (427).

-Les méningiomes du foramen magnum antérolatéraux et latéraux sont bien exposés et réséqués à l'aide de la FLA (109).

-Les tumeurs osseuses primitives et métastatiques touchant les parties latérales de C1 ou C2 pourraient être traitées par cette approche (329).

-La FLA pourrait également être utilisée pour traiter certaines lésions intra-axiales telles que les malformations cavernueuses ou les tumeurs gliales (83).

IX.4.B GESTION PRÉOPÉRATOIRE :

Un bilan radiologique complet est recommandé pour les patients, la tomographie à haute résolution de la JCV aide le chirurgien à planifier son acte en identifiant l'anatomie osseuse sur des images de reconstructions 3D, elle démontre également les calcifications intra tumorales et les changements ostéolytiques de l'os entourant la lésion. L'AngioCT visualise l'implication de l'AV, la PICA et l'AB, le déplacement de ces vaisseaux et leurs variations anatomiques (659). L'IRM permet de délimiter la masse tumorale et de définir l'interface entre la tumeur et le tronc cérébral et la moelle épinière. Elle prédit la difficulté chirurgicale en démontrant la relation de la lésion avec les grands vaisseaux et les structures neurales (591).

Le patient reçoit des antibiotiques avant l'opération, l'intubation est réalisée par endoscopie, l'électro-surveillance des nerfs crâniens inférieurs est généralement utilisée pour cette approche.

IX.4.C TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-De nombreuses positions ont été décrites pour la FLA, la position la plus utilisée est la position de banc de parc modifiée, le patient est

en position latérale en trois quart avec la tête fixée sur une têtère à trois prises osseuses, en flexion, en rotation de 30° vers le côté controlatéral, l'épaule ipsilatérale est tirée doucement, l'épaule controlatérale est lâchée et le bras est positionné sous le corps et scotché au support de la tête. Les genoux sont légèrement fléchis et un coussin est placé entre eux, un autre coussin est placé sous l'aisselle. Dans cette position, l'apophyse mastoïde est le point le plus élevé de la tête (425).

La position ventrale est également très utilisée pour cette approche, la tête étant en position fléchie et légèrement surélevée par rapport au niveau du corps (17).

La position standard du banc de parc peut être utilisée pour cette approche (425).

La position assise a été décrite mais elle est rarement utilisée pour la FLA (17).

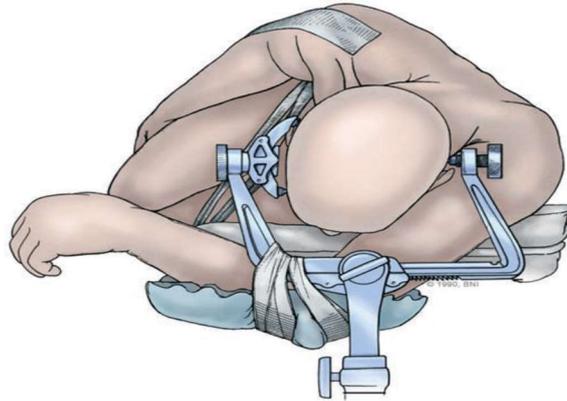


Figure 9.24 Position de banc de parc modifiée, le corps est en position de trois quarts, la tête est tournée vers le côté opposé et l'épaule homolatérale est tirée doucement et l'épaule controlatérale est scotchée à la têtère (476).

-Comme la position, de nombreuses incisions ont été signalées pour la FLA, le bâton de hockey inversé est l'incision la plus utilisée, elle commence à l'apophyse mastoïde, puis va parallèlement à la ligne nucale supérieure, puis s'incurve vers le bas à la ligne médiane jusqu'au niveau C3 (17).

Des incisions linéaires, en forme de S italique et de C ont toutes été signalées, elles sont utilisées en fonction des préférences du chirurgien (607).

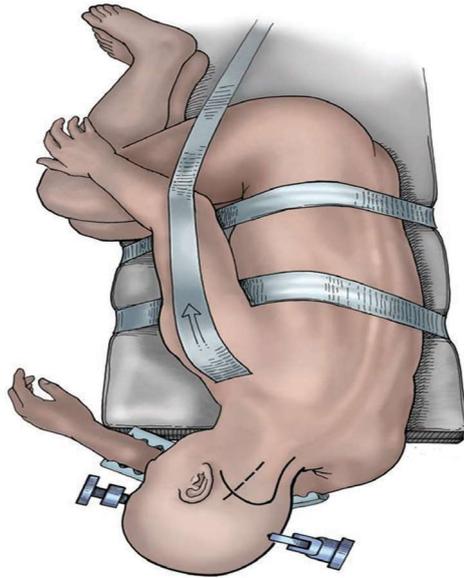


Figure 9.25 position modifiée du banc de parc et incision inversée du bâton de hockey pour l'approche postéro latérale FLA. (476)

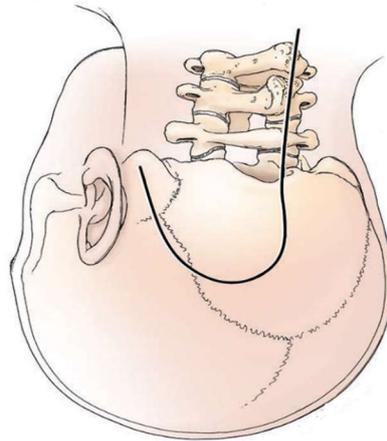


Figure 9.26 L'incision inversée au bâton de hockey commence à l'apophyse mastoïde et va parallèlement à la ligne nucale supérieure, puis redescend dans la ligne médiane jusqu'au niveau C3. (476)

-La peau et les muscles sont détachés en un seul lambeau et écartés vers le bas et latéralement, comme pour l'approche ptériale, une petite coiffe musculaire est maintenue au niveau de la ligne nucale supérieure pour la fermeture (425).

L'os occipital, l'arc postérieur de l'atlas et la lame de C2 sont exposés d'un côté, du même côté que l'incision, l'AV est disséquée avec sa gaine périostée du sulcus artériosus (17).

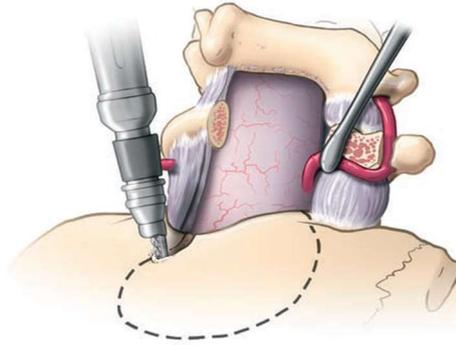


Figure 9.27 Craniotomie sous occipitale et hémi laminectomie de l'atlas pour l'approche postéro latérale FLA (476)

-La craniotomie sous occipitale est ensuite réalisée, elle va latéralement aussi loin que possible et dans la ligne médiane, la partie ipsilatérale de l'arc postérieur de C1 est ensuite enlevée à l'aide de rongeurs ou d'une fraise diamantée.

Le fraisage du condyle occipital n'est pas obligatoire et dépend de l'étendue de la lésion et du corridor chirurgical nécessaire pour l'approche. Si le fraisage est nécessaire, il est commencé à la partie postéro-médiale du condyle par le fraisage de l'os cortical puis de l'os spongieux mou, lorsque la deuxième couche d'os cortical est exposée, le fraisage doit s'arrêter, c'est la paroi postérieure du canal hypoglosse à ce stade, près d'un tiers du condyle est prélevé. (607)

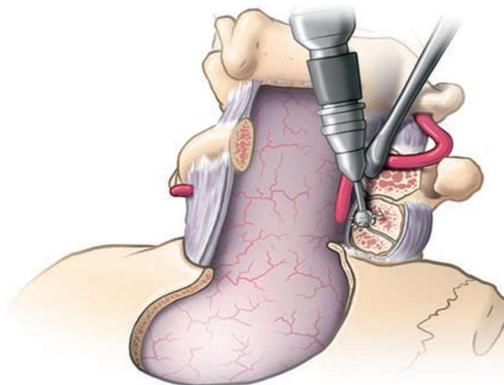


Figure 7.28 Condylectomie occipitale partielle après craniotomie occipitale (476)

-En outre, la dure-mère est ouverte de manière culviligne parallèle à l'incision cutanée, elle est écartée avec l'AV latéralement.

-En fonction de la lésion, la dissection microchirurgicale commence par l'identification des structures vitales et leur dissection, telles que l'AV (V4), la PICA, les nerfs crâniens inférieurs, le tronc cérébral et la moelle épinière supérieure.

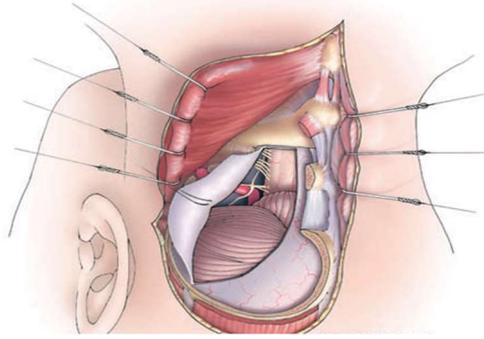


Figure 9.29 Exposition intradurale pour l'approche postéro latérale (476)

-Après excision de la lésion, la dure-mère est fermée de manière étanche, le volet de craniotomie est remplacé et fixé, la plaie est fermée en différents plans.

IX.4.D SOINS POSTOPÉRATOIRES :

Le patient est transféré aux soins intensifs, les réflexes de déglutition et de toux sont évalués avant l'extubation, aucune nourriture n'est donnée avant l'évaluation de l'état des nerfs crâniens, une trachéotomie et une sonde nasogastrique peuvent être nécessaires en cas de paralysie sévère de ces nerfs, elle sera bien sûr temporaire.

Des analgésiques sont administrés dans les 72 heures suivant l'opération, la douleur est due à la dissection des muscles du cou.

La rééducation est commencée après la sortie du patient avec des contrôles périodiques réguliers.

IX.4.E LES COMPLICATIONS DE LA FLA :

La première complication redoutée dans cette approche est l'aggravation des déficits des nerfs crâniens inférieurs, une pneumonie par aspiration pourrait résulter de ces déficits. Une paralysie hypoglosse pourrait survenir en raison du fraisage du condyle occipital (467).

L'instabilité de la JCV pourrait être due à un fraisage important du condyle occipital, qui peut nécessiter une fusion occipito cervicale.

La fistule du LCR et la pseudo-méningocèle sont d'autres complications de la FLA qui pourraient être évitées par une fermeture durale étanche et une fermeture méticuleuse de la plaie. Le drainage lombaire externe est utilisé par certains auteurs en période postopératoire.

IX.4.E AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA FLA :

IX.4.E.a AVANTAGES :

- Le FLA est une voie d'abord standard avec un bon corridor chirurgical donnant accès aux lésions situées latéralement et antérieurement au niveau du trou occipital.
- Aucune mobilisation de l'AV n'est nécessaire pour cette approche.
- Aucune fusion ou fixation ne sont nécessaires si le condyle occipital n'est pas réséqué ou si une condylectomie partielle est réalisée (un tiers).

(384) (664)

IX.4.E.b INCONVENIENTS :

- La FLA expose peu les lésions extradurales antérieures et peut être dangereuse si elle est utilisée pour ces lésions.
- Les lésions s'étendant bilatéralement ne sont pas adaptées à cette approche et d'autres approches sont préférables (approche sous-occipitale médiane).
- Le fraisage du condyle doit être limité pour assurer la stabilité de la JCV, ce qui pourrait limiter l'exposition pour certaines lésions.

(384) (664)

IX.5 L'APPROCHE RÉTROMASTOÏDE

L'approche rétro mastoïdienne (ARM) ou rétro sigmoïdienne ou l'approche latérale sous occipitale est une approche de l'angle ponto-cérébelleux (APC) qui peut être utilisée pour traiter certaines lésions dans la région du foramen magnum ou des lésions de la JVC s'étendant à l'APC.

Des petites modifications ont été signalées lors de l'utilisation de cette approche pour ces lésions, comme l'exposition du sinus sigmoïde qui n'est pas nécessaire, l'hémi laminectomie C1 qui pourrait être ajoutée pour l'approche et l'ouverture large du trou occipital ⁽¹⁴⁾.

La familiarité des chirurgiens avec cette approche et la faible incidence des complications qui y sont liées font de cette approche un outil très utile pour le chirurgien pour traiter certaines lésions de la JCV.

IX.5.A INDICATIONS DE L'APPROCHE RÉTROMASTOÏDIENNE :

-L'ARM est classiquement indiquée pour le traitement chirurgical des tumeurs de l'angle PC telles que les schwannomes vestibulaires, les méningiomes pétreux et pétro clivaux, et les kystes épidermoïdes, elle est également indiquée pour les anévrismes AICA, la décompression micro vasculaire, et certaines malformations cavernueuses du tronc cérébral (549).

-Outre ces indications, l'ARM pourrait être utilisée pour traiter certaines tumeurs de la JCV, elle a été décrite par Samii et al pour traiter les méningiomes du foramen magnum, ils associent l'hémi laminectomie C1 à l'approche classique (550).

-Les tumeurs de l'angle PC qui s'étendent au foramen magnum comme les méningiomes, les kystes épidermoïdes et les schwannomes des nerfs crâniens inférieurs sont réséqués à l'aide de l'ARM (588).

IX.5.B GESTION PRÉOPÉRATOIRE :

Les examens radiologiques préopératoires tels que le scanner et l'IRM sont effectués pour évaluer l'extension de la tumeur et sa relation avec les structures vasculaires et neurales environnantes. Les variations anatomiques, en particulier pour les vaisseaux sanguins, sont évaluées par angio CT et angio MR.

Comme pour la chirurgie de l'angle PC, la configuration et l'anatomie du sinus sigmoïde sont également évaluées par l'angioMR.

Après l'intubation du patient si la position assise ou semi-assise est choisie pour l'approche par le chirurgien, une ligne veineuse centrale est placée pour surveiller la pression veineuse centrale et aspirer l'air si une embolie aérienne veineuse se produit (87).

Les antibiotiques sont administrés avant l'intubation et avant le début de l'acte anesthésique.

Une électro-surveillance des nerfs mixtes est nécessaire pour cette approche.

IX.5.C TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-De nombreuses positions ont été décrites pour l'ARM en fonction des préférences du chirurgien, assise, semi-assise, banc de parc ou décubitus dorsal. Pour cette dernière, la tête doit être tournée vers le côté controlatéral de l'incision, avec un coussin sous l'épaule pour l'élever. Pour les positions assise et semi-assise, l'anesthésiste doit être alerté et préparé en raison du risque d'embolie gazeuse veineuse (19).

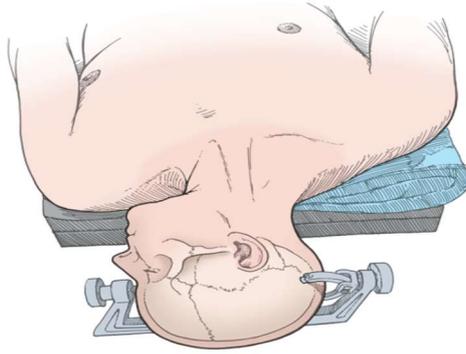


Figure 9.30 Position en décubitus dorsal avec la tête tournée vers le côté opposé pour l'ARM (477)

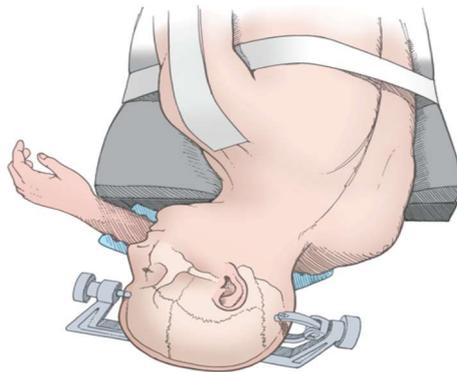


Figure 9.31 La position en banc de parc modifiée, pour l'approche retro mastoïdienne (477)

-L'incision en forme de C est pratiquée dans la zone rétro-auriculaire, juste en regard de l'apophyse mastoïde, elle doit être étendue caudalement (550).

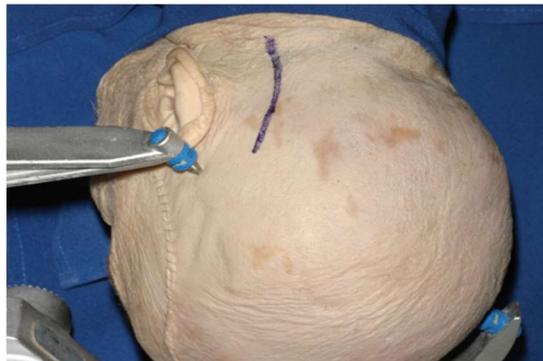


Figure 7.32 La ligne d'incision pour l'approche rétro mastoïdienne démontrée sur le modèle d'un cadavre (477)

-Les muscles sous-occipitaux sont coupés en suivant la ligne d'incision, il faut faire attention en disséquant les muscles profondément dans la zone atlanto occipitale pour ne pas blesser l'AV.

L'apophyse mastoïde, l'os occipital et l'arc postérieur de l'atlas sont exposés, l'AV est disséquée dans sa gaine périostée et suivie jusqu'à son entrée durale.



Figure 9.33 L'os occipital et le mastoïde sont exposés, le trou de trépan est juste fait derrière l'astérion (lignes verte, bleue et jaune correspondant aux sutures). (477)

-La craniectomie rétro-mastoïdienne est réalisée à l'aide de fraise et de pinces, le sinus sigmoïde n'est pas totalement exposé mais seulement 1 à 2 mm au-dessus, le sinus transverse n'est pas exposé ici comme dans l'ARM classique, une large ouverture du trou occipital est réalisée, la craniectomie est étendue jusqu'à la ligne médiane.



Figure 9.34 La craniotomie pour l'approche rétro mastoïdienne classique est réalisée juste derrière le sinus sigmoïde et en dessous du sinus transverse (477).

L'hémi laminectomie de l'atlas est ajoutée à la craniectomie rétro mastoïdienne et même à l'hémi laminectomie C2 dans certains cas en fonction de l'extension caudale de la lésion (19).

-La dure-mère est ouverte de façon curviligne juste medialement par rapport à l'entrée de la dure-mère de l'AV, la dure-mère est écartée au niveau de la colonne vertébrale, des deux côtés à l'aide de sutures de soutien et fixée aux muscles (550).

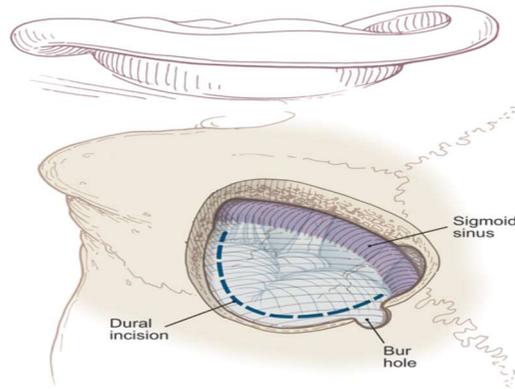


Figure 7.35 L'incision dureale peut être curviligne dans l'approche rétro mastoïdienne classique (477)

-Après l'ouverture de la dure-mère, l'identification des principales structures vasculaires, l'AV et la PICA, et les nerfs mixtes aide le chirurgien à éviter de blesser ces structures.

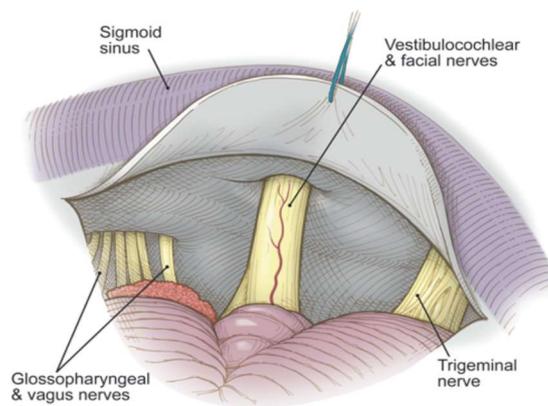


Figure 9.36 L'angle PC est exposé dans l'approche rétro mastoïdienne exposant les nerfs trijumeau, vestibulocochléaires et nerfs mixtes (477)

-La nature et l'extension de la tumeur définissent les étapes suivantes de la chirurgie, mais le plus important est d'éviter de blesser l'AV, la PICA et les nerfs mixtes au début de la résection de la tumeur ; le tronc cérébral et la moelle épinière lors de la réduction et de la dissection de la tumeur et les nerfs et l'AV controlatéraux à la fin de la dissection.

-À la fin, la dure-mère est fermée hermétiquement et les différentes couches sont fermées sans laisser d'espace mort pour empêcher la pseudo-méningocèle postopératoire.

IX.5.D SOINS POSTOPÉRATOIRES :

Le patient est extubé et transféré aux soins intensifs pour 24 à 48 heures, l'alimentation est commencée après avoir vérifié qu'aucun déficit des nerfs mixtes n'apparaît en postopératoire ou ne s'aggrave. Si c'est le cas, une sonde nasogastrique est placée pour l'alimentation et une trachéotomie est effectuée si nécessaire.

La plaie est vérifiée quotidiennement, toute fuite de LCR doit être diagnostiquée rapidement et prise en charge par un drainage lombaire externe ou même parfois par une chirurgie de révision. Le patient doit marcher le plus tôt possible, pour éviter les complications thromboemboliques, la rééducation est commencée juste avant ou après la sortie du patient.

IX.5.E COMPLICATIONS DE L'ARM :

L'aggravation neurologique, en particulier pour le déficit des nerfs mixtes est la première complication que les chirurgiens recherchent et redoutent en postopératoire, si elle est présente, elle doit être prise au sérieux et traitée rapidement en raison de ses conséquences dangereuses.

Une lésion du sinus sigmoïde peut survenir, le sinus est réparé si possible, sinon l'infarctus veineux peut être dévastateur pour le patient, la prévention de cette lésion est donc plus que vitale pour le patient.

La pneumocéphalie est fréquente lorsque la position assise ou semi-assise est utilisée, elle est asymptomatique pour la plupart des patients, lorsqu'elle est symptomatique, les maux de tête, les nausées et les vomissements sont les signes exprimés par le patient ⁽⁶¹⁷⁾.

L'infarctus cérébelleux peut être dû à un écartement cérébelleux, il est plus fréquent dans les cas de lésions de l'angle PC que dans les lésions de la JCV.

IX.5.F AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE L'ARM :

IX.5.F.a AVANTAGES :

- L'ARM est l'une des approches les plus fréquentes utilisées en neurochirurgie, avec un faible taux de morbidité.
- L'ARM est adaptée aux lésions qui s'étendent à l'angle PC ou aux lésions de l'angle PC qui s'étendent au foramen magnum.
- L'ARM est réalisé rapidement, aucune mobilisation ou transposition de l'AV n'est nécessaire pour cette approche.
- Aucun fraisage condylien n'est nécessaire pour l'ARM.

(125) (418)

IX.5.F.b INCONVENIENTS :

-L'ARM ne peut être utilisée que pour des cas sélectionnés de pathologies de la JCV, les lésions qui sont strictement ventrales ne sont pas facilement accessibles et le chirurgien doit peut-être réfléchir à d'autres approches.

-Le sinus sigmoïde risque d'être blessé dans cette approche.

-Un écartement cérébelleux peut être nécessaire dans certains cas, ce qui peut entraîner des déficits neurologiques permanents dus à un infarctus cérébelleux.

(125) (418)

X. APPROCHES POSTÉRIEURES

Les approches postérieures de la JCV sont les approches qui donnent accès aux parties postérieures de la JCV, elles passent par la musculature postérieure du cou, puis par le bord postérieur du trou occipital, l'arc postérieur de C1 et les éléments postérieurs de C2. La connaissance de l'anatomie de ces éléments est obligatoire pour réaliser ces approches.

L'abord sous-occipital médian est l'abord principal des approches postérieures.

X.1 L'APPROCHE SOUS-OCCIPITALE MÉDIANE :

L'abord sous occipital médian est une approche classique et de routine pour la prise en charge des pathologies de la JVC, il peut être utilisé dans les pathologies tumorales, traumatiques et malformatives.

De l'incision à l'exposition de la dure-mère, les mêmes étapes sont utilisées et à partir de là, plusieurs approches et techniques ont été décrites pour traiter différentes pathologies.

Cette approche est familière à la plupart des neurochirurgiens, avec l'approche rétro sigmoïde elles constituent plus de 90 % des approches utilisées dans la chirurgie de la fosse cérébrale postérieure (15). Selon la pathologie, des laminectomies de la colonne cervicale peuvent être ajoutées pour traiter les lésions qui s'étendent vers le bas (169).

Selon la pathologie aussi, la craniotomie occipitale peut être élargie dans de nombreuses directions, de haut en bas et de gauche à droite.

X.1.A INDICATIONS DE L'APPROCHE SOUS-OCCIPITALE MÉDIANE :

-L'approche sous-occipitale médiane est très utilisée en neurochirurgie pédiatrique pour la chirurgie de la fosse cérébrale postérieure.

-Pour la chirurgie de la JCV, différentes pathologies peuvent être traitées par l'approche sous-occipitale médiane.

-Les tumeurs osseuses primitives extradurales postérieures sont réséquées par cette approche (574).

-Les tumeurs extra médullaires intradurales telles que le méningiome du foramen magnum postérieur et le schwannome C2. (555)

-Les tumeurs intramédullaires au niveau de la JCV comme l'astrocytome, l'épendymome et l'hémangioblastome (20).

-Pour les lésions traumatiques de la JVC où la décompression et la fixation occipito cervicale ou atlanto axiale sont indiquées, l'approche sous-occipitale médiane est la technique utilisée. Ces lésions traumatiques comprennent la luxation occipito cervicale, les fractures du condyle occipital, les fractures de l'atlas, les fractures d'odontoïde et la luxation atlanto axiale (122).

-Les pathologies malformatives comme l'invagination basilaire et la malformation de Chiari sont traitées par décompression et fixation occipito-vertébrale après réalisation de l'approche sous-occipitale médiane (510).

X.1.B GESTION PRÉOPÉRATOIRE :

Le scanner et l'IRM sont réalisés avant l'intervention chirurgicale, outre le diagnostic, le scanner est très utile pour planifier l'acte chirurgical dans les lésions malformatives et traumatiques, l'IRM permet de définir l'interface entre la tumeur et les structures neurales et la relation de la lésion avec les structures vasculaires. L'intubation endoscopique est préférée sans manipulation du cou ni mouvements passifs, une ligne centrale veineuse est placée si la position assise est choisie par le chirurgien.

Des antibiotiques sont administrés avant l'intubation, le collier cervical est placé avant la position si la position ventrale est choisie par le chirurgien.

X.1.C TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Il existe deux positions utilisées par la plupart des neurochirurgiens, la position ventrale et la position assise, cette dernière a l'avantage de pouvoir travailler dans un champ opératoire propre, le sang tombe par gravité et le chirurgien est devant le champ opératoire mais le risque d'embolie veineuse gazeuse est plus élevé (523), la surveillance stricte du patient et de sa pression veineuse centrale est obligatoire. La position ventrale a un risque plus faible d'embolie gazeuse, mais le chirurgien n'est pas à l'aise, surtout si la lésion à opérer nécessite une intervention chirurgicale de longue durée. La position de la tête dépend de la nature de la pathologie, en hyper flexion en laissant 1 cm entre le menton et le sternum ou en position neutre. D'autres positions ont été décrites comme la position latérale et la position latérale à trois quarts.

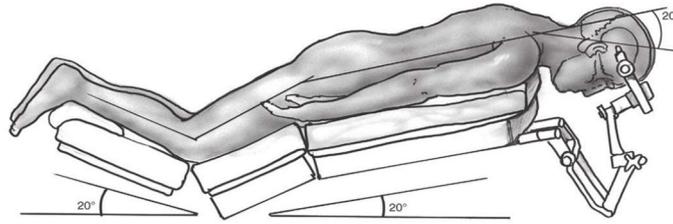


Figure 10.1 La position ventrale pour l'approche sous-occipitale médiane avec la tête en flexion (564)

- L'incision se situe sur la ligne médiane en commençant par la protubérance occipitale externe, puis en descendant jusqu'au niveau C3 ou C4, selon l'extension caudale de la pathologie.
- L'incision et la dissection musculaires sont linéaires ou en forme de Y, les bras supérieurs du Y sont prolongés en ligne parallèle à la ligne nucale supérieure et le bras inférieur descend en suivant le raphé médian. L'artère occipitale est rencontrée latéralement, elle est coagulée avec soin et coupée (523).

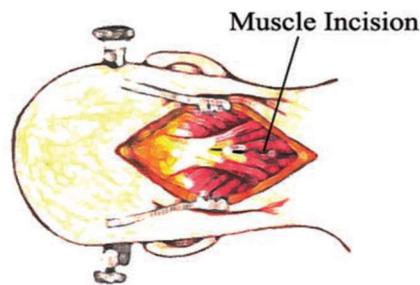


Figure 10.2 Incision musculaire pour l'approche sous-occipitale médiane (564)

- L'os occipital, l'arc postérieur de C1, l'apophyse épineuse et les lames de C2 sont exposés, d'autres apophyses épineuses et lames des vertèbres cervicales inférieures sont exposées si nécessaire. Les AV doivent être conservées dans leurs gaines périostées et il faut faire attention en exposant latéralement l'arc postérieur de l'atlas. Une veine émissaire se trouve généralement dans la ligne médiane sous la ligne nucale inférieure lors de l'exposition de l'os occipital dans cette zone.
- Dans certaines pathologies où une fixation occipito cervicale est nécessaire, les étapes chirurgicales précédentes suffisent pour la performer. Pour la fixation atlanto axiale, l'exposition de l'os occipital n'est pas nécessaire ou seule la partie inférieure est exposée.
- Pour les autres pathologies, l'approche est poursuivie par craniotomie occipitale ou craniectomie, la largeur de cette

craniotomie ou craniectomie dépend de la nature de la pathologie, l'exposition du sinus transversal n'est pas nécessaire pour la plupart des lésions de la JVC.

Deux trous de trépan sont réalisés latéralement à la ligne médiane, puis le volet occipital est coupé à l'aide d'une scie électrique en commençant latéralement en faisant très attention en bas à proximité du foramen magnum. Si la craniectomie est choisie, les rongeurs et les kerrisons sont très utiles.

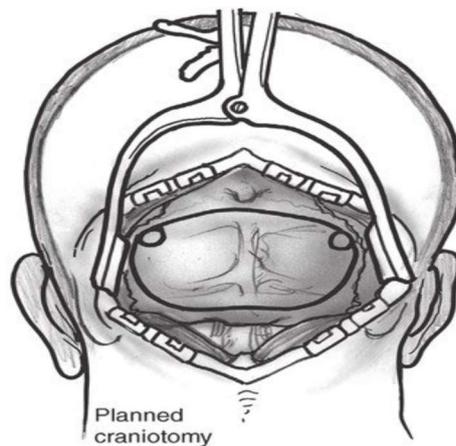


Figure 10.3 La craniotomie est réalisée en pratiquant deux trous de trépan, un de chaque côté et l'os est coupé à l'aide d'une scie électrique (564)

-La résection de l'arc postérieur de l'atlas et la spino laminectomie C2 sont effectuées ensuite, en fonction de l'extension caudale de la lésion, des laminectomies cervicales inférieures peuvent être ajoutées.

-La dure-mère qui recouvre la fosse postérieure et la partie supérieure de la moelle épinière est exposée.

-Pour certaines pathologies où la décompression est le but de la chirurgie, il faut être très prudent au niveau du bord postérieur du foramen magnum et du C1, une fraise diamantée est utilisée, il faut éviter de blesser les structures neurales sous-jacentes car l'os comprimant peut-être adhérent.

-Pour ces lésions après décompression, la fixation est indiquée dans certains cas, on réalise alors une craniectomie occipitale limitée permettant de placer la plaque et la fixer avec des vis latéralement.

-Les tumeurs extradurales peuvent être réséquées à ce stade également, cette résection suit l'extension de la tumeur latéralement, sa relation avec l'AV est bien définie dans les examens radiologiques préopératoires.

-La dure-mère est ouverte lorsque la lésion est intradurale, elle est ouverte en forme de Y, les bras supérieurs commencent latéralement sur la dure-mère couvrant les hémisphères cérébelleux, le sinus sous-occipital est coupé et ligaturé à la ligne médiane, des mini clips sont utilisés pour cela. Le bras inférieur de Y est poursuivi caudalement au niveau du foramen magnum et vers le bas, la dure-mère est fixée avec les tissus musculaires et tractée de chaque côté (524).

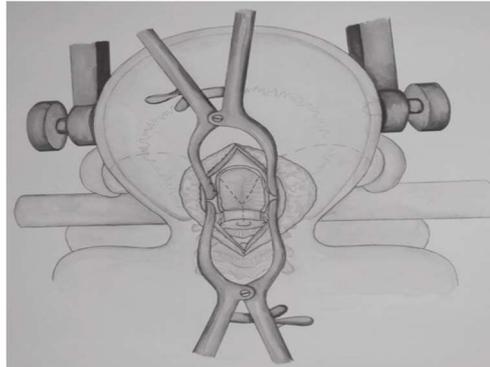


Figure 10.4 La dure-mère est ouverte en forme de Y pour une approche sous occipitale médiane. (564)

Les amygdales cérébelleuses, le bulbe et la partie supérieure de la moelle épinière sont exposées, la masse tumorale est visible selon l'emplacement, postérieurement ou latéralement.

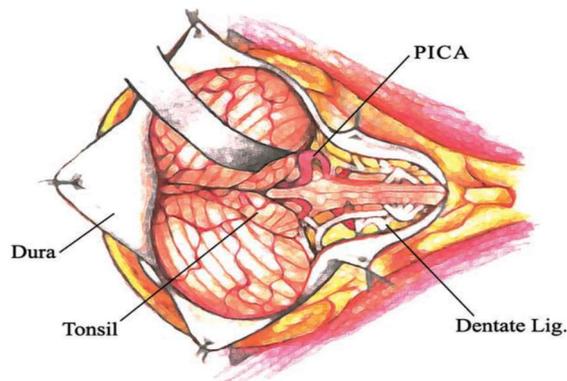


Figure 10.5 Les structures intradurales de la JCV sont exposées en utilisant l'approche sous occipitale médiane (564)

-La dissection arachnoïdienne est commencée par l'ouverture de la grande citerne et la libération du LCR, l'AV, la PICA et les nerfs crâniens inférieurs sont bien disséqués et protégés. L'ablation de la tumeur est ensuite entamée.

-A la fin, une fermeture durale étanche est réalisée, le volet occipital est remplacé et fixé, et les différents plans sont fermés de manière standard.

X.1.D SOINS POSTOPÉRATOIRES :

Le déroulement postopératoire dépend de la pathologie du patient, le patient est extubé et transféré aux soins intensifs.

Si une fixation a été réalisée, un collier cervical est placé et conservé pendant 4 à 6 semaines.

L'état neurologique est évalué et tout déficit crânien inférieur doit alerter le chirurgien, une trachéotomie et une sonde nasogastrique sont parfois nécessaires, temporaires bien sûr.

Le contrôle radiologique dépend de la pathologie, un scanner est réalisé pour vérifier le placement des vis pour les patients où une fixation a été effectuée, une IRM est réalisée pour évaluer la qualité d'exérèse en cas de résection tumorale.

Le patient est encouragé à marcher après avoir été transféré dans le service, la rééducation est nécessaire et commencée après la sortie si le patient présente une faiblesse motrice en pré ou postopératoire.

X.1.E COMPLICATIONS DE L'APPROCHE SOUS OCCIPITALE MÉDIANE :

Les complications sont liées à la pathologie traitée par l'approche sous-occipitale médiane.

L'aggravation neurologique est la première complication qui peut prolonger le séjour à l'hôpital et retarder la guérison du patient, surtout si une trachéotomie a été effectuée.

La fistule du LCR est une complication dangereuse qui doit être prise en charge rapidement par un drainage lombaire externe ou même une chirurgie de révision.

Si la fixation a été réalisée, l'infection du matériel de fixation nécessite son ablation, la prévention de cette infection est toujours la meilleure option.

X.1.F AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE L'APPROCHE SOUS-OCCIPITALE MÉDIANE :

X.1.F.a AVANTAGES :

-Il s'agit d'une approche simple, que la plupart des neurochirurgiens connaissent bien, et qui présente un taux de morbidité très faible.

-Un large éventail de lésions et de pathologies peut être traité par cette approche.

-De nombreux objectifs chirurgicaux peuvent être atteints, comme l'excision, la décompression et la fixation en utilisant la même approche et en même temps.

-Elle peut être utilisée comme une chirurgie de deuxième temps après l'utilisation d'approches antérieures ou latérales.

(218) (426)

X.1.F.b INCONVENIENTS :

-Les positions utilisées (ventrale ou assise) n'aident pas beaucoup les anesthésistes.

-Les lésions extradurales latérales et antérieures ne sont pas accessibles par l'approche sous occipitale médiane. Pour certaines pathologies comme l'impression basilaire, une chirurgie de deuxième temps peut être nécessaire pour une décompression antérieure.

(218) (426)

XI. APPROCHES MINI-INVASIVES

La chirurgie mini-invasive (MIS) est de plus en plus utilisée dans différentes disciplines chirurgicales, le principe est de minimiser l'approche d'une procédure chirurgicale, d'en créer une nouvelle ou d'utiliser des couloirs naturels et de conserver les mêmes objectifs chirurgicaux que la procédure classique ou de faire mieux avec une morbidité égale ou moins importante.

Les techniques MIS avec fixation seront abordées plus loin, dans ce chapitre nous parlerons de l'approche supra condyloire mini-invasive et de la FLA assistée par endoscopie.

XI.1 L'APPROCHE SUPRA CONDYLAIRE MINI-INVASIVE :

L'approche supra condyloire mini-invasive (SCMI) est une approche postéro-latérale comme l'approche latérale FLA, qui consiste à minimiser l'ablation de l'os, en une craniotomie occipitale latérale minime, sans résection de l'arc postérieur de C1 ni fraisage du condyle occipital (137). Elle est utilisée pour approcher les lésions situées en avant dans la partie inférieure du clivus et latéralement à la jonction bulbo-médullaire. (295)

L'exposition est la même mais avec un angle différent de la FLA.

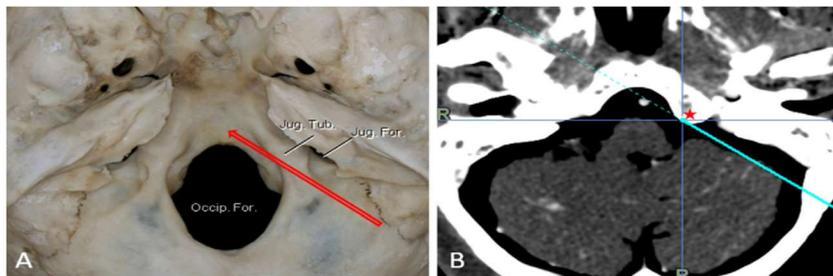


Figure 11.1 L'approche supra condyloire passant par le tubercule jugulaire (flèche rouge en A et étoile rouge en B) (657)

XI.1.A INDICATIONS DE L'APPROCHE SCMI :

Il a les mêmes indications que la FLA avec peu de modifications :

- Les tumeurs intradurales antérieures et antérolatérales du foramen magnum telles que le méningiome ou le schwannome peuvent être réséquées chirurgicalement par cet abord, mais à condition que la tumeur ne soit pas volumineuse et qu'elle ne s'étende pas en dessous du bord postérieur de l'espace occiput-atlas (382).
- Les anévrismes de la jonction PICA-AV peuvent être atteints et traités chirurgicalement à l'aide de cette approche (657).

- Les lésions intra axiales latérales telles que les cavernomes de la jonction bulbo-médullaire et de la moelle cervicale supérieure et les tumeurs gliales peuvent être traitées à l'aide de l'approche SCMI (382).
- Les kystes épidermoïdes situés au niveau de la JCV peuvent être enlevés chirurgicalement en utilisant cette approche (382).

XI.1.B GESTION PRÉOPÉRATOIRE :

La préparation du patient est la même que pour l'abord latéral FLA, le scanner et l'IRM sont réalisés pour planifier l'acte chirurgical, le scanner est très utile pour visualiser l'anatomie osseuse et identifier les différents repères chirurgicaux, l'IRM donne au chirurgien des informations sur la relation de la lésion avec les structures neurales et vasculaires.

L'intubation est réalisée par endoscopie, sans manipulation du cou. Des antibiotiques sont administrés avant l'intubation.

XI.1.C TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-La position du patient est en banc de parc ou en banc de parc modifié, le patient est en position latérale en trois quarts avec la tête fléchie et tournée de l'autre côté, l'épaule ipsilatérale est tirée doucement et l'épaule contralatérale est libre et collée au support de la tête.

-L'incision est linéaire à 2 cm derrière l'apophyse mastoïde, une incision en forme de S peut également être utilisée, les muscles sous-occipitaux sont disséqués, la mastoïde, l'os occipital et l'arc postérieur ipsilatéral de C1 sont exposés.

-La craniotomie occipitale latérale est effectuée, la limite latérale de la craniotomie est le bord postérieur du sinus sigmoïde, la limite médiale est la ligne médiane et le bord postérieur du trou occipital est réséqué (657).

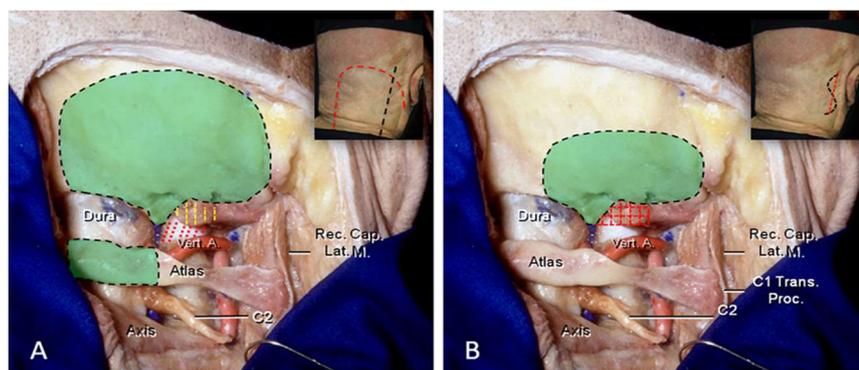


Figure 11.2 Différence entre la FLA (A) et l'approche supra condyloaire mini-invasive (B) pour la résection osseuse et le type d'incision (657)

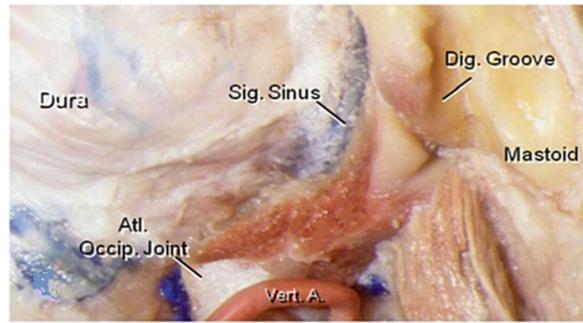


Figure 11.3 Les limites de la craniotomie dans l'approche SCMI sont le bord postérieur du sinus sigmoïde en latéral, la ligne médiane en médial et le bord postérieur du foramen magnum en inférieur (657)

Le fraisage est poursuivi sur le condyle, dans la fosse condylienne ; le condyle n'est pas réséqué mais le bord postéro-médial peut être fraisé après une ouverture limitée de l'articulaire capsulaire sur son attache supéro-médiale (373).

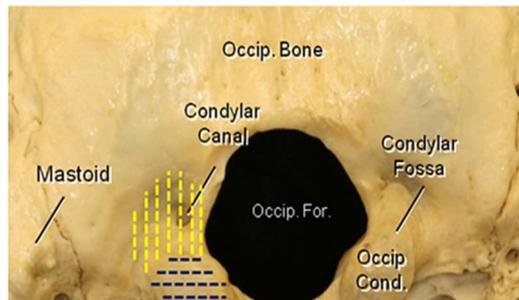


Figure 11.4 La fosse supracondylaire est fraisée (zone pointillée jaune) et le condyle est respecté (zone pointillée bleue) (657)

-Le tubercule jugulaire est fraisé entre le foramen jugulaire latéralement et le toit du canal hypoglosse médialement, qui a été exposé après le fraisage de la fosse condylienne. Ce fraisage est extradural et il doit être réalisé sous irrigation généreuse, pour protéger les nerfs crâniens inférieurs sous-jacents, en particulier le nerf XI (373).

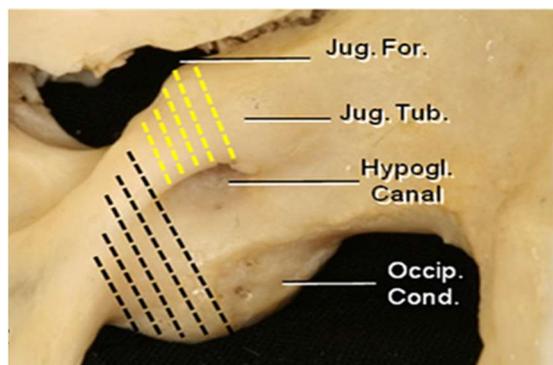


Figure 11.5 La tubercule jugulaire (zone pointillée jaune) est fraisée de manière extradurale entre le foramen jugulaire et le canal hypoglosse (657)

-Lors du fraisage du tubercule jugulaire, il faut veiller à ne pas blesser le bulbe jugulaire latéralement, l'AICA antérieurement et le sinus pétreux inférieur en antéro-inférieur (657).

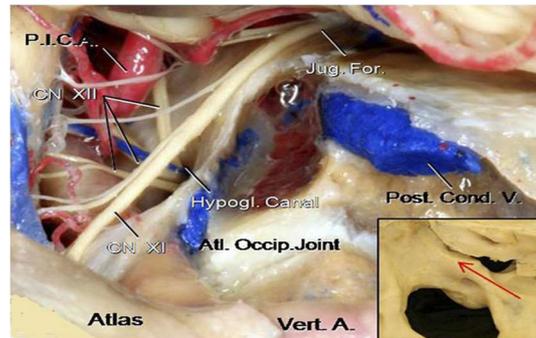


Figure 11.6 Vue intradurale du cadavre après ablation du tubercule jugulaire (657)

-La dure-mère est ouverte de manière curviligne, en commençant en médial vers le sinus sigmoïde et en descendant en médial vers le point d'entrée de l'AV.

-Après l'ouverture de la dure-mère, les nerfs crâniens inférieurs sont exposés en haut, le nerf hypoglosse en bas, la PICA traverse ces nerfs et l'AV est médiale avec la moelle. Le fraisage extradural du tubercule jugulaire expose le clivus inférieur.

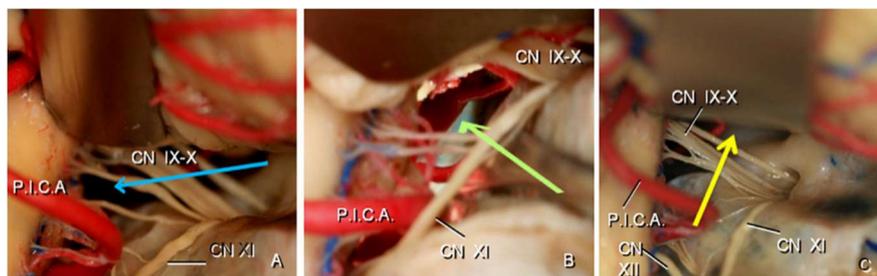


Figure 11.7 Différents angles exposés par l'approche SCMI (A,B et C) ; médial et inférieur aux nerfs crâniens IX et X (flèche bleue en A), inférieur et latéral aux IX et X (flèche verte en B), et supérieur aux IX et X (flèche jaune en C). (657)

-L'endoscope peut être utile à ce stade pour regarder dans les coins et exposer les nerfs facial et cochléo-vestibulaire en haut et le sixième nerf en haut et en bas (296).

-Les tumeurs et les lésions situées dans cette région sont traitées par cette approche, la dure-mère est fermée hermétiquement à la fin de la procédure et les différents plans sont fermés de manière standard.

XI.1.D GESTION POSTOPÉRATOIRE :

Le déroulement postopératoire est le même que pour l'abord latéral FLA, le patient est transféré aux soins intensifs, il est extubé, un examen neurologique complet est effectué pour détecter tout déficit crânien inférieur et avec le fraisage rapproché du tubercule

jugulaire leur blessure peut provoquer ce déficit.
La fuite du LCR est censée être moins fréquente en raison de l'ouverture durale minimale, la plaie est vérifiée tous les jours. Le séjour à l'hôpital est réduit s'il n'y a pas de complication et la guérison est plus rapide.

XI.1.E COMPLICATIONS DE L'APPROCHE SCMI :

L'aggravation neurologique est la première complication, les déficits crâniens inférieurs peuvent être aggravés par l'excision de la lésion ou par une blessure lors du fraisage du tubercule jugulaire.

Lésion du bulbe jugulaire qui doit être prise en charge par le tamponnement par des agents hémostatiques.

La fuite de LCR est rare, si elle se produit le drainage lombaire externe est placé pendant plusieurs jours, la chirurgie de révision est rarement préconisée.

XI.1.F AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE L'APPROCHE SCMI

XI.1.F.a AVANTAGES :

- Le temps opératoire nécessaire à la voie d'abord est réduit.
- Aucun fraisage important du condyle occipital n'est nécessaire pour l'abord SCMI.
- Aucune mobilisation de la VA, ni aucune transposition ne sont nécessaires.
- L'arc postérieur de l'atlas n'est pas réséqué pour l'approche.
- L'utilisation de l'endoscope permet une meilleure visualisation et augmente l'exposition.
- Le séjour à l'hôpital est réduit avec les avantages financiers qu'il procure.

XI.1.F.b INCONVÉNIENTS :

- L'approche n'est pas adaptée aux grosses tumeurs et aux tumeurs qui ont une extension caudale.
- D'importantes structures neurales et vasculaires (nerfs crâniens inférieurs, sinus sigmoïde) sont à risque lors du fraisage du tubercule jugulaire.
- L'exposition du clivus moyen est moindre que celle donnée par l'approche latérale FLA classique.

XI.2 L'ABORD LATÉRAL FLA ASSISTÉ PAR ENDOSCOPIE

L'approche latérale FLA est la plus utilisée pour traiter les pathologies intradurales ventrales et ventrolatérales de la JCV. Avec le développement des techniques mini-invasives au cours des deux dernières décennies et l'utilisation d'endoscopes, de nombreuses tentatives de minimiser l'approche latérale FLA ont été signalées (214) (240).

En raison des multiples couches musculaires de cette région, la chirurgie en trou de serrure ou keyhole est très difficile à réaliser ici, et la sélection des cas pour cette technique est la clé du succès de la chirurgie.

L'approche latérale assistée par endoscopie (EFLA) est également appelée approche latérale lointaine minime ou approche latérale lointaine par trou de serrure (44).

XI.2.A INDICATIONS DE L'EFLA :

Comme l'approche latérale FLA, les principales indications de l'EFLA sont les pathologies intradurales de la JCV ventrale et ventro latérale, mais toutes les pathologies intradurales ne peuvent pas être traitées par cette approche, les lésions étendues et de grande taille sont plus appropriées pour d'autres approches (376).

Les anévrismes de la circulation postérieure (PICA, jonction PICA-AV) pourraient être chirurgicalement clippés par cette approche. L'endoscope est très utile pour examiner les coins autour de l'anévrisme et pour vérifier qu'aucune perforante n'est prise dans le clip.

Les petits méningiomes et schwannomes du foramen magnum peuvent être réséqués à l'aide de l'EFLA (148).

Les lésions intra-axiales telles que les gliomes et les cavernomes peuvent être réséqués en utilisant l'approche EFLA (245).

XI.2.B PRÉPARATION PRÉOPÉRATOIRE :

Le scanner et l'IRM sont des examens de routine dont les objectifs sont multiples : définir l'anatomie osseuse externe, diagnostiquer la nature de la lésion et donner des informations importantes sur la relation de la lésion avec les lésions neurales et vasculaires adjacentes.

Lors d'une chirurgie en trou de serrure ou keyhole, la neuro navigation est obligatoire, l'IRM est donc réalisée selon le protocole de navigation.

L'intubation doit être réalisée par endoscopie, avec une mobilisation

minime ou nulle du cou.

Des antibiotiques sont administrés avant l'intubation.

XI.2.C TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est placé dans une position modifiée de banc de parc, la position ventrale est également signalée pour cette approche, le moniteur de navigation est placé du côté de l'incision et à côté de celui-ci est placé le moniteur d'endoscopie, les deux moniteurs sont en face du chirurgien.

-L'incision est linéaire ou en forme de S, pratiquée 2 à 3 cm derrière l'apophyse mastoïde et commence 3 cm au-dessus du niveau de l'apophyse mastoïde et se termine 3 cm en dessous de cette ligne.

(240)

-La dissection musculaire peut se faire de deux manières, la première consiste à disséquer couche par couche, en détachant d'abord le sternocléidomastoïdien et le splénius capitis puis en divisant le muscle semi spinalis, le triangle sous-occipital est exposé et les muscles obliques supérieurs et le muscle grand droit ou pars major sont détachés de l'os occipital. La deuxième manière consiste à utiliser des repères osseux, en particulier l'arc postérieur de l'atlas et l'apophyse épineuse de C2 qui sont palpés sous les muscles, les muscles sont divisés en suivant ces repères, les muscles sont détachés de l'os occipital uniquement de la zone nécessaire à la craniotomie (296).

L'arc postérieur et l'os occipital sont exposés, le parcours de l'AV est identifié dans le triangle sous-occipital, une mini craniotomie ou craniotomie occipitale en trou de serrure est réalisée, de près de 3 cm de diamètre, la résection de l'arc postérieur de l'atlas dépend de l'extension de la lésion et n'est pas systématique.

-La résection condylienne n'est pas systématique.

Une condylectomie partielle et un fraisage du tubercule jugulaire peuvent être réalisés pour aplatir le corridor chirurgical en gagnant quelques millimètres sous le plancher dural de l'abord (657).

-La dure-mère est ouverte de façon curviligne à la face médiale du point d'entrée de l'AV, les berges de la dure-mère sont tractées de part et d'autre.

-La dissection est commencée en exposant les structures importantes, l'AV, la PICA, les nerfs crâniens inférieurs et le tronc cérébral, l'excision de la lésion peut être commencée sous le microscope.

-L'endoscope est introduit et la résection est commencée ou poursuivie sous endoscopie assistée, la navigation est très utile pour ne pas blesser les structures vitales lors de l'utilisation

de l'endoscope.

La vue assistée par endoscopie change lorsque l'on change l'angle de l'endoscope, montrant les nerfs AICA, VII et VIII dans la partie supérieure de l'approche, la PICA et les nerfs crâniens inférieurs dans la partie médiane et le nerf hypoglosse et AV dans la partie inférieure (376).

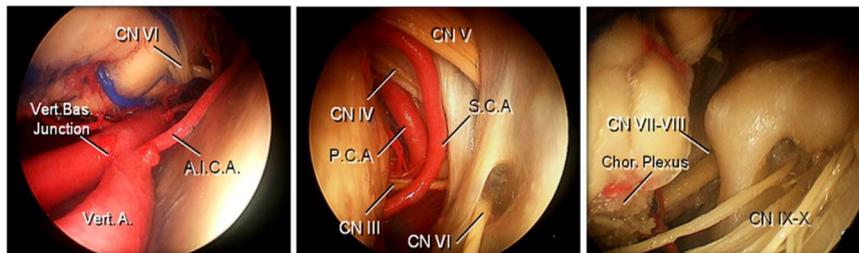


Figure 11.8 différentes vues endoscopiques obtenues avec le changement d'angle de l'endoscope. (657)

À la fin et avant la fermeture, l'endoscope permet de vérifier tous les angles morts pour détecter toute tumeur résiduelle et contrôler l'hémostase.

La dure-mère est fermée hermétiquement et la plaie est fermée en plusieurs plans.

XI.2.D LA PRISE EN CHARGE POSTOPÉRATOIRE :

Le patient est transféré aux soins intensifs où il est extubé, comme pour l'abord latéral FLA, des déficits des nerfs crâniens inférieurs peuvent être présents et l'alimentation n'est pas commencée tant que l'on n'est pas sûr de l'absence de ces déficits, s'ils sont présents, une sonde nasogastrique est placée et une trachéotomie peut être nécessaire.

La plaie est vérifiée chaque jour pour détecter toute fuite de LCR. Le rétablissement est rapide s'il n'y a pas d'aggravation neurologique ou de fuite de LCR.

La durée d'hospitalisation est réduite grâce à cette guérison rapide.

XI.2.E COMPLICATIONS DE L'EFLA :

La présence ou l'aggravation de déficits des nerfs crâniens inférieurs est la première complication qui peut retarder la sortie du patient.

La fuite du LCR est une complication rare lorsque l'on utilise l'approche minime, si elle est présente un drainage ventriculaire externe est mis en place.

Des lésions vasculaires ou nerveuses peuvent survenir lors de l'utilisation de l'endoscope, mais elles sont exceptionnelles, surtout avec l'aide de la navigation.

XI.2.F AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE L'EAFLA :

XI.2.F.a AVANTAGES :

- Le temps nécessaire pour l'approche est réduit.
- Le séjour à l'hôpital est réduit et la récupération est rapide pour le patient.
- La morbidité peut être faible en raison de l'accès minimal qui peut prévenir la fuite du LCR.
- Les angles morts de la JCV ventrale et ventrolatérale sont bien exposés grâce à l'utilisation de différents endoscopes angulaires.

XI.2.F.b INCONVENIENTS :

- Les lésions importantes et étendues ne peuvent pas être traitées à l'aide de l'EFLA et elle est proposée pour certains cas.
- L'épaisseur des couches musculaires rend difficile la minimisation de l'approche et il faut toujours garder à l'esprit le risque de lésion de l'AV.

XII. TECHNIQUES DE FIXATION DE LA JCV

La complexité de l'anatomie et de la biomécanique de la JCV fait que sa stabilité est toujours mise en jeu dans différentes conditions pathologiques et parfois même après une intervention chirurgicale.

La fixation de la JCV est l'un des sujets les plus importants de la chirurgie de la JCV et tout chirurgien qui veut opérer au sein de la JCV doit maîtriser les différentes techniques de fixation de la JCV, leurs indications, contre-indications et limites.

La fixation interne n'est que temporaire jusqu'à ce que la fusion osseuse se produise, l'os est un tissu dynamique formé de matrices organiques et inorganiques, sa formation est induite par les ostéoblastes, mûrit avec les ostéocytes et sa résorption est due à la dissolution des matrices organiques et inorganiques par les ostéoclastes.

Le succès de la fusion dépend de la préparation du site et de la capacité du greffon à guérir l'os, la guérison est un processus long qui prend plusieurs semaines, pendant ce temps l'immobilisation est obligatoire et le site de fusion n'a pas besoin de pression et de contraintes pendant ce temps.

Il existe de nombreuses techniques de fixation de la JCV, certaines sont antérieures et d'autres postérieures, les techniques antérieures comprennent la fixation antérieure C1-C2, la fixation antérieure C2-C3 et le vissage antérieur de l'odontoïde, les techniques de fixation trans orale ont été abandonnés par la plupart des auteurs. Les techniques postérieures comprennent la fixation occipitocervicale postérieure, la fixation C1-C2 postérieure et la fixation C2C3 postérieure.

Avec le développement des techniques de chirurgie mini-invasive du rachis (MIS), la fixation odontoïde par vis antérieure et la fixation postérieure C1C2 mini-invasive ont été signalées et réalisées avec succès.

Avec toutes ces techniques, il faut savoir dans quels cas elles sont indiquées et quelle technique est la meilleure option pour le patient avec la plus faible morbidité possible.

XII.1 FIXATION C1C2 ANTÉRIEURE

Après avoir abandonné les techniques de fixation trans orale en raison des problèmes infectieux, d'autres techniques ont été essayées avec succès comme la fixation trans articulaire antérieure C1C2, et la fixation C1C2 à l'aide d'une plaque et de vis avec distraction.

XII.1.A FIXATION TRANSARTICULAIRE ANTÉRIEURE C1C2 :

La fixation atlanto axiale trans articulaire antérieure a été décrite par Reindl et al en 2003, comme une alternative aux différentes techniques postérieures déjà disponibles, ils ont utilisé la technique de Smith Robinson. Deux ans après en 2005 le même groupe a publié une étude des caractéristiques biomécaniques de cette technique (521).

Cette technique est peu connue et peu utilisée par les chirurgiens du rachis, elle est considérée comme une très bonne option pour certains patients sélectionnés.

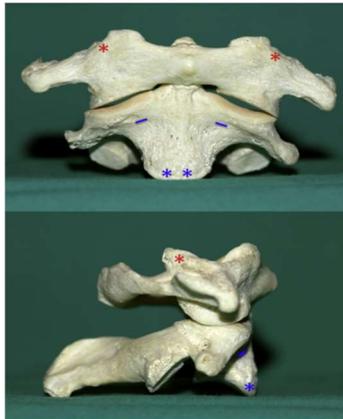


Figure 12.1 Le point d'entrée pour la fixation trans articulaire C1C2 antérieure (petite ligne bleue) et le point final supposé (astérisque rouge). (236)

XII.1.A a INDICATIONS DE LA FIXATION ATLANTO AXIALE TRANS ARTICULAIRE ANTÉRIEURE :

-Cette technique est indiquée pour les pathologies où une fixation atlanto axiale est nécessaire, les mêmes indications de fixation atlanto axiale postérieure sont donc identiques pour cette technique.

-Les lésions traumatiques telles que la fracture de l'odontoïde, la luxation atlanto axiale traumatique et la fracture de Jefferson avec rupture du ligament transverse atlantal peuvent être traitées

par la fixation atlanto axiale trans articulaire antérieure.

-Les lésions pour lesquelles la fixation postérieure C1C2 est indiquée et qu'il n'est pas possible de l'utiliser, la fixation trans articulaire antérieure C1C2 trouve bien sa place, surtout lorsque les éléments postérieurs sont lésés et pour éviter la fixation occipito cervicale qui peut limiter les mouvements du cou du patient sans nécessité (236).

-Certains cas de désordres dégénératifs et malformatifs qui induisent une luxation atlanto axiale peuvent être traités à l'aide de cette technique.

XII.1.A.b CONTRE-INDICATIONS DE LA FIXATION TRANSARTICULAIRE ANTERIEURE C1C2 :

La luxation atlanto-axiale rotatoire fixe n'est pas indiquée pour cette technique, la réduction n'est pas toujours possible avec cette technique.

Dans tous les cas où une décompression neurale est nécessaire, cette technique ne permet que la fixation et la fusion.

Certains cas de pathologies malformatives telles que l'invagination basilaire et la platybasie où le champ opératoire est étroit et où la technique peut être dangereuse pour le patient (497).

XII.1.A.c PRÉPARATION PREOPÉRATOIRE :

Les patients qui seront traités par la fixation trans articulaire atlanto axiale subissent un bilan radiologique et parce que les patients indiqués pour cette technique présentent des lésions traumatiques, un scanner avec reconstructions 3D est obligatoire pour le diagnostic et la planification de l'acte chirurgical. L'angio CT est indiqué dans les cas de malformations et certaines lésions dégénératives avec des déformations importantes.

L'IRM n'est pas toujours nécessaire, elle est indiquée pour les pathologies malformatives et lorsqu'il existe un fort doute sur l'intégrité du ligament transverse atlantal dans les cas traumatiques.

La traction trans crânienne est nécessaire pour la réduction de certaines lésions traumatiques, la réduction est contrôlée par fluoroscopie, des poids peuvent être ajoutés si nécessaire pour obtenir une bonne réduction et un bon alignement.

Lorsque la traction n'est pas indiquée, l'immobilisation se fait avec un collier cervical placé jusqu'à la fixation et conservé pendant 6 à 12 semaines après l'opération.

L'intubation de ces patients doit toujours être très prudente, en prenant bien soin de ne pas mobiliser le cou du tout et en utilisant

un endoscope.

Des antibiotiques sont administrés avant l'intervention chirurgicale.

XII.1.A.d TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est en décubitus dorsal, placé sur une table radio transparente, deux arceaux sont nécessaires pour les incidences latérales et en bouche ouverte, la tête est fixée sur une têtière radio transparente ou maintenue libre sur la table. La tête est en légère extension, en particulier pour les patients ayant le cou court ou la poitrine proéminente. La bouche est maintenue ouverte à l'aide d'un matériel radio transparent et le tube d'intubation est éloigné de la vue en direction du rachis ⁽¹⁵³⁾.

Les séquences latérales et en bouche ouverte sont vérifiées avant de commencer, le niveau d'incision C4 est également vérifié à la fluoroscopie.

-L'incision transversale est faite au niveau C4 qui correspond au bord supérieur du cartilage thyroïde.

-Le platysma est ensuite disséqué et ouvert, l'aponévrose pré trachéale est ouverte par dissection mousse. La gaine carotidienne est latérale et la trachée et l'œsophage sont du côté médial, ils sont écartés pour exposer l'aponévrose pré vertébrale.

Le niveau est vérifié sous fluoroscopie et la dissection pré vertébrale est poursuivie crânialement pour exposer le corps vertébral C2 et la base de l'odontoïde.

-Après vérification du niveau sous fluoroscopie, les muscles longs du cou sont détachés des articulations C1C2 et les capsules articulaires sont ouvertes pour préparer le site de fixation.

Le fil Kirshner (K) est utilisé et introduit à l'aide d'un moteur à grande vitesse, le point d'entrée est à 5 mm latéralement de la base de l'odontoïde et à 25° latéralement, le point d'entrée peut être aminci à l'aide d'une fraise diamantée à grande vitesse si l'os cortical est résistant, le fil K est avancé et vérifié à chaque étape sur les vues latérales et l'incidence bouche ouverte, le fil ne doit pas dépasser le bord supérieur de la masse latérale de l'atlas en incidence de bouche ouverte et le bord postérieur de cette masse latérale en séquence latérale ⁽⁴⁴⁷⁾.

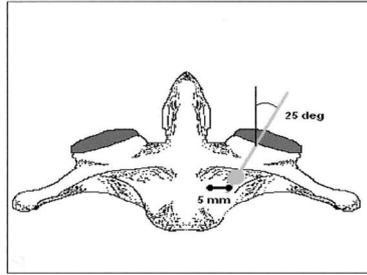


Figure 12.2 Le point d'entrée est à 5 mm latéralement par rapport à la ligne médiane et à 25° à l'extérieur dans le plan coronal. (521)

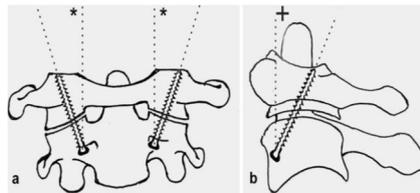


Figure 13.3 Les vis sont introduites en suivant la trajectoire de 25° extérieur sur le plan coronal (a) et à 25° sur le plan sagittal (b). (447)

On utilise une vis canulée partiellement filetée de 3,5 à 4 mm de diamètre et de 20 à 26 mm de longueur, il faut faire attention à ne pas avancer le fil K lors de la mise en place de la vis, une autre vis est placée du côté controlatéral selon la même méthode (447). L'hémostase est vérifiée à l'extrémité, les vis sont également vérifiées à la fluoroscopie. Le platysma et la peau sont fermés de manière standard.



Figure 12.4 la vue radiologique des vis transarticulaires antérieures sur les séquences en bouche ouverte et latérale (236)

XII.1.A.d GESTION POSTOPÉRATOIRE :

Le patient est extubé et transféré au service de soins intensifs, 24 heures après il est transféré au service.

Le patient peut être nourri le lendemain de l'opération, il peut présenter une dysphagie transitoire due à l'écartement. Le patient commence à marcher le jour même.

Le patient peut être libéré trois à quatre jours après l'intervention chirurgicale

Le collier cervical est conservé pendant 6 à 12 semaines après l'opération, un scanner cervical est ensuite effectué pour vérifier le matériel de fixation.

XII.1.A.e COMPLICATIONS POSTOPERATOIRES :

Le patient peut présenter une dysphagie transitoire due à l'écartement.

Le nerf laryngé supérieur et le nerf récurrent peuvent être lésés. Les lésions de la carotide et la lacération de l'œsophage sont très rares.

La lésion de l'artère vertébrale lors du vissage est une complication évitable si l'on utilise la bonne technique.

L'infection du site de fixation est très rare et peut nécessiter le retrait des vis si elle se produit.

XII.1.A.f AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA FIXATION TRANSARTICULAIRE ANTÉRIEURE C1C2 :

AVANTAGES :

-Le patient est en décubitus dorsal, ce qui rend le chirurgien plus confortable.

-Il s'agit d'une approche de routine (Smith et Robinson) que la plupart des chirurgiens connaissent bien.

-Le nerf C2 et l'AV ne sont pas à risque de blessure pendant l'approche ⁽⁴⁴⁷⁾.

-Approche très utile pour les lésions dont les éléments postérieurs ne sont pas intacts ⁽¹⁵³⁾.

-Le vissage odontoïde antérieur peut être réalisé en même temps si elle est indiquée et en utilisant la même approche.

INCONVÉNIENTS :

-La technique de vissage n'est pas habituelle et elle n'est pas utilisée de manière systématique.

-La décompression neurale ne peut pas être réalisée par cette approche.

-Comme l'approche trans articulaire postérieure, les mouvements de flexion extension ne sont pas totalement limités, mais contrairement à elle, l'association d'un greffon avec laçage ne peut pas être réalisée.

L'approche n'est utile que pour des cas sélectionnés et non pour toutes les luxations atlanto-axiales.

XII.1.B DISTRACTION ET FIXATION ATLANTO-AXIALE ANTÉRIEURE :

La distraction des articulations atlanto axiales à l'aide de spacers avec fixation est la première option pour le traitement de l'invagination basilaire. Cette technique a été appliquée en utilisant l'approche postérieure. Patkar et al ont décrit une nouvelle technique utilisant les mêmes principes de distraction et de fixation, mais l'approche qu'ils ont utilisée était antérieure, exposant la surface antérieure de C1 et C2 et ouvrant l'espace articulaire entre l'atlas et l'axis et mettant en place un spacer ou une cage, puis terminant par une fixation à l'aide d'une plaque et de vis (498).

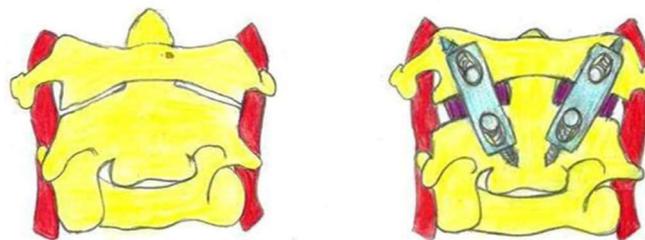


Figure 12.5 Technique de distraction et de fixation C1C2 antérieure (500)

XII.1.B.a INDICATIONS DE LA TECHNIQUE DE DISTRACTION ET DE FIXATION ANTERIEURE C1C2 :

-Cette technique est indiquée pour le traitement des IB sans malformation de Chiari ou syringomyélie, la distraction va réduire le prolapsus odontoïde et corriger le mal alignement des articulations de l'axis et de l'atlas dans les plans coronal

et sagittal et la fixation va le maintenir ainsi jusqu'à ce que la fusion se produise.

- Cette technique peut également être utilisée dans les cas d'impression basilaire secondaire à une polyarthrite rhumatoïde.
- Certaines dislocations atlanto axiales secondaires à la tuberculose ont été traitées par cette approche (500).
- Certains cas de chirurgie de révision où l'infection et les tissus cicatriciels rendent l'approche postérieure impossible à réaliser (499).

XII.1.B.b GESTION PREOPERATOIRE :

Le patient qui est prévu pour une technique de fixation par distraction C1C2 antérieure doit subir un scanner avec reconstructions 3D, une IRM et une angio RM et des radios dynamiques standards. Ces explorations aideront le chirurgien à comprendre l'anatomie osseuse 3D de la JVC du patient, donneront des informations sur l'anatomie de l'AV, en particulier dans les cas d'IB où ces anomalies sont fréquentes et les vues dynamiques donneront une idée sur la dislocation atlanto axiale, est ce qu'elle est fixe ou non ?

Le patient est intubé par endoscopie sans aucune mobilisation du cou.

Les antibiotiques sont administrés avant l'intubation.

XII.1.B.c TECHNIQUE CHIRURGICALE :

- Le patient est placé en décubitus dorsal avec la tête étendue et légèrement tournée vers le côté gauche.
- Une incision courbe est pratiquée sous la mandibule, 2 cm en dessous de l'origine de la branche marginale du nerf facial. Le bord médian de l'incision est la ligne médiane.
- Le platysma est disséqué et coupé en suivant la ligne d'incision, après le muscle mylo hyoïde est divisé à partir de la ligne médiane jusqu'à l'angle de la mandibule, la glande sous-mandibulaire est exposée en écartant le lambeau musculaire vers le haut, la glande est disséquée et le muscle digastrique est détaché de l'os hyoïde. Le nerf hypoglosse est identifié puis disséqué et écarté vers le haut. L'artère et la veine faciales sont identifiées latéralement et protégées.

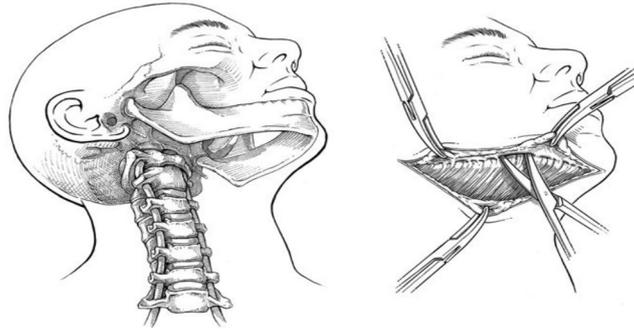


Figure 12.6 la position et le type d'incision utilisé pour la fixation et la distraction trans articulaire C1C2 antérieure (645)

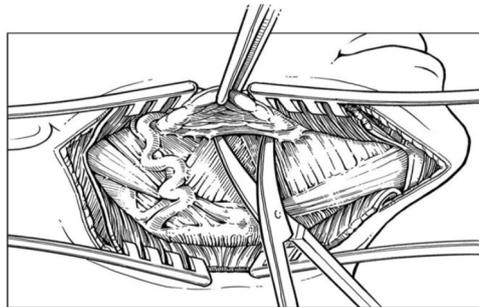


Figure 12.7 Après ouverture du platysma, la glande sous-mandibulaire est disséquée et écartée vers le haut (645)

-L'espace rétro pharyngien est atteint médialement de l'artère carotide et le corps antérieur C2 est exposé, le niveau de C2 est vérifié à la radioscopie latérale, le ligament longitudinal antérieur et les muscles longs du cou sont disséqués et détachés du corps de l'axis et de la surface antérieure des articulations atlanto axiales.

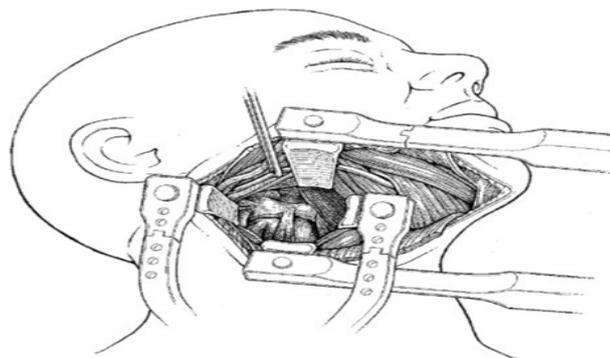


Figure 12.8 La partie antérieure de la colonne cervicale supérieure est exposée en écartant vers le haut le nerf hypoglosse et le muscle digastrique (645)

-La capsule antérieure de l'articulation C1C2 est ouverte et les surfaces articulaires sont préparées pour la mise en place du greffon à l'aide de micro curette en enlevant le matériel synovial et le cartilage (498).

-Une cage ou un spacer en titane est placée dans l'espace articulaire, ce qui distrait l'articulation et réduit le prolapsus odontoïde crânien (500).



Figure 12.9 Cages, plaques et vis en titane utilisées pour la technique de fixation par distraction antérieure C1C2 (499).

-La plaque et les vis sont ensuite placées, en commençant par les vis des masses latérales de l'atlas, le point d'insertion est situé à 5 mm au-dessus du point médian de la ligne d'articulation C1C2, la trajectoire est orientée à 20° vers le haut et latéralement, la longueur des vis est comprise entre 15 et 20 mm, elle est calculée sur le scanner préopératoire, les vis d'axis sont placées dans le trou inférieur de la plaque, le point d'insertion est réalisé juste au-dessus de l'espace discal C2C3, la trajectoire est de 20° en médial, la longueur des vis est généralement comprise entre 18 et 24 mm, avant de serrer les vis, la tête est placée en position neutre et en extension (500).

-Le placement de la plaque et des vis est évalué par fluoroscopie latérale. Les différents plans sont fermés de façon standard.

XII.1.B.d GESTION POSTOPÉRATOIRE :

Le patient est extubé et transféré aux soins intensifs, l'alimentation peut commencer le lendemain s'il n'y a pas de déficit des nerfs crâniens inférieurs ou d'aggravation des déficits déjà présents. Un scanner postopératoire est effectué pour vérifier et évaluer le placement de la plaque et des vis, la réduction de la luxation atlanto-axiale est également évaluée et comparée à l'imagerie du scanner préopératoire.

L'immobilisation du cou avec mise en place d'un collier cervical est réalisée pendant 4 à 6 semaines.

XII.1.B.e COMPLICATIONS DE LA TECHNIQUE DE FIXATION ET DISTRACTION ANTERIEURE C1C2 :

La malposition des vis est diagnostiquée sur le scanner postopératoire et peut nécessiter une ré intervention.

La distraction peut ne pas réduire la dislocation atlanto-axiale et une autre technique peut être nécessaire.

Une paralysie du nerf hypoglosse peut survenir en raison d'une lésion du nerf pendant l'approche.

La dysphagie peut également être due à un écartement excessif et il faut parfois des jours, voire des semaines, pour la résoudre.

XII.1.B.f AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA TECHNIQUE DE FIXATION ET DISTRACTION ANTÉRIEURE C1C2 :

AVANTAGES :

-L'abord antérieur présente l'avantage de ne pas manipuler l'articulation à proximité de l'artère vertébrale.

-Le nerf C2 et le ganglion ne risquent pas d'être blessés par cette approche.

-La résection odontoïde peut être réalisée par la même approche si la distraction ne réussit pas.

-L'approche antérieure est une procédure facile, la position ventrale rend difficile la distraction des articulations C1C2.

INCONVÉNIENTS :

-L'approche est inhabituelle pour la plupart des neurochirurgiens, il n'est pas toujours possible de l'utiliser en routine pour le traitement des cas déjà rares.

-Aucune décompression n'est effectuée, la distraction devrait donc réduire la compression sur les structures neurales.

-Les cages en titane utilisées sont fabriquées sur mesure, il n'est donc pas toujours possible de les avoir en cas de besoin.

-Le champ opératoire peut être étroit en raison de la platybasie associée à l'invagination basilaire.

XII.2 VISSAGE ANTÉRIEUR DE L'ODONTOÏDE

Le vissage antérieur de l'odontoïde (VAO) a été décrit pour la première fois par Bohler en 1981 pour le traitement des fractures odontoïdes, il présente l'avantage de préserver le mouvement du cou dans différents plans, malheureusement il n'est pas indiqué pour tous les types de fractures. Les taux de fusion sont élevés et la morbidité de cette technique est très faible (359).

L'utilisation de deux arceaux en mode biplan est obligatoire pour avoir des séquences en bouche ouverte et des séquences latérales qui aident à l'insertion de la vis (229).

XII.2.A INDICATIONS DU VAO :

- Comme nous l'avons dit précédemment, cette technique est indiquée pour le traitement des fractures de l'odontoïde.
- Fracture de l'odontoïde de type II d'Anderson et D'Alonzo avec déplacement de la dent de plus de 5 mm (335).
- Fractures subaiguës de type II lorsque l'alignement n'est pas maintenu avec les orthèses.
- Fractures de type II avec non fusion chronique.
- Fractures de type II indiquées pour un halo vest avec traction et que le patient ne peut pas le porter.
- Fractures de type III avec développement d'une non fusion.

XII.2.B CONTRE-INDICATIONS DU VAO :

- La première contre-indication est la rupture du ligament transverse atlantal qui rend le complexe C1C2 instable même en cas de fusion complète de l'odontoïde (267).
- L'ostéoporose sévère contre-indique également cette technique (193).
- Les fractures comminutives et les fractures de type III avec extension profonde dans le corps de C2 ne peuvent pas être traitées par cette technique (213).
- Le thorax en tonneau et la déformation en flexion fixe ne permettent pas une bonne trajectoire, le placement de la vis n'est pas possible (213).
- La pseudarthrose et l'os odontoïdeum ont un très mauvais résultat de guérison s'ils sont traités avec le VAO.

XII.2.C PLANIFICATION PRÉOPÉRATOIRE :

Le patient a déjà subi des radiographies et un scanner qui confirment le diagnostic de la fracture et sa morphologie, le scanner permet de calculer la longueur de la vis si le VAO est indiqué.

Les radiographies dynamiques peuvent suspecter une rupture du ligament transverse atlantal.

Lorsque l'indication d'un VAO est confirmée, une IRM est effectuée pour s'assurer que le ligament transverse atlantal est intact. L'IRM peut révéler la présence de tout signal anormal qui pourrait expliquer des déficits neurologiques s'ils sont présents.

L'intubation est effectuée avec une assistance optique pour éviter toute manipulation de la tête qui pourrait déplacer la fracture.

Une traction crânienne peut être nécessaire pour réduire la fracture et avoir un bon alignement avant la mise en place de la vis, la traction est maintenue pendant la durée de l'opération.

Des antibiotiques sont administrés avant l'intubation.

XII.2.D TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est placé en décubitus dorsal, avec la tête en extension pour faciliter la mise en place de la vis, si la fracture se réduit en extension, des coussinets sont placés sous les épaules pour obtenir une hyper extension, si la fracture est disloquée en extension, la tête est placée en position neutre ⁽¹⁸²⁾.

-Deux unités de fluoroscopie sont nécessaires, l'une est placée de manière à avoir une vue trans orale (bouche ouverte), et l'autre est placée avec l'arc autour de la tête pour avoir des vues latérales de l'odontoïde. Les vues sont prises avant de commencer l'opération. La table d'opération doit être radio transparente et la bouche est maintenue ouverte pendant l'opération en utilisant un bouchon de champagne ou tout autre matériel radio transparent ⁽³⁰⁷⁾.

La position et le placement des unités de radioscopie peuvent prendre plus de temps que l'opération elle-même.

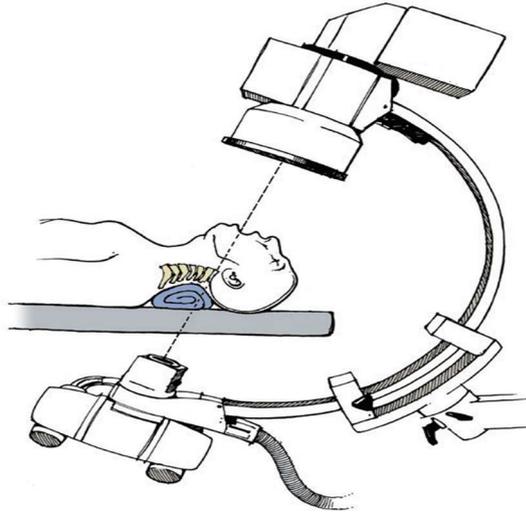


Figure 12.10 la position du patient pour le vissage odontoïde antérieur et le placement de l'arceau de fluoroscopie pour les séquences en bouche ouverte (476)

-L'incision est de forme transversale réalisée au niveau de C4, le platysma est ouvert en suivant la ligne d'incision, la dissection se poursuit en dedans du muscle sternocléidomastoïdien pour exposer l'aponévrose pré vertébrale (307).

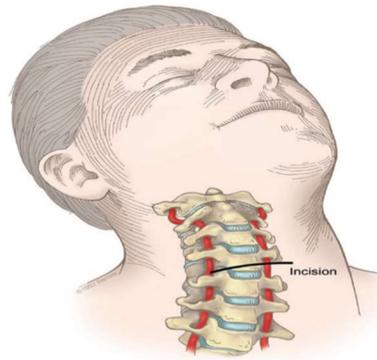


Figure 1 2.11 L'incision pour le vissage odontoïde antérieur est transversale au niveau de C4 (476)

-La dissection est poursuivie par voie rostrale jusqu'à l'exposition du fascia couvrant le corps de l'axis, ce qui est confirmé par la radioscopie latérale, le fascia est ouvert et les muscles longs du cou sont détachés en dedans des corps vertébraux.

Des lames de l'écarteur sont placées de chaque côté, la troisième lame est placée vers le haut dans l'espace rétro pharyngien et fixée au système de rétracteur (182).

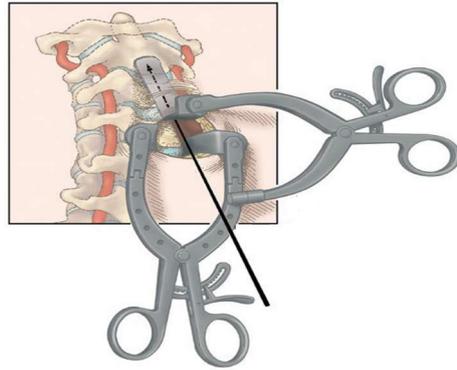


Figure 12.12 Après l'incision et la dissection, le système rétracteur à trois lames est placé pour un vissage odontoïde antérieur (476)

-Une petite partie du disque C2C3 est réséquée dans la ligne médiane et quelques millimètres d'os sont fraisés sur le corps C3 pour faciliter la trajectoire de la vis.

Le fil K est placé dans le plateau inférieur de C2 à l'aide d'une mèche à grande vitesse, la trajectoire du fil K est vérifiée à la fluoroscopie, la pointe de l'odontoïde puisse être atteinte sans rupture de l'os cortical postérieur (latéral et bouche ouverte) (182).

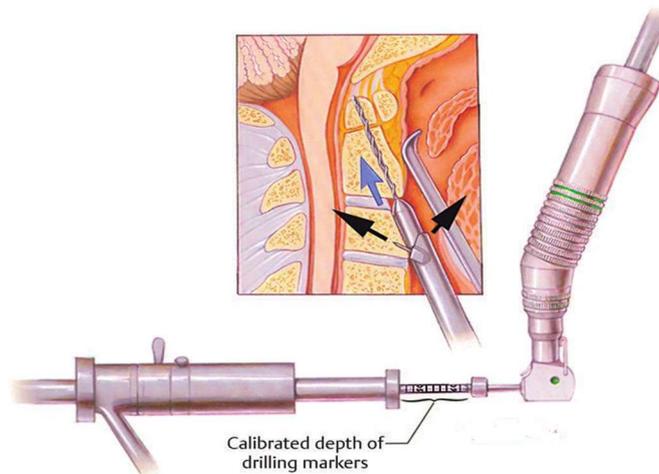


Figure 12.13 La perceuse est introduite et suivie à la radioscopie, et la profondeur de perçage est calculée afin de mesurer la longueur de la vis nécessaire (476)

-Une fois que le fil K atteint le sommet de la dent, la longueur de la vis est calculée, la vis canulée nécessaire est placée et avancée, guidée par le fil K, l'assistant doit fixer le fil de manière à ce qu'il ne puisse pas migrer avec l'avancement de la vis (337).

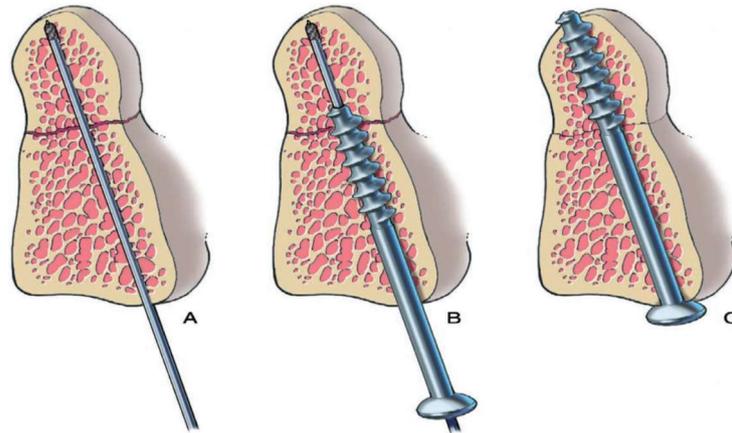


Figure 12.14 Étapes de la mise en place de la vis pour la fixation de l'odontoïde en commençant par l'introduction du fil K (A), la mise en place de la vis canulée à travers le fil K (B), et la mise en place finale de la vis après avoir retiré le fil K (C). (476)

-De nombreux types de vis ont été décrits, la vis de compression est préférée, elle comprime les fragments osseux et facilite la fusion (307).

-Deux vis peuvent être placées, si cela est prévu, les points d'insertion doivent être à 5 mm de la ligne médiane, il n'a pas été prouvé que deux vis sont meilleures bio mécaniquement qu'une seule (338).

-Après la mise en place de la vis et la vérification par fluoroscopie sur les séquences en bouche ouverte et latérales, la fermeture est effectuée de manière standard.

XII.2.E GESTION POSTOPÉRATOIRE :

En l'absence d'incident peropératoire, le patient est extubé et transféré dans le service.

En général, l'alimentation est commencée le lendemain sans problème, sauf en cas de dysphagie grave où un régime spécial est recommandé.

Le collier cervical est placé pendant plusieurs semaines, certains auteurs estiment qu'il n'est pas nécessaire d'immobiliser le cou après le VAO.

La fusion des os sont contrôlées 3 à 5 mois après l'opération par des radiographies et un scanner.

XII.2.F COMPLICATIONS DU VAO :

Des complications liées à l'approche peuvent être observées, telles que la dysphagie, la dysphonie, elles sont généralement transitoires et se résolvent avec le temps.

L'aggravation neurologique est très rare à moins que des lésions associées ne soient présentes.

La pseudarthrose ou l'échec de fusion sont très rares avec

l'utilisation du VAO, ils peuvent être observés chez les patients ostéoporotiques.

XII.2.G AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU VAO :

XII.2.G.a AVANTAGES :

-Le VAO est l'une des plus rares techniques de fixation utilisées en traumatologie qui préserve le mouvement dans toutes les directions.

-L'approche utilisée est standard, de routine dans la pratique quotidienne des neurochirurgiens.

-Les taux de fusion osseuse est très élevé avec le VAO.

-La morbidité et la mortalité liées à l'approche sont très faibles.

(602) (639)

XII.2.G.b INCONVENIENTS :

-Cette technique présente des inconvénients limités lorsqu'elle est pratiquée sur le patient indiqué, même la nécessité de deux fluoroscopes peut être dépassée en utilisant un seul fluoroscope et on passe de la séquence en bouche ouverte à la séquence latérale, l'opération peut prendre un peu plus de temps.

(622) (639)

XII.3 FIXATION ANTERIEURE C2C3 :

La fixation antérieure C2C3 antérieure par plaque et greffon intervertébral est une technique de fusion simple et efficace, cette technique peut être utilisée dans certains cas traumatiques de C2. L'approche utilisée diffère d'un auteur à l'autre, certains utilisent la technique classique de Smith Robinson et d'autres préfèrent l'approche rétro pharyngienne haute. La technique de fixation n'est pas différente et elle est la même pour les deux approches (527).

XII.3.A INDICATIONS DE LA FIXATION ANTÉRIEURE C2C3 :

Cette technique est indiquée pour le traitement chirurgical des fractures bi pédiculaires C2 ou spondylolisthesis post traumatique de C2, type IIa et type III d'Effendi modifié par la classification de Levine (284). L'abord antérieur semble logique car le problème de l'instabilité de ces fractures est situé dans l'espace C2C3 ou le disque inter vertébral et la fixation à ce niveau entraîne une forte stabilisation.

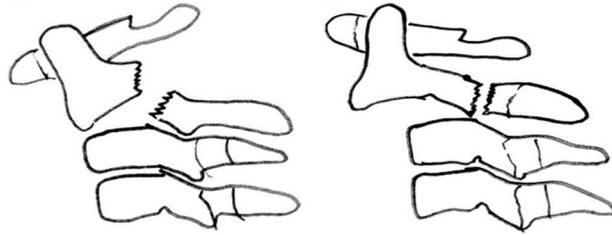


Figure 12.15 Fractures bi pédiculaires de type IIa et de type III qui sont indiquées pour une fixation C2C3 antérieure (76)

XII.3.B PRISE EN CHARGE PRÉOPÉRATOIRE :

Des radiographies et un scanner avec des reconstructions 3D sont réalisés pour le diagnostic et la classification des lésions, si une intervention chirurgicale est indiquée, le scanner aide également à planifier l'acte chirurgical.

L'IRM n'est pas nécessaire dans la plupart des cas, elle peut être réalisée si le patient présente un déficit neurologique et l'IRM peut révéler des lésions de la moelle épinière qui peuvent expliquer ces déficits.

La traction doit être évitée et lorsqu'elle est utilisée, elle doit être réalisée avec une extrême précaution.

L'intubation est réalisée sans mobilisation du cou et à l'aide d'un endoscope si cela est possible.

Des antibiotiques sont administrés avant l'intubation.

XII.3.C TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Selon l'approche utilisée, si l'on choisit l'approche cervicale antérolatérale classique, la position est en décubitus dorsal avec la tête en position neutre, si l'on choisit l'approche rétro pharyngienne haute, la position est en décubitus dorsal avec la tête tournée de l'autre côté, ce qui est choisi par la plupart des chirurgiens (541).

-L'incision est faite au niveau C4, elle peut être transversale ou longitudinale pour l'approche Smith Robinson et elle est un peu plus haute pour l'approche rétro pharyngienne haute sous la mandibule (400).

-La dissection est effectuée entre la gaine carotidienne sous le muscle sternocléidomastoïdien en latéral et la trachée et le cartilage thyroïdien en médial jusqu'à atteindre l'aponévrose pré vertébrale, puis elle est poursuivie en rostral jusqu'au niveau C2C3 qui est confirmé à la radioscopie, les muscles longs du cou sont détachés et l'écarteur auto statique est placé.

-Pour l'approche rétro pharyngienne haute, la dissection commence après l'ouverture du platysma, la glande sous-mandibulaire est disséquée et écartée vers le haut, puis le ligament du digastrique est

détaché de l'os hyoïde et le nerf hypoglosse est disséqué et écarté vers le haut.

Une fois le niveau de C2C3 exposé, la dissectomie est effectuée sous visualisation au microscope et un greffon tri cortical est prélevé sur l'os iliaque.

Une plaque en titane avec des vis sont nécessaires après avoir placé le greffon dans l'espace C2C3, les vis supérieures sont placées dans le corps de l'axis et les inférieures dans le corps de C3 (400).

La mise en place du greffon, de la plaque et des vis est vérifiée à l'aide d'une radioscopie de profil.

La fermeture est effectuée de manière classique.

XII.3.D GESTION POSTOPÉRATOIRE :

Le patient est extubé et transféré aux soins intensifs ou directement dans le service, l'alimentation orale est commencée le lendemain et le patient peut sortir quelques jours plus tard.

L'immobilisation du cou au moyen d'un collier cervical est nécessaire pendant quatre à six semaines après l'opération.

XII.3.E COMPLICATIONS DE LA FIXATION ANTÉRIEURE C2C3 :

Une dysphagie transitoire peut être observée en raison de l'écartement, elle peut se résoudre en quelques jours à quelques semaines.

La détérioration neurologique est très rare, lorsqu'elle se produit, elle est due principalement à des lésions associées.

L'échec de la fusion est exceptionnel, dans les cas d'ostéoporose sévère.

On peut observer une malposition de la plaque et des vis, mais c'est très rare.

XII.3.F AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA FIXATION ANTÉRIEURE C2C3 :

XII.3.F.a AVANTAGES :

- L'approche est standard et de routine, elle est simple et efficace.
- Taux élevé de fusion osseuse.
- Très faible taux de morbidité et de mortalité.
- Elle permet une bonne stabilisation au niveau C2C3.

(370) (548)

XII.3.F.b INCONVÉNIENTS :

-Il n'est pas toujours possible d'obtenir une bonne réduction et un bon alignement en utilisant cette approche.

Le champ de travail est étroit et oblique lorsque l'on utilise

l'approche Smith Robinson, ce qui rend le travail du chirurgien difficile, surtout lorsqu'il effectue une dissection.

(370) (548)

XII.4 FIXATION OCCIPITOCERVICALE :

La fixation occipito cervicale (FOC) a été décrite pour la première fois en 1927 par Forester qui a utilisé comme greffon l'os fibulaire pour la fixation, plus tard en 1968 Hamblen a fait part de son expérience avec la FOC en utilisant un greffon d'os avec ou sans laçage (476).

La FOC est l'une des techniques de fixation interne les plus utilisées pour la fixation de la JCV, utilisant des montages avec plaques, tiges et vis, ce qui a évolué ces dernières années, elles se sont avérées plus efficaces comme fixation rigide interne que le laçage avec ou sans greffe. Elles permettent une fixation immédiate et donnent de bons résultats pour la fixation osseuse. On peut associer également des décompressions et des laminectomies à cette technique (646).

La FOC limitera les mouvements du cou : 40% de l'extension flexion, 60% de la rotation axiale et 10% de la flexion latérale. Les patients indiqués pour ce type de fixation doivent donc être sélectionnés avec soin et être informés de ces limitations et de l'inconfort postopératoire (246) (316).

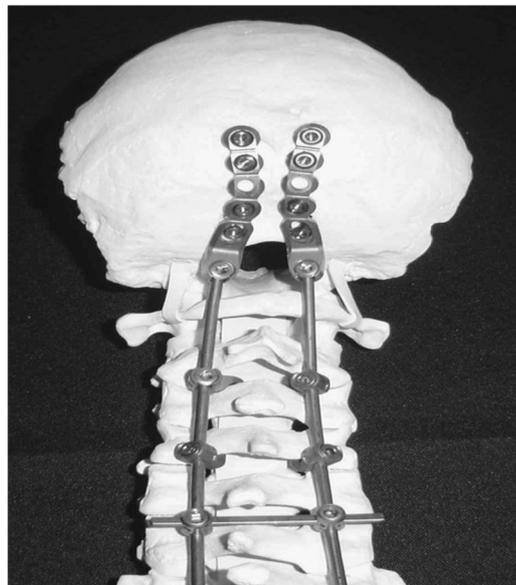


Figure 12.16 Modèle de fixation occipito cervicale à l'aide de plaques, de vis et de tiges (155)

XII.4.A INDICATIONS DE LA FOC :

- Lésions traumatiques telles que luxation occipito vertébrale, fracture du condyle occipital et dans certains cas fractures de l'atlas et de l'axis (286).
- Certaines maladies inflammatoires et infectieuses telles que la polyarthrite rhumatoïde et la tuberculose (161).
- Les tumeurs qui déstabilisent la JCV, comme les chordomes, les métastases et autres tumeurs osseuses primitives, peuvent nécessiter, en plus de leur excision, une FOC en même temps ou lors d'une seconde intervention chirurgicale (319).
- Les pathologies malformatives et congénitales telles que l'invagination basilaire, l'os odontoïdeum et le syndrome de Down (415).
- Certains cas sont iatrogènes et nécessitent une FOC, l'odontoïdectomie, la condylectomie totale ou sub-totale après une approche latérale et l'échec d'une fusion C1C2 antérieure sont généralement ces cas (91).

XII.4.B CONTRE-INDICATIONS DE LA FOC :

- Cas où l'os occipital et les éléments osseux postérieurs cervicaux sont détruits (409).
- Les cas d'ostéoporose sévère qui constituent une contre-indication relative.

XII.4.C GESTION PRÉOPÉRATOIRE :

Les examens radiologiques sont très importants, en plus de leur rôle dans le diagnostic et l'évaluation de la pathologie, ils ont un rôle majeur dans la planification de l'acte chirurgical. Le scanner permet de mesurer l'épaisseur de l'occiput, qui se situe normalement entre 9,7 et 15,8 mm au niveau de la protubérance occipitale externe, qui est la partie la plus épaisse de l'os occipital et qui diminue latéralement et en dessous. Selon la partie de fixation au niveau cervical, la morphologie et l'anatomie de l'atlas, de l'axis et des vertèbres cervicales sub axiales sont évaluées (3).

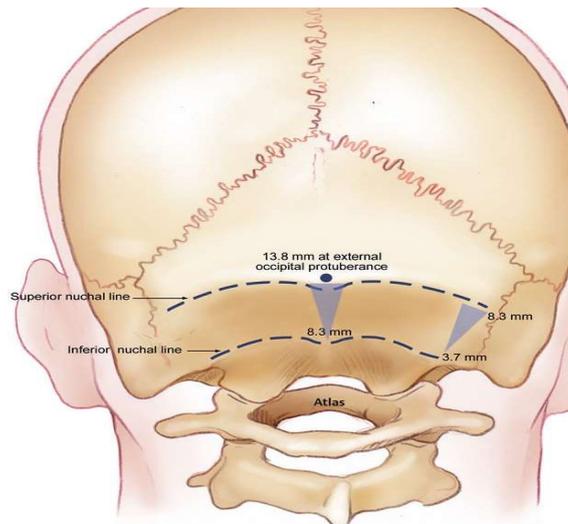


Figure 12.17 Epaisseur de l'écaïlle occipitale sur différents points. (565)

Le trajet aberrant de l'AV est évalué lors d'une étude angiographique par tomodensitométrie ou par IRM. L'IRM est également cruciale, notamment dans les cas de pathologies tumorales, malformatives et inflammatoires, elle évalue la compression de la moelle épinière et l'extension de la lésion. Une traction peut être nécessaire avant l'opération et maintenue pendant l'acte chirurgical, parfois, seule l'immobilisation du cou à l'aide d'un collier cervical est nécessaire. L'intubation doit être faite sans mobilisation du cou et l'endoscopie assistée est utile.

Des antibiotiques sont administrés avant l'intubation.

XII.4.D TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est en position ventrale, la position de la tête est très importante, la tête doit être en position neutre ou légèrement fléchie, ce sera la position définitive du cou du patient pour le reste de sa vie. Cette position est vérifiée sur la fluoroscopie de profil (474).

-L'incision commence au niveau de l'inion et descend à un niveau inférieur à celui de la fixation cervicale prévue.

-Dissection des plans musculaires en suivant le raphé avasculaire médian, la dissection se poursuit en sous-périoste exposant l'os occipital, puis les vertèbres cervicales sont exposées, en prenant soin au niveau de C1 et C2 de ne pas blesser les artères vertébrales et les plexus veineux (299).

Les masses latérales de l'atlas et les pédicules ou les pars de l'axis sont exposés si ces vertèbres seront incluses dans le montage de fixation.

De nombreux montages sont décrits pour la FOC, les plus utilisés

sont les montages à vis et à plaque, les montages à vis et à tiges et les montages à plaque-tige-crochets.

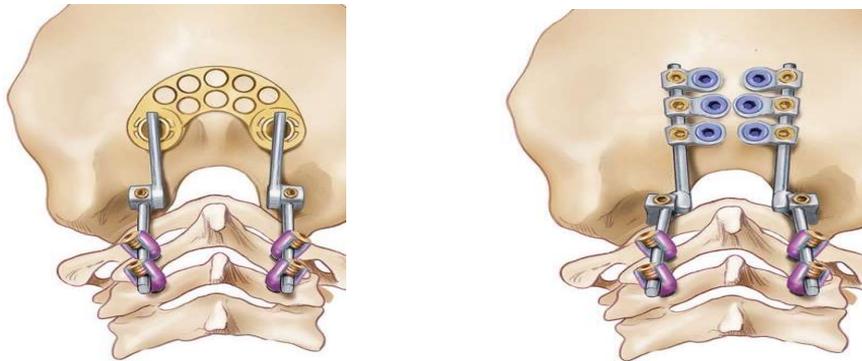


Figure 12.18 Différents types de matériel utilisés pour la fixation occipito cervicale, y compris les systèmes plaque - vis - tige et vis - tige (565)

-Si une décompression est nécessaire, la plaque ou les tiges sont posées sur l'os occipital et les optimales sont choisies, les trous nécessaires pour les vis sont marqués, puis la décompression occipitale est effectuée dans la ligne médiane en préservant l'os latéralement et en haut, là où les trous sont marqués (201).

-Une fois que la décompression est réalisée une fraise est utilisée pour préparer les trous dans les points marqués, la plaque ou les tiges sont repositionnées et fixées avec les vis, les longueurs des vis sont mesurées sur le scanner préopératoire.

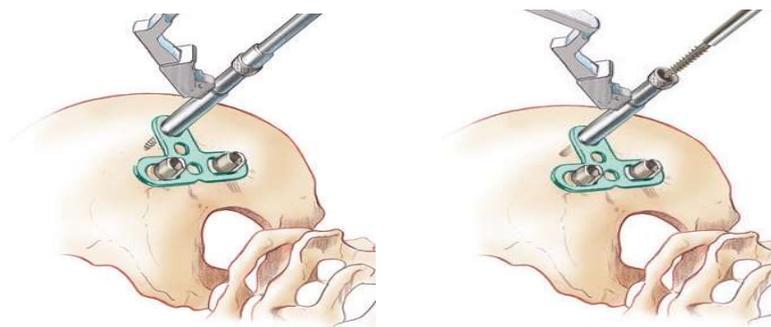


Figure 12.19 Fixation de la plaque occipitale par des vis (565)

-Au niveau cervical, les vis sont placées dans les masses latérales de C1, les pédicules ou pars de C2 et les masses latérales des vertèbres sub axiales de la colonne vertébrale.

-Les vis des masses latérales de l'atlas et les vis pédiculaires ou des pars de C2 seront décrits en détail dans les chapitres suivants. Les masses latérales des vertèbres cervicales sub axiales peuvent

être utilisées pour la fixation. Le point d'entrée dans la masse latérale est à un millimètre en médial par rapport au centre de la masse latérale et la trajectoire est de 20 à 30° latéralement et de 20 à 30° en direction céphalique. (481)

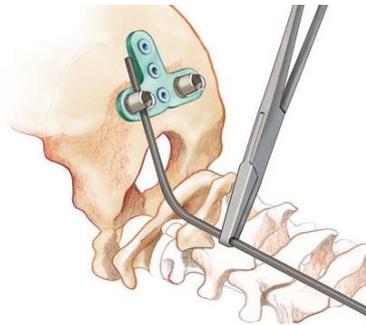


Figure 12.20 Préparation de la tige pour la FOC (565)

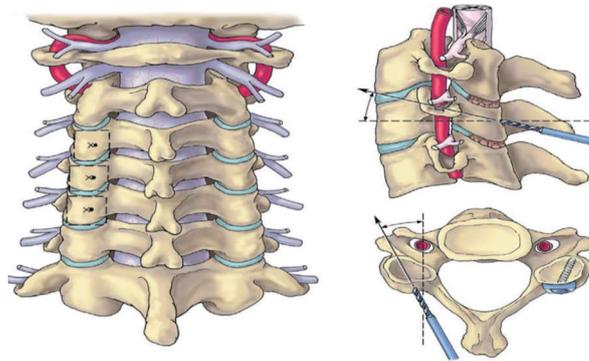


Figure 12.21 Placement de la vis de la masse latérale sub axiale pour la fixation occipito cervicale, le point d'entrée est à 1 mm en dedans du centre de la masse latérale (à droite), la trajectoire est de 20 à 30° en latéral sur le plan axial et de 20 à 30° en direction céphalique sur le plan sagittal (à gauche). (476)

-Après l'insertion des vis cervicales, la plaque est reliée à ces vis à l'aide de tiges et si les tiges sont utilisées, elles sont reliées aux vis et fixées.

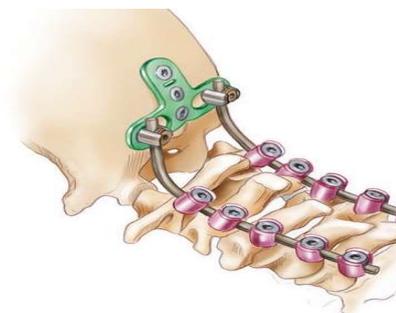


Figure 12.22 La plaque et les vis sont reliées par des tiges (565)

-Lorsque les vis de la plaque ou les constructions à tiges ne peuvent pas être utilisées, certains auteurs ont décrit des techniques utilisant le laçage. Bio mécaniquement, elles ne sont pas aussi solides que les techniques décrites précédemment (201).

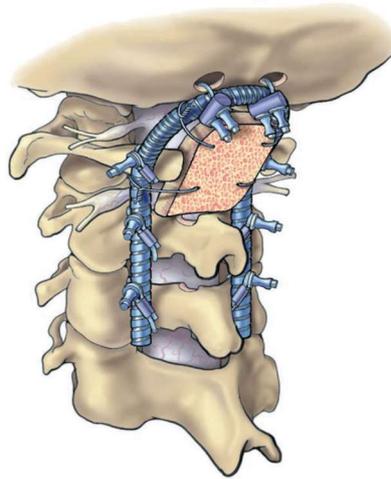


Figure 12.23 Fixation occipito cervicale à l'aide de technique de laçage (476)

-Des vis trans articulaires traversant la masse latérale de C1 et des vis condyliennes occipitales ont également été décrites, une greffe doit être interposée entre l'occiput et l'arc postérieur de l'atlas (266). Elles sont exceptionnellement utilisées (481).

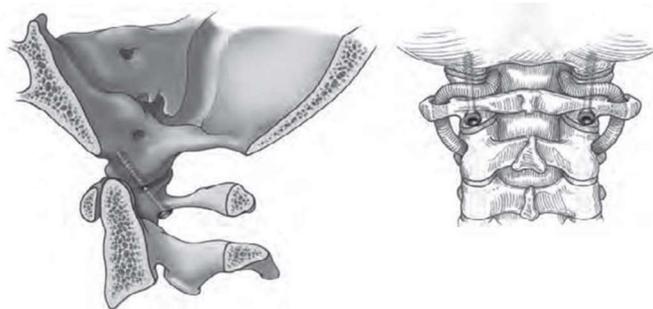


Figure 12.24 Fixation occipito cervicale à l'aide de vis transarticulaires passant de la masse latérale C1 au condyle occipital (476)

-Après la mise en place de la fixation, la fermeture est effectuée de manière standard, plan par plan.

XII.4.E PRISE EN CHARGE POSTOPÉRATOIRE :

Le patient est extubé et transféré au service ou à l'unité de soins intensifs, dans certains cas, l'alimentation orale est commencée le lendemain de l'opération. Le collier cervical est placé pour l'immobilisation et pour réduire les charges externes, il est conservé pendant trois mois jusqu'à la fusion (73).

La plaie est contrôlée tous les jours, en particulier lorsque le collier

est en place. Le patient doit éviter toute pression sur le site de la plaie jusqu'à sa guérison complète.

XII.4.F COMPLICATIONS POSTOPÉRATOIRES :

Aggravation neurologique due à la pathologie que présente le patient dans laquelle la FOC a été effectuée.

Une infection de la plaie peut survenir.

Infection du site de la greffe qui nécessite une chirurgie de révision et même le retrait du matériel dans certains cas.

Les lésions des artères vertébrales par les vis sont très rares.

Une fuite du LCR peut se produire, en particulier lors de la pose des vis occipitales.

Le patient peut se plaindre de névralgie occipitale.

XII.4.G AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA FOC :

XII.4.G.a AVANTAGES :

- Taux de fusion élevé même avec certaines pathologies où une mauvaise fusion est attendue comme la polyarthrite rhumatoïde.
- Un large éventail de pathologies peut être traité à l'aide de la FOC.
- La FOC procure une bonne stabilité à la JCV.
- La décompression neurale est possible avec la FOC.
- La fixation cervicale dans la FOC est presque toujours possible en raison des nombreuses possibilités de fixation.

(8) (196)

XII.4.G.b INCONVÉNIENTS :

- Le premier et principal inconvénient est l'amplitude de mouvement limitée pour les patients après l'opération, elle créera un inconfort dans les activités de la vie quotidienne pour les patients.
- La plaie est sous pression avec la présence du matériel sous-jacent.

(8) (196)

XII.5 FIXATION C1C2 POSTÉRIEURE :

La fixation C1C2 postérieure est indiquée dans de nombreux cas traumatiques, de malformations et inflammatoires et il existe de nombreuses techniques décrites pour réaliser cette fixation. Historiquement, les techniques de câbles et de laçage ont été décrites en premier, puis la fixation trans articulaire C1C2 et enfin la fixation C1C2 en utilisant les masses latérales de l'atlas et des pédicules, pars ou lames du C2.

XII.5.A TECHNIQUES DE CÂBLAGE ET DE LAÇAGE :

Les techniques de laçage pour la fixation du complexe de l'axis et de l'atlas sont utilisées depuis des années, leur faible coût et leur utilisation relativement simple les rendent adaptables à tout environnement, outre les fils ou les câbles, peu d'instruments sont nécessaires pour la réalisation de ces techniques. Ils sont placés pour renforcer les greffons jusqu'à la fusion, l'immobilisation externe est toujours obligatoire (585).

De nombreux fils ont été utilisés, l'acier inoxydable mono filament a été le fil le plus utilisé pour la fixation de la colonne cervicale, il existe en diamètre 20 et 18, ce dernier est plus résistant mais plus difficile à tordre. Le fil à double torsion est plus solide que le fil mono filament. Ces fils sont utilisés pour faire une boucle autour de l'os, puis sont croisés et tordus sans trop serrer, ce qui peut provoquer une fracture de l'os (314)

Les câbles sont composés de fils multiples autour d'une âme métallique ou non métallique, ils sont plus souples mais plus résistants que les mono filaments ou les fils à double torsion. Ils peuvent être composés d'acier inoxydable ou de titane, il existe de nombreux câbles décrits dans la littérature tels que le câble Danek, le câble Songer et le Sof'wire ; ils diffèrent les uns des autres par le nombre de brins et le diamètre. Même s'ils sont flexibles, les câbles ne doivent pas être pliés ou coudés car ils peuvent se rompre sous l'effet d'une contrainte (183).



Figure 12.25 Câble Danek utilisé pour les techniques de laçage (476)

XII.5.A.a INDICATIONS DES TECHNIQUES DE LAÇAGE :

Ces techniques ont pour but l'arthrodèse C1C2 afin que toute pathologie qui est indiquée pour la fixation C1C2 puisse être traitée en utilisant le câble et les techniques de câblage telles que :

- Fracture odontoïde de type II.
- Rupture post-traumatique du ligament atlantal transverse.
- Arthrite rhumatoïde avec luxation atlanto-axiale.
- Échec de l'immobilisation antérieure par collier pour guérir une luxation C1C2.
- Luxation atlanto-axiale congénitale.

XII.5.A.b CONTRE-INDICATIONS DES TECHNIQUES DE LAÇAGE :

- Perturbation des éléments postérieurs au niveau de l'axis et de l'atlas.
- Présence d'une compression antérieure au niveau de la partie supérieure de la moelle épinière.

XII.5.A.c GESTION PREOPERATOIRE :

Après l'examen clinique, des séries d'examens radiologiques sont effectuées, notamment des radiographies cervicales avec des vues latérales, en bouche ouverte et en extension et en flexion, un scanner avec des reconstructions en 3D et, dans certains cas, une IRM.

Une traction peut être nécessaire dans certains cas pour la réduction et l'alignement du complexe C1C2.

Les câbles et les fils sont préparés et vérifiés avant de commencer l'intubation et la procédure anesthésique. Le site de greffe est préparé au niveau de la crête iliaque ou de la côte.

L'intubation est effectuée avec une assistance endoscopique sans mobilisation du cou.

Des antibiotiques sont administrés avant l'intubation.

XII.5.A.d TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est placé en position ventrale, le temps de positionnement est délicat, il faut donc faire très attention à ne pas mobiliser la colonne cervicale et la maintenir en position neutre lors de la rotation du patient sur la table d'opération.

-La tête est fixée sur un support de tête à trois prises osseuses en position neutre ou légèrement fléchie, une vue radioscopique est obtenue pour vérifier le bon alignement du complexe C1C2.-

L'incision médiane sous occipitale est réalisée en commençant par la protubérance occipitale externe et en terminant au niveau du C4.

-La dissection musculaire est poursuivie en médian en suivant le raphé, l'arc postérieur de C1, l'apophyse épineuse et les lames de C2 sont exposés, un greffon osseux est préparé à partir de la côte ou de la crête iliaque.

Il existe de nombreuses techniques décrites dans la littérature pour le laçage de l'axis et de l'atlas :

- La technique de Gallie a été décrite en 1939, elle utilise le fil de manière sous laminaire au niveau de C1 et autour de l'apophyse épineuse au niveau de C2 et le greffon est placé entre C1 et C2 (600).

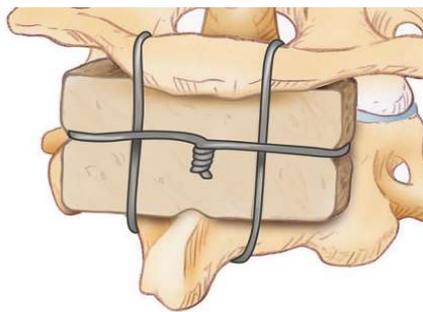


Figure 12.26 Technique de Gallie pour le laçage C1C2 (565)

- La technique de Brooks-Jenkins utilise deux greffons osseux placés entre C1 et C2 de chaque côté de la ligne médiane et le fil est passé en sous-laminaire sous C1 et C2 (130).

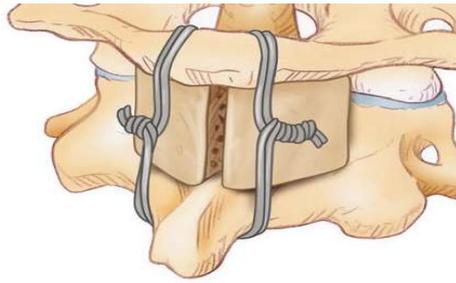


Figure 10.27 La technique de Brooks-Jenkins pour le laçage C1C2 (565)

- La technique de Sonntag est une modification de la technique de Gallie qui consiste à passer le fil sous l'arc postérieur de C1 et autour de l'apophyse épineuse de C2 ; un greffon en H est placé entre C1 et C2, il est maintenu en serrant les extrémités libres du fil sous l'apophyse épineuse de C2 (209).

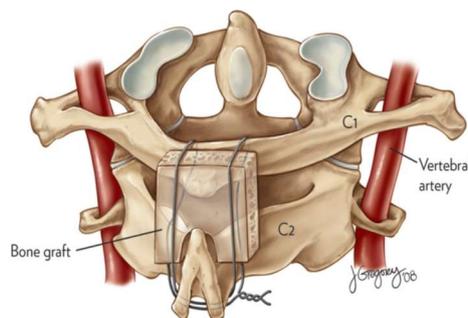


Figure 12.28 La technique de laçage de Sonntag, le fil est pincé sous le processus épineux de C2 (186)

-La fermeture de la plaie est réalisée de manière standard et le site de la greffe prélevée est également fermé.

XII.5.A.e GESTION POSTOPERATOIRE :

Le patient est extubé et transféré dans le service, sauf si une observation est nécessaire aux soins intensifs pour des comorbidités adjacentes.

L'immobilisation du cou est nécessaire à l'aide d'un collier cervical et est maintenue pendant trois mois jusqu'à fusion.

L'alimentation orale est commencée le lendemain, une sonde nasogastrique peut être nécessaire pour les patients souffrant de pathologies malformatives avec des déficits crâniens inférieurs.

Le patient est libéré quelques jours après et la rééducation est commencée dès que possible si nécessaire.

XII.5.A.f COMPLICATIONS POSTOPERATOIRES :

Une aggravation neurologique peut survenir, la position du greffon doit être vérifiée immédiatement aux rayons X, il peut se déplacer et migrer dans le canal provoquant cette détérioration.

Une rupture du fil peut se produire et une chirurgie de révision est nécessaire pour resserrer les extrémités cassées du fil.

La fuite de LCR est très rare car toutes les techniques de laçage sont extradurales, elle peut se produire en raison d'une lésion de la dure-mère.

Echec de la fusion qui peut nécessiter une autre technique et une seconde chirurgie.

XII.5.A.g AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES TECHNIQUES DE LAÇAGE :

AVANTAGES :

- Ces techniques sont simples et peuvent être pratiquées partout.
- Leur coût est faible et peu d'instruments sont nécessaires pour les réaliser.
- Elles peuvent être utilisées comme renforcement pour d'autres techniques.

INCONVÉNIENTS :

- Les caractéristiques biomécaniques font que les autres techniques de stabilisation sont plus stables (l'utilisation de techniques de laçage ne permet de contrôler que 20 à 50 % de l'instabilité C1C2 dans toutes les directions). Techniquement, lorsqu'un greffon osseux est placé entre l'anneau du C1 et la lame de C2, c'est plus efficace sur le plan biomécanique. Une guérison osseuse adéquate nécessite une fixation supplémentaire ou un halo. (199)
- Elles ne peuvent pas être utilisées lorsqu'une décompression neurale est nécessaire ou lorsque les éléments postérieurs sont atteints.
- Le taux de fusion est inférieur à celui des autres techniques de fixation rigide interne.

XII.5.B FIXATION TRANSARTICULAIRE C1C2 POSTERIEURE :

La fixation trans articulaire postérieure (FTA) a été décrite pour la première fois en 1986 par Magerl et Seeman, elle consiste à placer des vis à travers les surfaces articulaires C2 et C1, elles sont placées dans le sens céphalique. Une greffe osseuse est ajoutée à l'aide d'un fil pour renforcer le montage et induire une fusion osseuse (412). La FTA postérieure permet une forte stabilisation du complexe C1C2 et le taux de fusion est proche de 100%.

XII.5.B.a INDICATIONS DE LA FTA POSTÉRIEURE :

Le FTA postérieure est indiquée pour les cas de luxation atlanto-axiale ou les cas de lésions entraînant une luxation. Ces cas comprennent :

- Luxation atlanto-axiale congénitale.
- La polyarthrite rhumatoïde.
- Os odontoïdeum.
- Fracture odontoïde de type II avec déplacement de plus de 5 mm, ou fractures odontoïdes chroniques avec absence de consolidation après utilisation d'un halo vest ou d'un collier.
- Cas de pseudo arthrodèse pour lésions traumatiques négligées.

XII.5.B.b CONTRE-INDICATIONS DE LA FTA POSTÉRIEURE:

- Cas de l'artère vertébrale haute qui peut se croiser avec la trajectoire prévue de la vis (332).
- Cas d'occlusion de l'artère vertébrale d'un côté.
- Les cas où la position ventrale est dangereuse comme les cas de polytraumatisme et les cas de comorbidité (274).

XII.5.B.c PRÉPARATION PREOPÉRATIVE :

Les radiographies sont réalisées en vues latérales, antéro-postérieures (AP) et en bouche ouverte. Le CT scan est également effectué avec des reconstructions en 3d qui aideront le chirurgien à comprendre l'anatomie de l'articulation C1C2 et à mesurer la longueur de la vis nécessaire à la fixation, l'angio CT montre la trajectoire de l'AV et sa relation avec le foramen transversium, dans presque 20% des cas l'AV est haute d'un côté et la FTA est réalisée seulement d'un côté. L'IRM est faite pour évaluer les

ligaments et la moelle épinière.

Une traction peut être nécessaire pour obtenir l'alignement articulaire C1C2 qui est nécessaire pour la FTA.

L'intubation est réalisée sans mobilisation du cou et avec l'aide d'un endoscope si possible.

Des antibiotiques sont administrés avant l'opération.

Une radioscopie est préparée, elle est nécessaire pour l'intervention du début à la fin. Outre l'instrumentation nécessaire pour la FTA, une autre technique de fixation est préparée en cas de non réalisation de la FTA (604).

XII.5.B.d TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-La position est très importante pour la réussite de la FTA, le patient est en position ventrale, la traction est maintenue pendant la rotation et le positionnement, le cou est en position neutre avec la tête en légère flexion pour faciliter la mise en place de la vis (464).

-La fluoroscopie est obligatoire lors du positionnement pour vérifier l'alignement articulaire C1C2 sur les vues latérales.

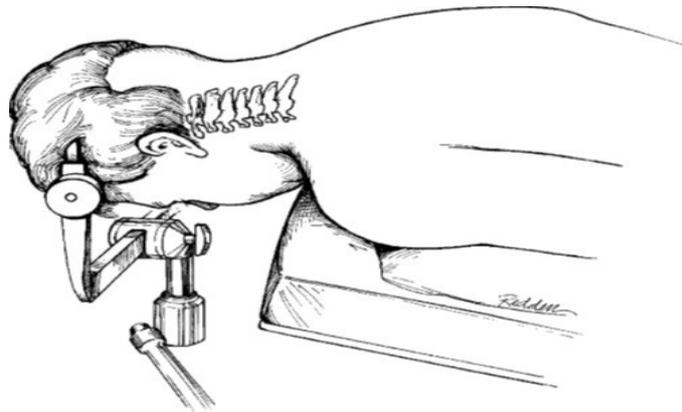


Figure 12.29 Positionnement pour la fixation trans articulaire C1C2. (476)

-L'incision est faite de l'inion jusqu'au niveau C4, la dissection musculaire est réalisée par électrocoagulation et en suivant le raphé. L'arc postérieur de l'atlas est exposé puis la lame de C2 est exposée en sous-périosté, les masses latérales de C2 C3 sont également exposées.

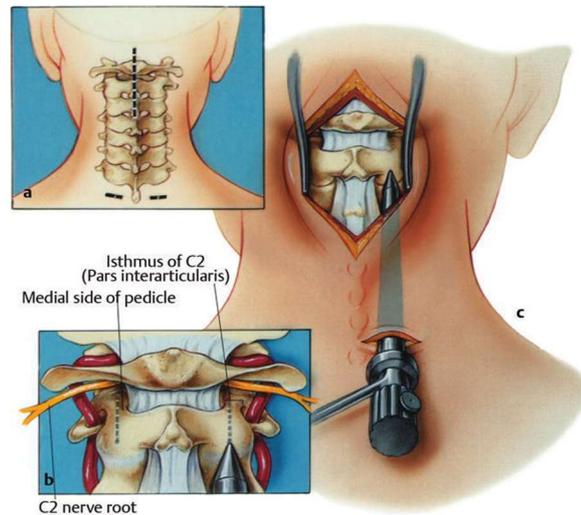


Figure 12.30 La ligne d'incision pour la FTA (a), la direction du placement de la vis (b) et l'introduction du tournevis par incision percutanée (c) (476)

-Les surfaces articulaires C1C2 sont visualisées directement, le nerf C2 et le plexus veineux sont écartés rostralement pour cela, si un saignement se produit du plexus veineux autour de la racine nerveuse, il sera contrôlé avec un léger tamponnement avec du chirurgical.

-Pour la mise en place des vis, une incision percutanée est faite à la jonction cervico-thoracique, le point d'entrée est à 2 à 3 mm du bord médial de la facette inférieure de C2, l'os cortical de C2 est percé et la trajectoire est évaluée sous fluoroscopie latérale et ajustée si nécessaire, la trajectoire de la mèche est dirigée à 10° en médial dans le plan sagittal et elle est parallèle au pars interarticulaire qui est contrôlé sous visualisation directe en écartant la racine nerveuse de C2. Des vis canulées peuvent être utilisées et dans ce cas, le forage est réalisé avec un fil K et la vis est insérée après mesure de la longueur nécessaire, le tournevis est introduit en utilisant l'incision percutanée (464).

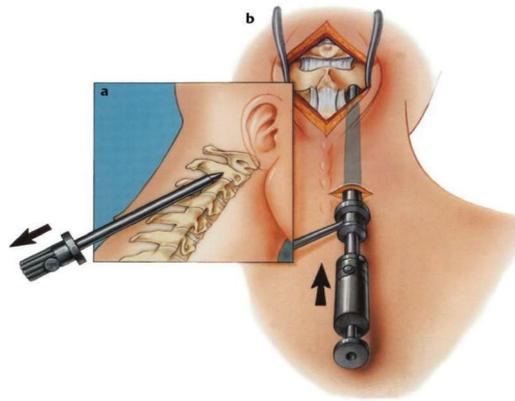


Figure 12.31 La direction du tournevis sur les plans axial et sagittal pour FTA (476)



Figure 12. 32 Perçage de la trajectoire de la vis pour la FTA (476)

-La vis doit se trouver derrière l'os cortical de l'arc antérieur de l'atlas qui est vu à la radioscopie latérale (604).

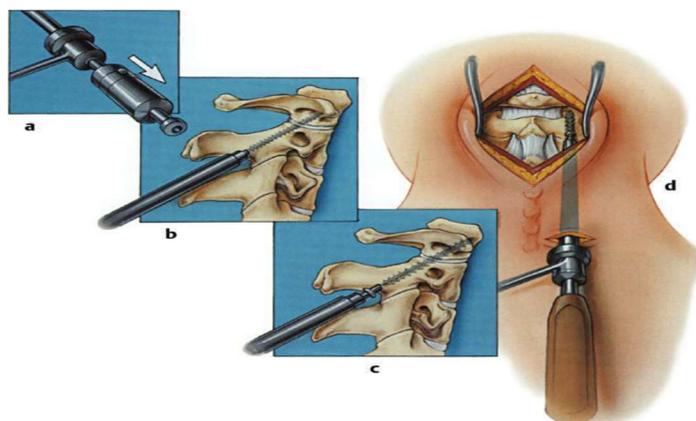


Figure 12.33 Après le forage de la trajectoire, différentes étapes du placement de la vis (a, b, c, d). (476)

- Si une FTA bilatérale est prévue, le placement de la vis est réalisé de la même manière de l'autre côté.
- Après la mise en place de la vis, un greffon osseux est inséré entre C1 et C2 et fixé avec un fil, l'os va induire une fusion et le fil va renforcer la stabilisation de la construction, en particulier dans les mouvements de flexion-extension ⁽⁶⁰⁴⁾.
- À la fin, la fermeture est effectuée de manière standard.

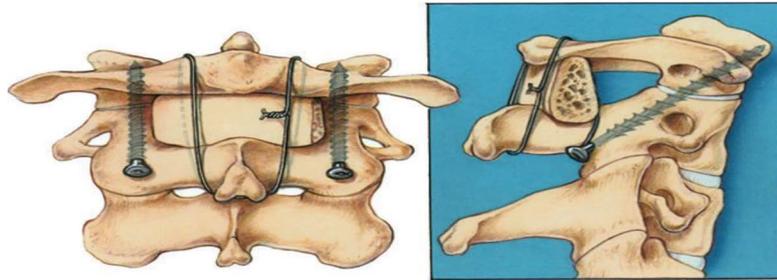


Figure 12.34 Renforcement de la fixation trans articulaire par une greffe. (476)

XII.5.B.e GESTION POSTOPERATOIRE :

Le patient est extubé et transféré au service. L'alimentation orale est commencée le lendemain, le patient doit marcher dès que possible. Le cou est immobilisé pendant six semaines même si la FTA donne une bonne stabilisation au complexe C1C2. Un scanner postopératoire est réalisé pour évaluer la trajectoire de la vis à travers les articulations du C1C2.

XII.5.B.f COMPLICATIONS DE LA FTA :

Aggravation neurologique si la vis est trop médiane et si le greffon migre dans le canal, le scanner postopératoire le révélera. Lésion de l'artère vertébrale qui peut survenir dans 4% des cas de chaque côté, les conséquences cliniques dépendent de la prédominance de l'AV lésée ⁽⁶⁾. Fuite du LCR qui pourrait résulter d'une rupture durable par malposition de la vis.

XII.5.B.g AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA FTA :

AVANTAGES :

- Bonne technique de stabilisation du C1C2 avec un faible taux de morbidité et de mortalité.
- Forte stabilisation par rapport à la technique de laçage.
- La FTA unilatérale peut être effectuée avec presque les mêmes résultats que la FTA bilatérale.
- Très bon taux de fusion avec presque 100% (440).
- Le cou peut être mobilisé rapidement et l'immobilisation du cou n'est maintenue que pendant 4 semaines.

INCONVÉNIENTS :

- L'AV risque d'être blessée lors du perçage de l'articulation atlanto axiale.
- La FTA ne peut pas être réalisée lorsque nous avons des artères vertébrales hautes bilatérales.
- Même avec le placement de la vis, une greffe osseuse avec laçage est toujours nécessaire car la FTA a une bonne stabilisation avec le mouvement de rotation axiale à l'articulation C1C2 et une faible stabilisation avec le mouvement de flexion extension (la vis passe trop près du centre de rotation dans le plan sagittal) (291) (571).

XII.5.C FIXATION C1C2 POSTÉRIEURE EN UTILISANT DES VIS DANS LES MASSES LATÉRALES DE C1 :

La fixation des masses latérales de C1 a été décrite pour la première fois en 1994 par Goel et al, Harms et Mechler ont modifié la technique en utilisant des vis et des tiges poly axiales. C'est la technique la plus utilisée aujourd'hui et elle donne d'excellents résultats en matière de stabilisation de C1C2 et de taux de fusion élevé. (263) (293)

Les vis sont placées dans la masse latérale de C1 et les pédicules, les pars ou les lames de C2.

Cette technique peut être utilisée dans de nombreuses situations où la fixation trans articulaire n'est pas possible, comme le non-alignement des articulations de C1C2 ou l'artère vertébrale haute.

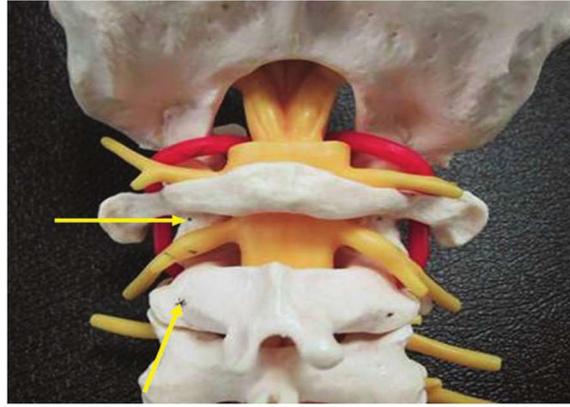


Figure 12. 35 Points d'entrée pour la masse latérale C1 et les vis pédiculaires C2 (flèches jaunes) (155)

XII.5.C.a INDICATIONS DE LA FIXATION C1C2 EN UTILISANT FML :

- Lésions traumatiques comme les fractures de l'odontoïde type II avec déplacement, rupture du ligament transverse atlantal ou fracture de Jefferson associée, la fracture de l'odontoïde de type III associée à une fracture de Jefferson ou à une fracture atlanto-axiale et la pseudarthrose après échec de l'immobilisation (276).
- Dislocation congénitale C1C2 et os odontoïdeum.
- Luxation C1C2 secondaire à une maladie inflammatoire (polyarthrite rhumatoïde).
- Destruction de C2 secondaire à une tumeur ou à une infection.
- Instabilité iatrogène du C1C2 après laminectomie.

XII.5.C.b CONTRE-INDICATIONS DE LA FIXATION C1C2 EN UTILISANT LA FML :

- Lésion de l'artère vertébrale (éviter le côté où l'AV est intacte). (47)
- Parcours aberrant de l'artère vertébrale.
- Fracture des masses latérales de l'atlas ou de l'axe. (377)
- Petits pédicules ou pars de C2 (contre-indication relative).

XII.5.C.c PRÉPARATION PREOPÉRATIVE :

Un bilan radiologique complet est effectué pour le diagnostic de la pathologie, comprenant dans certains cas des radiographies, un scanner et une IRM.

Outre le diagnostic, le scanner donne de précieuses informations sur l'anatomie particulière de la masse latérale de C1 et des pédicules, des pars et des lames de C2 et il aide le chirurgien à planifier son acte chirurgical en calculant la longueur des vis qui seront insérées dans les masses latérales de C1 et dans

les pédicules, les pars ou les lames de C2. L'angioCT et l'angioMR aident à délimiter le trajet de l'AV.

Une traction peut être nécessaire pour réduire la dislocation de C1C2, ou une immobilisation pour prévenir le déplacement de la fracture.

L'intubation est effectuée sans mobilisation du cou et la tête est maintenue en position neutre.

Des antibiotiques sont administrés avant l'intubation.

XII.5.C.d TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est placé en position ventrale avec des rouleaux sous la poitrine et l'abdomen libre, la traction est maintenue pendant la rotation pour la position, la tête est fixée sur un support à trois prises osseuses et elle est en position neutre ou légèrement fléchie, une vue radioscopique latérale est obtenue avant l'incision pour évaluer l'alignement C1C2.

-L'incision est faite dans la ligne médiane, de la protubérance occipitale externe jusqu'au niveau C4, la dissection est poursuivie avec le raphé avasculaire pour exposer l'arc postérieur de C1 et l'apophyse épineuse de C2. Latéralement, la dissection est poursuivie en sous-periosté sur la partie latérale de l'arc postérieur de l'atlas et la lame de C2 et la facette de C2C3, un saignement pourrait se produire autour de la racine nerveuse de C2 à partir du plexus veineux, il est contrôlé en utilisant la coagulation bipolaire et le tamponnement par le surgicel. L'AV n'est pas exposée et pourrait être écartée avec son plexus environnant à partir du sillon artériel supérieur sur l'arc postérieur de C1, il faut faire attention à la présence ou non de ponticus posticus sur l'imagerie préopératoire (605).

Le point d'entrée pour la fixation de la masse latérale diffère selon les auteurs dans la littérature, certains forent le tiers latéral de l'arc postérieur recouvrant la masse latérale jusqu'à sa jonction avec celle-ci et le point d'entrée sera là, d'autres exposent la masse latérale à sa jonction avec l'arc postérieur et le point d'entrée pour la vis sera à ce point. Dans les deux cas, les bords latéraux et médians de la masse latérale sont palpés et le point d'entrée doit se trouver au centre. Certains auteurs ont signalé le sacrifice du nerf C2, mais ce n'est pas obligatoire (117).

-Le trou du point d'entrée est pénétré avec une mèche et la trajectoire doit être de 10° en médial dans le plan axial et parallèle à l'arc postérieur de l'atlas sur le plan sagittal, la progression

de la mèche est contrôlée à la radioscopie et ne doit pas dépasser le tubercule antérieur de l'arc antérieur de C1, la forme de l'arc antérieur de l'atlas et son angulation diffèrent d'un patient à l'autre et le chirurgien doit en être conscient et le garder à l'esprit pendant la progression afin que la carotide ne soit pas blessée et que la paroi postérieure du pharynx ne soit pas transgressée. Des vis de 3,5 ou 4 mm de diamètre avec une longueur comprise entre 24 et 36 mm sont utilisées pour la FML, la longueur est calculée sur le scanner préopératoire (152).

-La même technique est utilisée de l'autre côté pour le placement de la vis dans la masse latérale.

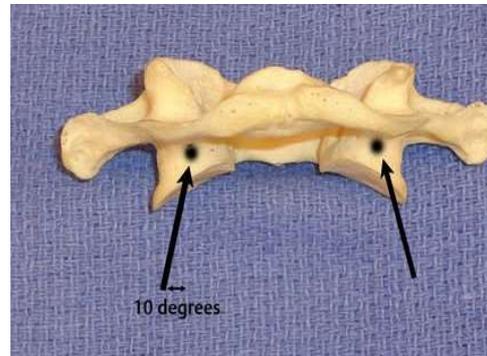
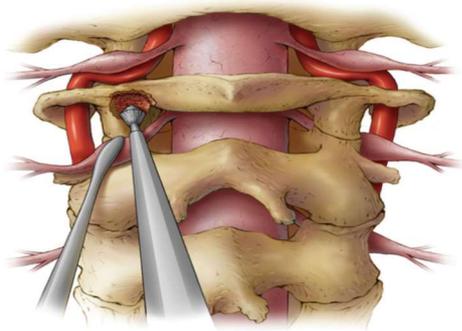


Figure 12.36 Les deux points d'entrée pour la fixation de la masse latérale C1. (512) (565)

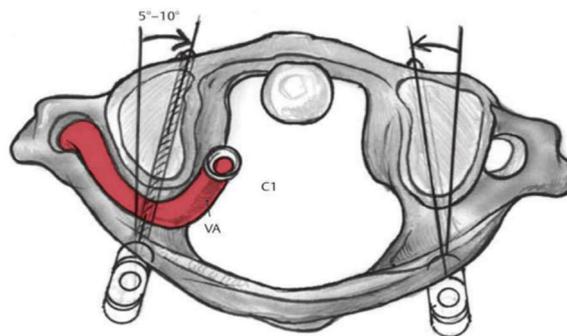


Figure 12.37 La vis de masse latérale est dirigée de 5 à 10° médialement sur le plan axial (366)

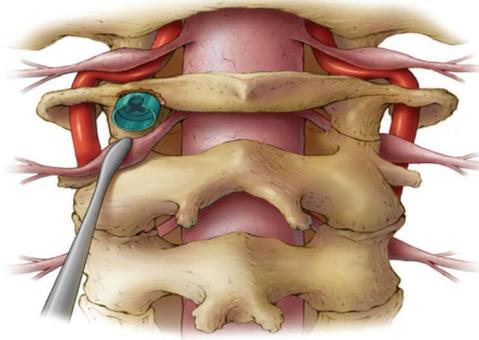


Figure 12.38 La vis de la masse latérale C1 placée après la rétraction de la racine nerveuse C2 (512)

-Pour C2, de nombreuses techniques ont été décrites en fonction de l'anatomie particulière de chaque patient. On peut utiliser des vis pédiculaires, pars ou laminaires.

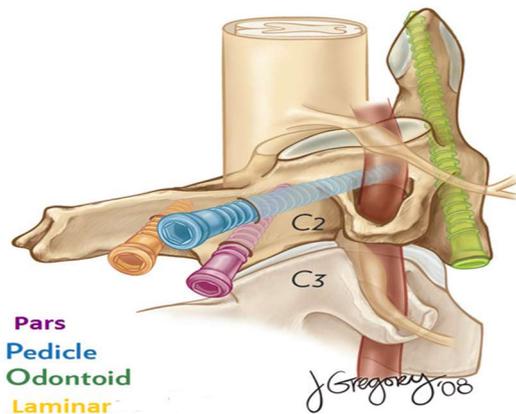


Figure 12.39 Différents placements des vis dans C2 (bleu pour le pédicule, mauve pour les pars et marron pour les lames) (186).

-Pour les vis pédiculaires, le point d'entrée est à 5 mm latéralement du bord supérieur de la lame et à 5 à 7 mm en dessous et la trajectoire est de 20° en médial et de 15 à 20° en haut, la longueur des vis utilisées est comprise entre 18 et 26 mm (71).

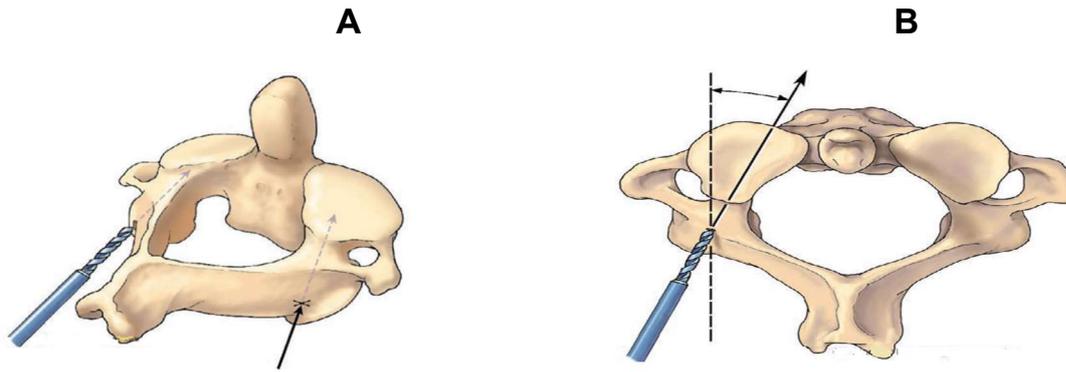


Figure 12.40 Point d'entrée (A) et trajectoire (B) de la vis pédiculaire. (476)

-Les vis de pars ont le même point d'entrée et la même trajectoire que les vis trans articulaires mais la vis utilisée est plus courte, le point d'entrée est à 2mm à 3mm latéralement du bord médial de la facette C2 et à 2mm à 3mm vers le haut de la facette inférieure de C2, la trajectoire est trop rostrale, elle est contrôlée en fluoroscopie latérale. La longueur de la vis est comprise entre 12 et 18 mm. (503)

-La technique de la vis laminaire a été décrite pour la première fois par Wright en 2004, il a utilisé des vis trans laminaires croisées, c'est toujours plus efficace que les techniques de laçage dans tous les mouvements (294). Le point d'entrée se situe à la jonction apophyse épineuse - lamina, la trajectoire dépend de l'anatomie particulière de chaque patient et la longueur des vis est calculée sur le scanner préopératoire. La mise en place des vis commence du côté où la lame est la plus fine et le deuxième point d'entrée des vis se trouve sous le premier (483).

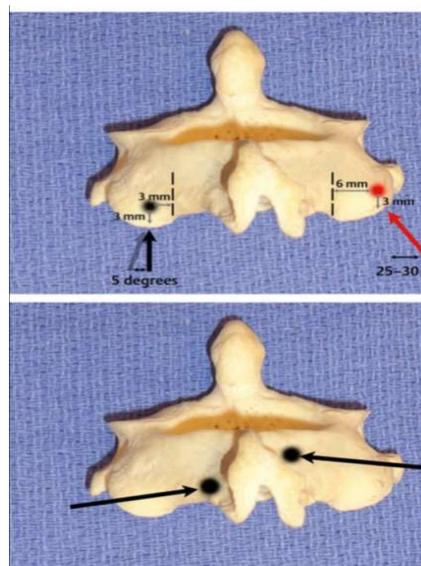


Figure 12.41 Différents points d'entrée pour le pédicule, pars et la lame de C2 (565)

-Une fois que les vis sont placées dans les masses latérales de C1 et dans les pédicules, les pars ou les lames de C2, des tiges sont utilisées pour les relier, elles sont bien serrées.

-L'hémostase est vérifiée à l'extrémité et la fermeture en plusieurs couches est effectuée.

XII.5.C.e FML AVEC MANIPULATION ET DISTRACTION DE L'ARTICULATION C1C2:

A.Goel a proposé cette technique pour traiter l'invagination basilaire de type A où l'odontoïde est prolapsé dans la cavité crânienne et il est séparé de l'arc antérieur de C1 et il y a un non-alignement de l'odontoïde avec le clivus. L'articulation C1C2 n'est pas horizontale dans ce cas mais d'orientation oblique. (265) C'est une méthode stable dans toutes les directions, flexion-extension, rotation axiale et flexion latérale (537).

La technique consiste à exposer les articulations C1C2 en sacrifiant le ganglion nerveux C2, la capsule de l'articulation est largement ouverte et manipulée par réduction et distraction pour avoir une orientation horizontale qui réduira la compression antérieure et réalignera toute la JCV, cette orientation et distraction est maintenue en utilisant un spacer en titane et elle est fixée en utilisant une plaque et des vis ou des vis et tiges polyaxiales avec FML (260).

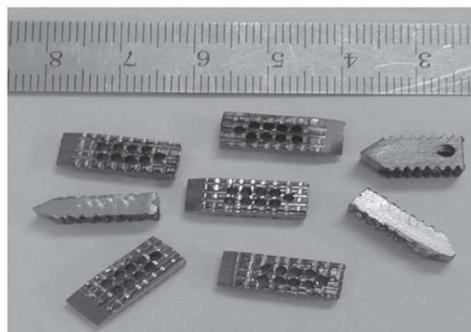


Figure 12.42 Spacers en titane utilisés pour la distraction et la fixation du C1C2. (259)

XII.5.C.f MANAGEMENT POSTOPERATOIRE :

Le patient est extubé et transféré au service, l'alimentation orale est commencée le lendemain et la mobilisation et la déambulation sont autorisées le plus tôt possible pour prévenir et diminuer les risques d'immobilité.

Un scanner postopératoire est réalisé pour vérifier le placement des

vis et leur trajectoire.

Le cou est immobilisé pendant six semaines pour favoriser la fusion.

XII.5.C.g COMPLICATIONS DE LA FIXATION C1C2 EN UTILISANT LA FML :

La lésion vertébrale est très rare, elle peut survenir lors de la dissection ou du fraisage surtout s'il y a présence de ponticus posticulus ou de parcours anormal ou aberrant de l'AV.

Fuite du LCR qui se produit en cas de rupture de la dure-mère par une vis des masses latérales ou des vis C2.

Une détérioration neurologique peut également se produire, elle peut être due à une fausse trajectoire de la vis dans le canal.

Exceptionnellement, l'artère carotide peut être blessée au niveau de la paroi antérieure de la masse latérale si la vis est trop longue et placée trop loin et qu'elle dépasse le tubercule antérieur de l'arc antérieur de C1.

XII.5.C.g AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU FML :

AVANTAGES :

- Montage très solide avec une faible morbidité et un taux de fusion élevé.
- Elle peut être réalisée même si les articulations C1C2 ne sont pas bien alignées.
- Une décompression postérieure peut être réalisée avec cette construction.
- Les nombreuses possibilités de placement de vis en C2 la rendent possible dans différentes situations anatomiques.
- Un large éventail de pathologies de C1C2 pourrait être traité en utilisant la FML.

INCONVÉNIENTS :

- L'AV risque d'être blessée lors de la dissection et de la mise en place de la vis.
- Il ne peut pas être utilisé dans certains cas de trajets aberrants de l'AV.
- Parfois, nous devons sacrifier le ganglion nerveux C2 et certains patients auront une certaine gêne à ressentir un engourdissement occipital en postopératoire.

XII.6 FIXATION POSTÉRIEURE C2C3

La fixation postérieure C2C3 peut être utilisée pour traiter les pathologies au niveau C2C3, la plaque et les vis ou les vis et tiges polyaxiales peuvent être utilisées.

Les pédicules de C2 ou les pars de C2 sont utilisés pour placer les vis dans l'axis, en C3 les vis sont placées dans la masse latérale ou les pédicules ou dans certains cas les vis sont placées dans la direction paraforaminale (246).

XII.6.A INDICATIONS DE LA FIXATION C2C3 POSTÉRIEURE :

- La fixation C2C3 postérieure est indiquée principalement pour les fractures bi pédiculaires type IIa et de type III de l'Effendi modifié par la classification de Levine (29).
- Certaines pathologies tumorales qui déstabilisent les articulations C2C3 peuvent être fixées après l'excision de la tumeur (412).

XII.6.B GESTION PRÉOPÉRATOIRE :

La radiographie et la tomodensitométrie permettent de diagnostiquer la pathologie et de donner des informations sur l'anatomie des pédicules et des pars de C2 et les masses latérales de C3.

L'IRM est indiquée en cas de déficit neurologique post-traumatique qui n'est pas expliqué par la tomodensitométrie, elle peut révéler une hyper intensité dans la moelle épinière, une hernie discale C2C3 post-traumatique est également diagnostiquée par l'IRM.

L'IRM est également utilisée dans les pathologies tumorales, elle évalue les extensions de la tumeur dans le canal et latéralement au foramen transversal et l'implication de l'artère vertébrale.

L'immobilisation à l'aide d'un collier cervical est conseillée avant l'intervention chirurgicale.

L'intubation est réalisée par endoscopie sans manipulation du cou. Des antibiotiques sont administrés avant l'intubation.

XII.6.C TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est en position ventrale, la tête étant en position neutre ou légèrement étendue, de sorte que le spondylolisthésis C2 n'est pas aggravé.

-L'incision est médiane et linéaire, la dissection est poursuivie en suivant le raphé médian avasculaire, les apophyses épineuses et les lames de C2 sont exposées de façon sous-périostée, puis les masses latérales de C2 et C3 sont également exposées il faut veiller

à ne pas blesser les artères vertébrales lors de la dissection dans le bord latéral des masses latérales.

-Les vis placées dans C2 sont des vis pédiculaires ou des vis pars, la technique de placement a déjà été décrite plus haut dans le chapitre de la fixation postérieure de C1C2.

-Pour C3, les vis sont placées dans le pédicule ou dans la masse latérale. Pour cette dernière, le point d'entrée est juste médian par rapport au centre de la masse latérale, la trajectoire est de 20° latéral et 20° vers le haut, la longueur des vis est comprise entre 12 et 16 mm selon l'anatomie de la masse latérale (4).

Pour les vis pédiculaires, elles sont rarement utilisées au niveau C3 et plus utilisées pour les C7 et C6, le point d'entrée est juste inférieur au centre de l'articulation et légèrement latéral, la trajectoire est de 25 à 40° en médial dans le plan axial avec la direction crânienne dans le plan sagittal, un peu différente des autres vertèbres subaxiales où la trajectoire est parallèle à l'extrémité du corps vertébral (450).

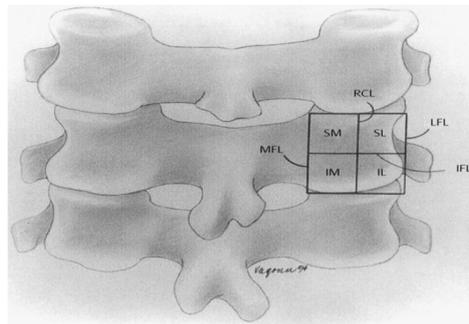


Figure 12.43 La masse latérale subaxiale est divisée en quatre quadrants pour le placement de la vis (superomédiale SM, superlatérale SL, inferomédiale IM et inferlatérale IL), le point d'entrée médial au centre et la vis est orientée vers le quadrant superlatéral) (476)

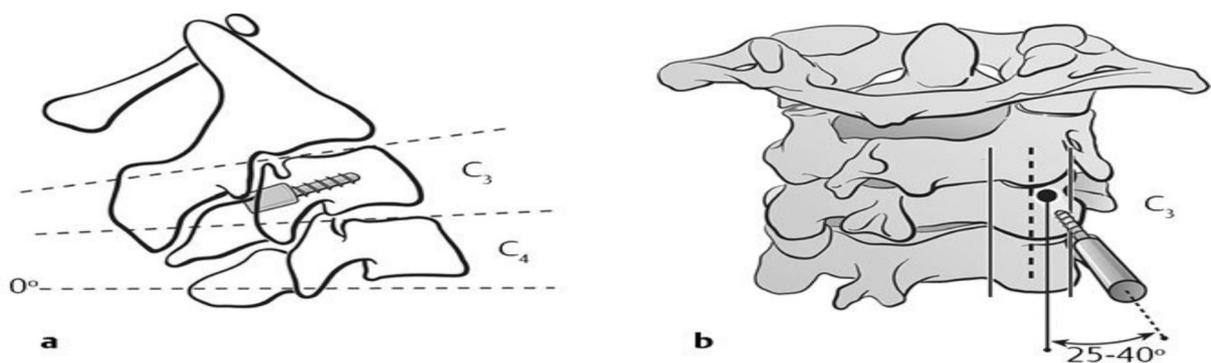


Figure 12.44 le placement de la vis pédiculaire pour C3, 15° vers le haut dans le plan sagittal (a), et 25 à 40° en médial dans le plan axial (b), le point d'entrée est en dessous de la ligne articulaire 2mm latéralement par rapport au point médian (476)

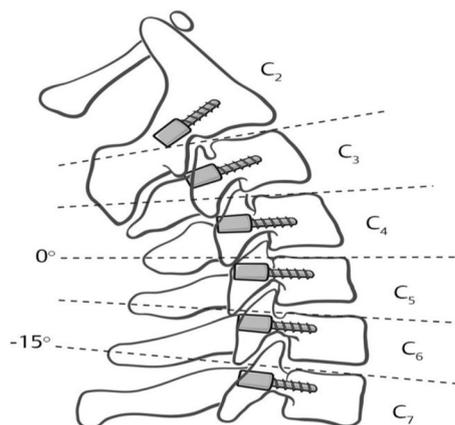


Figure 12.45 L'orientation de la vis pédiculaire dans le plan sagittal pour C3 en comparaison avec d'autres niveaux sub axiaux. (476)

-Une autre technique a été décrite, si la masse latérale ou le pédicule ne conviennent pas pour la mise en place de la vis, on parle de vissage para foraminal où la vis est placée au milieu de la masse latérale 3 à 4 mm sous l'articulation, et la trajectoire est droite, parallèle à la direction sagittale de la masse latérale et la longueur est calculée sur le scanner préopératoire, le foramen transvaersium ne doit pas être atteint.

-Les vis sont reliées par des tiges, des plaques ont également été utilisées. Les différents plans sont fermés.

XII.6.D GESTION POSTOPÉRATOIRE :

Le patient est extubé et transféré au service, l'alimentation orale est commencée le lendemain et la marche aussi, le cou est immobilisé à l'aide d'un collier cervical, qui est conservé pendant 8 à 12 semaines.

Un scanner cervical est effectué pour contrôler le placement des vis le jour même ou le lendemain de l'opération.

XII.6.E COMPLICATIONS DE LA FIXATION C2C3 POSTÉRIEURE:

Les complications liées à la fixation C2C3 sont très rares, la détérioration neurologique peut être due à un déplacement lors du positionnement du patient ; ou à un mauvais positionnement de la vis avec une trajectoire intra canalaire.

Au contrôle du CT scan, les vis peuvent être placées dans une mauvaise trajectoire, une chirurgie de révision est nécessaire dans ces cas.

La fistule postopératoire du LCR est exceptionnelle.

Une infection du site de fixation postopératoire peut également être observée.

XII.6.F AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA FIXATION C2C3 POSTÉRIEURE :

XII.6.G.a AVANTAGES :

- L'approche est simple et l'accès est relativement aisé.
- La mise en place de la vis est simple lorsque les différents repères et directions sont respectés.
- La réduction peut être tentée par la même approche si la réduction externe n'est pas obtenue.

XII.6.G.b INCONVENIENTS :

- La position ventrale peut être difficile à gérer pour l'équipe d'anesthésie lorsque le patient présente des pathologies associées.
- La mise en place de la vis n'est pas toujours possible lorsque le trait de fracture est complexe.

XIII.FIXATION MINI-INVASIVE DE LA JCV

La chirurgie mini-invasive (MIS) est de plus en plus utilisée ces vingt dernières années dans la chirurgie du rachis, elle n'a pas été prouvée supérieure aux approches ouvertes standard mais elle a théoriquement l'avantage de minimiser la dissection musculaire et sous-cutanée, de diminuer la perte de sang et de raccourcir la durée d'hospitalisation, le patient se rétablit rapidement.

Grâce à ces avantages, les objectifs standards de la chirurgie, tels que la décompression et la stabilisation sans complications ou morbidité supplémentaires, devraient être atteints pour être égaux ou supérieurs aux approches ouvertes standard.

La complexité de l'anatomie de la JCV rend plus difficile l'application de la technique MIS à la colonne cervicale supérieure.

XIII.1 VISSAGE ODONTOÏDE ANTÉRIEUR MINI-INVASIF

Les principes de la fixation par vis odontoïde antérieure sont les mêmes, les indications, les contre-indications et les avantages sont également les mêmes que ceux de l'approche standard.

La seule différence réside dans l'approche, l'incision est minime de 1cm, puis une dissection est effectuée à l'aide du doigt jusqu'à la palpation de la surface antérieure de la colonne cervicale, le niveau est vérifié sur radioscopie latérale, puis une série de tubes dilatés est placée et le dilateur tubulaire final est déplacé vers le haut jusqu'au niveau C2C3 (606).

Les étapes suivantes sont les mêmes que l'approche standard avec le placement du fil K qui est introduit et avancé à l'aide d'un moteur ou d'un tournevis automatique et sous la radioscopie en bouche ouverte et la fluoroscopie en profil, la vis canulée est placée, guidée par le fil.

La fermeture est simple, de l'incision de 1cm seulement.

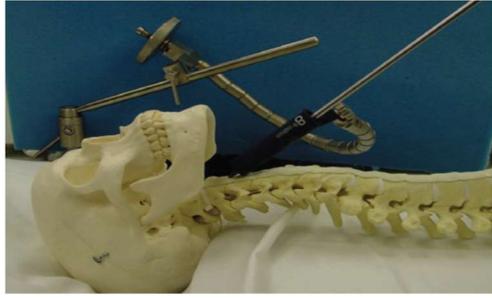


Figure 13.1 Le placement du rétracteur pour la mise en place minimale de la vis dans l'odontoïde (653).



Figure 10.2 L'écarteur est placé dans l'espace C2C3 pour la fixation de l'odontoïde. (653).

XIII.2 LA FIXATION MINI-INVASIVE POSTÉRIEURE C1C2 :

La technique de fixation atlanto axiale postérieure MIS a été décrite pour la première fois par Joseffer et al en 2006, le principe de cette approche est d'éviter l'incision médiane avec une dissection musculaire extensive et de réduire la perte de sang. Deux petites incisions paramédianes sont réalisées et les articulations C1C2 sont accédées de chaque côté (341). La mise en place d'une vis dans la masse latérale C1 et une vis pédiculaire C2 ou une vis dans le pars de C2, est réalisée de chaque côté comme décrit par Goel et Harms.

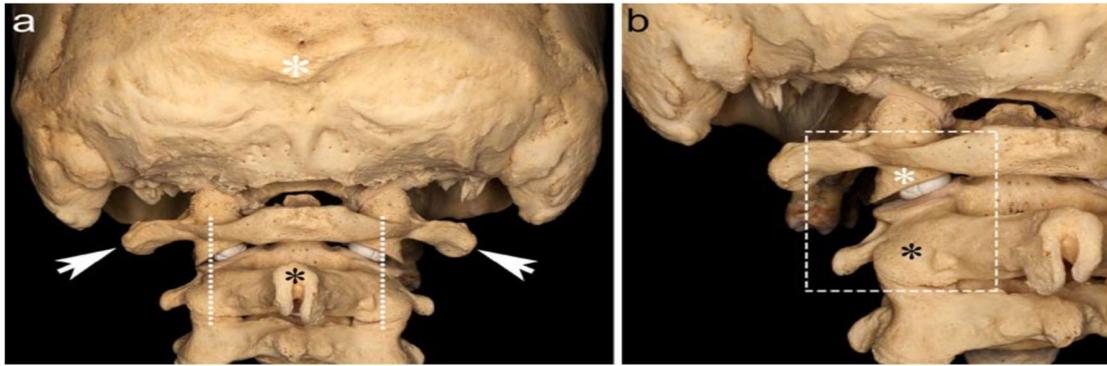


Figure 13.3 Les incisions para médianes pour une fixation mini-invasive C1C2 sont réalisés en regard des articulations C1C2 (a), une vis dans la masse latérale (astérisque blanche sur b) et une vis pédiculaire C2 (astérisque noire sur b) sont utilisés pour cette fixation mini-invasive C1C2 (120).

XIII.2.A INDICATIONS DE LA FIXATION MINI-INVASIVE C1C2 POSTÉRIEURE :

Les indications de ces techniques sont presque les mêmes que celles de l'approche ouverte standard.

- Les fractures de l'odontoïde de type II qui ne sont pas indiquées pour une fixation antérieure et de type III où la gestion conservatrice a échoué.
- Os odontoïdeum avec luxation atlanto-axiale.
- Luxation atlanto-axiale dégénérative et inflammatoire.
- Les luxations atlanto axiales congénitales ne sont pas toutes indiquées pour cette approche en raison des variations anatomiques et du parcours inhabituel de l'artère vertébrale ou d'une invagination basilaire associée. Certains cas sélectionnés peuvent être traités par cette approche (637).

XIII.2.B PRÉPARATION PRÉOPÉRATOIRE :

Les mêmes examens radiologiques sont réalisés que pour l'approche standard.

Le CT scanner est très utile pour préparer et planifier l'acte chirurgical, le chirurgien étudie bien l'anatomie des articulations C1C2 et la configuration de la masse latérale de l'atlas et du pédicule et du pars de l'axis.

L'angio CT est recommandé pour les cas malformatifs afin d'évaluer le parcours de l'artère vertébrale des deux côtés et de détecter tout parcours aberrant qui pourrait contre-indiquer l'approche.

L'IRM donne des informations précieuses sur la moelle épinière et tout signal anormal qui pourrait expliquer la myélopathie clinique,

en particulier pour les luxations dégénératives et inflammatoires. Une traction peut être nécessaire pour réduire la luxation atlanto axiale, elle est maintenue pendant l'opération.

Le patient est intubé par endoscopie sans aucune mobilisation du cou.

Des antibiotiques sont administrés avant l'intubation.

XIII.2.C TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est placé en position ventrale, il faut garder le cou en position neutre pendant la rotation du patient. La tête est fixée dans un support de tête à trois prises osseuses, la traction est maintenue pendant l'intervention.

-Le niveau de l'incision est vérifié en palpant l'apophyse épineuse de l'axis puis confirmé par une radioscopie latérale.

-Deux incisions paramédianes sont nécessaires pour l'approche, elles sont faites à 2,5 à 3 cm de la ligne médiane et elles varient en longueur entre 2 et 3 cm. (120)

Après deux techniques ont été décrites pour la progression vers l'espace de l'articulation C1C2 :

- La première est la technique de dissection musculaire où les muscles sont disséqués en suivant la direction de leurs fibres, le premier muscle rencontré est le muscle splénius capititis qui est disséqué, puis le muscle semispinalis avec ses fibres de direction rostrale parallèle au sens de l'incision, sous lequel apparaît le muscle oblique inférieur recouvert de son fascia et courant avec le grand nerf occipital, ce muscle est disséqué et coupé, l'arc postérieur de l'atlas et la lame de l'axis apparaissent sous ce muscle. La masse latérale de C1 et le pars interarticulaire de C2 sont exposés en disséquant les tissus mous par-dessus en utilisant la coagulation bipolaire, un saignement peut se produire à ce stade à partir du plexus veineux, il est contrôlé par la coagulation bipolaire et le tamponnement par du surgicel. La fluoroscopie est utilisée tout au long de la procédure pour confirmer le niveau (120).

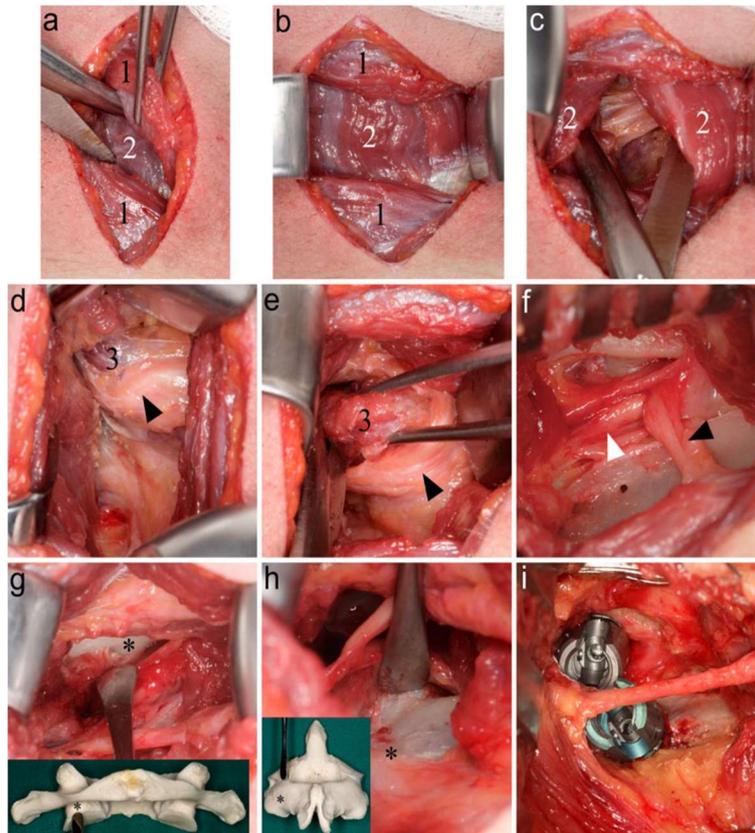


Figure 13. 4 Les différentes étapes de la technique de dissection musculaire pour la technique de fixation mini-invasive C1C2 ; le splénius capitis (1 en a et b) est le premier muscle, puis le muscle semispinalis (2 en a, b et c), l'oblique inférieur (3 en d et e) est le muscle le plus profond, il est en relation étroite avec la racine nerveuse de C2 et ses branches (pointe flèche noire en d,e et f et blanche en f), la fixation de C1C2 (i) est réalisée en mettant des vis dans la masse latérale de C1 (astérisque en g) et le pédicule de C2 (astérisque en h). (120)

- La deuxième technique utilise un écarteur tubulaire, après l'incision, le fascia est ouvert et une série de tubes est introduite sous fluoroscopie qui confirme le niveau, le tube doit être au-dessus de la lame de C2, une fois l'écarteur placé et fixé, le muscle oblique inférieur est coupé et le reste de la procédure est le même que pour la première technique (611).

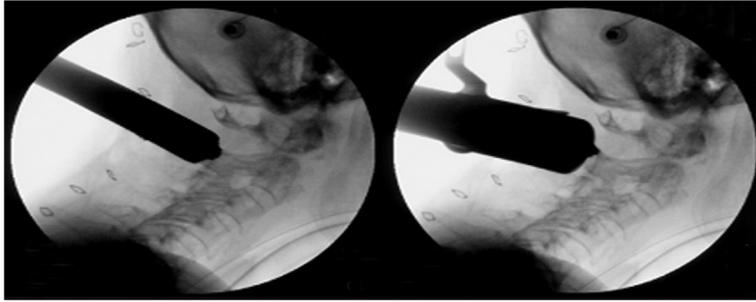


Figure 13.5 Fixation du MIS C1C2 par rétraction tubulaire. (611)

Après avoir exposé la masse latérale de C1 et les pars de C2, des vis sont placées comme décrit par Goel and Harms et connectées avec une tige, la racine nerveuse de C2 pourrait être sacrifiée si l'exposition n'est pas suffisante.

La même technique est réalisée de l'autre côté.

XIII.2.D GESTION POSTOPÉRATOIRE :

Le patient est extubé et transféré au service, un collier cervical est mis en place, il peut marcher le même jour, la douleur postopératoire est censée être moindre grâce à une dissection musculaire minimale.

Un scanner cervical est effectué le lendemain de l'opération pour contrôler le placement des vis.

Le séjour à l'hôpital est raccourci et le patient peut quitter l'hôpital deux à trois jours après l'opération.

XIII.2.E COMPLICATIONS DE LA FIXATION MINI-INVASIVE POSTÉRIEURE C1C2 :

Les complications sont très rares, elles peuvent être les mêmes que pour l'approche standard, comme une aggravation neurologique due à un mauvais positionnement des vis, qui nécessitera une chirurgie de révision.

Une névralgie C2 due à l'irritation de la racine nerveuse C2 par la vis peut survenir, l'utilisation de vis partiellement filetées pourrait empêcher cela.

Si la racine nerveuse C2 est sacrifiée, le patient peut ressentir une certaine gêne due à l'anesthésie de la zone occipitale postérieure.

XIII.2.F AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA FIXATION POSTÉRIEURE MIS C1C2 :

XIII.2.F.a AVANTAGES :

- La dissection musculaire n'est pas étendue, le patient a moins de douleurs au cours de la phase post-opératoire.
- La perte de sang est réduite grâce à une dissection minimale.
- La durée d'hospitalisation est réduite à deux ou trois jours.

XIII.2.F.b INCONVENIENTS :

- L'anatomie est complexe et la courbe d'apprentissage peut être longue pour maîtriser cette technique.
- Le champ opératoire est étroit et le chirurgien doit veiller à ne pas blesser l'artère vertébrale.
- La technique ne peut pas être réalisée lorsqu'une décompression est nécessaire.

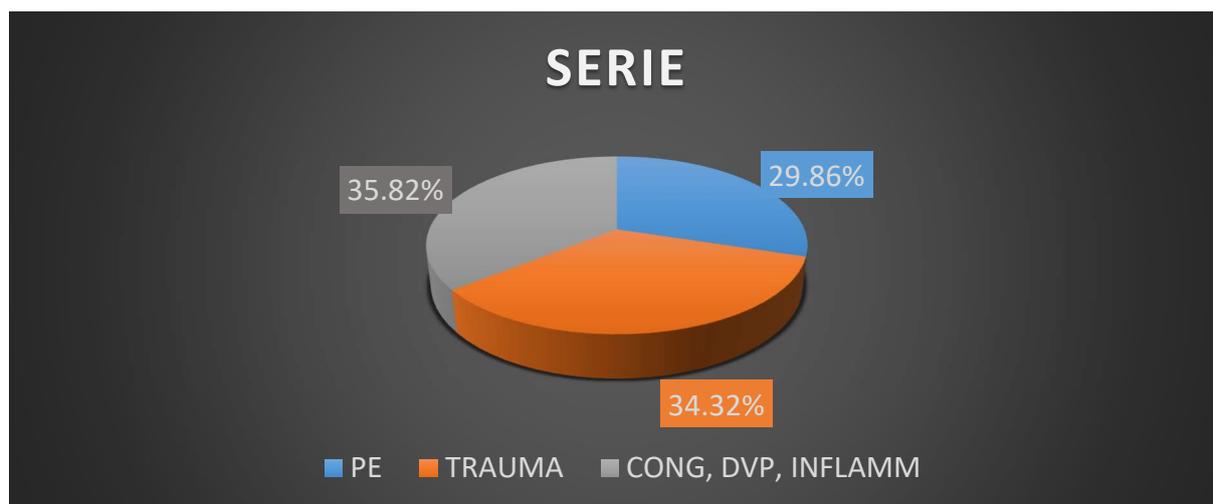
TRAVAIL PRATIQUE

SERIE PERSONELLE

Dans les derniers mois de 2015, nous avons décidé de réaliser ce travail sur les approches chirurgicales des différentes pathologies de la jonction crano-vertébrale. Les différentes pathologies que nous avons décidé d'inclure dans cette étude étaient traumatiques, tumorales, congénitales, développementales, infectieuses et inflammatoires. Les malformations vasculaires et les lésions, tumeurs ou malformations intra-axiales ont été exclues de l'étude.

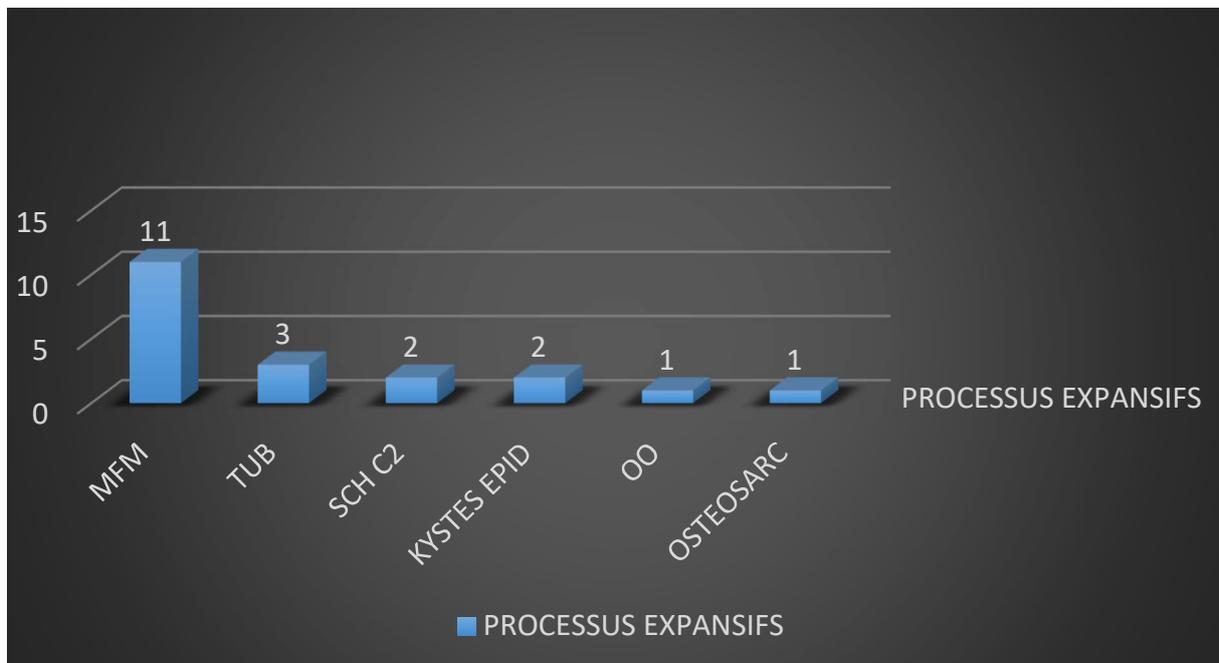
Entre 2016 et 2019, soixante-sept (67) patients ont été opérés pour différentes pathologies de la JCV, soixante-quinze opérations ont été réalisées, quatre opérations ont été faites en même temps mais en tant que deuxième étape de la chirurgie, une opération a été faite en tant que deuxième étape mais à un temps ultérieur à la première opération et trois opérations ont été des opérations de révision pour différentes causes.

L'âge des patients était compris entre 4 et 80 ans, l'âge médian étant de 42,76 ans, la série comprend 30 femmes et 37 hommes, avec une légère prédominance masculine, il y avait quatre enfants, leur âge était respectivement de 4, 8, 12 et 14 ans.



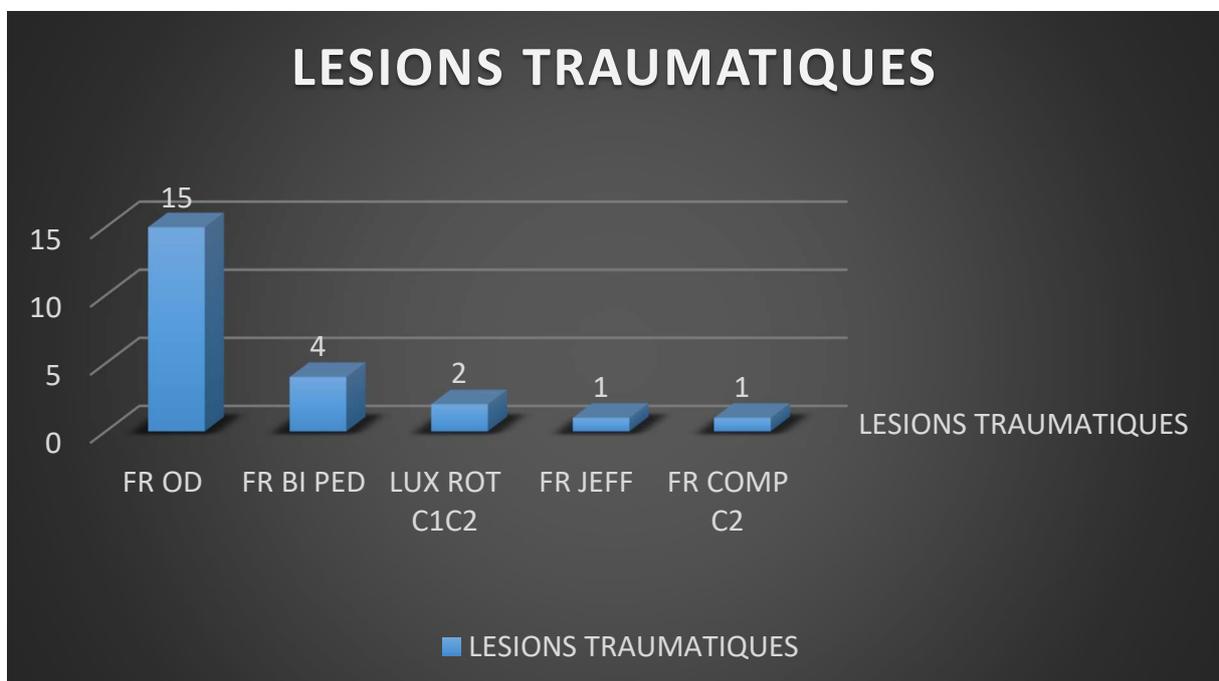
Pourcentages des différentes pathologies de la JCV dans notre série (PE : processus expansifs, TRAUMA : lésions traumatiques, CONG, DVP, INFLAMM : lésions congénitales, développementales et inflammatoires)

Sur les 67 patients de la série, vingt (20) patients présentaient des processus expansifs, représentant 29,86 % de l'ensemble des patients, avec une prédominance féminine (14 patients), le sex ratio était de 2/1 ; les méningiomes du foramen magnum étaient les plus fréquents (11 patients) représentant 55 %, la tuberculose était la deuxième lésion avec trois patients (15 %), les schwannomes nerveux C2 et les kystes épidermoïdes représentaient 10 % chacun (deux patients pour chaque pathologie). Nous avons également un ostéome ostéoïde de C2 (5%) et un ostéosarcome de C2 pour un autre patient (5%). Trois patients (15 %) avaient besoin d'une stabilisation et d'une fixation, ce qui a été fait en même temps que la chirurgie du processus expansif.



Répartition des PE (MFM : méningiomes du foramen magnum méningiomes, TUB : tuberculose, C2 SCH : schwannomes C2, OO : ostéome ostéoïde OSTEOSARC : ostéosarcome).

Vingt-trois patients présentaient des lésions traumatiques, ce qui représente 34,32% de l'ensemble des patients, il y avait une prédominance masculine (82,60%), quatre seulement étaient des femmes, les fractures d'odontoïde représentaient 65,21% des patients (15 patients), huit d'entre eux ont été traités par vissage odontoïde antérieur, six patients ont été traités par fixation atlanto-axiale postérieure avec vissage de la masse latérale de l'atlas, la technique de fixation mini-invasive a été utilisée pour deux de ces six patients et l'approche ouverte classique a été utilisée pour quatre patients. Un patient a été traité par fixation occipito cervicale, ce patient était l'un des premiers cas. Quatre patients avaient une fracture bi pédiculaire de C2 (17,40%), la fixation C2C3 a été effectuée par voie antérieure chez trois patients et par voie postérieure chez un patient en utilisant une technique mini-invasive. Deux patients (8,69%) ont subi une luxation rotatoire atlanto-axiale fixe, les deux patients ont été traités par une technique de fixation occipito cervicale. Un patient (4,35%) a eu une fracture de Jefferson qui a été traitée par fixation atlanto-axiale postérieure et un patient (4,35%) a eu une fracture complexe de l'axis qui a été traitée par fixation occipito-cervicale.



Repartition des lésions traumatiques (FR OD : fractures odontoïdes, FR BI PED : fracture bi pédiculaire C2, LUX ROT C1C2 : luxation atlanto-axiale rotatoire, FR JEFF : fracture de Jefferson, FR COMPL C2 : fracture complexe de C2).

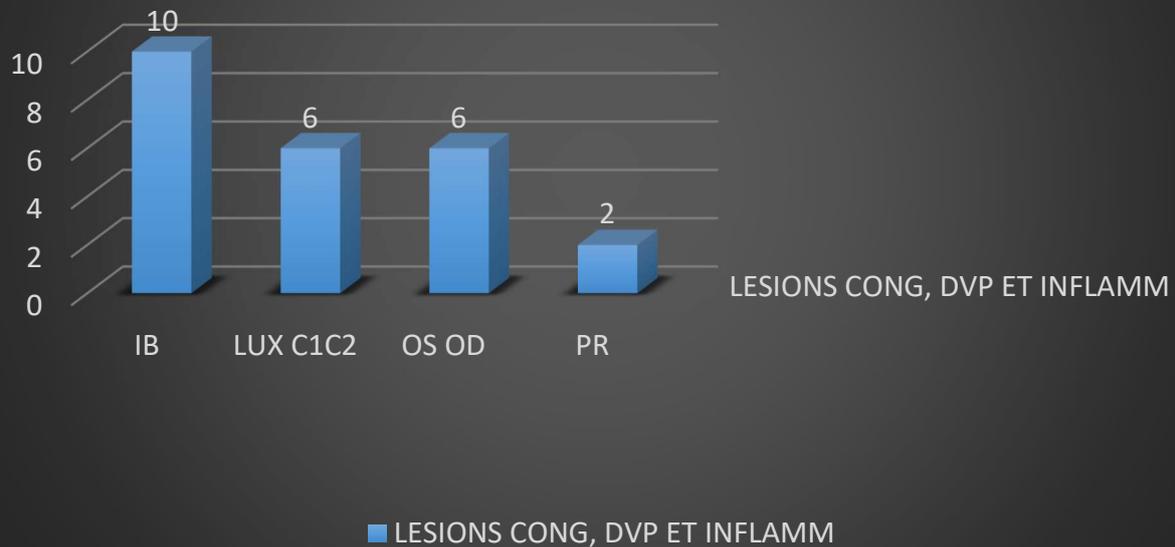
Vingt-quatre patients (35,82%) présentaient des pathologies congénitales, développementales et inflammatoires, les cas d'os odontoïdeum ont été inclus même si leur origine traumatique est acceptée aujourd'hui. Dix patients avaient une invagination basilaire (41,67%), six patients (25%) avaient un os odontoïdeum, six patients (25%) avaient une luxation atlanto-axiale, deux patients (8,33%) avaient une instabilité de la JCV secondaire à une polyarthrite rhumatoïde. Quatre patients qui avaient une invagination basilaire irréductible ont d'abord été opérés par voie antérieure avec odontoïdectomie endoscopique endonasale, deux d'entre eux ont été fixés avec une fixation occipito cervicale. Six patients avaient une invagination basilaire réductible, ils ont été opérés avec une décompression postérieure et une fixation occipito cervicale.

Pour les cas d'os odontoïdeum, trois ont été opérés avec une décompression postérieure et une fixation occipito cervicale, les trois autres ont été opérés avec une fixation atlanto axiale postérieure.

Pour les cas de luxation atlanto-axiale, une patiente avait 4 ans, elle était trisomique 21, une patiente avait une luxation atlanto-axiale malformative avec assimilation partielle de l'atlas, les quatre autres patients avaient une luxation atlanto-axiale sans étiologie évidente. Les six patients ont été traités par une fixation atlanto-axiale postérieure avec un vissage de la masse latérale C1, une technique mini-invasive a été utilisée pour quatre patients.

Les deux patients atteints de polyarthrite rhumatoïde, l'un ayant une impression basilaire et l'autre une luxation atlanto-axiale, tous deux ont été traités par décompression postérieure et fixation occipito cervicale.

LESIONS CONG, DVP ET INFLAMM



Répartition des lésions congénitales, développementales et inflammatoires (IB : invagination basilaire, LUX C1C2 : luxation atlanto axiale, OS OD : os odontoïdeum, PR : polyarthrite rhumatoïde).

Sur les 67 patients et les 75 opérations, deux patients sont décédés (2,98%), tous deux en très mauvaise forme avant l'opération avec un déficit moteur très avancé, une patiente avait une invagination basilaire irréductible et un autre avait un os odontoïdeum compressif et très instable.

Des problèmes mineurs ont été constatés chez sept patients représentant une morbidité de 10,44 %. Les problèmes que nous avons rencontrés étaient un sepsis de paroi chez un patient, un pseudo méningocèle chez un patient, une aggravation neurologique chez deux patients et une chirurgie de révision pour déplacement de dispositif chez trois patients.

Nous présenterons la série en neuf chapitres. Dans chaque chapitre, une approche chirurgicale que nous avons utilisée est présentée avec la série de patients qui ont été opérés, la technique détaillée telle que nous l'avons utilisée, nos résultats et une discussion de la littérature qui a été décrite pour chaque approche. Nous terminerons avec une discussion générale.

A.L'APPROCHE ENDOSCOPIQUE ENDONASALE

L'approche endoscopique endonasale a été ajoutée à l'arsenal des approches chirurgicales des pathologies de la jonction craniocervicale au cours de ces deux dernières décennies (333).

Depuis de nombreuses années, l'approche trans orale a été considérée comme l'approche standard pour les pathologies de la JCV localisées antérieurement (172).

Avec le développement des approches endoscopiques endonasales étendues à la base du crâne, la JCV a été incluse en commençant par les pathologies tumorales puis l'invagination basilaire (514).

L'objectif de la chirurgie dans le traitement des pathologies tumorales est d'obtenir une résection totale avec reconstruction de la base du crâne et sans ajouter de déstabilisation iatrogène.

Dans le cas d'une invagination basilaire, le but du traitement est d'effectuer une odontoïdectomie pour décompresser la jonction bulbo-médullaire avec ou sans résection de l'arc antérieur de l'atlas. En général, une fixation postérieure de la JCV est nécessaire et elle est réalisée en même temps ou en deuxième temps quelques jours ou semaines après l'opération (577).

Bien sûr, cette technique a des limites pour traiter les pathologies qui ont des extensions caudales et latérales, mais elle est toujours utile comme approche combinée avec d'autres approches postérieures ou latérales, voire antérieures (566).

Certains outils peropératoires sont toujours utiles au chirurgien lorsqu'il effectue une approche endoscopique endonasale de la JCV, ces outils comprennent la fluoroscopie et surtout les systèmes de navigation qui guident le chirurgien dans la ligne médiane et latéralement (149).

La période post-opératoire est un temps capital pour le patient, l'approche endoscopique endonasale de la JCV est une opération à haut risque pour le patient, l'aggravation neurologique et la fuite du LCR sont les principales complications redoutées qui doivent être évitées et prévenues par le chirurgien, le pronostic du patient en dépend (219).

A.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES :

Entre 2016 et 2019, cinq (5) patients ont été opérés par une approche endoscopique endonasale de la JCV, trois (3) étaient des hommes et deux (2) des femmes.

L'âge des patients varie entre 17 et 67 ans, l'évaluation neurologique a été réalisée en consultation externe, puis tous les examens radiologiques nécessaires ont été effectués avant l'admission.

Quatre patients présentaient une invagination basilaire malformative et un patient présentait une lésion expansive de la JCV.

Une fois l'indication chirurgicale décidée, l'acte chirurgical a été discuté avec le patient et ses proches, la discussion porte sur le but de l'opération, les risques et les complications et la nécessité ou non d'une fixation occipito cervicale.

Les patients ont subi une évaluation pour l'acte anesthésique au service d'Anesthésie-Réanimation.

Une fois les patients préparés, ils ont été admis en chirurgie, au service une évaluation neurologique préopératoire a été effectuée, pour certains patients un scanner a été réalisé, pour être utilisé pour la navigation.

La traction crânienne à l'aide de l'étrier de Gardner-Wells a été effectuée pour les patients ayant une invagination basilaire avec évaluation neurologique et radiologique après la traction, l'évaluation radiologique comprenait des rayons X en profil et un scanner pour certains patients.

Dans la salle d'opération, le patient est intubé sans bouger le cou ou avec un minimum de manipulation. Des antibiotiques sont administrés avant de commencer l'opération.

A.1.a TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est mis en décubitus dorsal avec la tête en position neutre ou en légère flexion, la tête et le tronc sont élevés de 10 à 15° et la tête est fixée sur une têtère de Mayfield.

-Le système de navigation est installé et l'IRM ou le scanner sont utilisés pour la navigation, l'écran du système de navigation est placé devant le chirurgien juste derrière la tête.

-La colonne d'endoscopie est placée juste à gauche de la position de la tête, le chirurgien se trouve du côté droit du patient et l'assistant du côté gauche.

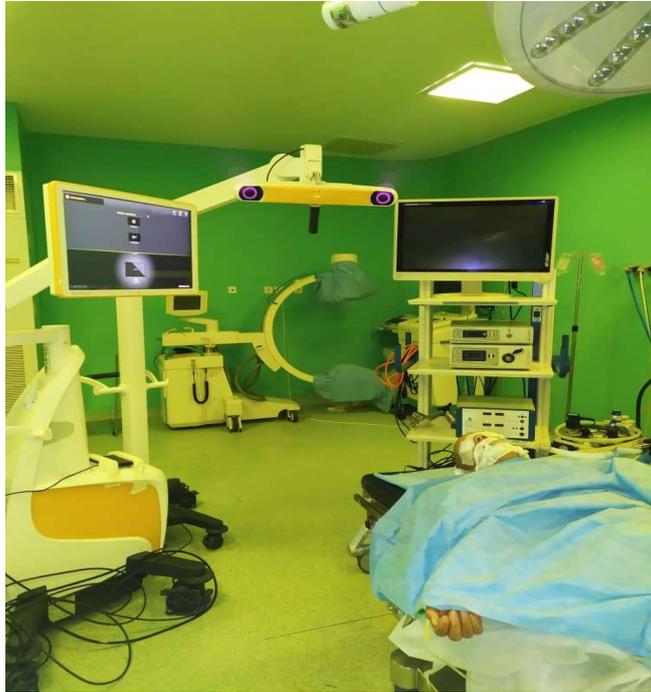


Figure A.1 La position de la colonne d'endoscopie et du système de navigation lors de la réalisation d'une odontoïdectomie endoscopique.

-Nous utilisons la technique bi narinaire, la préparation de la muqueuse nasale est commencée à l'aide de cotons imbibés à la naphthazoline et laissés pendant trois à cinq minutes dans les narines.

-Ensuite, une solution de Bétadine est utilisée dans les deux narines pour la désinfection et elle sera lavée à l'aide d'une solution saline et aspirée après.

-Un endoscope 0° fixé à une caméra haute définition est introduit dans la narine droite et différents repères anatomiques sont identifiés en commençant par le plancher nasal et le cornet inférieur qui est latéral et la cloison nasale qui est médiane, le cornet moyen est au-dessus du cornet inférieur. L'endoscope est introduit en avant et les choanes sont identifiées avec la muqueuse de la paroi pharyngienne postérieure qui recouvre le clivus et l'atlas. Les trompes d'Eustache sont visibles latéralement à ce stade de la chirurgie.

-L'étape suivante consiste à réaliser une septectomie postérieure, nous utilisons la coagulation bipolaire pour la cautérisation de la muqueuse au-dessus du septum. La septectomie est réalisée à l'aide de pinces Kerrison et de pinces osseuses, les limites sont la jonction avec le clivus en haut et la jonction du vomer avec le palais osseux en bas.

-Une fois la septectomie postérieure réalisée, le travail est fait en bi narinaire facilement grâce au large champ opératoire, ainsi le tube d'aspiration est introduit par l'assistant dans la narine gauche, un porte endoscope peut être utilisé à ce stade mais nous préférons la technique des mains libres.

Les trompes d'Eustache sont bien identifiées latéralement, les différents points de repère sont confirmés sur le système de navigation, nous ne pensons pas que l'ouverture du sinus sphénoïdal soit nécessaire pour approcher la JCV.

-L'étape suivante est l'incision de la muqueuse postérieure de la paroi pharyngée, nous préférons réaliser un lambeau en forme de U inversé en utilisant la coagulation mono polaire, nous devons toujours faire attention à ne pas être trop latéral, le risque de lésion des artères carotides doit toujours être gardé à l'esprit.

-Après avoir réalisé le lambeau de muqueuse, il est écarté vers le bas sur le palais mou pour exposer le clivus, l'arc antérieur de C1 et le corps de C2. Toutes ces structures osseuses sont confirmées sur le système de navigation.

-L'arc antérieur de l'atlas est réséqué à l'aide d'une fraise en utilisant un moteur à grande vitesse et de pinces Kerrison, la partie inférieure du clivus est également retirée si l'odontoïde est haut situé, en utilisant la même technique.

-Après l'ablation de l'arc antérieur de l'atlas, le processus odontoïde est exposé, l'odontoïdectomie peut alors être commencée. Le processus odontoïde est réséqué à l'aide d'une fraise en utilisant un moteur à grande vitesse, en particulier à la base, puis il est retiré à l'aide de curettes et de pinces de Kerrison, les fragments osseux très attachés sont coupés en particulier latéralement et à la pointe où les ligaments alaires sont attachés.

-L'endoscope à 30° a été utilisé pour un patient pour enlever la pointe de l'odontoïde en utilisant une curette et des ciseaux pour la couper de son attachement supérieur.

-Pour le patient présentant un processus expansif, les étapes chirurgicales ont été les mêmes jusqu'à la réalisation du lambeau en forme de U inversé, la lésion a été identifiée après rétraction du lambeau vers le bas et une biopsie de la lésion a été effectuée.

-Après odontoïdectomie, le lambeau de muqueuse est remplacé et renforcé à l'aide de la colle de fibrine, un méchage des fosses nasales est réalisé à la fin pour assurer l'hémostase de la muqueuse nasale et est conservé pendant 24 heures.

A.1.b PRISE EN CHARGE POST OPERATOIRE :

-Le patient est extubé juste après l'opération, sauf si une fixation occipito cervicale est prévue au même stade.

-Le patient est gardé pendant 24 heures aux soins intensifs, puis transféré au service, le collier cervical est maintenu jusqu'à la fixation et conservé pendant 8 à 12 semaines après l'opération.

-Les mèches nasales sont retirées le lendemain de l'opération et l'alimentation orale est débutée 48 heures après l'opération en commençant par des liquides.

-Une évaluation neurologique est également effectuée le lendemain de l'opération avec une évaluation radiologique (CT scan).

-En général, après 48 heures, le patient marche avec l'aide du kinésithérapeute, si le patient présente un déficit moteur avant l'intervention chirurgicale, la rééducation est commencée avant la sortie du patient et poursuivie après la sortie.

-Le patient peut être libéré le 7^e jour de l'opération et il est vu au 3^e, 9^e et 12^e mois après l'opération.

A.2 RÉSULTATS :

Cinq patients ont été opérés entre 2016 et 2019 (voir résumé des patients dans le tableau 1). Il y avait trois hommes et deux femmes. En juin 2016, j'ai opéré mon premier patient en utilisant l'approche endoscopique endonasale de la JCV.

-La première patiente (numéro 1 dans le tableau) était une femme de 49 ans, opérée il y a plusieurs années dans un autre service pour une invagination basilaire malformative, elle a subi une décompression postérieure, mais son état neurologique a continué à

s'aggraver et quand elle est venue nous voir, elle utilisait déjà un fauteuil roulant pour se déplacer.

À l'examen, la patiente était tétraparétique et spastique, les réflexes étaient exagérés, il n'y avait pas de troubles de la sensibilité, sa vessie était hyperactive avec une pollakiurie.

Le scanner a révélé une invagination basilaire malformative, les différentes lignes telles que la ligne de Chamberlain et la ligne de McRae n'ont pas pu être tracées en raison de la décompression postérieure faite auparavant. La ligne de Wackenheim a été dépassée par le processus odontoïde.

Un autre scanner a été effectué à l'hôpital, pour la navigation peropératoire après traction, qui n'a pas réduit le prolapsus odontoïde.

L'IRM a montré une compression bulbo-médullaire antérieure sévère avec un signal hyper intense en T2 au niveau de C2.

La patiente a subi une odontoïdectomie endoscopique endo nasale selon la technique chirurgicale décrite plus haut, l'opération s'est bien déroulée sans incident peropératoire.

La patiente a été extubée juste après l'opération, un collier cervical a été posé, le lendemain la patiente a été transférée de l'unité de soins intensifs au service et les mèches nasales ont été retirées.

Un scanner a été effectué et a démontré une bonne décompression avec l'ablation de l'arc antérieur du C1 et du processus odontoïde.

Le deuxième jour, la patiente a commencé à manger, des aliments liquides bien sûr sans aucun problème. Elle a été libérée le septième jour.

La fixation occipito cervicale a été effectuée un mois plus tard sans aucun problème postopératoire et l'immobilisation cervicale a été maintenue pendant 8 semaines. La rééducation a commencé quelques jours plus tard.

Trois mois après la première opération, la patiente a été examinée en consultation externe et elle se portait très bien et a commencé à marcher avec aide, un an plus tard la patiente marchait toute seule et était indépendante dans ses activités quotidiennes.



Figure A.3 Le scanner CT sagittal postopératoire du patient n°1 montrant la résection de l'arc antérieur de C1 et de l'odontoïde.

-Le second patient (n°2 sur le tableau) était un garçon de 17 ans qui présentait des difficultés à avaler, à l'examen à l'hôpital, le patient avait des réflexes exagérés avec signe de Babinski bilatéral mais sans déficit moteur.

Le scanner a révélé une invagination basilaire et l'IRM a confirmé le diagnostic et a démontré une légère compression antérieure de la jonction bulbo-médullaire.

L'odontoïde a dépassé la ligne de Chamberlain de 7 mm au scanner et à l'IRM.

Après discussion avec le patient et sa famille, la chirurgie a été décidée, la traction a été effectuée révélant une IB non réductible, ainsi l'odontoïdectomie endoscopique antérieure avec décompression et fixation postérieures a été réalisée au même stade sans incident ou problème peropératoire, le système de navigation a été très utile en utilisant l'IRM du patient.

Le patient a été extubé juste après l'opération, un collier cervical a été placé et conservé pendant trois mois après l'opération, le lendemain de l'opération, le patient a été transféré dans le service et le tamponnement nasal a été retiré.

Un scanner a été effectué, démontrant une bonne décompression antérieure avec un bon placement des vis occipito cervicales, de la plaque et des tiges.

Le deuxième jour, le patient a commencé à s'alimenter et à marcher sans problème, il a été libéré le septième jour. Le patient a conservé de légères difficultés de déglutition lors des contrôles effectués à trois et six mois.

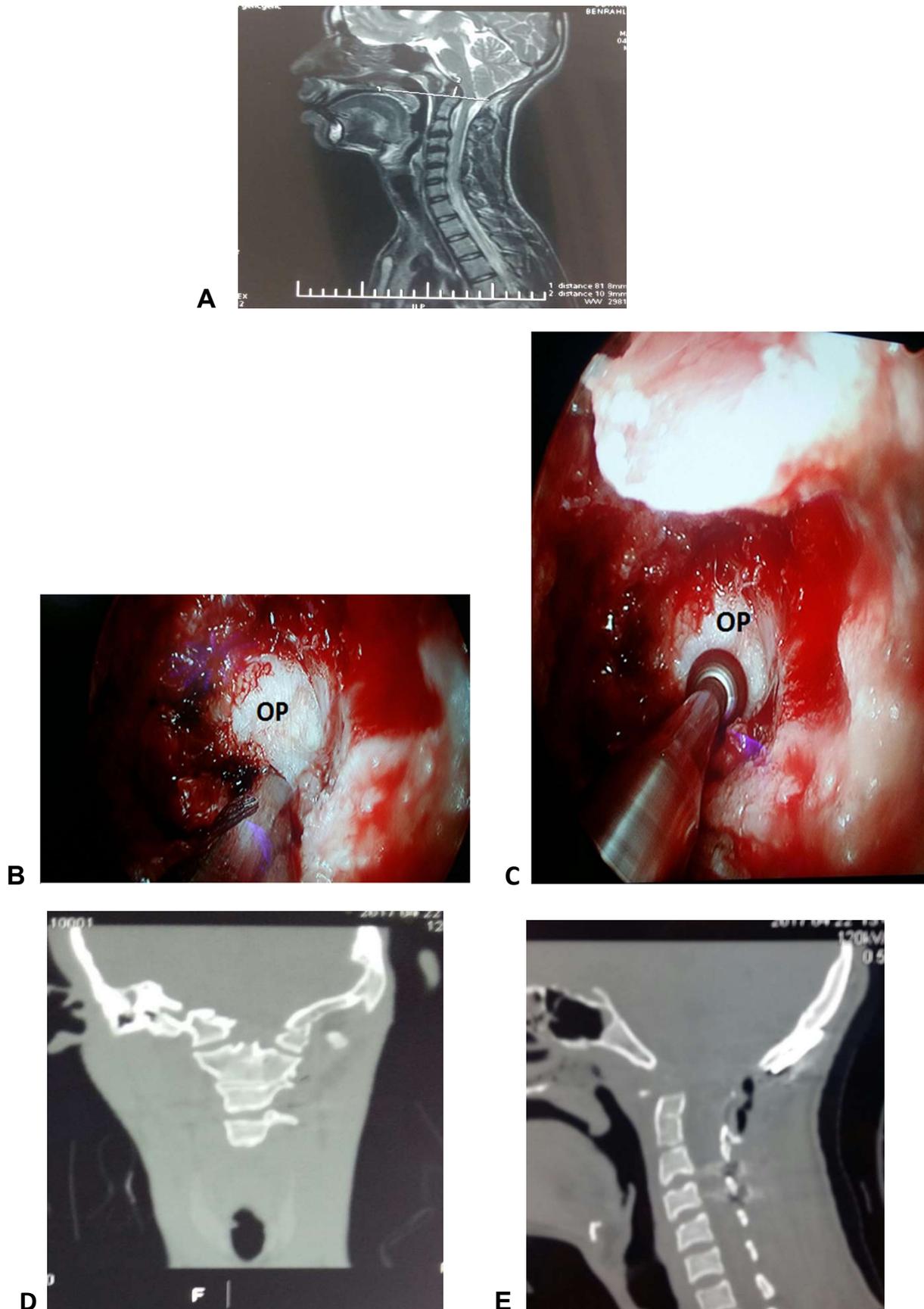


Figure A.4 L'IRM T2 sagittale (A) du patient n°2 avec les images peropératoires du processus odontoïde (B) (C) et le scanner coronal (D) et sagittal (E) postopératoire montrant une bonne décompression. OP : apophyse odontoïde

-Le troisième patient (numéro 3 sur le tableau) était un homme de 53 ans qui était alité depuis plus d'un an, à l'admission le patient était tétra parétique avec des réflexes exagérés, le patient n'avait pas de contrôle de la vessie et il a été admis avec une sonde de Fooley en place.

Le scanner et l'IRM ont démontré une IB avec assimilation de l'atlas et compression bulbo-médullaire antérieure et syringomyelie cervicale.

L'IB était irréductible après traction crânienne à l'aide de l'étrier de Gardner-Wells, le patient a donc été emmené au bloc opératoire pour y subir une odontoïdectomie endo nasale endoscopique, la chirurgie s'est très bien déroulée sans aucun problème, le patient a été extubé juste après l'opération et a été transféré au service le lendemain. Les mèches nasales ont été enlevées et un scanner a été effectué, révélant une bonne décompression antérieure.

Le patient est sorti le septième jour, il a été revu 4 mois plus tard et la surprise a été de le voir marcher à nouveau sans aucune aide et la sonde de Fooley a été retirée avec un contrôle volontaire complet de la vessie.

Nous avons préféré attendre pour la fixation occipito cervicale et il a été conseillé au patient de mettre un collier cervical lorsqu'il prend le transport ou utilise la voiture, le patient se porte toujours bien et la fixation occipito cervicale sera placée lorsque cela sera nécessaire.

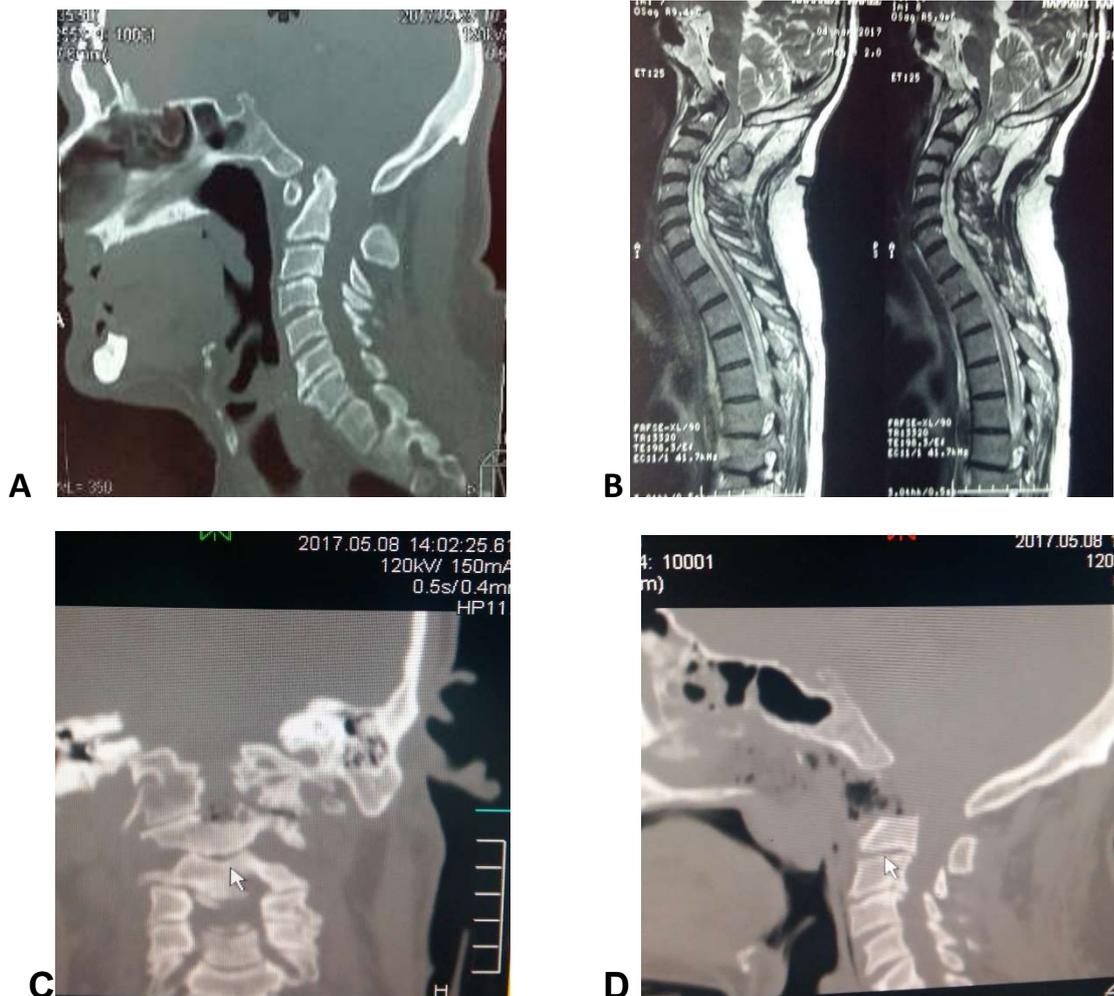


Figure A.5 : Le scanner (A) et l'IRM sagittale T2 (B) montrant l'invagination basilaire avec assimilation du C1 et compression antérieure de la jonction bulbo-médullaire. Le scanner coronal (C) et sagittal (D) postopératoire montre une bonne décompression antérieure.

-Le quatrième patient (numéro 4 sur la tableau) était un patient de 67 ans qui présentait des douleurs cervicales surtout lors des mouvements du cou dans différents plans. A l'admission, le patient ne présentait aucun déficit moteur avec quelques limites aux mouvements du cou.

Le scanner et l'IRM ont été réalisés et ont révélé une lésion ostéolytique au niveau de la JCV, située antérieurement au niveau C1 et C2 et prenant de façon hétérogène le produit de contraste.

La décision a été de faire une biopsie de la lésion par voie endoscopique endonasale, le patient a donc été opéré selon la même technique avec l'aide de la navigation, l'opération s'est bien

déroulée sans aucune complication et le patient a été libéré le quatrième jour après l'opération.

L'étude neuro pathologique de l'échantillon a révélé une tuberculose de la JCV et le patient était mis sous traitement médical.



Figure A.6 L'IRM T1 avec produit de contraste du patient n° 4 ; lésion de près de 30 mm de la JCV qui a été étudiée après avoir pratiqué une biopsie endonasale.

-Le cinquième patient était une femme de 52 ans qui a été opérée dans un autre service où une décompression postérieure a été faite il y a 15 ans pour une invagination basilaire, la patiente est arrivée chez nous en très mauvais état, alitée, avec un déficit moteur avancé.

À l'admission, la patiente était tétra parétique, presque plégique du côté droit.

Le scanner et l'IRM ont révélé une invagination basilaire avec une compression antérieure sévère de la jonction bulbo-médullaire.

La décision d'une odontoïdectomie antérieure par voie endo nasale a été prise.

Au cours de l'opération, au dernier stade de l'odontoïdectomie lors du fraisage, un saignement artériel s'est produit dans l'espace épidual, il a été contrôlé par une coagulation bipolaire après l'échec de l'irrigation au sérum salé et un léger tamponnement au chirurgical.

La patiente a été extubée mais trois heures après son état neurologique s'est aggravé avec des difficultés respiratoires, elle a été réintubée, le scanner postopératoire a montré une hémorragie sous-arachnoïdienne avec inondation du quatrième ventricule.

Le troisième jour postopératoire, la patiente a présenté une fuite de LCR qui s'est compliquée d'une méningite le cinquième jour postopératoire. La patiente est décédée le 10ème jour postopératoire d'une méningo-encéphalite.

Nous pensons que l'artère spinale antérieure a été blessée pendant l'opération, ce qui explique l'aggravation neurologique et l'hémorragie sous-arachnoïdienne. La dure-mère a été ouverte au même temps.

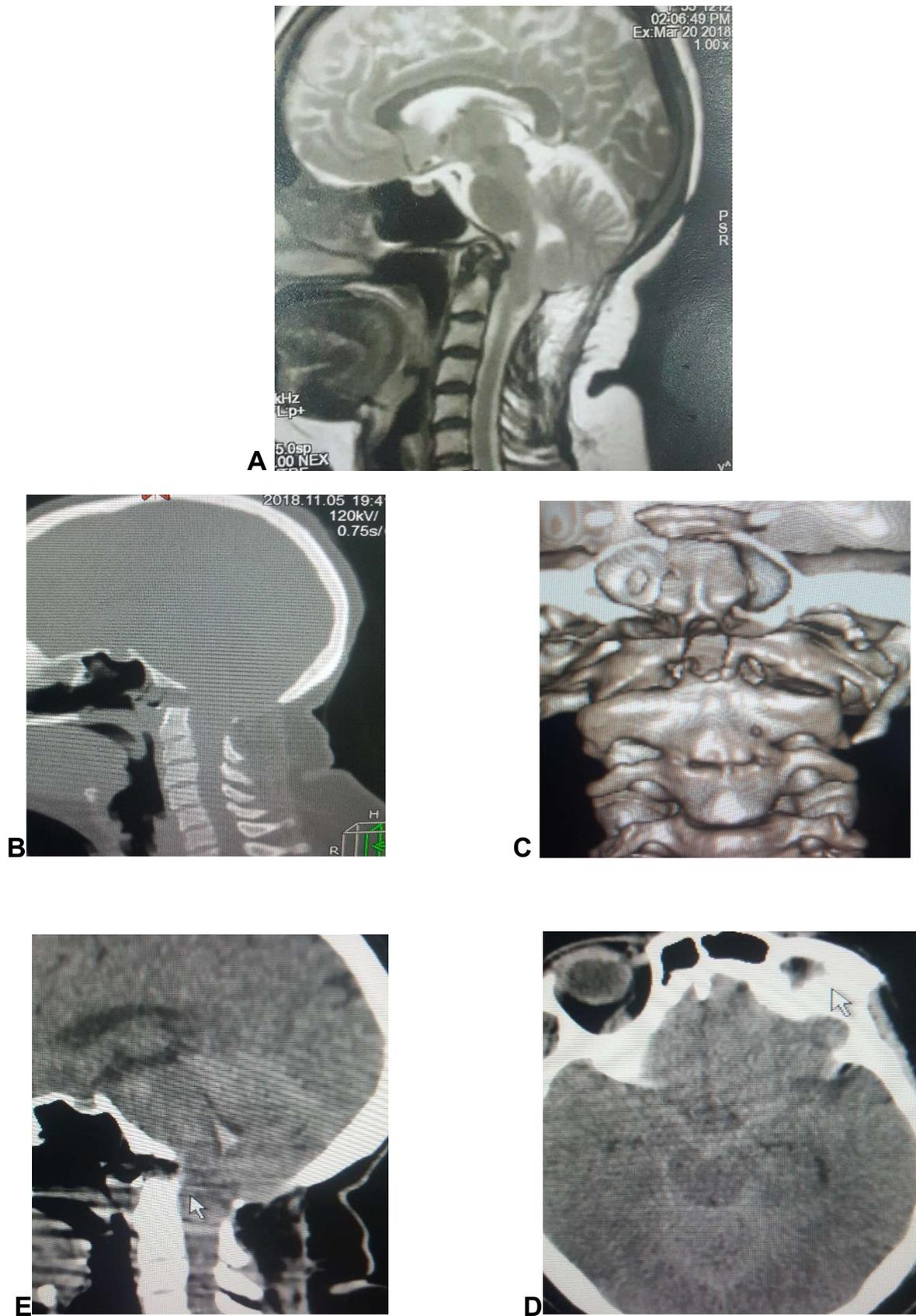


Figure A.6 L'IRM préopératoire du cinquième patient (A), et le scanner postopératoire montrant l'odontoïdectomie (B, C) et l'hémorragie sous-arachnoïdienne postopératoire (E, D).

	AGE	SEXE	PRESENTATION CLINIQUE	EXPLORATION RADIOLOGIQUE	TRAITEMENT CHIRURGICAL	POST OPERATOIRE
PATIENT N°1	49	FEMININ	TETRA PARESIE	INVAGINATION BASILAIRE	ODONTOIDECTOMIE PAR VOIE EE FOC	AMELIORATION NEUROLOGIQUE
PATIENT N°2	17	MASCULIN	TROUBLES DE DEGLUTITION	INVAGINATION BASILAIRE	ODONTOIDECTOMIE PAR VOIE EE FOC	DYSPHAGIE
PATIENT N°3	53	MASCULIN	TETRA PARESIE INCONTINENCE URINAIRE	INVAGINATION BASILAIRE ET CHIARI	ODONTOIDECTOMIE PAR VOIE EE	AMELIORATION NEUROLOGIQUE
PATIENT N°4	67	MASCULIN	CERVICALGIES	PROCESSUS EXPANSIF DE LA JCV	BIOPSIE PAR VOIE EE	STABLE
PATIENT N°5	52	FEMININ	TETRA PARESIE SEVERE	INVAGINATION BASILAIRE	ODONTOIDECTOMIE PAR VOIE EE	DECEDEE D'UNE MENINGOENCEPHALITE

EE: endoscopique endonasale FOC: fixation occipito cervicale JCV: jonction cranio vertebrale

Tableau 1 Résumé des cinq patients traités par l'approche endoscopique endo nasale de la JCV.

A.3 DISCUSSION :

En 2002, Alfieri et al ont étudié la faisabilité de l'approche endo nasale endoscopique de la JCV sur un cadavre, Cavallo et al ont confirmé les observations anatomiques sur une autre étude de cadavre trois ans plus tard (25).

En 2005, Kassam et al ont publié le premier cas en utilisant une approche endo nasale endoscopique et en pratiquant une odontoïdectomie chez une patiente atteinte d'une polyarthrite rhumatoïde avec impression basilaire (356).

En 2009, De Almeida et al ont défini la ligne naso palatine (LNP) qui est la ligne entre les os nasaux et le bord postérieur du palais dur, dessinée sur le plan sagittal pour prédire la limite inférieure de la JCV qui pourrait être atteinte par l'approche endoscopique endo nasale. (189)

D'autres lignes ont été décrites par la suite, car la LNP ne tenait pas compte des tissus mous qui recouvrent le palais dur. La ligne naso axiale (LNAX) est une ligne tracée entre le point situé à mi-chemin entre le rhinion et l'épine nasale de l'os maxillaire, et la pointe de l'épine nasale postérieure de l'os palatin (22). La ligne du palais dur (LPD) est la ligne entre les bords antérieur et postérieur du palais dur (219). La ligne rhino palatine est définie comme une ligne tracée sur le plan mi sagittal entre le point situé aux deux tiers du rhinion et l'épine nasale de l'os maxillaire et le point situé à l'épine nasale de l'os palatin (379).

Pour la technique chirurgicale, la plupart des chirurgiens ont utilisé l'approche bi narinaire, certains préfèrent la technique des mains libres avec deux chirurgiens et d'autres préfèrent utiliser un support pour l'endoscope (23).

Pour nous, nous avons essayé d'utiliser le support dans le premier cas mais nous sommes plus à l'aise avec la technique des mains libres, l'assistant tient généralement la canule d'aspiration dans la narine gauche.

Pour certains auteurs, le sinus sphénoïde peut être ouvert et la JCV est atteinte à partir du clivus supérieur, d'autres auteurs abordent la JCV sans ouvrir le sinus sphénoïde et incisent directement la paroi postérieure du pharynx, l'incision est linéaire ou en forme de U inversé (139).

Nous ne pratiquons pas de sténoïdectomie lorsque nous effectuons une approche endo nasale endoscopique de la JCV et nous préférons réaliser un lambeau muqueux en forme de U inversé.

L'odontoïdectomie peut être réalisée en préservant l'arc antérieur de l'atlas pour préserver la stabilité, en particulier pour les patients atteints de polyarthrite rhumatoïde (656).

Les tumeurs qui peuvent être traitées par l'approche endo nasale endoscopique comprennent les chordomes et les méningiomes, la reconstruction de la base du crâne est une étape très importante de la chirurgie.

Nous n'avons pas de tumeurs dans notre série et la plupart des chordomes que nous avons traités touchent la partie supérieure et moyenne du clivus.

En 2018, le groupe de Pittsburg (Zwagerman et al) a publié son expérience de dix ans (entre 2004 et 2013) de résection endoscopique endo nasale d'odontoïde ou de lésions touchant la dent, ils ont opéré 34 patients avec un suivi moyen de 42,6 mois, la pathologie la plus fréquente est l'invagination basilaire (17 cas) et les autres pathologies comprenant les fractures odontoïdes, l'os odontoïdeum et un carcinome métastatique, les patients ont eu une amélioration clinique et une compression radiographique réussie. Le principal problème de morbidité était la dysphagie transitoire qui a nécessité la mise en place d'un tube d'alimentation chez six patients. Un patient est mort neuf jours après l'opération. Les auteurs ont conclu que l'approche endoscopique endo nasale est très efficace pour traiter les pathologies odontoïdes compressives à faible morbidité et que la dysphagie est davantage liée à la pathologie adjacente qu'à l'approche (684).

En janvier 2019, Chibbaro et ses collaborateurs ont fait état de l'expérience de quatre centres européens, qui ont recueilli 24 patients opérés entre 2010 et 2016, avec un suivi moyen de 30,2 mois, 12 patients avaient une invagination basilaire, 5 avaient des tumeurs, quatre chordomes et un myélome, et 7 avaient un pannus dégénératif, une fixation postérieure a été réalisée chez 20 patients, tous les patients avaient une amélioration neurologique avec une bonne décompression radiologique. La fuite du LCR a été constatée dans deux cas et un patient est mort d'une méningite trois mois après l'opération. Ils concluent que l'approche endoscopique endo nasale est efficace pour traiter les pathologies de la JCV avec un déroulement postopératoire satisfaisant (146).

Visocchi et ses collaborateurs ont signalé une série de six patients, dont trois avaient une invagination basilaire, un avait un myélome, un avait un chordome et un avait un plasmocytome, ils ont pratiqué une approche endo nasale avec fixation postérieure une semaine plus tard, ils ont perdu un patient qui avait une fuite de LCR et présentait une méningite. Ils ont intitulé leur article : Approche mini invasive mais pas à risque minimal (654).

Dans notre série, le suivi a duré entre 12 et 39 mois avec une moyenne de 28 mois, quatre patients ont eu une invagination basilaire et un autre une tuberculose de la JCV, les résultats

cliniques ont été satisfaisants avec une amélioration neurologique chez trois patients et une bonne décompression radiologique chez quatre patients. Malheureusement, un patient est mort de méningo-encéphalite.

Nos résultats sont acceptables en comparaison avec les résultats publiés dans la littérature et très encourageants pour continuer à utiliser cette approche pour traiter les pathologies localisées antérieurement de la JCV.

A.4 CONCLUSION :

L'approche endo nasale endoscopique de la JCV est une approche très efficace pour traiter les lésions de la JCV avec une faible morbidité et une récupération rapide. La fuite du LCR reste le principal problème à prévenir. Il semble que cette approche présente moins de problèmes pharyngés et respiratoires que l'approche trans orale classique. Son seul inconvénient est la difficulté d'atteindre les lésions caudales de la JCV.

B. L'APPROCHE RÉTROPHARYNGIENNE SUPRAHYOÏDE

L'approche rétro pharyngienne supra hyoïdienne, appelée aussi approche cervicale haute ou approche rétro mandibulaire, est une approche utilisée pour le traitement des pathologies de la colonne cervicale haute et de la JCV, elle expose l'espace supérieur à l'os hyoïde et derrière le pharynx, le complexe des artères carotides externes et internes est latéral à cet espace.

Lors de cette approche, la glande sous-mandibulaire doit être disséquée, le nerf hypoglosse se trouve généralement sous la glande et il faut le disséquer et l'écartier vers le haut, le nerf laryngé supérieur est au bord inférieur de l'approche.

L'abord cervical haut est indiqué pour les fractures bi pédiculaires de C2 type II et III de la classification Edwards-Levine, la fixation antérieure C2C3 après discectomie est réalisée, l'abord est également indiqué pour réaliser une odontoïdectomie en cas d'invagination basilaire irréductible. Les tumeurs de la JVC, situées antérieurement, peuvent également être réséquées par cette approche.

Cette approche présente de nombreux avantages, le premier est le champ opératoire stérile par rapport aux approches trans orale et endo nasale. Le second est l'accès direct à la JCV et jusqu'au niveau C4 caudalement, par rapport à l'approche Smith Robinson où le canal de travail est plus angulé et en direction caudo rostrale. L'autre avantage est la possibilité d'effectuer la fixation lorsqu'elle est indiquée en même temps.

Les risques de cette approche comprennent la lésion du nerf hypoglosse, du nerf laryngé supérieur et de la branche mandibulaire marginale du nerf facial, qui se trouve juste sous l'angle de la mandibule.

Au cours de la période postopératoire, les patients peuvent souffrir de dysphagie, qui est transitoire dans la plupart des cas en raison de l'écartement du pharynx pendant l'opération.

B.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES :

Pendant trois ans (2016 à 2019), deux patients ont été opérés par voie rétro pharyngée supra hyoïdienne, le premier ayant une masse C2 située antérieurement et le second présentant une fracture bi pédiculaire de type II après traumatisme cervical.

Les patients ont fait l'objet d'une évaluation neurologique après leur admission et le bilan préopératoire a été effectué au service d'anesthésie dans la même structure.

L'intubation a été effectuée sans manipulation du cou et des antibiotiques ont été administrés avant l'intubation.

B.1.a TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-La position du patient est en décubitus dorsal avec la tête tournée de 20° à 30° de l'autre côté, on utilise habituellement le côté droit. La tête n'est pas fixée sur le porte-tête, nous préférons avoir une certaine liberté pour déplacer la tête pendant l'opération si nous le jugeons nécessaire.

Le fluoroscope est placé de manière à obtenir des images latérales pendant l'opération.

L'incision est située 2 à 3 cm en dessous de la mandibule, de sorte que la branche mandibulaire marginale du nerf facial ne risque pas d'être blessée, l'incision commence à la ligne médiane et va latéralement à l'angle de la mandibule.



Figure B.1 La position de la tête pour l'abord rétro pharyngien supra hyoïdien avec la tête étendue en rotation de 30° de l'autre côté, l'incision est à 3 cm sous la mandibule, l'angle de la mandibule est marqué du côté droit.

-Le platysma est disséqué de chaque côté de l'incision, puis il est ouvert dans le même sens que l'incision, l'espace sous-jacent au platysma est disséqué et la glande sous-mandibulaire est mise en évidence.

-Nous préférons préserver la glande sous-mandibulaire, donc la glande est disséquée et libérée de son plan fascial puis elle est écartée vers le haut pour exposer les structures sous-jacentes.

-Le muscle digastrique se trouve juste sous la glande avec ses chefs antérieur et postérieur, le muscle doit être libéré de son insertion sur l'os hyoïde et son tendon est complètement détaché puis écarté avec la glande sous-mandibulaire vers le haut.

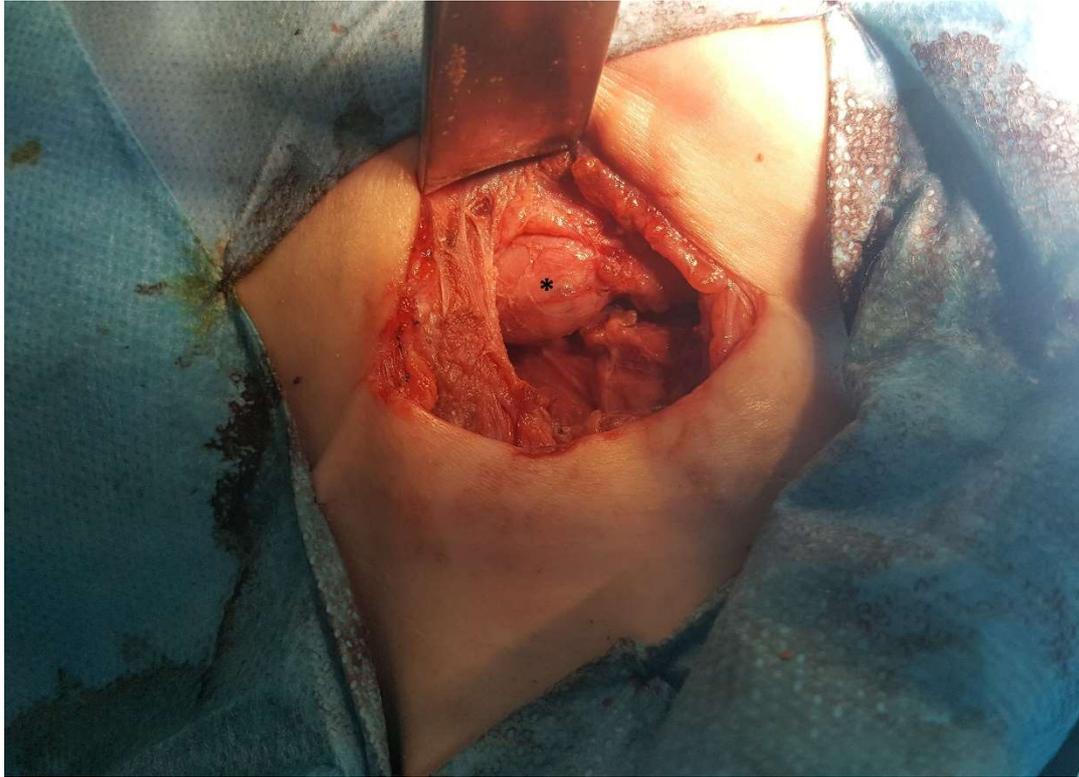


Figure B.2 La glande sous-mandibulaire (astérisque noire) est exposée après ouverture et dissection du platysma.

-L'étape suivante consiste à identifier et à disséquer le nerf hypoglosse, il est généralement situé juste en dessous et un peu plus profondément du chef postérieur du muscle digastrique, après sa dissection, le nerf est écarté avec la glande et le muscle digastrique vers le haut.

-Le nerf laryngé supérieur se trouve au bord inférieur et il faut faire attention à ne pas le blesser. La limite latérale de l'abord est la carotide externe, on ne dissèque pas l'artère et la veine faciales.

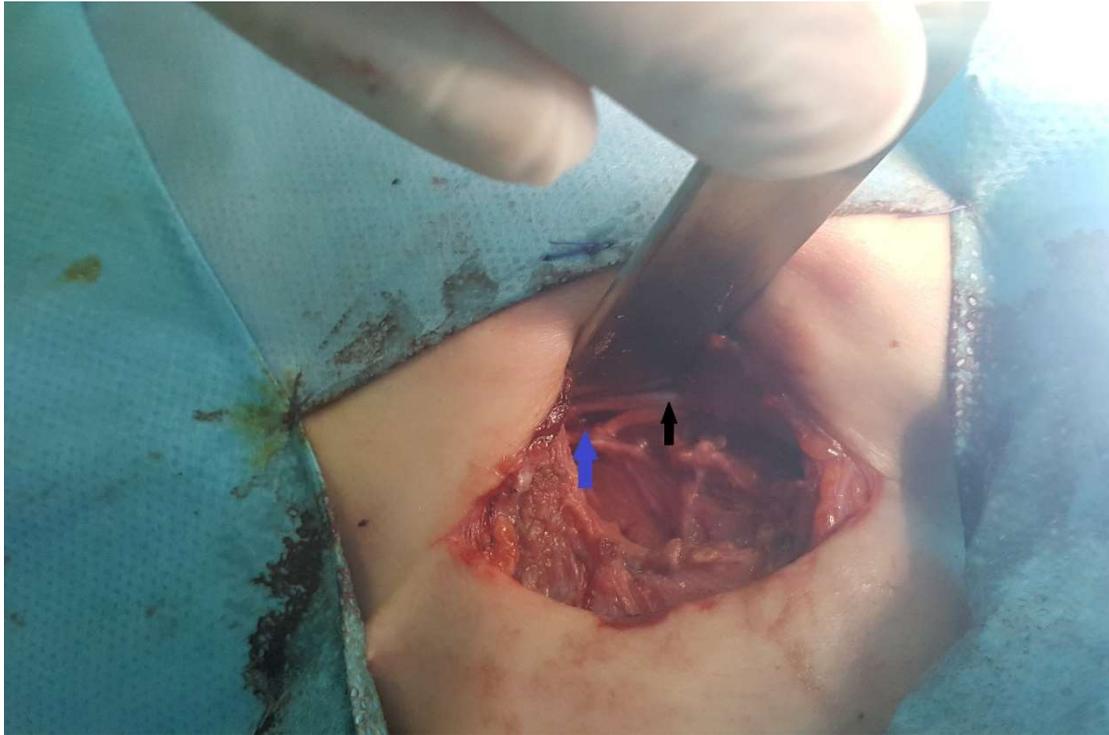


Figure B.3 Après écartement de la glande sous-mandibulaire, le muscle digastrique (flèche noire) et le nerf hypoglosse (flèche bleue) sont disséqués.

-L'espace rétro pharyngien peut ensuite être accédé entre la glande écartée, le muscle et le nerf hypoglosse en haut, le nerf laryngé supérieur en bas, la carotide externe en latéral et les muscles pharyngiens en médial.

-L'écarteur auto statique est placé et la surface antérieure de C1, de C2 et de C3 sont exposées et le niveau est confirmée par fluoroscopie.

-Les étapes suivantes de la chirurgie dépendent de la pathologie du patient.

B.1.b POST OPERATOIRE ;

Le patient est extubé juste après l'opération, il est transféré dans le service, l'alimentation n'est pas autorisée les premières 24 heures.

Le collier cervical est placé juste après l'opération si nécessaire, le lendemain, une évaluation neurologique et radiographique est effectuée dans le service.

L'alimentation est commencée par des liquides pendant les premiers jours, les patients présentent généralement une dysphagie qui est transitoire et qui a été discutée avec les patients avant l'opération.

Les patients commencent à marcher dès le premier jour postopératoire avec l'aide du kinésithérapeute.

Les patients sortent de l'hôpital cinq à sept jours après l'opération et sont vus en consultation externe au cours des premier, troisième et sixième mois suivant l'opération.

B.2 RÉSULTATS :

Deux patients ont été opérés par l'approche rétro pharyngée supra hyoïdienne en trois ans.

Cas n°1 :

Le premier cas était une jeune femme de 25 ans sans antécédents médicaux, qui s'est présentée avec une masse dans l'oropharynx apparue il y a six mois et elle a commencé à avoir des difficultés à avaler et à respirer dans les dernières semaines avant son admission.

À l'examen, la masse a été observée lors de l'ouverture de la bouche dans l'oropharynx, poussant la paroi postérieure du pharynx. Il n'y avait pas de déficit neurologique.

Le scanner a été réalisé en montrant une lésion osseuse située sur la surface antérieure du corps de l'axis, juste en dessous de l'arc antérieur de l'atlas, la paroi postérieure du pharynx semblait poussée par cette lésion vers l'avant sur les reconstructions sagittales.

L'IRM a montré les mêmes images sans informations supplémentaires et sans autres anomalies.



Figure B.4 L'examen oral du patient dans le cas n°1 a révélé une masse dans l'oropharynx (astérisque en A), le scanner a confirmé la nature osseuse de la masse (B,C) et son origine C2 (C), l'IRM sur les séquences T1 sagittales a montré que la masse obstrue le pharynx et les voies aériennes supérieures.

L'intervention a été discutée avec la patiente et ses proches, l'approche trans orale semble être l'approche directe, mais elle présente de nombreux inconvénients notamment le champ opératoire non stérile et le déroulement postopératoire qui peut être très chargé, avec un œdème de la langue, la nécessité d'une alimentation par sonde nasogastrique et l'insuffisance vélopalatine. Pour nous, il était plus logique d'aborder cette lésion par la voie rétro pharyngienne supra hyoïdienne, elle présente de nombreux avantages : le champ opératoire est stérile et le déroulement postopératoire est moins intense.

Après avoir été vue dans le service d'anesthésie, la patiente a été conduite au bloc opératoire, la lésion a été abordée par voie cervicale haute droite.

Après avoir exposé les différents repères anatomiques, la glande sous-mandibulaire, le muscle et le tendon digastriques et le nerf hypoglosse, l'espace rétropharyngien a été accédé en écartant les muscles pharyngiens en médial, la carotide externe en latéral et la glande avec le muscle digastique et le nerf hypoglosse en supérieur.

Les muscles longs du cou ont été détachés du corps vertébral de C2 latéralement et la lésion a été exposée. Le niveau a été confirmé à la radioscopie, la lésion était constituée d'éléments osseux, nous avons commencé à réséquer la lésion sous microscope en utilisant une fraise à grande vitesse et des pinces à os, un échantillon a été conservé pour le service d'anatomo-pathologie, une résection complète a été effectuée, la limite latérale du côté droit était l'articulation C1C2 qui était proéminente sur le champ en raison de la rotation de la tête.

Le patient a été extubé immédiatement après l'opération, l'alimentation orale a été restreinte dans les premières 24 heures. Le lendemain de l'opération, l'examen buccal n'a révélé aucune masse dans l'oropharynx et un scanner a été effectué, confirmant l'excision complète de la lésion.

L'alimentation a été commencée le deuxième jour postopératoire, le patient présentant une dysphagie transitoire qui s'est résolue en quelques jours.

Le résultat de l'étude pathologique de l'échantillon était un ostéome ostéoïde.

Le patient a été libéré le septième jour postopératoire et a été vu au cours des premier, troisième et sixième mois après l'opération.



A



B



C

Figure B.5 L'examen oral postopératoire (A) du septième jour est normal ; le scanner confirme l'excision complète sur les vues axiale (B) et sagittale (C).

Cas n° 2 :

Le second patient est un homme de 44 ans victime d'un accident de voiture, il a été vu aux urgences où il a subi un bilan complet.

Le patient se plaignait de douleurs cervicales sans déficit neurologique (classe E du score ASIA)

Le scanner cervical a révélé une fracture bi pédiculaire de type II selon la classification de Levine et Edwards, la luxation était supérieure à 3 mm et l'angulation supérieure à 11°.

Il a été décidé d'opérer le patient par l'approche cervicale haute.

Le patient a été préparé pour l'opération avec les collègues du service d'anesthésie, l'intubation a été effectuée sans aucune mobilisation du cou et des antibiotiques ont été administrés avant l'opération.

Après avoir effectué l'approche cervicale haute en utilisant les mêmes étapes décrites précédemment, nous avons simplement fait très attention à l'écartement inférieur pour ne pas blesser le nerf laryngé supérieur. L'espace C2C3 a été accédé, une discectomie a été réalisée sous microscope, puis une greffe osseuse tri corticale a été prélevée sur l'os iliaque. Une ostéosynthèse antérieure C2C3 avec cette greffe a ensuite été réalisée, en utilisant une plaque mono segmentaire et en la fixant avec quatre vis placées dans les corps du C2 et du C3.

Le patient a été extubé juste après l'opération, un collier cervical a été placé et gardé pendant huit semaines, l'alimentation orale a été commencée le deuxième jour postopératoire, la patiente a présenté une dysphagie transitoire pendant quelques jours. Il a été libéré le cinquième jour postopératoire et a été vu à un mois, trois mois et six mois après l'opération.

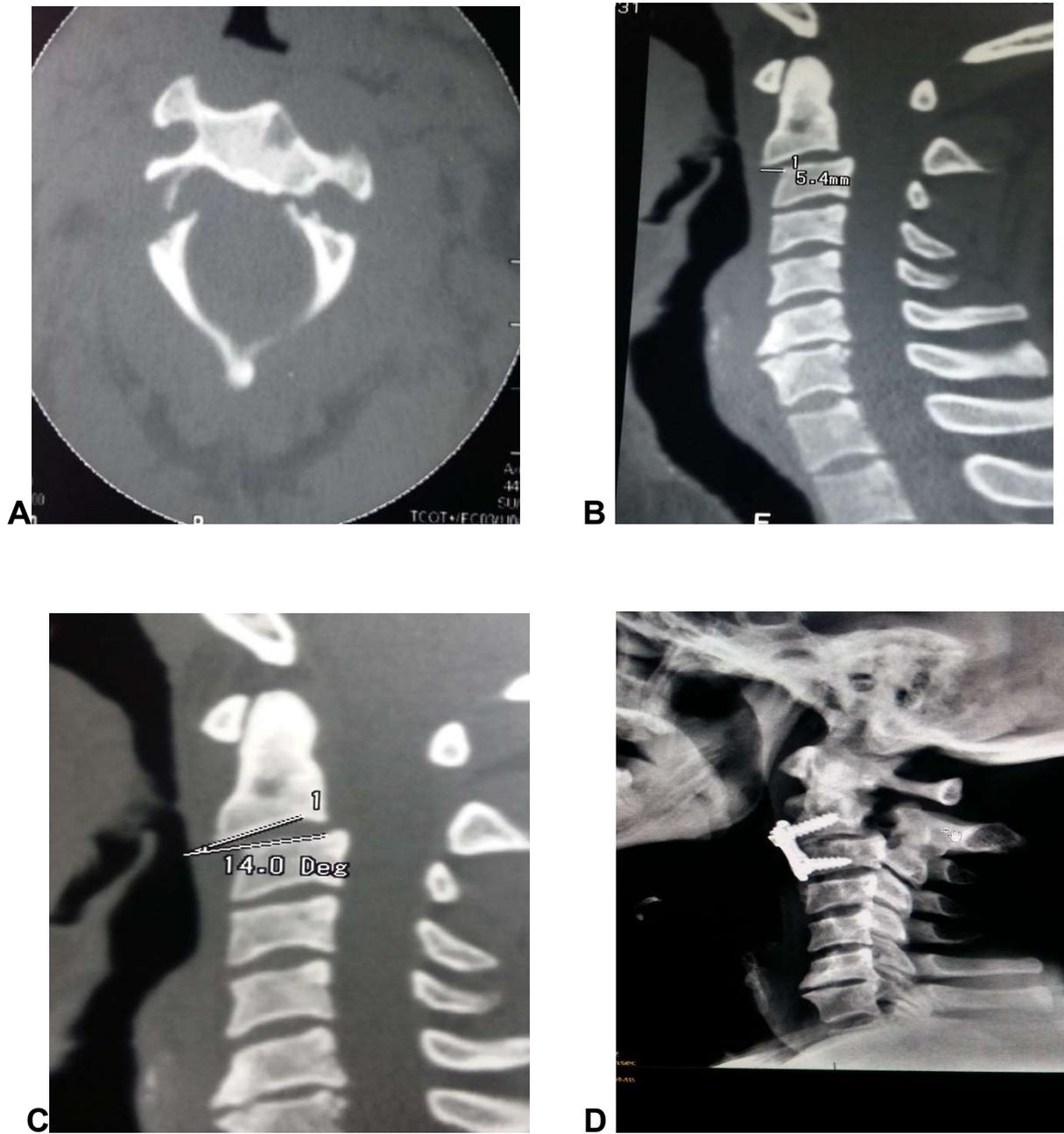


Figure B.6 Scanner du patient dans le cas n°2 (fracture bi pédiculaire) sur vue axiale (A), vues sagittales (B, C) ; la luxation est de 5,4mm et l'angulation de 14°. L'image D montre l'image radiographique postopératoire.

B.3 DISCUSSION :

La première voie d'abord cervicale haute a été signalée par Stevenson et al en 1966 pour le traitement d'un chordome clival ⁽³⁶⁾. Cette approche permet une large exposition du clivus inférieur au corps vertébral C4.

Cette approche est indiquée pour les pathologies néoplasiques, malformatives, dégénératives et traumatiques, elle est idéale pour la fracture bi pédiculaire puisqu'elle permet un accès direct à l'espace discal C2C3, même avec la rotation de la tête, qui n'affecte que les articulations C1C2, l'espace C2C3 est maintenu en position neutre ⁽²³⁷⁾.

Elle présente de nombreux avantages, le champ de travail est stérile, l'exposition est large, ce qui permet d'utiliser facilement les instruments opératoires, cette approche est très utile si la lésion présente une extension caudale en C3 et C4 et aucune voie d'abord postérieure supplémentaire n'est nécessaire pour la fixation ⁽⁴⁹³⁾.

Les principaux inconvénients de cette approche sont la non familiarité des chirurgiens avec elle, le risque de lésion de la branche marginale mandibulaire du nerf facial, du nerf hypoglosse et du nerf laryngé supérieur. La dysphagie postopératoire est presque présente dans tous les cas, mais elle est heureusement transitoire ⁽⁴⁰⁷⁾.

Techniquement, la branche mandibulaire marginale du nerf facial est située à $6,7 \pm 1,67$ mm du bord inférieur de la mandibule. Le nerf hypoglosse se trouve au-dessus de l'os hyoïde à une distance de $8,4 \pm 1,78$ mm ⁽⁶⁴⁷⁾, le nerf laryngé supérieur pénètre toujours dans la membrane thyroïdienne juste en dessous du corps vertébral C3 ⁽²⁸⁵⁾.

Certains auteurs ont suggéré la résection de la glande mais elle n'est pas nécessaire, elle peut être disséquée et écartée vers le haut ⁽⁵³⁸⁾.

Le chef postérieur du muscle digastrique est un guide fiable pour identifier le nerf hypoglosse, il est généralement profond et inférieur à celui-ci ⁽⁵³⁹⁾.

Lors de l'accès à l'espace rétro pharyngien, il ne faut pas blesser le nerf glossopharyngien qui se trouve derrière le muscle stylopharyngien.

Pour les cas que nous présentons ici, l'ostéome ostéoïde est rarement situé dans le corps vertébral, il touche plutôt la colonne

lombaire et les éléments postérieurs en général. L'emplacement du corps vertébral C2 est signalé comme « case report » dans la littérature ⁽¹⁸⁴⁾.

L'exérèse totale de la tumeur est généralement suffisante dans la plupart des cas pour soulager les symptômes.

Pour la fracture bi pédiculaire, Park et al a rapporté une série de 15 patients traités par l'approche cervicale haute, dont 11 cas de fracture du bi pédiculaire, un patient avait une blessure du nerf hypoglosse et aucun des patients ne présentait de paralysie de la branche marginale du nerf facial ⁽⁶⁴⁴⁾.

Pour nous, l'approche cervicale haute a été très efficace avec une morbidité presque nulle et nous pensons qu'avec l'approche endo nasale endoscopique, l'approche trans orale peut être évitée dans tous les cas.

B.4 CONCLUSION :

L'approche cervicale haute est un outil très important dans le traitement des pathologies de la JCV, même si elle est techniquement exigeante, elle peut faire éviter l'approche trans orale au chirurgien dans de nombreux cas. Les résultats obtenus avec cette technique sont très satisfaisants et la morbidité et les complications qui y sont liées sont très faibles.

C. APPROCHE CERVICALE ANTÉRIEURE

L'approche cervicale antérieure est une approche de routine utilisée par la plupart des neurochirurgiens pour traiter les pathologies de la colonne cervicale moyenne et inférieure dans les cas de traumatismes, de pathologies dégénératives et de tumeurs.

Cette approche classique pourrait être utilisée pour traiter les lésions cervicales hautes dans certains cas sélectionnés. Ces cas comprennent généralement des lésions traumatiques telles que les fractures de l'odontoïde et les fractures bi pédiculaires C2.

Comme l'approche précédente, la fracture bi pédiculaires C2 est traitée chirurgicalement dans les types II et III de la classification d'Edwards Levine, et comme le problème d'instabilité de cette pathologie touche l'espace C2C3, la fixation antérieure et l'arthrodèse sont très logiques.

Pour les cas de fractures de l'odontoïde, l'approche cervicale antérieure est utilisée pour la fixation par vissage odontoïde, cette technique est habituellement utilisée pour les fractures de type II de la classification d'Anderson et d'Alonzo où la ligne de fracture est oblique dans la direction antéro inférieure ou horizontale. Le ligament transverse doit être intact chez les patients pour lesquels le vissage odontoïde antérieur est envisagé.

Le vissage odontoïde antérieur a l'avantage de préserver le mouvement de rotation des articulations C1C2, un taux de fusion est élevé et il pourrait également être utilisé pour les patients plus âgés. Cette technique est complémentaire des approches postérieures pour le traitement des différentes fractures de l'odontoïde.

Lorsque l'on utilise l'approche cervicale antérieure pour traiter une fracture bi pédiculaires C2, l'accès est en direction rostro caudale, la dissection, le placement de la greffe et de la plaque est difficile, le nerf laryngé supérieur pourrait être blessé par un écartement excessif.

Cette approche est rarement utilisée pour les pathologies tumorales où d'autres approches donnent une meilleure exposition et de meilleurs résultats.

C.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES :

Entre 2016 et 2019, dix patients ont été opérés par voie cervicale antérieure, huit d'entre eux avaient des fractures de l'odontoïde et deux avaient une fracture bi pédiculaire C2.

Tous les patients ont été évalués aux urgences, tant sur le plan neurologique que radiologique (rayons X et scanner). Pour les patients indiqués pour un vissage odontoïde, une IRM cervicale a été faite pour confirmer que le ligament transverse n'est pas rompu.

La traction cervicale a été utilisée pour avoir un bon alignement avant l'opération, le timing de traction était différent, deux à trois jours avant l'opération et parfois en salle d'opération.

Les patients ont été préparés pour l'opération après avoir été vus au service d'anesthésie, l'intubation est effectuée sans mobilisation du cou et des antibiotiques sont administrés avant l'intubation.

La technique chirurgicale diffère selon qu'il s'agit d'un vissage odontoïde antérieur ou d'une arthrodèse C2C3 antérieure.

C.1.a VISSAGE ODONTOÏDE ANTERIEUR :

-Le patient est en décubitus dorsal sous traction cervicale, seulement pour deux patients nous n'avons pas utilisé la traction cervicale, la tête est en position neutre légèrement étendue, la bouche est maintenue ouverte, nous utilisons pour cela un mini flacon de médicaments vide roulé dans une compresse.

-Deux fluoroscopes sont placés l'un en position pour des incidences latérales de profil et l'autre devant pour donner des incidences de face en bouche ouverte.



Figure C.1 La position du patient et des deux fluoroscopes pour incidences latérale et en bouche ouverte.

-L'incision est transversale ou longitudinale, nous avons utilisé l'incision longitudinale dans les deux premiers cas et l'incision transversale pour les six autres patients.

-L'incision se fait généralement au niveau du C4, le platysma est disséqué et coupé, la dissection se poursuit entre les structures laryngées et l'œsophage en médial et le muscle sternocléidomastoïdien et en dessous la carotide et la veine jugulaire interne en latéral. Le muscle homo hyoïde est disséqué et coupé.

-La colonne cervicale antérieure est exposée avec les muscles longs du cou de chaque côté, le niveau de C4 est confirmé à la radioscopie. Un écarteur auto statique est placé, la dissection est poursuivie jusqu'au niveau C2C3, l'assistant utilise une spatule pour écarter en direction caudo rostrale.

-Une petite résection discale C2C3 est effectuée, le fil K est utilisé avec un moteur à grande vitesse, il est introduit dans un guide qui repose sur le corps vertébral C3 et son extrémité est sous le corps vertébral C2 dans l'espace créé après la résection discale minime.

-Le fil est avancé à l'aide du moteur à grande vitesse, la direction du fil est vérifiée sur les incidences en bouche ouverte et de profil, en cas de mauvaise direction, le fil est réajusté, le fil est avancé après vérification jusqu'à ce qu'il passe par la ligne de fracture, on arrête d'avancer le fil quand il atteint le sommet du processus odontoïde.

-La longueur du fil introduit est mesurée pour choisir la vis nécessaire et sa longueur. Le moteur à grande vitesse est retiré et la vis canulée est passée à travers le fil, le tournevis est alors placé et la vis est avancée guidée par le fil, il est très important que l'assistant prenne le fil à son extrémité afin qu'il ne soit pas avancé avec la vis.

La mise en place de la vis est vérifiée à chaque étape, sur des incidences latérales et en bouche ouverte de face, le fil est retiré lorsque la vis est en place.

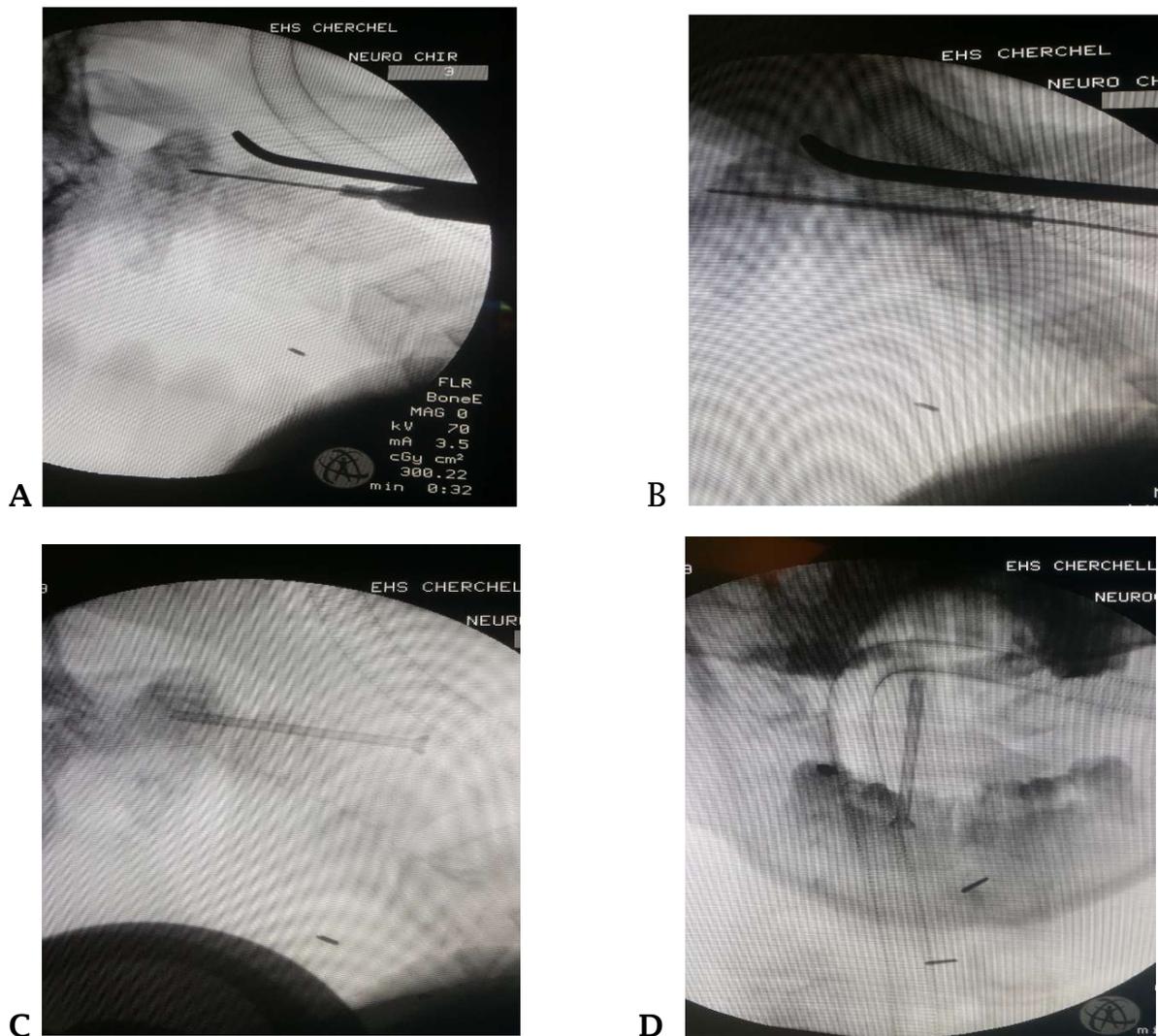


Figure C.2 Le contrôle peropératoire de la progression du fil (A), puis la vis est placée guidée par le fil (B) ; la vis est contrôlée à la fois sur les incidences latérales (C) et en bouche ouverte (D).

-Nous pensons qu'une seule vis est suffisante, donc pour les huit patients, une seule vis a été utilisée.

-A la fin, la plaie est fermée après avoir suturé les muscles omo hyoïde et platysma.

-Le collier cervical est placé avant l'extubation et est conservé pendant huit semaines après l'opération, le patient est extubé immédiatement et est transféré dans le service. Le lendemain, le patient est évalué cliniquement, l'alimentation orale est autorisée et le patient commence à marcher avec l'aide du kinésithérapeute.

Un scanner est également effectué le premier jour après l'opération pour contrôler le placement de la vis sur les vues sagittales et coronales.

Le patient est libéré entre le quatrième et le sixième jour, il est généralement vu le premier, le troisième et le sixième mois après l'opération à la consultation externe.

C.1.b ARTHRODESE ANTERIEURE C2C3 :

-Le patient est mis en décubitus dorsal, la tête est en position neutre, en légère extension, la fixation sur une tète n'est pas nécessaire.

-Une incision longitudinale est réalisée, centrée au niveau de C4, le platysma est disséqué et coupé dans le même sens que l'incision. La dissection est poursuivie au niveau du bord médian du muscle sternocléidomastoïdien, en utilisant l'index pour exposer la surface antérieure de la colonne cervicale. Le muscle omo hyoïde est coupé après avoir été disséqué.

-Le niveau est vérifié sur une vue latérale radioscopique, puis un écarteur auto statique est placé ; la dissection est poursuivie de façon rostrale pour exposer l'espace C2C3, l'assistant prend alors une spatule pour écarter de façon rostrale.

-Une micro dissection C2C3 est effectuée, un à deux millimètres du bord antéro-inférieur du corps vertébral C2 est fraisé.

-Un greffon osseux tri cortical est prélevé sur l'os iliaque, ce greffon est placé dans l'espace C2C3. Une plaque mono segmentaire est placée et fixée aux corps C2 et C3 à l'aide de quatre vis, deux de 12 mm de longueur pour C2 et deux de 14 mm de longueur pour C3.

-La dissection et la mise en place du greffon ont été un peu difficiles pour les deux patients traités par cette approche pour une fracture bi pédiculaire, en raison de la projection et de la direction de l'espace de travail en oblique et en direction rostro caudale.

-La fermeture est effectuée de manière standard, avec suture de l'omo hyoïde et du muscle platysma.

-Le patient est extubé juste après l'opération, bien sûr le collier cervical est placé avant l'extubation et conservé pendant 12 semaines.

-L'alimentation orale et la marche sont commencées le jour suivant, et le patient est libéré le cinquième jour après l'opération.

C.2 RÉSULTATS :

Dix patients ont été opérés entre 2016 et 2019 en utilisant l'approche cervicale antérieure, huit patients avaient des fractures de l'odontoïdes et deux patients avaient une fracture bi pédiculaire C2.

-Pour les patients présentant des fractures de l'odontoïde (tableau C.1), l'âge varie de 20 à 66 ans avec une moyenne de 39,75 ans ; tous les patients étaient des hommes.

Les circonstances du traumatisme étaient différentes pour les patients, quatre patients ont été victimes d'un accident de voiture, trois patients ont été victimes de chutes dont les deux plus âgés (62 et 66 ans), le troisième de ces trois patients a été victime d'une chute au travail, il travaille comme mécanicien dans un garage, le huitième patient, le plus jeune avait un accident de plongeon dans une rivière. Aucun patient n'a subi de traumatisme associé.

A l'admission, sept patients n'avaient pas de déficit neurologique (classe E du score ASIA), avec seulement des douleurs cervicales, un patient était tétra parétique (classe D du score ASIA).

Une exploration radiologique a été effectuée à l'urgence, comprenant des radiographies standard et un scanner confirmant le diagnostic de fracture de l'odontoïde de type II de la classification d'Anderson et D'Alonzo. Deux patients présentaient des lésions associées, l'un avait une fracture de l'arc antérieur de C1 et l'autre une fracture unilatérale du pars de C2.

Après cela, la décision a été prise d'opérer les patients avec un vissage antérieur, une IRM a été faite pour tous les patients afin de confirmer l'intégrité du ligament transverse. L'IRM du patient qui avait un déficit moteur a révélé un hyper signal dans la partie supérieure de la moelle cervicale.



Figure C.3 L'IRM du patient dans le cas n°5 révélant le trait de fracture en vue sagittale T2 (A) et l'intégrité du ligament transverse en vue axiale T2(B).

Le délai entre l'admission et l'intervention chirurgicale était compris entre 3 et 21 jours, six patients ont été opérés moins de dix jours après l'admission, un patient a été opéré après 15 jours et un après 21 jours.

La chirurgie s'est bien passée pour tous les patients sans incident peropératoire ni morbidité postopératoire.

Nous avons eu un taux de fusion de 100 % entre trois et six mois, confirmé par les examens tomodensitométriques postopératoires effectués à trois et six mois de l'opération.

PATIENTS N°	AGE ET SEXE	TRAUMA	ASIA	TYPE DE FRACTURE	IRM	POST OP	FUSION A 6 MOIS
PATIENT 1	Masculin 45	Accident de travail	E	IIB	LT intact	Sans problème	OUI
PATIENT 2	Masculin 25	AC	E	IIB	LT intact	Sans problème	OUI
PATIENT 3	Masculin 20	Accident de plongeon (rivière)	D	IIB	LT intact Hyper signal médullaire	Sans problème	OUI
PATIENT 4	Masculin 31	AC	E	IIB	LT intact	Sans problème	OUI
PATIENT 5	Masculin 27	AC	E	IIB	LT intact	Sans problème	OUI
PATIENT 6	Masculin 62	Chute	E	IIB	LT intact	Sans problème	OUI
PATIENT 7	Masculin 66	chute	E	IIB	LT intact	Sans problème	OUI
PATIENT 8	Masculin 42	AC	E	IIB	LT intact	Sans problème	OUI

AC : accident de circulation IIB : classification d'Anderson et D'Alonzo et classification de Grauer

Tableau C.1 Résumé des huit patients traités par vissage odontoïde antérieur.

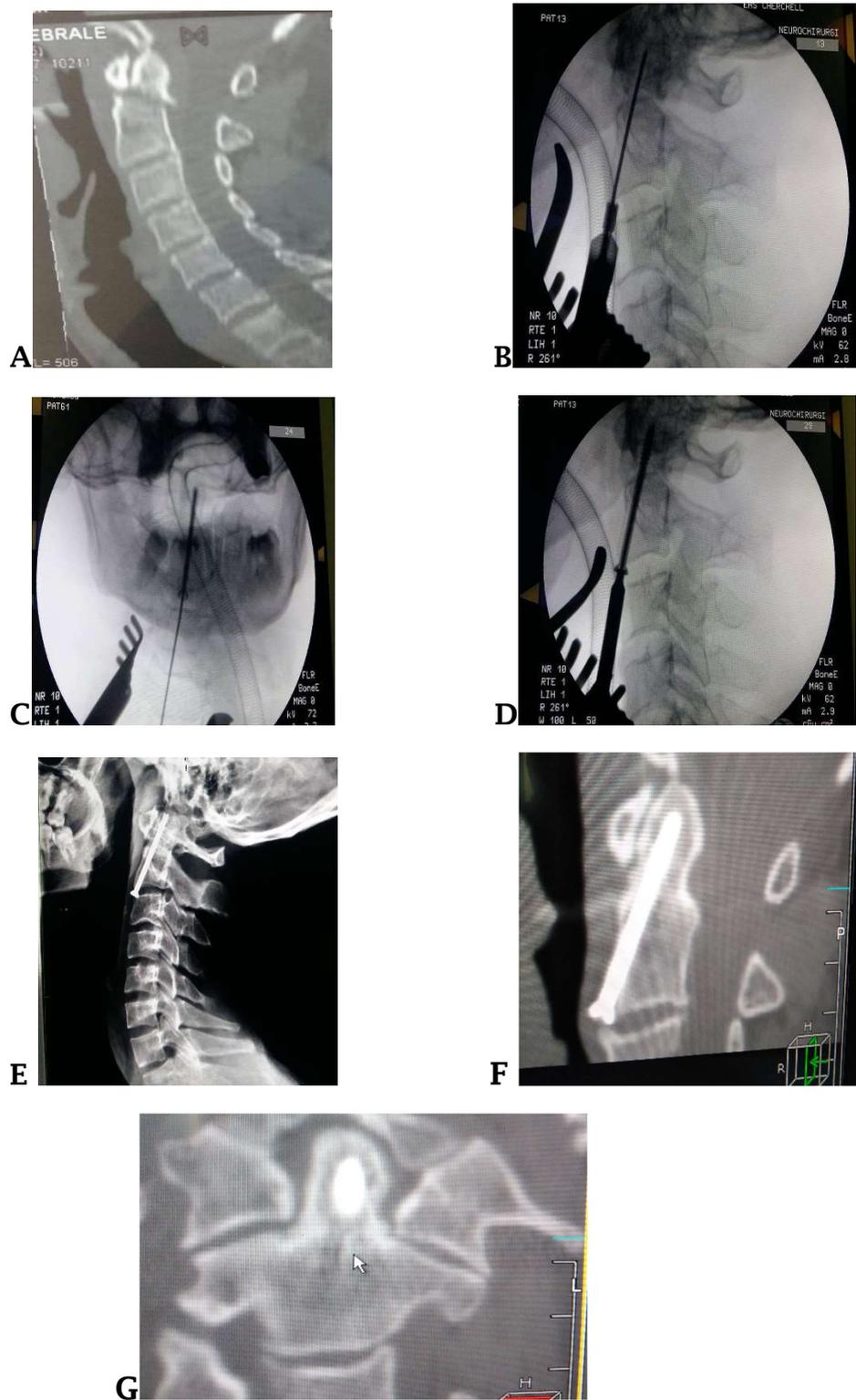
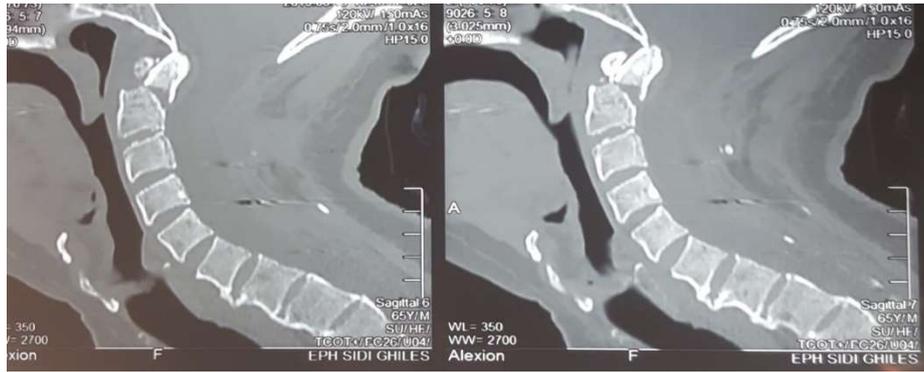
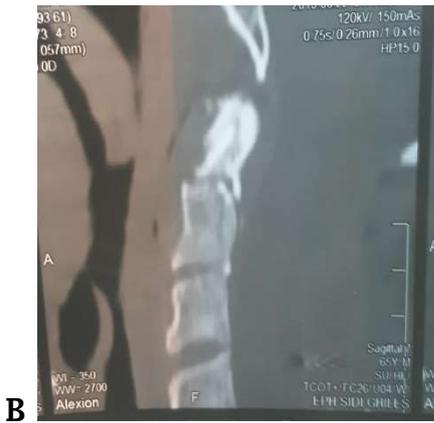


Figure C.4 Le scanner préopératoire (A) du patient n°1, et les images fluoroscopiques peropératoires en vues latérales (B, D) et en bouche ouverte (C) ; les radiographies latérales faites à 6 mois (E) et le scanner fait à un an (E, G).



A



B



C



D



E



F



G

Figure C.5 Cas n° 6 Fracture odontoïde de type II (A), réduite après traction (B), l'IRM a été faite avant l'opération, un vissage odontoïde antérieur a été effectué (D,E) ; le scanner effectué trois mois après l'opération a révélé une bonne fusion (F,G).

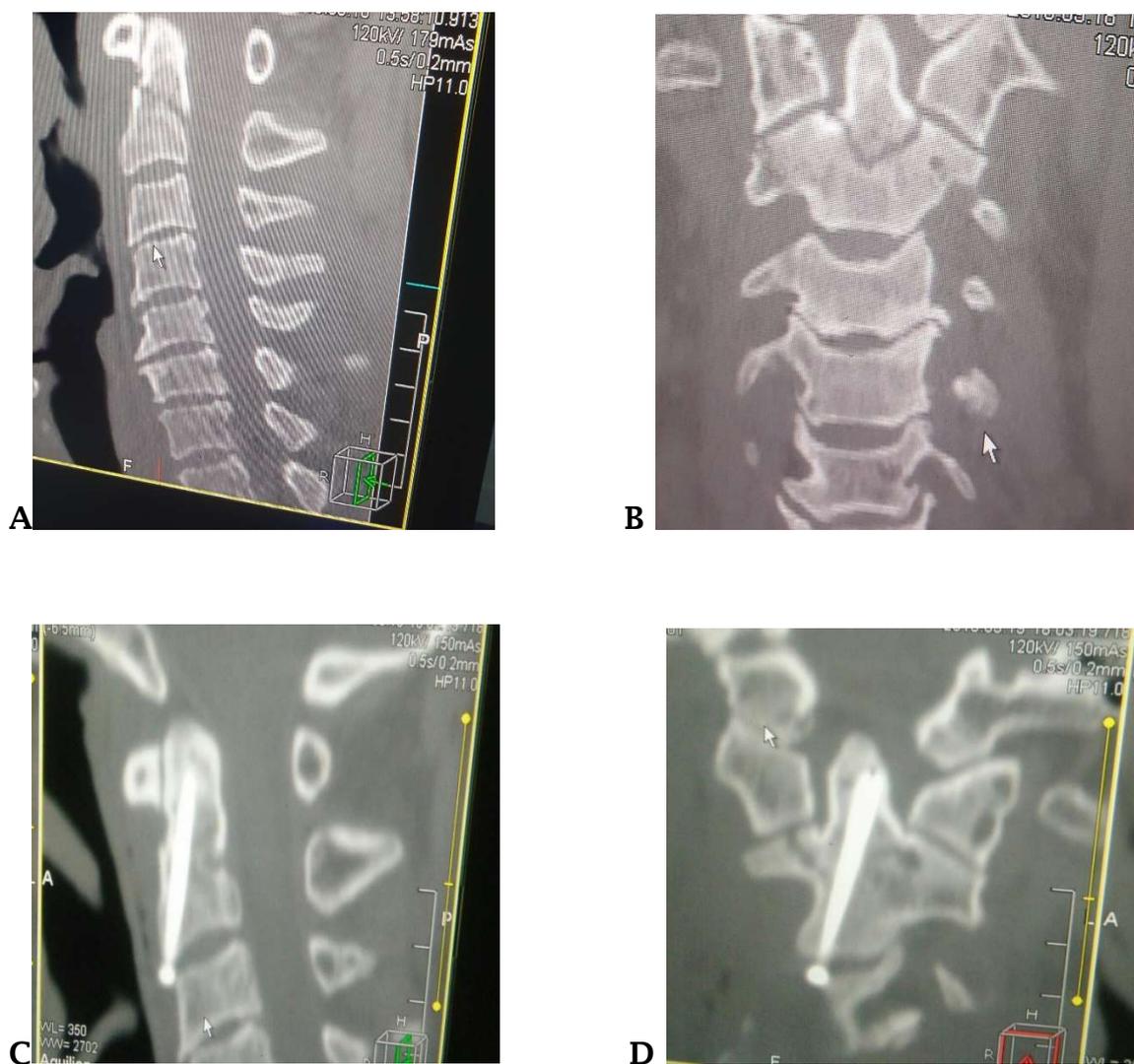


Figure C.6 Cas n°7 : fracture odontoidé de type II (A, B) ; le scanner réalisé à trois mois montre une bonne fusion (C,D).



Figure C.6 Cas n°4 avec le scanner préopératoire (A), le scanner du 3ème mois postopératoire (B) et des radiographies standards (C).

-Deux patients ont été opérés pour une fracture bi pédiculaire par voie cervicale antérieure, avec arthrodeuse C2C3 antérieure.

Le premier patient était une jeune femme de 19 ans qui a été victime d'un traumatisme cervical à son domicile après être tombée accidentellement des escaliers.

Aux urgences, la patiente n'avait pas de déficit, elle ne présentait que des douleurs cervicales.

L'exploration radiologique (rayons X, scanner) a révélé une fracture bi pédiculaire de type II sans autres blessures associées.

La patiente a été emmenée le lendemain en chirurgie, une arthrodèse C2C3 antérieure a été réalisée par une approche cervicale antérieure. L'opération s'est bien déroulée sans aucune complication, la patiente a été libérée cinq jours après l'opération, le collier cervical a été placé juste après l'opération et a été conservé pendant douze semaines.

Le second patient nous a été référé par un autre hôpital, le patient était un homme de 26 ans victime d'un accident de moto, le patient n'avait pas de déficit neurologique, le scanner déjà effectué dans l'hôpital d'origine a révélé une fracture bi pédiculaire de type II.

Le patient a été opéré par voie cervicale antérieure, l'arthrodèse C2C3 a été réalisée avec un greffon fixé par une plaque.

Le déroulement postopératoire était normal sans aucune morbidité, le collier cervical a été placé après l'opération et conservé pendant douze semaines, le patient a été libéré cinq jours après l'opération.

C.3 DISCUSSION :

-La fixation odontoïde par vis antérieure a été décrite par Bohler en 1982 pour la première fois pour le traitement des fractures odontoïdes de type II et III de la classification d'Anderson et D'Alonzo (121).

Cette technique a l'avantage théorique de préserver les mouvements du cou, en particulier la rotation axiale au niveau des articulations C1C2.

Wolan Nieroda et al ont publié une étude sur l'amplitude de mouvement de 41 patients traités par vissage odontoïde antérieur, par rapport à une cohorte de 41 personnes normales sans aucun trouble cervical, ils ont étudié les différents mouvements, extension, flexion latérale, flexion latérale et rotation axiale. Ils ont conclu que l'amplitude des mouvements est plus faible dans le groupe étudié et qu'elle est négativement corrélée avec l'âge, l'intensité de la douleur et la durée de la mise en place du collier cervical (670).

Cette technique peut être utilisée en toute sécurité dans la population âgée, Longo et al ont rapporté des séries nationales aux Etats-Unis opérées entre 2007 et 2016, la série comprenait 198 patients avec un âge moyen de 77,7 ans, il y avait un taux de mortalité de 7,6 % et de morbidité de 9,1 %, ces complications n'étaient pas liées à l'âge mais à une réponse inflammatoire systémique et à une dépendance fonctionnelle (403).

Le taux de fusion est très élevé lorsqu'on utilise le vissage odontoïde antérieur, il se situe entre 81 et 90%, Baogui et al ont analysé treize études en méta-analyse et ils ont conclu que les taux de fusion étaient égaux pour les approches antérieures et postérieures, même que le taux de fusion est un peu plus élevé pour les patients âgés utilisant la fixation postérieure (85).

Le Pr Berchiche a présenté une thèse sur les lésions traumatiques du rachis cervical supérieur, sur une série de 41 malades il a réalisé un vissage antérieur de l'odontoïde chez 7 patients, dont 6 ont bien évolué et un échec de fusion chez un patient nécessitant une voie postérieure (685).

Notre série personnelle comprend 8 patients, avec de très bons résultats avec un taux de fusion de 100 % documenté sur le CT scanner postopératoire, le taux de mortalité était de 0 %. Deux patients de notre série étaient âgés de plus de 60 ans, 62 et 66 ans précisément.

Nous pensons que la sélection des patients pour cette technique est la clé du succès et de bons résultats, pour la période entre le traumatisme et la chirurgie, elle était de 3 à 21 jours pour nos patients, donc nous n'avons pas d'expérience avec des fractures négligées ou des fractures pour lesquelles un traitement conservateur a été utilisé et a échoué. Il a été rapporté que les fractures de moins de six mois pouvaient être traitées à l'aide de la fixation par vis odontoïde antérieure lorsqu'il y a une indication pour cette technique (165).

-La fracture bi pédiculaire est présente dans 5% des blessures de la colonne cervicale, le mécanisme d'hyper extension a été impliqué pour produire cette fracture, le problème se situe généralement dans l'espace C2C3, il est donc très logique de traiter antérieurement les fractures instables (type IIa et type III selon

la classification d'Edwards Levine). Il n'y a pas de différence entre les approches postérieure et antérieure dans la littérature (559).

Li.Z et al ont rapporté des séries de 38 patients dont 13 de type II, 20 de type IIa et 5 de type III. Ils ont utilisé une approche antérieure avec discectomie ou corpectomie et fixation, ils ont obtenu un taux de fusion de 94,7 % lors du suivi final (401).

Hur.H et al dans une série de 17 patients avec une fracture bi pédiculaire traitée chirurgicalement, ont conclu que la fixation antérieure C2C3 avec plaque est très efficace, elle apporte une stabilité avec une morbidité minimale (315).

Nous avons opéré deux patients par voie cervicale antérieure pour une fracture bi pédiculaire sans aucune complication, mais techniquement, par rapport à la technique précédente (voie cervicale haute), nous préférons cette dernière, même si elle est plus exigeante et plus difficile, l'accès et l'exposition chirurgicale sont meilleurs et nous sommes plus à l'aise pour réaliser une discectomie et une fixation.

C.4 CONCLUSION :

L'approche cervicale antérieure reste utile pour traiter certaines pathologies de la JVC, nous avons utilisé cette approche pour traiter des lésions traumatiques. La technique de vissage antérieur pour les fractures de l'odontoïde est une technique très efficace avec des résultats satisfaisants et sans complications majeures. La fracture bi pédiculaire est également traitée par l'approche cervicale antérieure avec discectomie C2C3 et fixation sans complications.

D.L'APPROCHE ANTÉROLATÉRALE

L'approche antérolatérale de la JCV a été décrite par B. Georges et al dans les années 1980, l'équivalent de cette approche est l'approche latérale extrême ou EFLA des anglo saxons (97).

Le principe de cette approche est d'accéder à la partie antérolatérale de la JCV, du condyle occipital à la masse latérale de l'atlas et les surfaces articulaires de l'axis et la masse latérale de C3, la tête est tournée vers le côté controlatéral, ainsi le troisième segment de l'artère vertébrale est amené dans le champ opératoire avec le processus transverse de l'atlas, ce processus est ouvert et l'artère vertébrale est mobilisée pour accéder à la partie antérieure de la JCV.

Cette approche est indiquée pour les lésions extradurales antérieures et antérolatérales, en particulier les tumeurs osseuses primitives et secondaires (99).

Cette approche est déstabilisante pour la JCV, elle est donc mieux indiquée pour les lésions de la JCV déjà instables, la fixation occipito cervicale est effectuée après la résection de la tumeur dans le même temps ou dans le cadre d'une chirurgie de deuxième phase (406).

Cette approche n'est pas indiquée pour les lésions intradurales, les lésions où la JCV est stable, et si l'AV est dominée et qu'il y a un risque élevé de sa lésion.

L'exploration radiologique préopératoire est très importante, y compris la tomодensitométrie, avec des reconstructions en 3D, l'angioCT, l'IRM et l'angio-IRM et même l'angiographie des artères vertébrales.

L'avantage de cette approche est l'exposition qu'elle donne, même si techniquement l'approche est difficile avec risque de lésion de l'artère vertébrale et du nerf spinal accessoire.

La maîtrise de cette technique donne au chirurgien un choix et une autre option pour traiter certaines lésions difficiles de la JCV.

Si le patient n'est pas stabilisé et fixé lors de la première intervention, son cou est maintenu immobilisé à l'aide d'un collier cervical.

D.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES :

Trois patients ont été opérés par voie antérolatérale entre 2016 et 2019, tous les patients ont été fixés après l'exérèse de la lésion, deux en même temps et un en seconde intervention.

Les trois patients ont été évalués avant l'opération, les trois ne présentaient pas de déficits neurologiques, ils se sont présentés pour des douleurs cervicales.

Un examen radiologique a été effectué, comprenant des rayons X, un CT scanner et une IRM avec angioMRI. Un angio CT a été fait pour un patient.

Tous les patients ont été vus au service d'anesthésie et ont été préparés pour l'opération.

Des antibiotiques ont été administrés avant l'opération, l'intubation a été effectuée sans mobilisation du cou.

D.1.a TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est en position couchée, la tête est tournée de l'autre côté de 30° à 45°. Cette rotation va amener le processus transverse de l'atlas avec l'artère vertébrale vers l'avant. Le côté de la chirurgie est choisi en fonction de la latéralisation de la lésion, si la lésion est en position médiane, le côté gauche est choisi.

-L'incision commence dans le cou, au bord antérieur du muscle sternocléidomastoïdien et remonte jusqu'à la pointe mastoïdienne ; à ce niveau, elle s'incurve en arrière dans la fosse postérieure ; elle se termine juste à côté de la ligne médiane sous-occipitale.



Figure D.1 Position et incision pour l'approche antérolatérale de la JCV.

-Le muscle sternocleidomastoïdien est détaché de la mastoïde, il faut veiller à ne pas blesser le nerf facial sortant pendant cette étape, l'attachement du muscle digastrique au niveau de la mastoïde est un bon repère pour s'arrêter, puis la dissection est effectuée au bord antérieur du muscle sternocleidomastoïdien, juste en arrière de la veine jugulaire interne, la seule structure qui traverse cet espace est le nerf accessoire spinal qui innerve le muscle sternocleidomastoïdien et le muscle trapèze, ce nerf doit donc être identifié, disséqué, protégé et écarté loin du champ opératoire. La dissection de la carotide, du glossopharyngien et du nerf vague n'est pas nécessaire pour approcher la JCV comme dans le cas des tumeurs du glomus jugulaire.

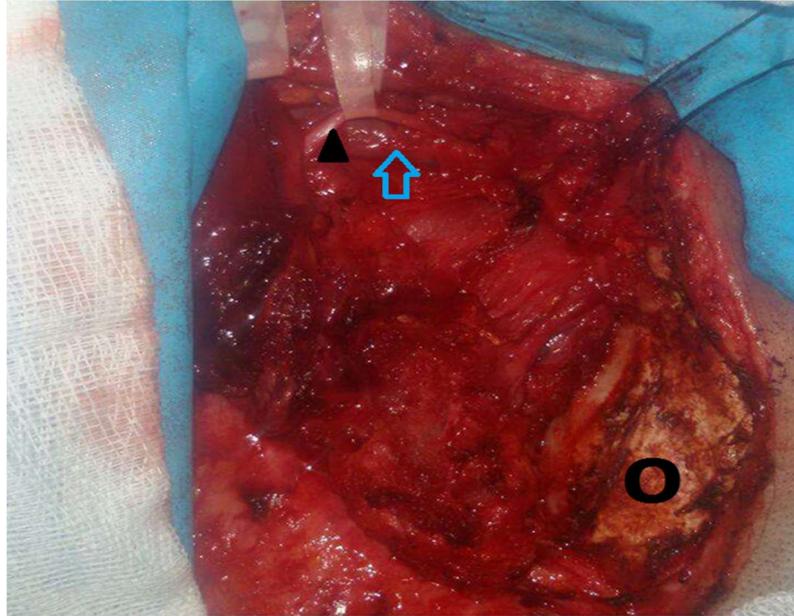


Figure D.2 Le nerf accessoire spinal (pointe de flèche noire) situé juste derrière la veine jugulaire interne (flèche bleue) est disséqué et protégé.

O : os occipital.

-Nous utilisons le pouce pour palper l'apophyse transverse, qui se trouve juste en dessous de la pointe mastoïdienne. Une fois qu'elle est trouvée, les muscles sont détachés de l'apophyse transverse à l'aide d'une coagulation bipolaire et de ciseaux.

-La dissection de l'artère vertébrale est ensuite lancée, on commence par l'arc postérieur de l'atlas, puis elle est poursuivie au niveau du trou transverse, la clé de la réussite de cette étape est la dissection en sous-périosté, l'artère vertébrale est disséquée avec son plexus veineux.

-Le trou transversal est ouvert à l'aide de rongeurs et de kerrison, les bords de l'ouverture sont fraisés puis pour élargir l'ouverture afin que l'artère vertébrale puisse être mobilisée.

-Avant la transposition de l'artère vertébrale, les branches musculaires sont coupées, les attaches antérieures et supérieures sont sectionnées. L'artère est doucement mobilisée postérieurement puis rétractée dans cette direction. L'utilisation du microscope est obligatoire pour travailler autour de l'artère vertébrale.

-La masse latérale est exposée avec son bord supérieur avec le condyle occipital, et son bord inférieur avec la surface articulaire supérieure de l'axis.

-La masse latérale est fraisée entre ces bords, elle est retirée complètement pour exposer la lésion et le processus odontoïde, la JCV antérieure pourrait être accédée par cette voie.

-Après l'excision de la lésion, on procède à la fermeture des différents plans.

-Si la fixation occipito cervicale est prévue dans le même temps, la patiente est mise en décubitus ventral, la tête est en position neutre, confirmée par une radioscopie latérale.

D.1.b POST OPERATOIRE :

Le patient est extubé après l'opération ; le collier cervical est placé pour l'immobilisation et est conservé pendant douze semaines. Le patient est transféré à l'unité de soins intensifs pendant 24 heures puis dans le service.

L'alimentation orale est commencée le jour suivant, le patient commence également à marcher le jour suivant de l'opération.

Le patient est libéré huit jours après l'opération et sera vu le premier, le troisième et le sixième mois après l'opération.

D.2 RÉSULTATS :

Trois patients ont été opérés par cette approche entre 2016 et 2019, deux patients ont été fixés dans le même temps.

-La première patiente était une femme de 42 ans qui nous a été adressée par un autre hôpital, la patiente présentait des douleurs cervicales depuis des mois, à l'examen elle ne présentait pas de déficit moteur ni sensitif avec des réflexes exagérés et un signe de Babinski bilatéral, les mouvements du cou étaient très limités et douloureux surtout le mouvement de rotation axiale.

Les radiographies et le CT scanner ont révélé une lésion au niveau de la JCV, il y avait des changements ostéolytiques avec des signes d'instabilité au niveau C1C2C3.

L'IRM a confirmé la présence d'un processus expansif au niveau de la JCV, la lésion était localisée antérieurement, affectant l'arc antérieur de l'atlas et le processus odontoïde, la lésion semblait extradurale avec une légère compression de la moelle épinière supérieure.

En raison de la compression neurale et de la présence de signes radiologiques d'instabilité, la décision a été prise d'opérer la patiente avec excision de la lésion et fixation occipito-cervicale.

La patiente a été opérée par voie antérolatérale avec transposition de l'artère vertébrale, après fraisage de la masse latérale de l'atlas, la lésion était blanchâtre, nous avons commencé l'exérèse de la lésion, l'aspirateur à ultrasons a été très utile, l'exérèse a inclus le reste du processus odontoïde. À la fin, une décompression totale des structures neurales a été obtenue.

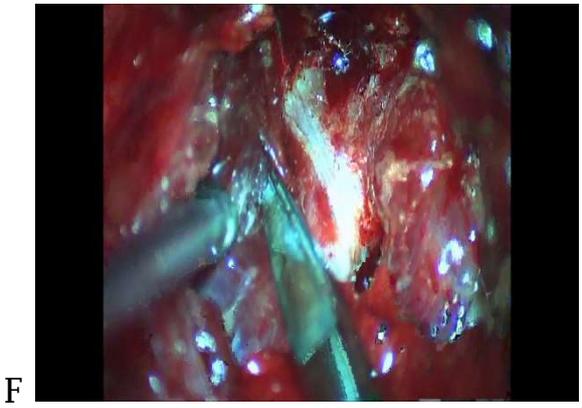
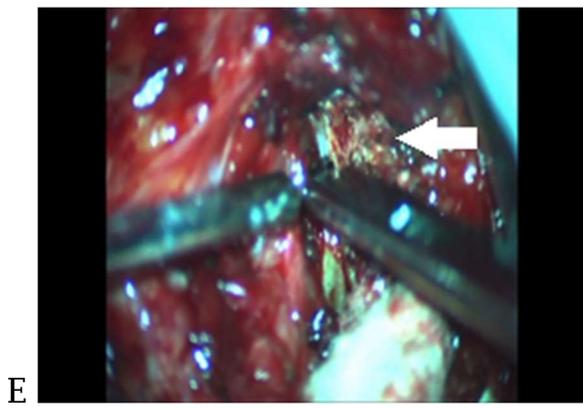
La fermeture a été effectuée à la fin en différents plans.

La patiente a ensuite été mise en position ventrale et une fixation occipito-cervicale a été réalisée.

La patiente a été extubée juste après l'opération, elle s'en est très bien évoluée sans aggravation neurologique.

Le déroulement postopératoire a été normal et sans aucun événement indésirable.

L'étude pathologique de l'échantillon a révélé une tuberculose, elle a suivi un traitement médical pendant 9 mois avec des résultats satisfaisants.



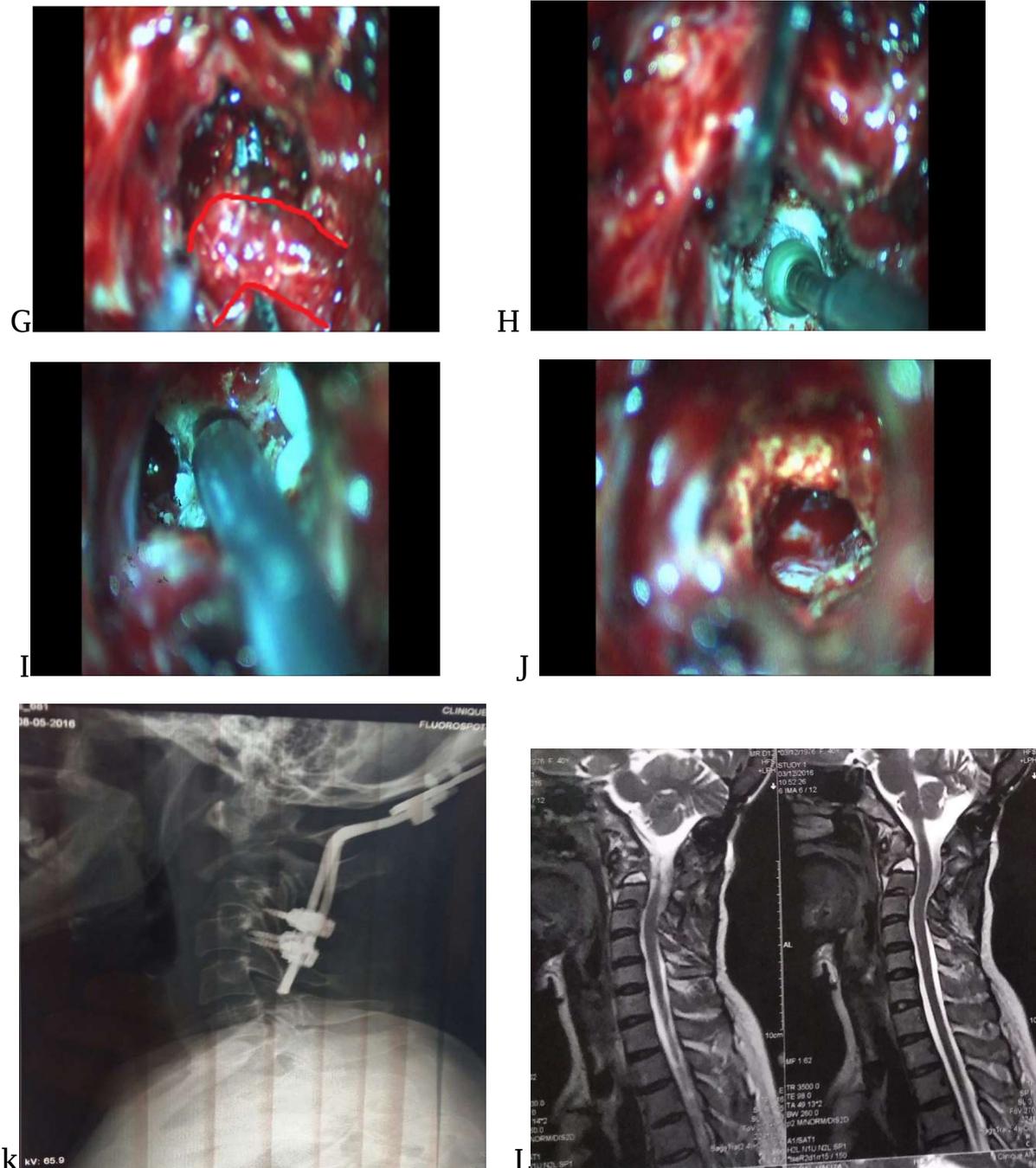


Figure D.3 Scanner de la première patiente, avec lésion de la JCV située antérieurement sur les images sagittales (A) et coronales (B), IRM (C, D) révélant une compression de la partie supérieure de la moelle épinière. Le patient a été opéré en utilisant une approche antérolatérale et une fixation postérieure (K) en même temps. Le processus transverse est ouvert (flèche blanche dans l'image E), l'artère vertébrale est disséquée (F) et mobilisée (entourée dans l'image G), la masse latérale de l'atlas est fraisée (H), et la lésion est réséquée à l'aide de l'aspiration ultrasonique (I, J). L'IRM réalisée trois mois après l'intervention chirurgicale (L) a montré une décompression satisfaisante.

-Le deuxième patient était un homme de 53 ans, sans antécédents médicaux, qui s'est présenté avec des douleurs cervicales et un torticolis pendant trois mois. À l'examen, le patient n'avait pas de déficit neurologique, les mouvements du cou étaient très limités dans toutes les directions.

Le scanner a montré une lésion ostéolytique au niveau de la JCV, ce qui a été confirmé par l'IRM, la lésion était située antérieurement dans le compartiment extradural.

Le patient a été opéré par voie antérolatérale, avec mobilisation de l'artère vertébrale, en commençant l'exérèse de la lésion avec évacuation d'un liquide blanchâtre, donc la tuberculose était fortement suspectée, l'exérèse a été arrêtée après une décompression satisfaisante. La fermeture a été effectuée en différents plans.

Le patient a ensuite été mis en position ventrale, la tête en position neutre et une fusion occipito-cervicale a été réalisée.

Le patient a été extubé juste après l'opération, le déroulement post opératoire a été normal sans complications, le patient a été libéré huit jours après l'opération.

Le pathologiste a confirmé le diagnostic de tuberculose, le patient a suivi un traitement médical pendant 9 mois, il s'est très bien porté par la suite.

La troisième patiente était une femme de 18 ans, opérée d'un ostéosarcome C2 treize mois plus tôt, elle avait également reçu une chimiothérapie, elle a été réadmise pour une tumeur récurrente avec d'importantes douleurs cervicales. La décision a été prise d'opérer la patiente pour soulager la douleur. Une approche antérolatérale a été utilisée.

La première opération sera abordée dans les prochains chapitres.

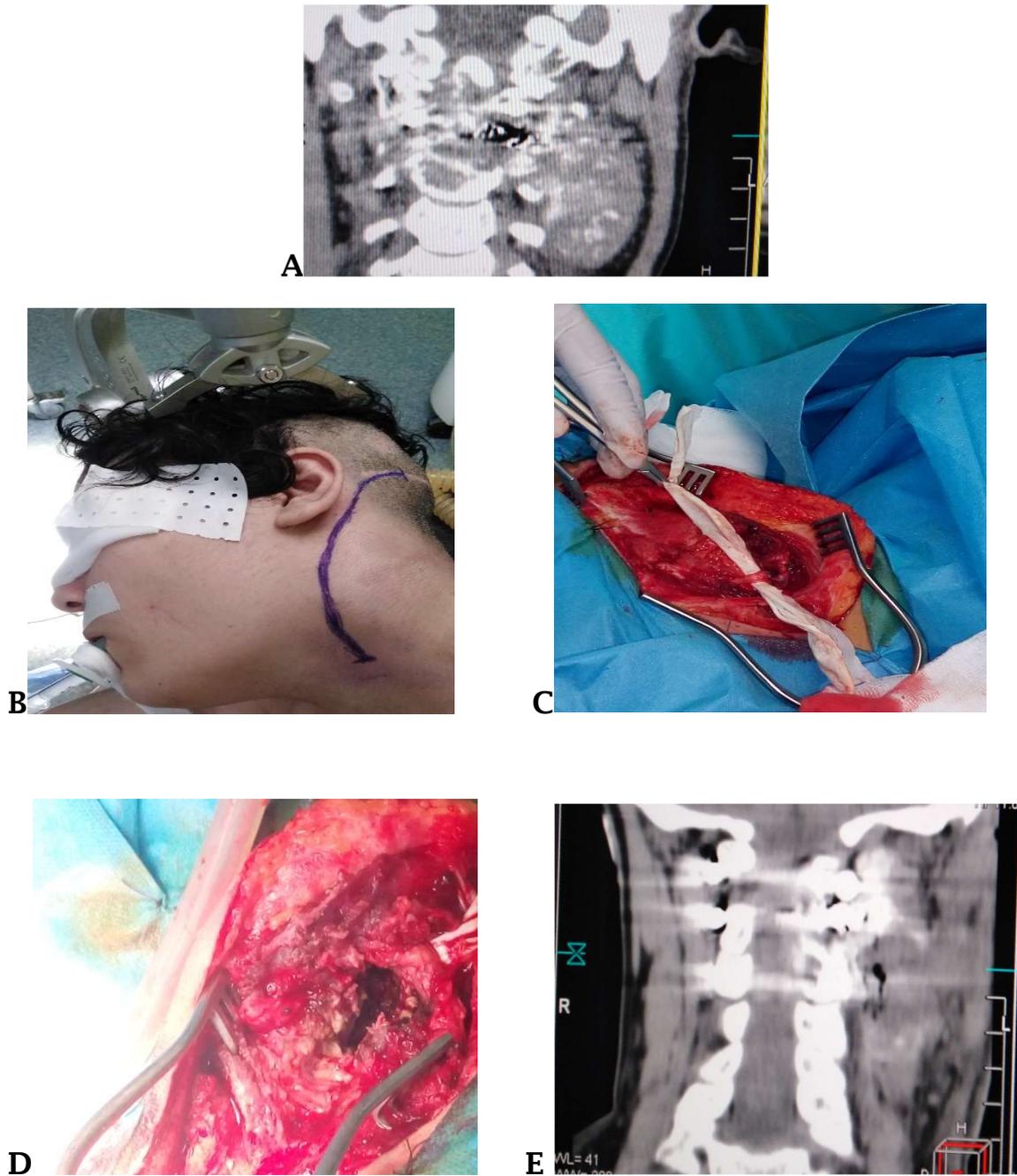


Figure D.4 La troisième patiente est opérée par voie antérolatérale, le scanner cervical révèle une masse antérolatérale de la JCV (A), la patiente est mise en position (B), le nerf spinal accessoire est disséqué et protégé (C), l'image peropératoire de la lésion (D), le scanner postopératoire est démontré en E.

D.3 DISCUSSION :

L'abord antérolatéral de la JCV, avec transposition de l'artère vertébrale a été décrit par Bernard Georges et al en 1988, ils ont rapporté une série de 14 patients avec des tumeurs bénignes de la JCV ⁽⁹⁶⁾.

Sen et Sekhar ont utilisé un équivalent de cette approche et l'ont appelée l'approche latérale extrême pour traiter les lésions intra dures du foramen magnum situées antérieurement ⁽⁵⁶⁸⁾.

Ture et al ont signalé l'utilisation d'une approche modifiée avec les mêmes principes pour la résection de l'odontoïde dans les cas d'invagination basilaire comme alternative à la voie trans orale avec l'avantage d'un champ opératoire stérile ⁽⁶³⁶⁾.

Le même groupe a signalé un cas de hernie discale C2C3 traité par leur approche latérale.

E. Passancatilli et al ont rapporté en 2005 une série de 14 patients utilisant l'approche antérolatérale, la série comprenait 3 méningiomes, 3 neurinomes, 3 tumeurs du glomus, 2 chordomes, un neurofibrome plexiforme, un plasmocytome et un cas pour extraire des coils de l'AV ⁽⁴⁹⁶⁾.

Récemment, W. Couldwell et al ont utilisé cette approche et l'ont appelée l'approche trans odontoïde latérale extrême, ils l'ont décrite pour le traitement des chordomes s'étendant des deux côtés et ils ont conclu que cette approche a l'avantage d'exposer l'autre côté en réséquant le processus odontoïde, bien sûr la fixation occipito cervicale a été réalisée après l'excision de la lésion ⁽²⁵⁴⁾.

L'utilisation de l'endoscope comme outil d'assistance a été signalée, il a été utilisé après avoir retiré la masse latérale de l'atlas ⁽¹⁴⁰⁾.

Cette approche pourrait également être utilisée pour la décompression de l'artère vertébrale dans les cas de syndrome du chasseur à l'arc.

L'approche antérolatérale a l'avantage d'exposer le compartiment extradural antérieur de la JCV sans mettre en danger les structures neurales et sans passer par un champ non stérile. Les articulations au niveau C1C2 sont trop antérieures et les structures neurales sont postérieures en comparaison avec les articulations de la colonne cervicale sub axiale, qui sont au même niveau que les structures neurales, après transposition de l'artère vertébrale, on est trop

antérieur et l'exérèse de la tumeur ou de la lésion est réalisée en toute sécurité.

Cette approche pourrait être étendue au clivus inférieur et au corps vertébral C3, elle est également indiquée pour le traitement des tumeurs du glomus.

Nous pensons que l'utilisation des différentes approches pour les lésions extradurales de la JCV situées en avant dépend de l'extension de la lésion, si la lésion est située dans la ligne médiane sans extension caudale, l'approche endo nasale endoscopique semble idéale, si la lésion a une certaine extension caudale, l'approche supra hyoïdienne rétro pharyngée est meilleure et s'il y a une extension latérale avec instabilité, l'approche antérolatérale peut avoir les meilleurs résultats d'une excision totale avec contrôle latéral de l'artère vertébrale. Bien entendu, l'utilisation d'approches combinées est plus préférée dans certains cas sélectionnés.

D.4 CONCLUSION :

L'abord antérolatéral est un autre outil pour le chirurgien qui le maîtrise pour traiter les lésions extradurales et les tumeurs situées antérieurement au niveau de la JCV. Elle donne un certain choix au chirurgien, en particulier si la lésion est étendue latéralement ou des deux côtés. Il nécessite une formation et une parfaite connaissance de l'anatomie régionale au niveau de la JCV et du cou bien sûr.

La stabilisation de la JCV est nécessaire après la réalisation de cette approche, donc si la lésion ne déstabilise pas la JCV, le chirurgien doit penser à une autre approche chirurgicale.

E. L'APPROCHE RÉTRO MASTOÏDE :

L'approche rétro mastoïde est généralement utilisée pour traiter les tumeurs de l'angle ponto-cérébelleux, elle peut être utilisée pour les lésions du foramen magnum, intradurales bien sûr, mais pas toutes les tumeurs, les tumeurs qui ont une extension latérale ou qui sont situées sous les nerfs crâniens inférieurs comme les neurinomes ou les kystes épidermoïdes.

L'approche rétro sigmoïdienne dans son extension infra méatale donne accès à l'espace intradural du foramen magnum et au foramen jugulaire (551).

Certains auteurs l'ont utilisé même pour les méningiomes du foramen magnum, ils ajoutent à l'approche standard la résection de l'arc postérieur de l'atlas. Mais cela n'est pas accepté et utilisé par la plupart des auteurs qui préfèrent d'autres approches pour la résection des méningiomes du foramen magnum (608).

Lorsque cette approche est indiquée pour certains cas sélectionnés, elle présente l'avantage d'être une approche classique de routine (utilisée par la plupart des neurochirurgiens) et de ne pas prendre beaucoup de temps pour être réalisée.

Sur le plan interne, les nerfs crâniens inférieurs, l'AV et la PICA sont les structures les plus importantes rencontrées dans l'espace sous-arachnoïdien, le bulbe et le cervelet doivent être protégés en interne.

La blessure du sinus sigmoïde doit toujours être évitée lors de l'approche rétro sigmoïde, ce qui est possible en suivant les repères osseux et en analysant bien l'imagerie préopératoire.

Le sinus transverse et la jonction sinus transverse-sinus sigmoïde ne sont pas nécessairement exposés, car le champ de travail est limité à la fissure cérébello-médullaire.

L'endoscope peut être très utile pour assister le microscope, il aide le chirurgien à voir dans les angles morts et à s'assurer de l'excision totale de la tumeur ou de la lésion.

E.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES :

Deux patients présentant des lésions intradurales au niveau de la JCV ont été opérés entre 2016 et 2019 en utilisant l'approche rétro sigmoïdienne, les deux patients avaient des kystes épidermoïdes.

Les patients ont été évalués par un examen clinique et une exploration radiologique, notamment par IRM, pour définir les limites de la tumeur et sa relation avec les structures vitales.

Les patients ont été examinés au service d'anesthésie et ont été préparés pour la chirurgie.

Les antibiotiques ont été administrés avant l'intubation, et l'intubation a été effectuée de manière habituelle, les agents bloquants neuromusculaires ne sont pas administrés, une surveillance neurophysiologique est possible.

E.1.a TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est en décubitus dorsal, la tête est complètement tournée de l'autre côté, l'épaule doit être écartée vers le bas pour ne pas gêner le chirurgien, des rouleaux sont placés sous l'épaule pour que le patient ne souffre pas de douleurs cervicales en postopératoire.

-Les électrodes sont placées dans le visage du même côté que la tumeur, dans les zones péri oculaires et péri orales pour la surveillance du nerf facial.

-L'incision est effectuée dans la zone rétro auriculaire, c'est une incision en forme de C qui commence dans la zone temporale postérieure et qui descend autour de l'apophyse mastoïde pour s'arrêter juste sous la pointe de la mastoïde.

-La dissection musculaire est effectuée en une seule coupe pour exposer le mastoïde et l'os occipital, il est préférable de descendre jusqu'au fond de la fosse postérieure et un peu plus médial vers la ligne médiane, pendant cette étape, l'artère occipitale est rencontrée, elle est coupée et coagulée.

Un trou de trépan est réalisé derrière la projection du sinus sigmoïde, puis la craniectomie occipitale est effectuée à l'aide de rongeurs et de Kerrison, le bord postérieur du sinus sigmoïde est exposé, il n'est pas nécessaire d'exposer le sinus transverse et la jonction entre le sinus transverse et le sinus sigmoïde.

-La dure-mère est ouverte en forme de C à 1 mm derrière le sinus sigmoïde, qui sera écartée, la dure-mère au-dessus du cervelet est conservée pour être utilisée pour la rétraction pendant l'opération.

-La citerne cérébello-médullaire est ouverte sous microscope, une aspiration douce et continue détendra le parenchyme cérébelleux et l'utilisation d'écarteurs fixes n'est pas nécessaire.

-La dissection est commencée par l'identification des structures vitales en commençant par les nerfs crâniens inférieurs, la PICA puis finalement l'AV. Les nerfs chocléo vestibulaires et facial sont au sommet du champ opératoire et le monitoring neurophysiologique le confirmera.

-La résection de la tumeur est commencée par aspiration, une dissection nette des fragments de la tumeur est conseillée, la résection est poursuivie sur les nerfs crâniens inférieurs puis en dessous, puis en médial, latéralement au bulbe, la jonction AV et AB peut être vue à ce stade. L'angle du microscope est modifié au cours de ces étapes.

-L'amygdale est disséquée et écartée vers le haut pour poursuivre la résection de la tumeur dans le foramen magnum et vers le bas, les branches ascendantes du nerf accessoire spinal et du nerf hypoglosse doivent être disséquées et protégées.

-Lorsque la résection de la tumeur est terminée, le champ opératoire est contrôlé et l'hémostase vérifiée, la dure-mère est fermée de manière étanche, les fragments osseux de la craniectomie sont utilisés pour remplir l'espace laissé sur la dure-mère, ils vont induire une consolidation.

-La fermeture est effectuée de manière standard avec fermeture de différents plans.

E.1.b POST OPERATOIRE :

Le patient est extubé juste après l'opération et est transféré à l'unité de soins intensifs pendant 24 heures.

L'alimentation orale commence le lendemain de l'opération et le patient commence à marcher également.

Le patient est libéré le cinquième jour de l'opération et est vu en consultation externe le premier mois, le troisième mois et le sixième mois.

Une IRM postopératoire est effectuée trois mois après l'opération pour avoir une idée sur la qualité de l'exérèse.

E.2 RÉSULTATS :

Deux patients ont été opérés pour des lésions intra dures au niveau de la JCV en utilisant la voie rétro sigmoïde.

-Le premier patient était une femme de 36 ans, qui s'est présentée pour des difficultés de déglutition apparues au cours des deux derniers mois.

Après son admission, la patiente présentait un déficit crânien inférieur discret avec absence de réflexe nauséux, sans autre déficit moteur ou sensitif.

L'IRM a révélé une lésion occupant l'espace de la citerne cérébello-médullaire droite qui était hyper intense en T2 et hypo intense en T1, la séquence de diffusion a confirmé le diagnostic de kyste épidermoïde.

La patiente a été conduite au bloc opératoire après préparation par l'anesthésiste, une approche rétro sigmoïde droite a été réalisée et la lésion a été réséquée.

La patiente a été extubée après l'opération et le déroulement postopératoire a été normal sans aucun problème. La patiente est sortie six jours après l'opération et a été vue un, trois et six mois après l'opération.

Une IRM postopératoire a été effectuée après l'opération, qui a montré une résection totale.

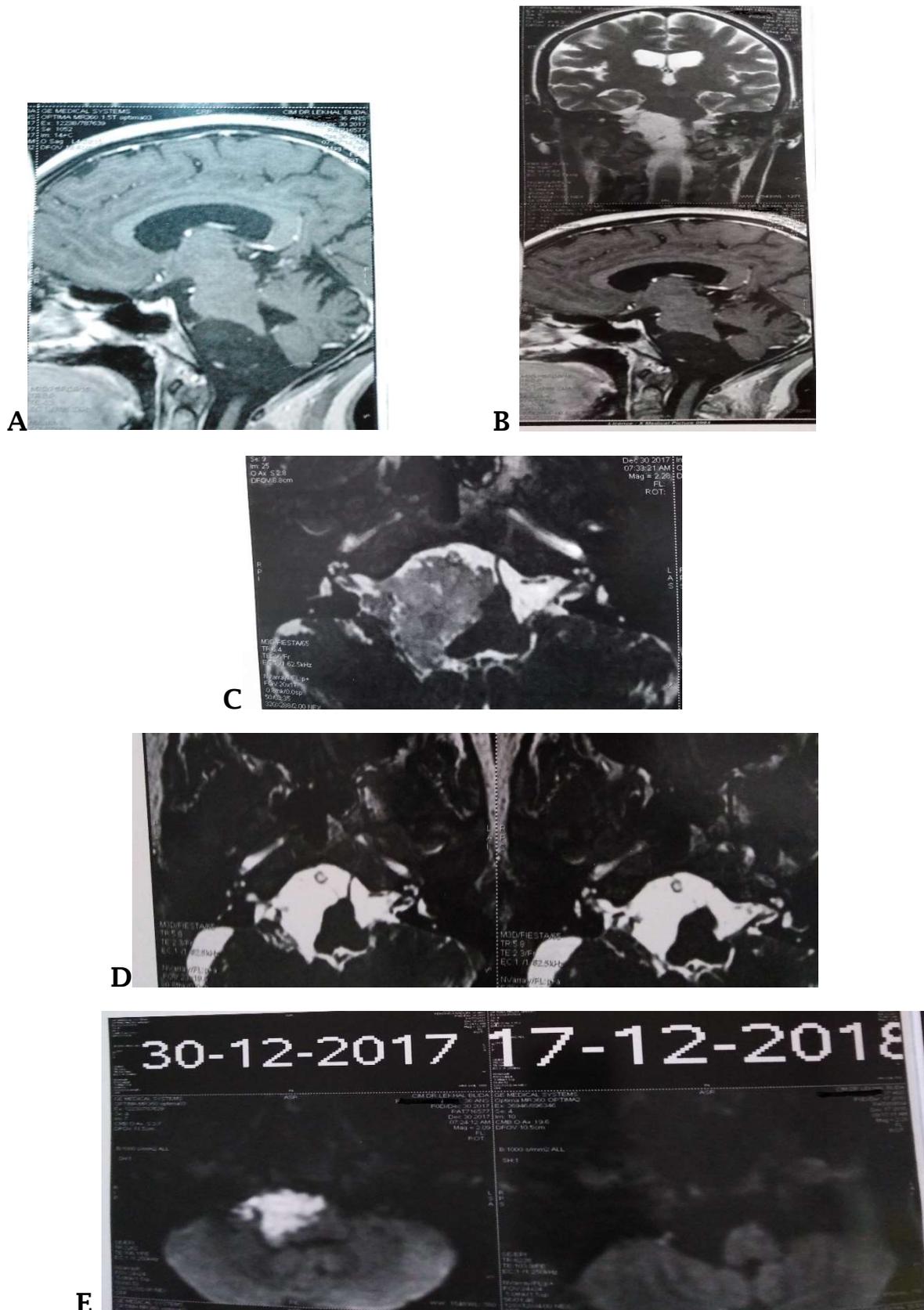


Figure E.1 L'IRM du premier patient, images IRM préopératoires sur les vues sagittales T1 (A, B) et axiales T2 (C) et les vues axiales T2 postopératoires (D). Les vues axiales de diffusion sont comparées sur l'image E.

-Le second patient était une femme de 27 ans qui se présentait comme la première patiente pour des difficultés de déglutition et des changements dans sa voix.

L'examen a révélé un déficit crânien inférieur avec des réflexes ostéo tendineux exagérés dans l'hémicorps droit.

L'IRM a montré une lésion occupant la citerne cérébello-médullaire gauche avec une faible compression du bulbe, la lésion était hypo-intense en T1, hyper-intense en T2, la séquence de diffusion a confirmé le diagnostic de kyste épidermoïde.

Nous avons opéré le patient en utilisant la voie rétro sigmoïde, la lésion était difficile à disséquer des nerfs crâniens inférieurs mais une excision presque totale a été réalisée, le bulbe était totalement décomprimé.

Le patient s'en est très bien sorti après l'opération sans aucun événement indésirable, le patient a été libéré six jours après l'opération et a été vu le premier, le troisième et le sixième mois après l'opération.

L'IRM a été faite trois mois après l'opération et a révélé une excision presque totale de la lésion.

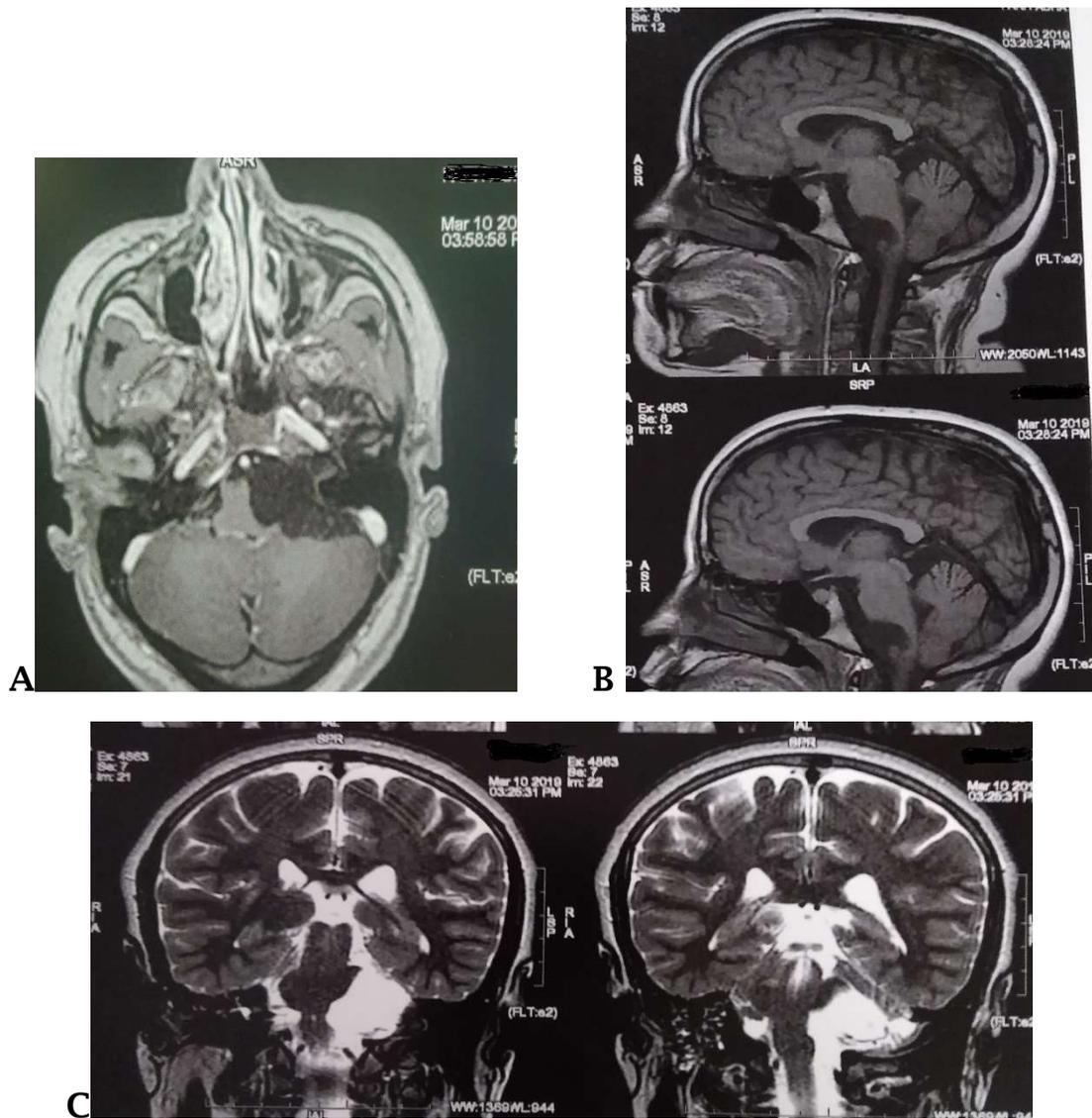


Figure E.2 La vue axiale T1 de l'IRM (A), les vues coronales T1 et T2 sagittales du second patient montrant un kyste épidermoïde dans la JCV et la partie inférieure de l'angle PC.

E.3 DISCUSSION :

L'approche rétro sigmoïde est généralement décrite pour les lésions de l'angle ponto-cérébelleux telles que les neurinomes et les méningiomes.

Les tumeurs du foramen magnum sont traitées par d'autres approches telles que l'approche latérale FLA ou l'approche latérale extrême éloignée EFLA, mais la simplicité et l'accès donné par l'approche rétro sigmoïde permettent de traiter certaines lésions intradurales de la JCV par cette approche.

P.Kurucz et al. ont publié en 2016 un article sur les voies endoscopiques possibles offertes par l'approche rétro sigmoïdienne en trou de serrure ou keyhole, ils décrivent le sous-type caudal avec deux fenêtres : l'une hypoglosse exposant le nerf hypoglosse et l'autre est la fenêtre PICA et foramen magnum exposant l'artère vertébrale et le bulbe (378).

JC.Lynch et al ont fait part en 2018 de leur expérience avec l'approche rétro sigmoïde sous-occipitale latérale pour traiter les méningiomes du foramen magnum, ils ont opéré 15 patients entre 1986 et 2016, ils ont conclu que la plupart des méningiomes du foramen magnum pouvaient être traités en toute sécurité en utilisant l'approche rétro sigmoïde sous-occipitale latérale (411).

Ghanta et al ont également rapporté un cas de méningiome du foramen magnum traité par approche rétro sigmoïde, ils ont pensé à la fin que cette approche avait l'avantage d'une bonne visualisation des nerfs crâniens et des vaisseaux de la fosse postérieure, la taille de la tumeur aidant à créer de l'espace pour travailler sans fraisage du processus condylien (249).

Nous avons présenté ici deux cas de tumeurs épidermoïdes de la JCV ; nous avons utilisé une approche rétro sigmoïde simple et nous étions très à l'aise, et la chirurgie s'est très bien passée sans problème pour les deux patients.

Nous pensons que l'approche rétro sigmoïde pourrait être utilisée pour traiter les lésions intradurales de la JCV telles que les kystes épidermoïdes et les schwannomes des nerfs crâniens inférieurs, voire certains méningiomes du foramen magnum sans extension caudale, situés au-dessus de l'espace occipit-atlas ou pour les lésions de la JCV avec extension latérale dans l'angle CP.

Il faut toujours garder à l'esprit que les approches classiques et simples peuvent parfois être utiles pour traiter certaines lésions complexes de la JCV sans avoir à effectuer d'autres approches étendues.

E.4 CONCLUSION :

L'approche rétro sigmoïdienne peut être utilisée pour traiter certaines lésions intradurales situées dans la région du trou occipital. Cette approche donne des résultats très satisfaisants lorsqu'elle est indiquée dans certains cas sélectionnés.

Si la lésion est située antérieurement ou présente une extension caudale, il est préférable de penser à une autre approche, l'approche rétro sigmoïdienne pourrait être dangereuse et l'excision totale n'est pas possible en l'utilisant.

F. L'APPROCHE POSTERO LATÉRALE FLA

L'approche latérale FLA est une approche de la base du crâne, décrite et développée au cours des trois dernières décennies. Cette voie d'abord permet d'accéder à la partie latérale et antérieure du trou occipital.

Il y a beaucoup de différences entre les chirurgiens concernant la position, l'incision et la dissection musculaire mais à la fin l'exposition est presque la même.

L'artère vertébrale est contrôlée après la dissection musculaire, mais elle n'est pas mobilisée dans l'abord latéral FLA classique, elle peut l'être dans les approches modifiées comme les approches latérales extrêmes EFLA (34).

Le fraisage du condyle occipital peut être effectué pour élargir l'exposition, mais il n'est pas obligatoire, en particulier pour les tumeurs où l'espace créé par la tumeur aide le chirurgien à réséquer la lésion, lorsque la tumeur est petite ou pour les pathologies vasculaires, le fraisage peut être nécessaire pour avoir une bonne exposition, le tronc cérébral n'est pas déplacé et la fenêtre de travail est très étroite, les nerfs crâniens et la PICA et AV doivent être disséqués et protégés, le résultat pour le patient en dépend.

La stabilisation de la JCV n'est pas compromise après la résection du condyle occipital, à moins que plus de 75% du condyle ne soit fraisé, ainsi un fraisage de 50% du condyle occipital ou moins est généralement acceptable (91).

Les méningiomes du foramen magnum sont l'une des tumeurs les plus difficiles à traiter pour les neurochirurgiens, l'approche latérale FLA est l'approche standard pour la gestion de ces tumeurs.

La difficulté chirurgicale dépend de nombreux paramètres, la localisation et l'insertion de la tumeur, le volume de la tumeur et la relation du méningiome avec l'artère vertébrale (125).

Les nerfs crâniens inférieurs et le tronc cérébral sont très proches de la tumeur, leur dissection et leur contrôle sont obligatoires avant, pendant et après la résection de la tumeur.

L'évolution postopératoire de ces tumeurs est importante car les déficits crâniens inférieurs, la fistule du LCR postopératoire

et la pseudoméningocèle sont les complications les plus redoutées qui doivent être prises en charge rapidement, le résultat fonctionnel et vital du patient pouvant être compromis.

F.1 MATERIEL ET METHODES :

Dix patients ont été opérés entre 2016 et 2019 par voie d'abord latérale FLA, tous les patients avaient un méningiome du foramen magnum, il y avait 7 femmes et 3 hommes.

Tous les patients ont fait l'objet d'une évaluation neurologique (déficit des nerfs crâniens, déficit moteur) et radiologique (scanner, IRM).

Les études angiographiques comprenant un CT angio ou une angio MR, ont été faits pour tous les patients afin d'avoir une idée sur la morphologie, de la dominance et du trajet de l'artère vertébrale.

L'angiographie conventionnelle n'a été effectuée pour aucun des dix patients.

Tous les patients ont été vus au service d'anesthésie et ont été préparés pour la chirurgie.

Les patients ont été intubés sans ou avec une manipulation très minime du cou, pour ne pas rendre plus étroit le foramen magnum déjà rétréci par la tumeur.

Des antibiotiques ont été administrés avant l'intubation.

F.1.a TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est mis en position ventrale avec la tête en légère flexion, la tête est un peu surélevée par rapport au reste du corps, de 10 à 15°, la table est un peu inclinée de 10° par rapport au côté controlatéral du champ opératoire, cela nous aide à ne pas utiliser d'écarteurs d'aucune sorte.

-Nous préférons la position ventrale, nous avons utilisé la position du banc de parc pour deux patients et nous n'avons pas vu de différence dans l'exposition et cette position a pris plus de temps dans l'installation par rapport à la position ventrale.

-L'incision est une incision en forme de bâton de hockey, elle commence au milieu de l'apophyse mastoïde, elle monte puis

elle s'incurve en médial au niveau de la ligne nucale supérieure, après l'incision descend en médian jusqu'au niveau de la colonne cervicale sub axiale.



Figure F.1 Position et type d'incision pour l'approche latérale FLA.

-La dissection musculaire est commencée à la ligne médiane puis le lambeau musculaire est disséqué de l'os occipital de l'intérieur vers l'extérieur, au niveau de l'espace atlanto-occipital, la dissection est commencée également à la ligne médiane exposant le tubercule de l'arc postérieur de l'atlas, la palpation digitale est utile pour identifier ce tubercule. Latéralement, il faut faire très attention, lors

de la dissection des muscles de l'espace atlanto-occipital, à ne pas blesser l'artère vertébrale.

-Une fois que l'os occipital et l'arc postérieur de l'atlas sont exposés (la lame C2 et l'apophyse épineuse ne sont généralement pas exposées, sauf en cas d'extension caudale), la dissection du troisième segment de l'artère vertébrale se fait sur l'arc de C1, sur sa rainure, le secret de cette dissection est de la faire de manière sous-périostée, nous pensons que le fait de contrôler l'artère vertébrale de manière proximale nous prépare à toute blessure accidentelle de cette artère. L'AV est disséquée avec le plexus qui l'entoure de manière avasculaire, toute blessure du plexus produit un saignement actif qui peut être contrôlé en utilisant du surgicel et un tamponnement prolongé.

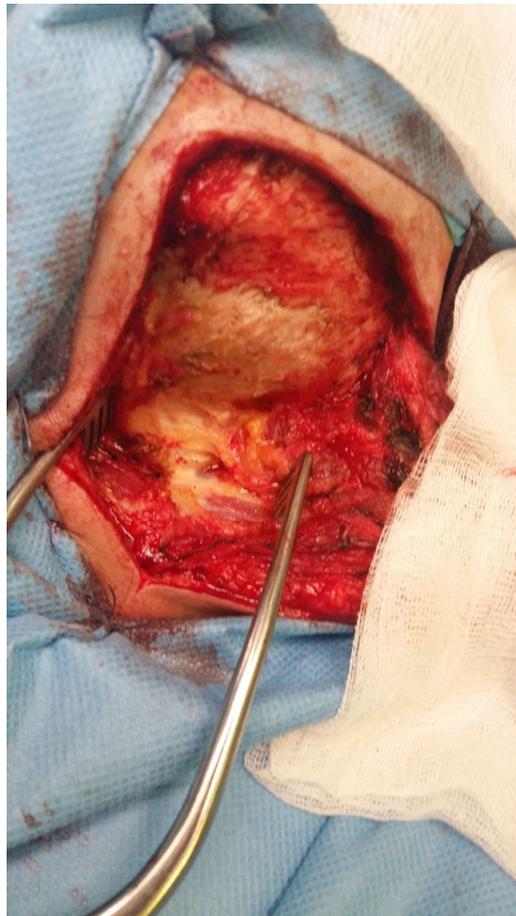


Figure F.2 dissection musculaire dans l'abord latéral FLA exposant l'os occipital et l'arc postérieur de l'atlas.

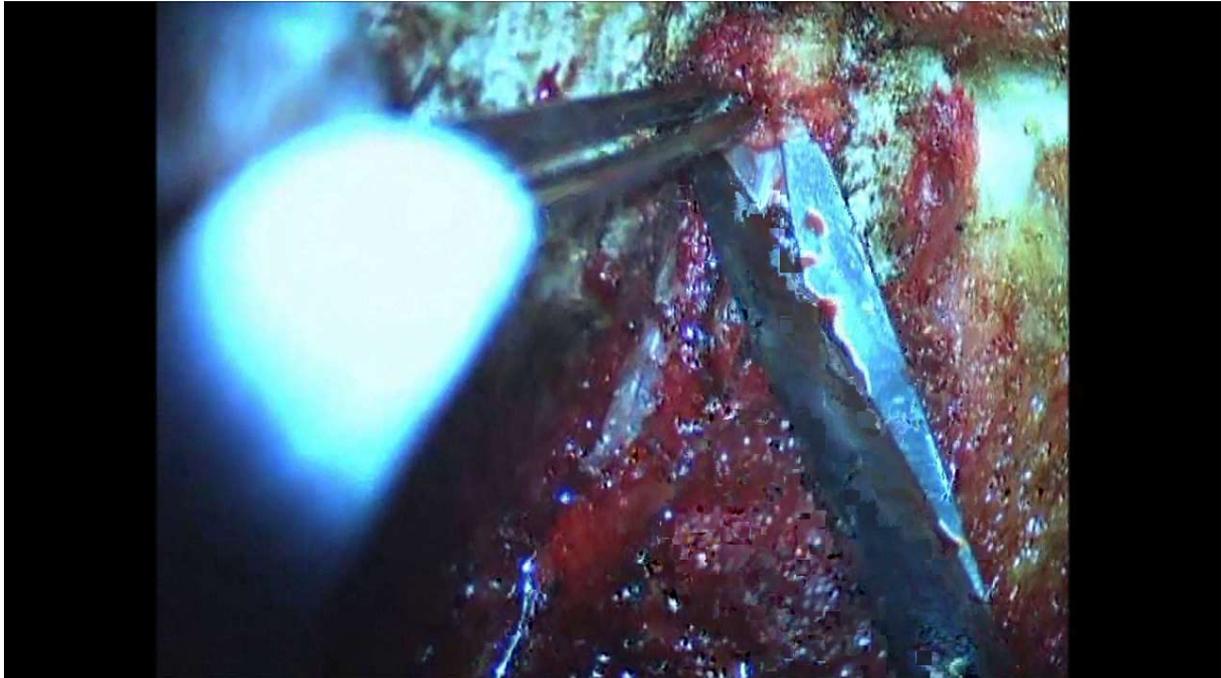


Figure F.3 dissection de l'AV extradurale sur l'arc postérieur de C1.

-La craniectomie occipitale est réalisée en exposant la dure-mère sous-occipitale latérale, la craniectomie est limitée médialement à la ligne médiane et latéralement derrière le sinus sigmoïde, l'exposition du sinus sigmoïde n'est pas nécessaire.

L'arc postérieur de l'atlas est également réséqué, le condyle occipital est fraisé partiellement, juste assez pour avoir une bonne exposition de la partie latérale du trou occipital.

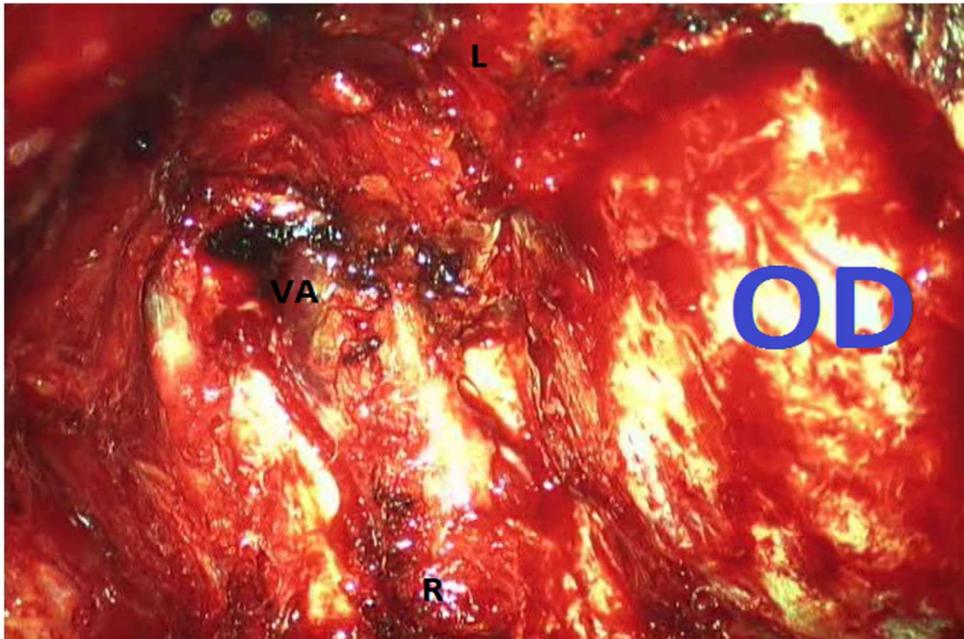


Figure F.4 Après craniectomie occipitale et résection du C1, la dure-mère occipitale et la dure-mère au-dessus du trou occipital sont exposées. OD : dure-mère occipitale, VA : artère vertébrale, L : gauche, R : droite.

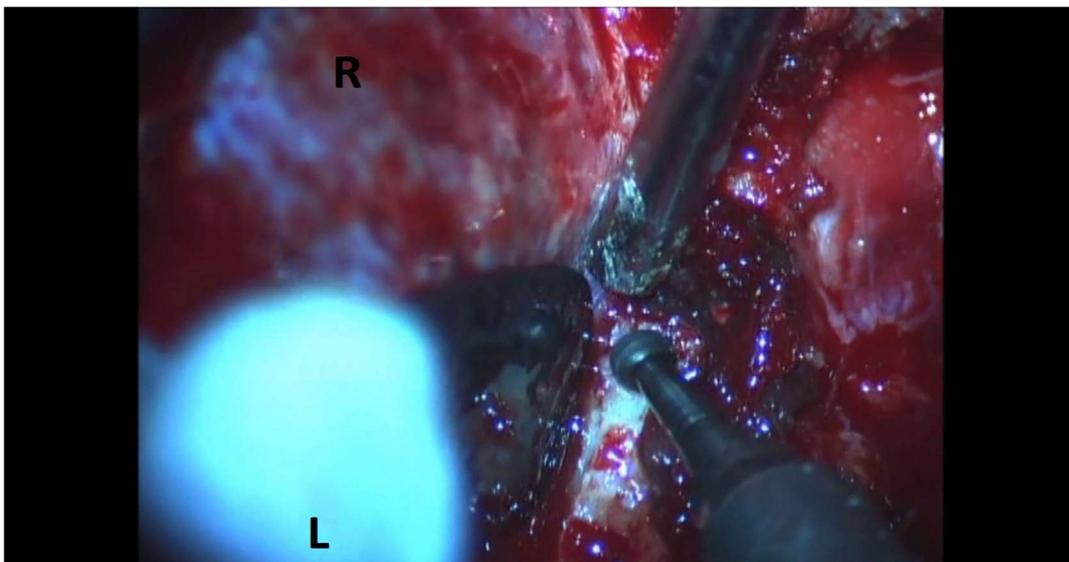


Figure F.5 Fraisage partiel du condyle occipital sur le côté gauche.
L : gauche R : droite

-La dure-mère est ouverte de manière curviligne, en commençant par la ligne médiane inférieure et en remontant, puis elle se courbe latéralement sur le cervelet. La dure-mère est ensuite tractée latéralement.

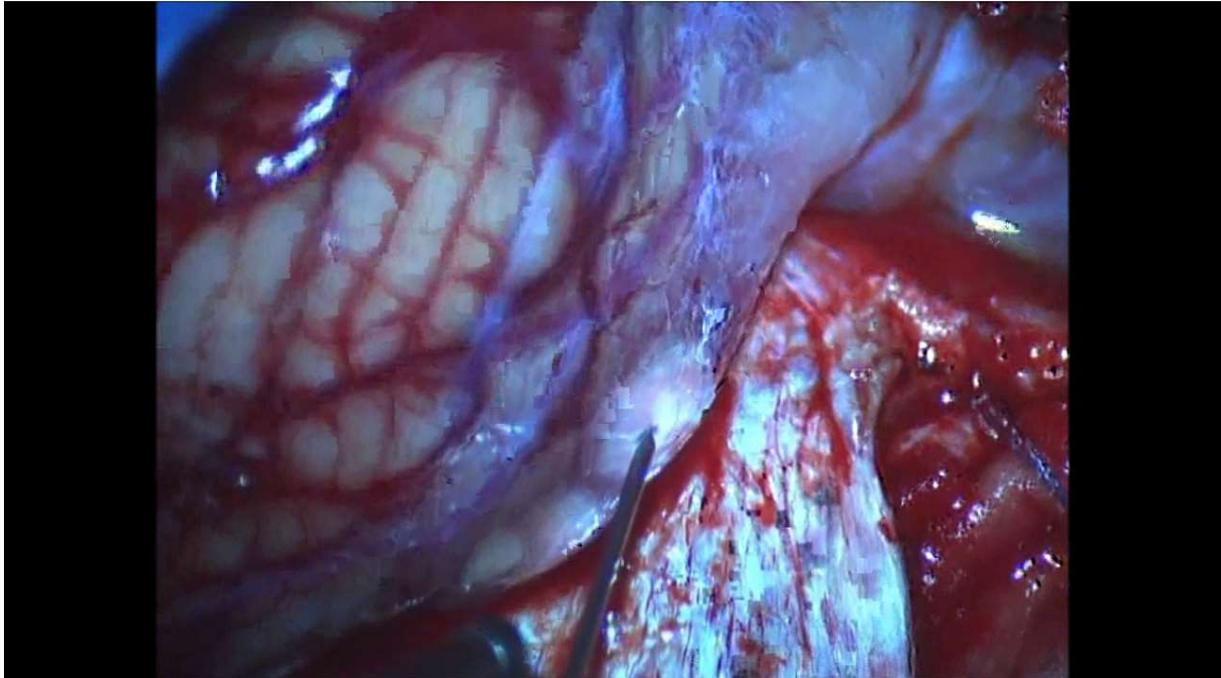


Figure F.6 Après ouverture de la dure-mère, le méningiome est exposé dans l'espace latéral gauche et sous le cervelet.

-Après avoir ouvert la dure-mère, nous commençons à disséquer l'arachnoïde autour de la tumeur et des nerfs et vaisseaux de façon pointue. Il est très important de localiser l'artère vertébrale et son point d'entrée, si cela est possible, la PICA est généralement un très bon repère qui nous mènera à l'AV. Le onzième nerf traverse la tumeur en remontant, il peut être postérieur, latéral ou rarement médial à la tumeur. Il doit toujours être disséqué de la tumeur avant de commencer la résection de la tumeur. Habituellement, le bulbe et la partie supérieure de la moelle épinière sont comprimées par la tumeur vers l'autre côté.

-Nous commençons toujours par une dévascularisation de la tumeur à la surface antérolatérale de la dure-mère, le ligament dentelé est coupé, bien sûr une dévascularisation totale n'est pas possible au début, donc l'évidement est effectué en utilisant à la fois

le morcellement et l'aspiration ultrasonique, nous coupons toujours la tumeur dans la direction de son insertion.

-Une fois que la tumeur est suffisamment évidée, il est temps de la disséquer, on commence par le bord inférieur, généralement les radicelles du nerf C2 doivent être disséquées de la surface inférieure de la tumeur. La capsule médiale de la tumeur est soigneusement disséquée du bulbe et de la moelle, puis le bord supérieur est disséqué, c'est la partie la plus difficile, les nerfs crâniens inférieurs, la PICA et l'AV doivent tous être disséqués, les nerfs peuvent être recouverts par l'amygdale selon l'endroit d'insertion de la tumeur et son volume, l'amygdale est disséquée et écartée dynamiquement pour les exposer, nous n'utilisons jamais d'écarteurs fixes.

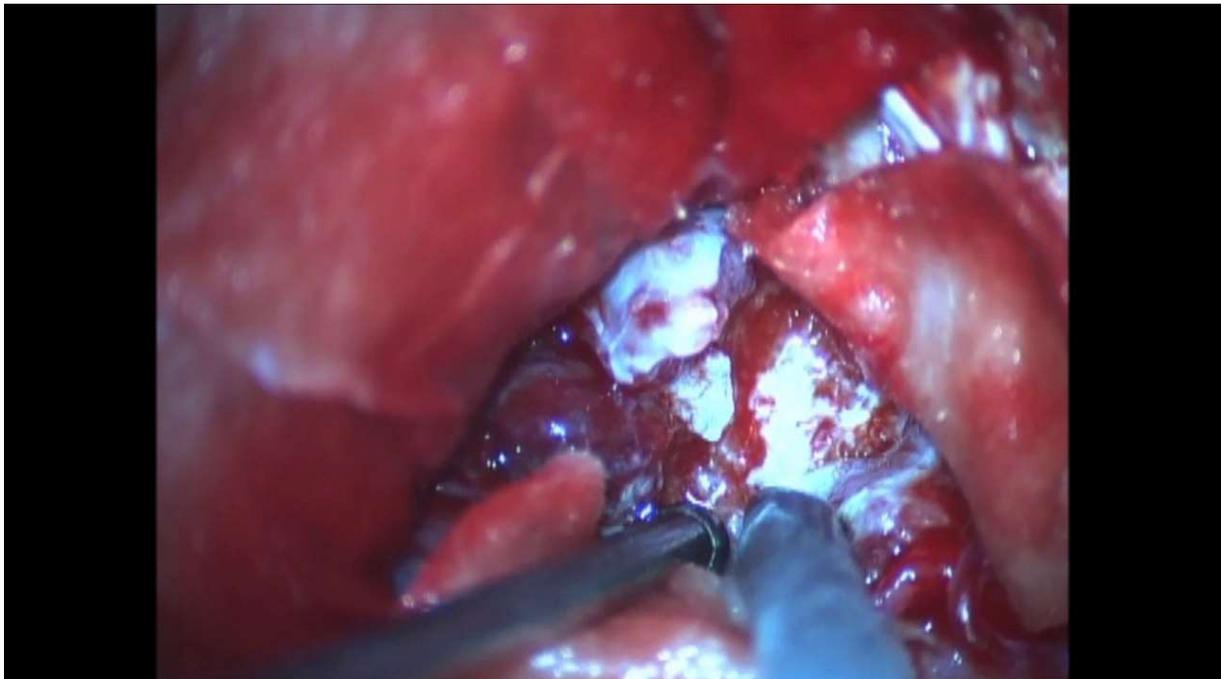


Figure F.7 L'aspirateur à ultrasons permet de réduire le volume tumoral.

-La dévascularisation se poursuit dans la partie antérieure du foramen magnum et dans la partie supérieure vers le clivus. La surface d'insertion diffère d'un patient à l'autre, le plus important est de définir son emplacement à partir du point d'entrée de l'AV.

- L'excision totale de la tumeur est réalisée et la dure-mère où la tumeur a été insérée est bien coagulée.
- La dure-mère est fermée de manière étanche, parfois renforcée par une aponévrose musculaire pour empêcher la formation de pseudo-méningocèles.
- La fermeture des différents plans se poursuit de manière standard.



Figure F.8 Fermeture de l'incision cutanée après l'excision de la tumeur.

F.1.b POST OPERATOIRE :

Le patient est extubé juste après l'opération, généralement le patient est gardé aux soins intensifs pendant 24 heures, puis il est transféré dans le service, l'alimentation orale est commencée avec précaution après avoir vérifié qu'il n'y a pas d'aggravation neurologique ou de nouveaux déficits crâniens inférieurs.

Le scanner postopératoire est effectué dans les premières 24 heures.

Le patient est libéré entre le cinquième et le septième jour postopératoire.

Le patient est vu en consultation externe au cours des premier, troisième et sixième mois suivant l'opération et tous les six mois par la suite.

L'IRM postopératoire est effectuée trois mois après l'opération.

F.2 RÉSULTATS :

Entre 2016 et 2019, dix patients ont été opérés par voie d'abord latérale FLA, tous les patients présentaient un méningiome du foramen magnum.

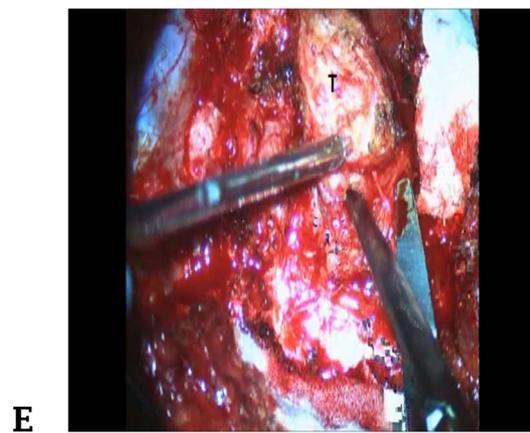
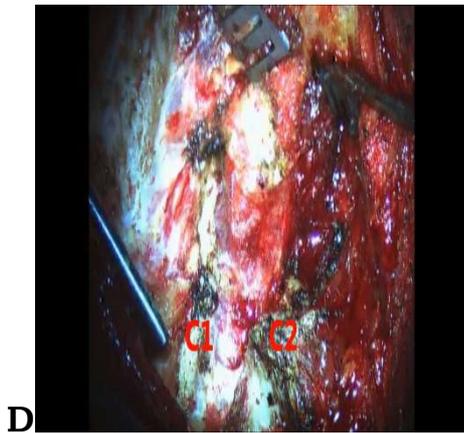
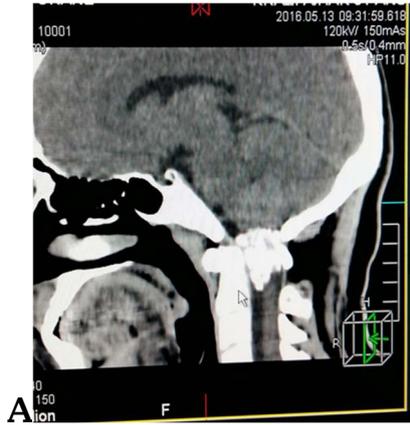
L'âge des patients variait de 31 à 74 ans, avec une médiane d'âge de 51,5 ans. Il y avait sept femmes et trois hommes avec un sexe ratio de 2/1.

Cliniquement, 90 % (9 patients) étaient tétra parétiques et un patient n'avait que des douleurs cervicales, un déficit des nerfs crâniens inférieurs était présent chez 20 % (deux patients), un patient avait des difficultés à avaler et un autre patient avait un réflexe nauséux aboli.

Une IRM a été réalisée pour tous les patients, des séquences d'angioMRI étaient disponibles pour sept patients, un angioCT a été réalisé pour trois patients.

La localisation du méningiome était antérolatérale chez huit patients et antérieure chez deux patients, un patient avait un autre petit méningiome (< 1cm) dans l'angle PC controlatéral.

Comme nous l'avons dit précédemment, tous les patients ont été opérés par l'approche latérale FLA, la position ventrale a été utilisée dans la plupart des cas (80%), la position de banc de parc n'a été utilisée que dans 20% des cas (2 cas).



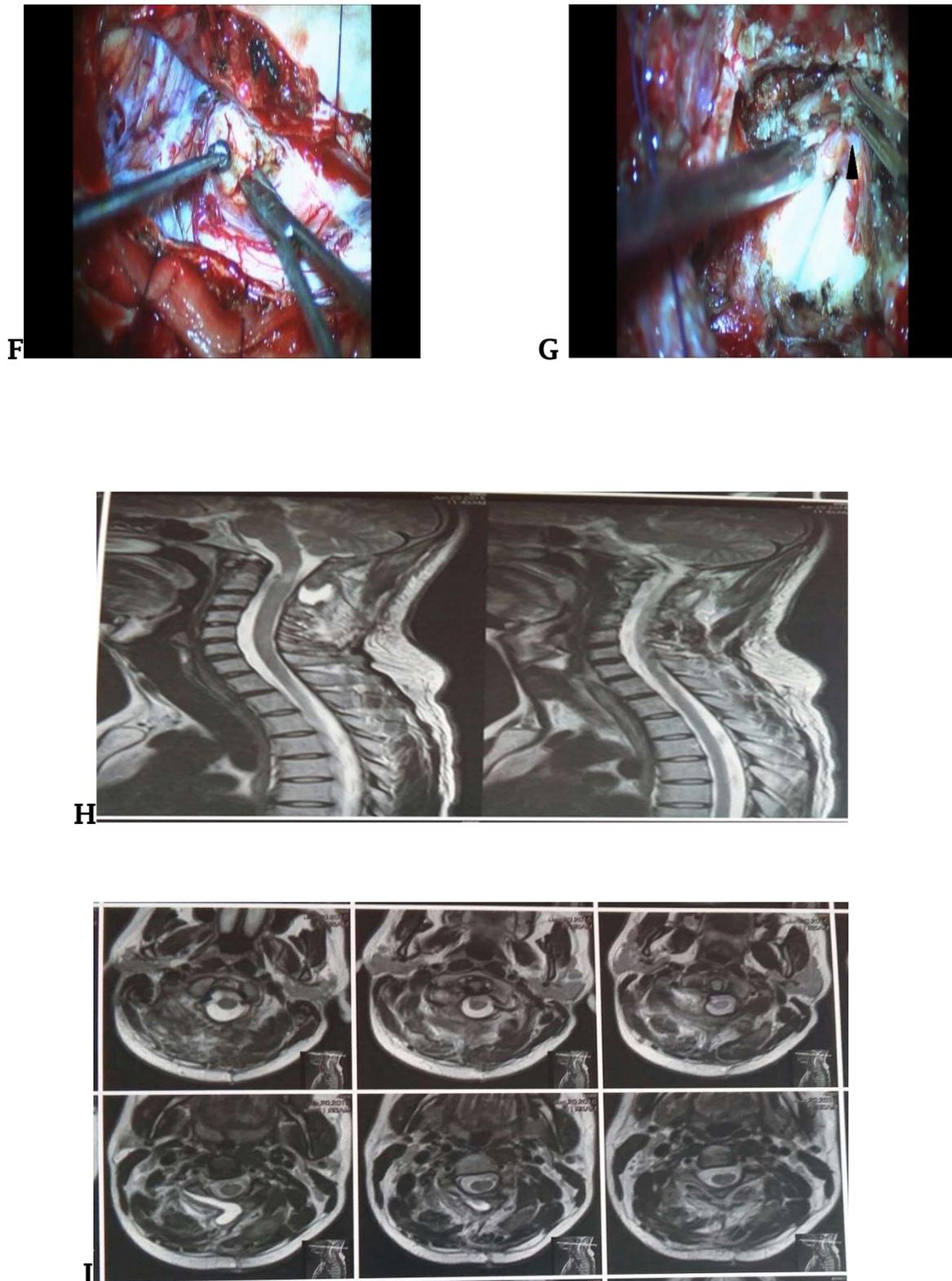
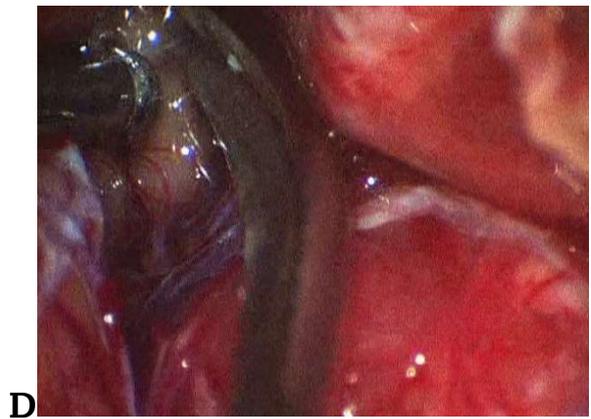
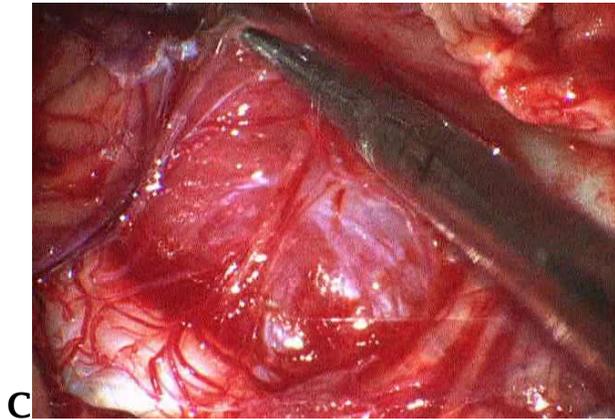
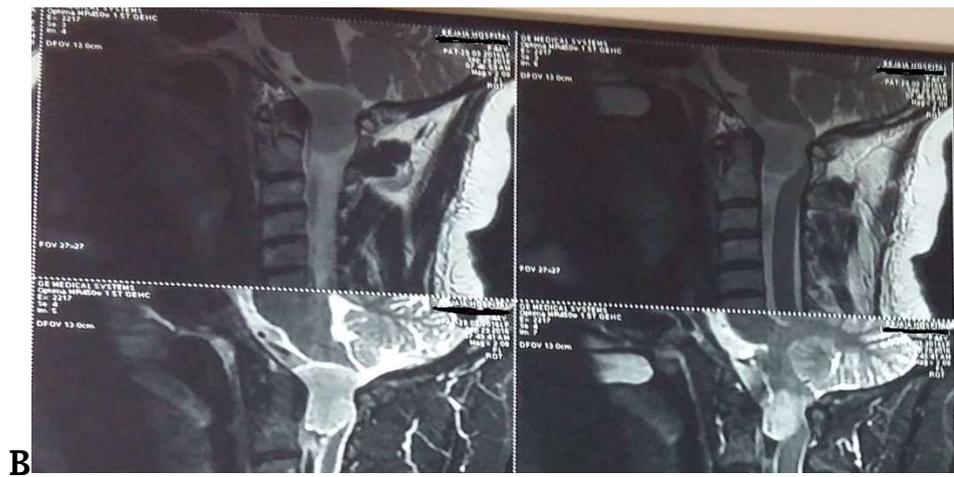
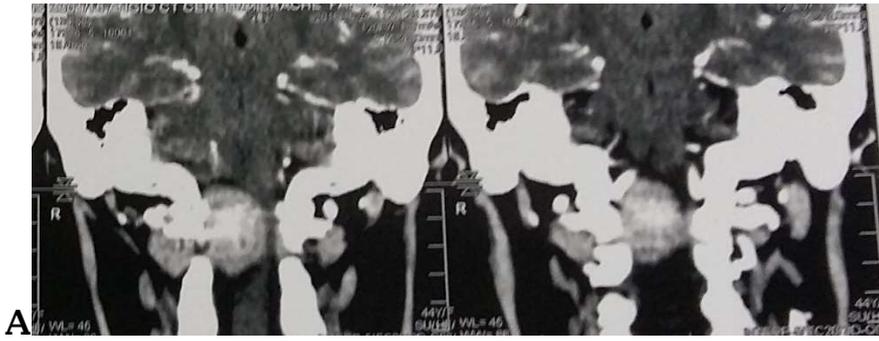


Figure F.9 CT (A, B) et IRM (C) préopératoires du patient n° 3 dans le tableau F.1. Les images peropératoires de l'abord (D) et des composantes extradurales (E) et intradurales (F) de la tumeur. L'articulation C1C2 est exposée à la fin de la résection (G) avec la partie verticale de V3 (pointe de flèche). L'IRM postopératoire (H, I) confirme l'excision totale de la tumeur.



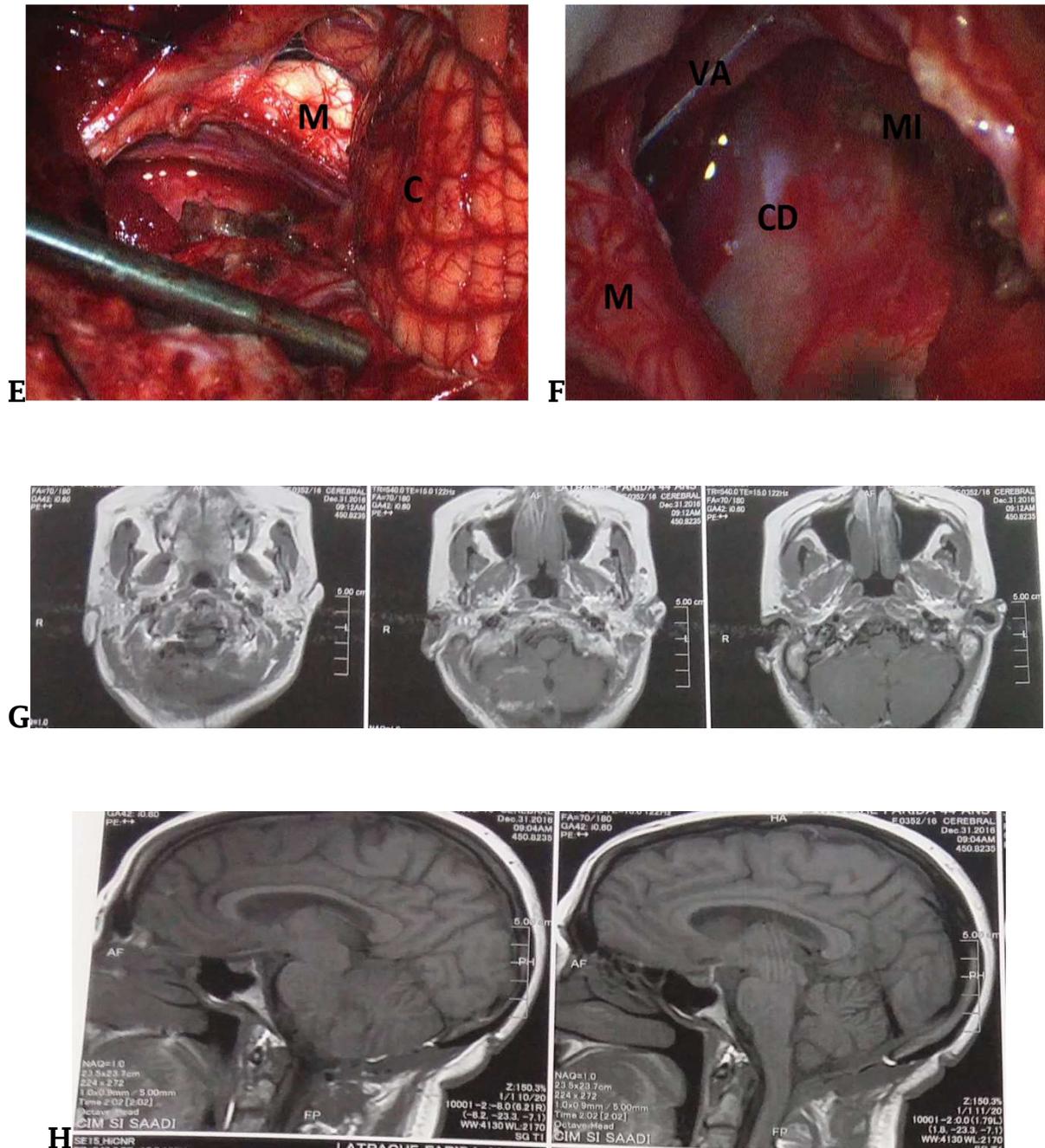


Figure F.10 Le scanner (A) et l'IRM (B) préopératoires de la patiente n°4, après ouverture de la dure-mère le méningiome est antérolatéral sur le côté droit (C), la dissection de l'AV est commencée sur le dessus de la tumeur (D) puis la tumeur est réséquée (E, F). L'IRM postopératoire confirme l'excision totale (G, H). C : cervelet, CD : dure-mère clivale, M : medulla ou bulbe, MI : insertion d'un méningiome, VA : artère vertébrale.

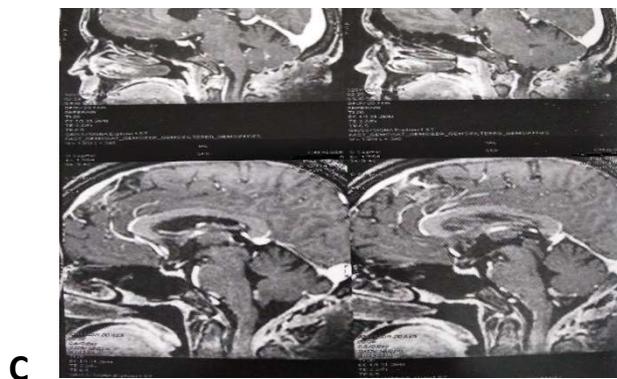


Figure F.11 L'IRM sagittale (A) et axiale (B) préopératoire du patient n°6 et son IRM postopératoire (C, D).

Les considérations peropératoires liées à la relation de l'artère vertébrale avec la tumeur ont été prises en compte, la tumeur était en dessous de l'AV dans sept cas (70%), au-dessus de l'AV dans deux cas (20%) et des deux côtés dans un cas (10%). Dans un cas, la tumeur présentait une extension intra et extradurale.

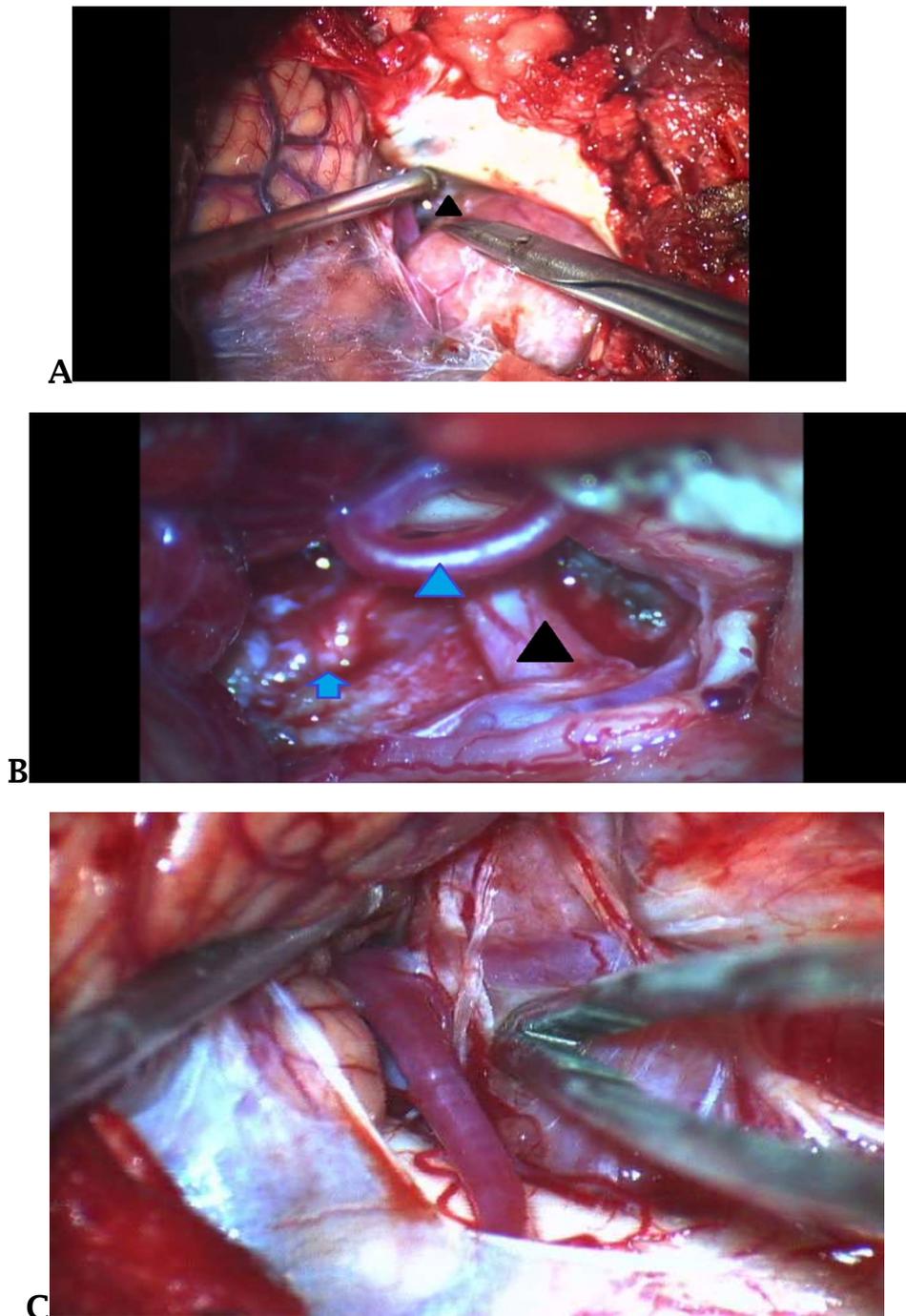


Figure F.12 La tumeur se trouve sous l'artère vertébrale (A), ce qui est marqué par une pointe flèche noire. Sur la deuxième image (B), la tumeur a été enlevée et son insertion est au-dessus de l'artère vertébrale (pointe flèche noire), le nerf hypoglosse (flèche bleue) et la PICA (pointe flèche bleue) sont également mis en évidence. L'artère vertébrale se trouve des deux côtés de la tumeur dans la troisième image (C).

Les résultats postopératoires sont bons avec 0% de mortalité et 20% de morbidité (2 patients)

Le premier patient était le plus âgé de la série (75 ans), après l'opération le patient ne s'est pas réveillé, le patient avait des antécédents d'hypertension artérielle, nous pensions que le patient avait fait un AVC, le premier scanner post-opératoire était normal, l'exploration cardiaque (ECG, enzymes cardiaques) était normale, le patient était maintenu en unité de soins intensifs, une trachéotomie a été effectuée, tous les scanners répétitifs étaient normaux. Le septième jour postopératoire, le patient a commencé à réagir au stimulus nociceptif, puis il s'est réveillé progressivement pour être complètement conscient et se réveiller 30 jours après l'opération. Pendant cette période, le patient a eu une infection pulmonaire qui a été traitée par des antibiotiques.

Il a été transféré dans le service le 37ème jour après l'opération, la rééducation a été commencée dans le service, la canule de trachéotomie a été enlevée quelques jours après cela, il a commencé à manger et à marcher également. Le patient est sorti le 46ème jour et a été envoyé au centre de réadaptation.

Le patient a été revu deux mois plus tard, il était en bonne forme, il marche à nouveau avec une légère amélioration du déficit préopératoire (tétra parésie).

L'IRM postopératoire a révélé une résection totale du méningiome sans autre anomalie dans l'espace supra ou infra tentoriel.

Après discussion avec les médecins de l'unité de soins intensifs, il n'y avait aucune explication neurologique à ce qui est arrivé à ce patient, le syndrome anticholinergique central en était peut-être la cause et la seule explication.

Le deuxième patient a eu un déroulement postopératoire normal, avec une amélioration neurologique. Il a été libéré, et le quinzième jour postopératoire le patient est revenu pour une tuméfaction postérieure, un scanner et une IRM ont été effectués, révélant un pseudoméningocèle, le méningiome a été complètement enlevé. Des ponctions de la tuméfaction ont été réalisées à trois reprises, avec un bon résultat, aucune chirurgie de révision n'a été nécessaire.

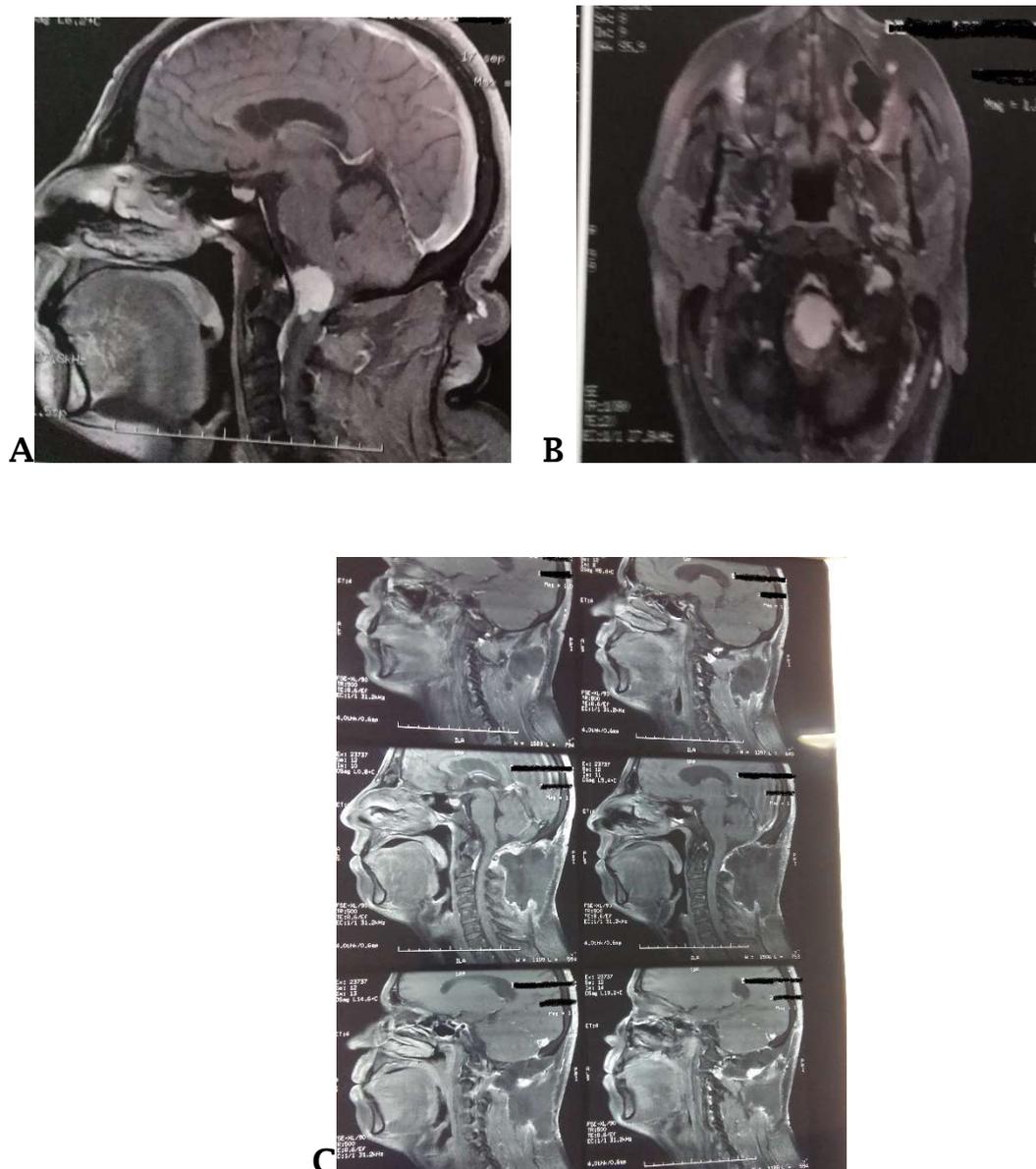


Figure F.12 L'IRM préopératoire (A, B) du patient n°1 et son IRM postopératoire (C) montrant une résection complète et un pseudo-méningocèle important.

L'IRM postopératoire a été faite pour tous les patients, l'exérèse totale a été réalisée dans 90% des cas et l'excision sub-totale a été réalisée chez un patient (10%), ceci en raison de l'englobement partiel de l'artère vertébrale, une petite capsule du méningiome a été laissée autour de l'artère.

Le suivi varie de 11 à 36 mois, même s'il n'y a pas de récurrence dans notre série mais la période de suivi doit être plus longue pour juger du taux de récurrence.

PATIENTS	AGE ET SEXE	SIGNES CLINIQUES	POSITION DE L'AV	QUALITE DE RESECTION	MORBIDITE
PATIENT 1	Masculin 53	Tétra parésie	Tumeur au dessous	RT	Pseudomeningocèle
PATIENT 2	Féminin 31	Tétra parésie	Tumeur au dessus	RT	RAS
PATIENT 3	Masculin 31	Tétra parésie Atteinte des nerfs mixtes	Tumeur au dessous (intra et extra dural)	RT	RAS
PATIENT 4	Féminin 44	Tétra parésie abolition du reflexe nauséux	Tumeur au dessous	RT	RAS
PATIENT 5	Féminin 46	Tétra parésie	Tumeur au dessus	RT	RAS
PATIENT 6	Féminin 45	Tétra parésie	Tumeur au dessous	RT	RAS
PATIENT 7	Féminin 46	Tétra parésie	Au dessus et au dessous	RST	RAS
PATIENT 8	Masculin 75	Tétra parésie	Tumeur au dessous	RT	Retard de réveil Pneumopathie trachéotomie
PATIENT 9	Féminin 63	Cervicalgies ROT exagérés	Tumeur au dessous	RT	RAS
PATIENT 10	Féminin 67	Tétra parésie	Tumeur au dessous	RT	RAS

AV : artère vertébrale RT : résection totale RST : résection subtotale RAS : rien à signaler

Tableau F.1 Les résultats des dix patients atteints d'un méningiome du foramen magnum opérés par voie d'abord latérale FLA.

F.3 DISCUSSION :

Les méningiomes du foramen magnum représentent 2,5% de tous les méningiomes intracrâniens et 4% des méningiomes de la fosse postérieure (467). Castellano et Rugiero ont proposé en 1953 une classification des méningiomes de la fosse postérieure incluant le méningiome du foramen magnum (678). Georges et al ont proposé une classification des méningiomes du trou occipital en 1997, (100) cette approche était basée sur trois caractéristiques, l'insertion qui est antérieure, antérolatérale, postéro-latérale et postérieure, l'extension qui est intra, extra ou intra et extradurale et la relation avec l'artère vertébrale, la tumeur pouvant être en dessous, au-dessus ou des deux côtés de l'artère vertébrale.

En 1978, Seeger a été le premier à décrire le fraisage du condyle occipital pour améliorer la visualisation de la surface antérieure du bulbe rachidien (562).

Heros en 1986 a décrit l'approche latérale sous occipitale avec fraisage du condyle occipital pour opérer les anévrismes vertébro basilaires, la même approche a été utilisée et appelée avec des noms différents : postéro-latérale pour Georges et al, ou dorso latérale pour Bertanlafy et al. Speztler, Bertanlafy et Seeger ont tous décrit la mobilisation de l'artère vertébrale associée à cette approche (101) (108) (298).

Bertanlafy et al ont publié une série de 39 méningiomes du foramen magnum en 2018, opérés sur une période de 15 ans, l'approche chirurgicale dépendait de l'insertion des méningiomes, l'approche dorso-latérale a été utilisée dans la plupart des cas (33). Ils ont proposé un score de complexité basé sur l'insertion dans les plans axial et sagittal, l'englobement de l'AV, l'adhésion au tronc cérébral et l'extension extradurale (420).

Magill et al ont rapporté 28 cas de méningiomes du foramen magnum traités en dix-sept ans en utilisant l'approche latérale FLA et la position du banc de parc modifiée en trois quarts. Le suivi médian était de 5,9 ans, l'artère vertébrale était complètement englobée dans 25% des cas et partiellement dans 11% des cas. Des complications sont survenues dans 43 % des cas, notamment une fuite du LCR, une hydrocéphalie, une méningite, une pneumonie et des déficits des nerfs crâniens. Ils ont conclu que la morbidité augmente avec les tumeurs de grande taille (413).

Notre série comprend dix patients avec une morbidité de 20%, nos résultats étaient très bons même si la période de suivi était courte, nous pensons que l'approche latérale FLA est Le gold standard pour le traitement des méningiomes du foramen magnum, la résection totale est généralement possible sans qu'il soit nécessaire de mobiliser l'artère vertébrale.

F.4 CONCLUSION :

L'approche latérale FLA est la principale approche utilisée pour le traitement des lésions intradurales dans la région du trou occipital. Les complications postopératoires peuvent être évitées par un bon plan chirurgical avec l'identification des structures importantes neurales et vasculaires au début de l'opération, la fermeture est un temps capital dans cette chirurgie pour prévenir les fuites de LCR et la formation de pseudoméningocèles.

Les méningiomes du foramen magnum sont des lésions rares, leur gestion chirurgicale reste un défi pour les neurochirurgiens, la connaissance de l'anatomie régionale et l'utilisation de techniques de microchirurgie fine permettront d'améliorer le résultat et le pronostic de ces lésions.

G. APPROCHE SOUS-OCCIPITALE MÉDIANE POUR FIXATION :

L'approche sous-occipitale médiane est indiquée pour différentes pathologies, pour la fixation postérieure de la JCV c'est l'approche utilisée.

Les techniques de fixation comprennent la fixation occipito cervicale, la fixation atlanto axiale par la technique de Goel-Harms ou la fixation trans articulaire et la fixation C2C3 ou C1C2C3.

Les objectifs de ces techniques de fixation sont multiples ;

- Assurer la stabilisation d'une JVC déjà instable ;
- Prévenir toute déformation éventuelle.
- Une décompression neurale peut être associée avant la fixation et la fusion.

De nombreuses pathologies sont indiquées pour ces techniques de fixation postérieure, les pathologies traumatiques en premier lieu, comprenant la luxation atlanto-occipitale, la fracture du condyle occipital de type III selon la classification d'Anderson et Montesano, la fracture de Jefferson avec rupture du ligament transverse, la fracture de l'odontoïde de type II d'Anderson et D'Alonzo et les fractures de type IIa, type III bi pédiculaire selon la classification d'Effendi-Edwards (281). Les pathologies malformatives telles que l'invagination basilaire, la luxation atlanto-axiale et l'os odontoïdeum sont généralement des lésions instables qui nécessitent une fixation et une fusion (415). Les techniques de fixation peuvent également être utilisées pour les maladies tumorales, infectieuses et inflammatoires qui déstabilisent la JCV.

Le principal inconvénient de ces techniques est la limitation de l'amplitude des mouvements, elles ne sont donc utilisées que lorsqu'elles sont nécessaires et les patients doivent en être conscients et s'y préparer (84).

Le matériel utilisé pour ces fixations a bénéficié du développement de l'ingénierie médicale ces dernières décennies, qui nous a apporté une pléthore de dispositifs, y compris des plaques, des vis poly axiales et des tiges. Ces dispositifs peuvent être manipulés facilement et de manière simple.

Les complications les plus redoutées après fixation sont l'infection et la non fusion et le chirurgien doit tout faire pour prévenir ces complications.

G.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES :

Entre 2016 et 2019, vingt-cinq patients ont été opérés par l'approche sous-occipitale médiane pour fixation, cinq autres patients ont été opérés par d'autres approches et l'approche sous-occipitale médiane a été utilisée comme chirurgie de deuxième phase pour la fixation. Au total, trente opérations ont donc été réalisées en utilisant cette approche.

Dix-neuf patients ont été opérés en utilisant une fixation occipito cervicale, dix en utilisant une fixation atlanto axiale (la technique de Goel-Harms) et un patient en utilisant une fixation C1C2C3.

Onze patients présentaient des lésions traumatiques, seize des lésions malformatives et trois des processus expansifs.

Tous les patients ont été explorés radiologiquement à l'aide de radiographies et d'un scanner, une IRM a été réalisée pour toutes les lésions malformatives et les lésions expansives, elle a également été réalisée chez un patient présentant une lésion traumatique complexe.

La traction crânienne à l'aide de l'étrier Gardener-Wells est nécessaire pour les cas d'invagination basilaire, de luxation atlanto axiale et certaines pathologies traumatiques où la réduction est importante avant la fixation.

Les lésions traumatiques ont été opérées le jour même ou quelques jours après le traumatisme, les lésions malformatives ont été opérées au programme opératoire.

Les patients ont tous été vus dans le service d'anesthésie et préparés pour la chirurgie. Ils étaient attentifs à l'instabilité de ces lésions, l'intubation a été effectuée sans manipulation du cou. Des antibiotiques ont été administrés avant l'intubation.

G.1.a TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est mis en décubitus ventral, la tête est fixée sur un support à trois prises osseuses, la position de la tête dépend du type de fixation, si la fixation occipito-cervicale est prévue la tête est en position neutre, la mise en place du collier cervical permet d'identifier la position idéale, si la fixation atlanto axiale est prévue la tête est légèrement étendue ou fléchie selon la lésion causale. Une traction de la tête peut être placée si une réduction est nécessaire.

-Le fluoroscope est positionné avant l'incision, le contrôle de la position et de la réduction est vérifié.

-L'incision est linéaire partant du niveau de la protubérance occipitale externe et descendant jusqu'au niveau de C3 ou C4 selon le type de fixation, pour la fixation C1C2, l'incision est centrée sur la région du foramen magnum-atlas-axis.

-La dissection musculaire est réalisée en suivant le raphé médian avasculaire, l'os occipital, l'arc postérieur de l'atlas, l'apophyse épineuse et les lames de l'axis et les masses latérales des vertèbres cervicales inférieurs nécessaires sont exposées.

-L'os occipital n'est pas exposé si la fixation atlanto axiale est prévue.

-Il faut être très prudent lors de la dissection de l'arc postérieur de C1 pour ne pas blesser l'artère vertébrale, la clé pour éviter cette blessure est la dissection sous-périostée, le plexus environnant peut être blessé pendant la dissection, le saignement est contrôlé par un tamponnement de surgicel.

-Si une décompression est nécessaire, l'os occipital est réséqué à l'aide d'une fraise diamantée et de rongeurs, cette résection doit être limitée afin que la plaque puisse être placée, l'arc postérieur de l'atlas est réséqué également dans certains cas.

-Pour la fixation occipito cervicale, la fixation commence par la fixation de la plaque, la plaque est choisie en fonction de l'anatomie et de la forme de l'os occipital, elle est fixée à l'aide de 2 à 3 vis au milieu, la longueur de ces vis est comprise entre 5 et 6 mm. Deux autres vis sont nécessaires, une de chaque côté pour la fixer latéralement. Pour le rachis cervical, deux types de fixation peuvent être utilisés, nous avons utilisé des crochets pour fixer les lames de

C2-C3 ou C3-C4, ces crochets seront fixés à la plaque à l'aide de tiges et nous avons également utilisé des vis. Les vis peuvent être placées dans C1, C2 ou dans les vertèbres inférieures. Sur les vertèbres sub axiales, la vis est placée dans la masse latérale, le point d'entrée est à 1mm en dedans et en dessous du centre de la masse latérale, la trajectoire est latérale et céphalique, la masse latérale est divisée en quatre quadrants, le quadrant supérieur et latéral est la cible de cette trajectoire. Les vis sont fixées à la plaque à l'aide de tiges. La fluoroscopie est utilisée pour vérifier la trajectoire des vis.

Nous avons respecté certains points lors de la fixation occipito cervicale :

- Lorsque la décompression est prévue, la plaque ne doit pas être placée trop haut, donc la décompression est vérifiée en permanence avec la plaque.
- La plaque doit être placée sous les plans musculaires pour éviter les nécroses et les lésions cutanées.
- Nous avons toujours essayé d'utiliser des dispositifs de fixation plus courts, nous n'avons jamais placé un dispositif occipito cervical sous C4.

Pour la fixation atlanto axiale, l'arc postérieur de l'atlas et l'apophyse épineuse, les lames et les masses latérales de l'axis sont exposées. Les vis sont placées dans la masse latérale de C1, le point d'entrée est généralement à la jonction arc postérieur-masse latérale, on fraise puis on place la vis, la longueur de la vis est calculée sur le scanner préopératoire. Un autre point d'entrée peut être utilisé, directement dans la masse latérale, la racine du nerf C2 doit être écartée vers le bas, le nerf peut être sacrifié, mais ce n'est pas la règle. La trajectoire est orientée à 10° en médial sur le plan axial, sur le plan sagittal la vis est parallèle à la direction de l'atlas, en fluoroscopie la vis ne doit pas dépasser le tubercule antérieur de l'arc antérieur de l'atlas, l'anatomie particulière de ce tubercule antérieur de chaque patient est bien sûr prise en compte. Sur C2, les vis sont placées dans le pédicule, les pars ou les lames. Pour la vis pédiculaire, le point d'entrée est de 5 mm en dessous et de 7 mm en dehors du point de jonction de la lame et du pédicule, la trajectoire est de 30° en médial et de 30° en céphalique. Pour les vis dans le pars, le point d'entrée est situé à 2 mm en amont de la ligne articulaire C2C3 et à 2 mm en aval du bord médial de la masse latérale. La trajectoire est de 10 à 20° en médial et en

céphalique dans la même direction que celle du pars en radioscopie latérale. Les vis laminaires sont placées de chaque côté dans la direction de la lame, les vis sont placées dans des plans différents et la longueur est calculée sur la tomodensitométrie préopératoire.

Les vis dans l'atlas et de l'axis sont reliées par des tiges qui sont fixées par des capuchons.

G.1.b POST OPERATOIRE :

Le patient est extubé juste après l'opération, le collier cervical est placé avant l'extubation, et il est conservé pendant huit à douze semaines.

Le patient est transféré le jour même dans le service, l'alimentation et la marche sont commencées le lendemain.

Un scanner est effectué le lendemain de l'opération pour contrôler le placement des vis et des plaques.

Le patient est libéré le septième ou le huitième jour de l'opération, le patient sera vu en consultation le premier, le troisième et le sixième mois de l'opération et chaque année par la suite.

L'IRM postopératoire est effectuée trois mois après l'opération.

G.2 RÉSULTATS :

Trente patients ont été opérés entre 2016 et 2019 en utilisant l'approche sous-occipitale médiane pour la fixation, dix-neuf patients ont été opérés avec une fixation occipito cervicale, dix patients avec une fixation atlanto axiale et un patient avec une fixation C1C2C3.

G.2.a FIXATION OCCIPITOCERVICALE :

Pour les patients chez qui la fixation occipito cervicale a été effectuée, huit (42,2%) avaient une invagination basilaire malformative, quatre (21%) avaient des pathologies traumatiques, trois avaient un os odontoïdeum (15,8%), deux (10,5%) avaient une tuberculose et deux (10,5%) avaient une polyarthrite rhumatoïde.

L'âge des patients varie de 12 à 79 ans avec un âge médian de 42,2 ans, deux patients étaient des enfants (12 et 14 ans). Les femmes représentaient 57,9 % des patients (11 patients).

-Les anomalies congénitales et développementales malformatives comprennent l'invagination basilaire avec dislocation atlanto axiale, une assimilation partielle ou complète de l'atlas était présente chez six (6) patients.

Sur le plan clinique, cinq (5) patients présentaient une myélopathie progressive avec tétra parésie, un patient présentait des déficits crâniens inférieurs avec difficulté de déglutition et deux patients avaient un torticolis.

Un scanner et une IRM ont été réalisés pour tous les patients afin de confirmer le diagnostic, d'étudier la morphologie de la JCV et de planifier l'acte chirurgical. L'analyse des structures vasculaires est faite sur angioCT ou angioMRI.

La traction crânienne a été utilisée pour tous les patients, pour deux patients l'IB était irréductible et pour six patients elle était réductible.

Les deux patients présentant une IB irréductible ont été traités d'abord par décompression antérieure en utilisant l'approche endo nasale endoscopique, puis une fixation postérieure avec décompression a été effectuée en même temps pour un patient et en deuxième temps pour un autre comme nous l'avons vu dans le chapitre de l'approche endo nasale endoscopique.

Six patients ont été opérés avec une décompression et une fixation occipitale. La plaque et les vis ont été utilisées pour les huit patients. Les vis ont été placées en C2 et C3 pour cinq patients, en C3 et C4 pour deux patients et en C1 et C2 pour un patient.

Le déroulement postopératoire était normal pour tous les patients, une patiente présentait une aggravation neurologique du déficit moteur, la patiente marchait avec l'aide d'une tierce personne, elle a été adressée au centre de réhabilitation. A six mois, elle a été vue en consultation externe, la tétra parésie a complètement disparu, la patiente marchait toute seule et de façon indépendante à six mois après l'opération. L'état neurologique est resté le même pour deux patients sans amélioration et cinq patients ont vu leur état neurologique s'améliorer. Les scanners post-opératoires ont été effectués immédiatement et à trois et six mois. La plaque et les vis

étaient en place, la fusion a été documentée radiologiquement pour six patients (75%) à six mois.

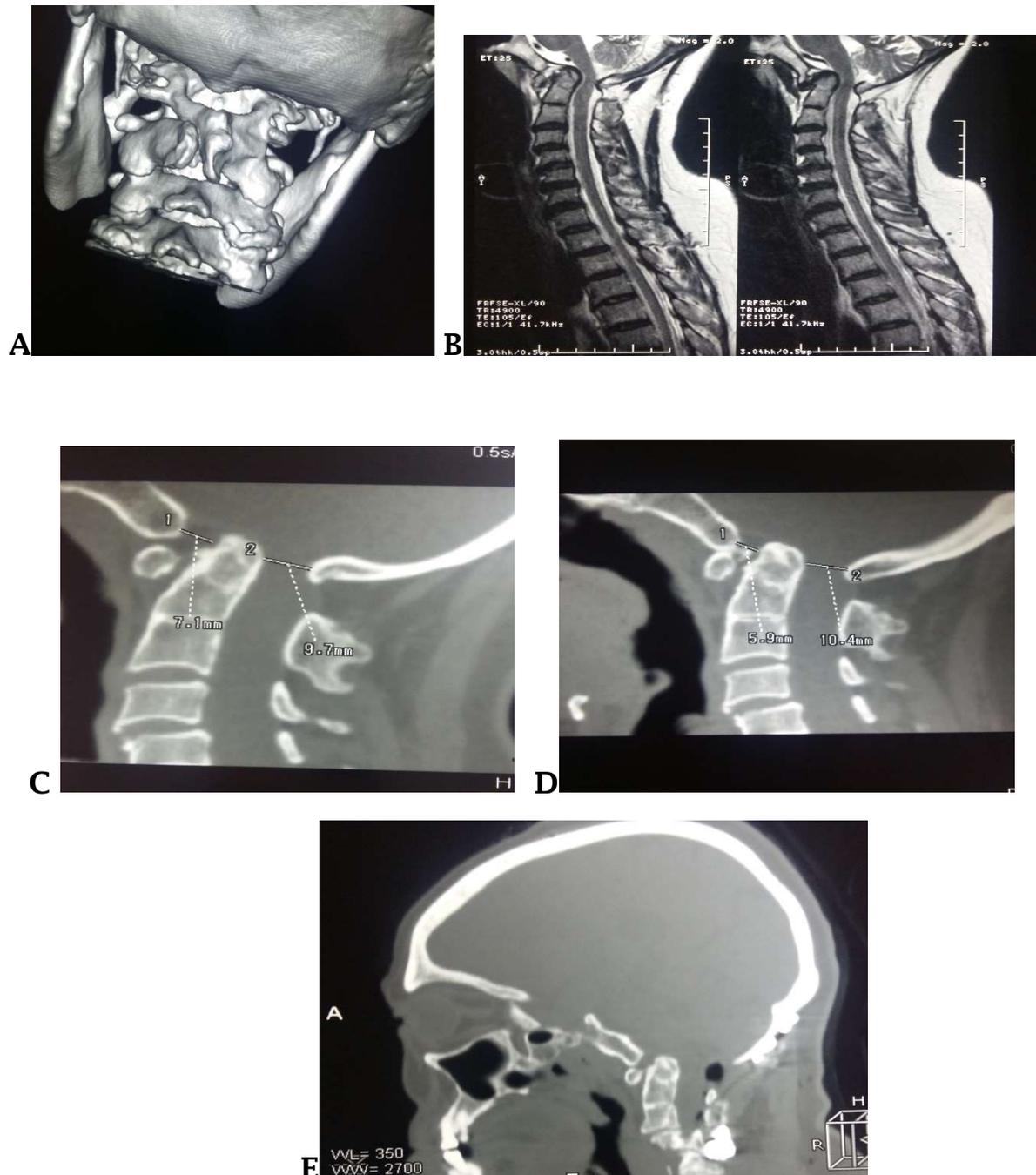


Figure G.1 Cas d'invagination basilaire avec assimilation atlas (A), la dent comprime la jonction bulbo-médullaire antérieurement (B), la patiente a été tractée avant l'opération avec réduction documentée (C, D) ; la patiente est opérée avec décompression postérieure et fixation occipito-C2C3.

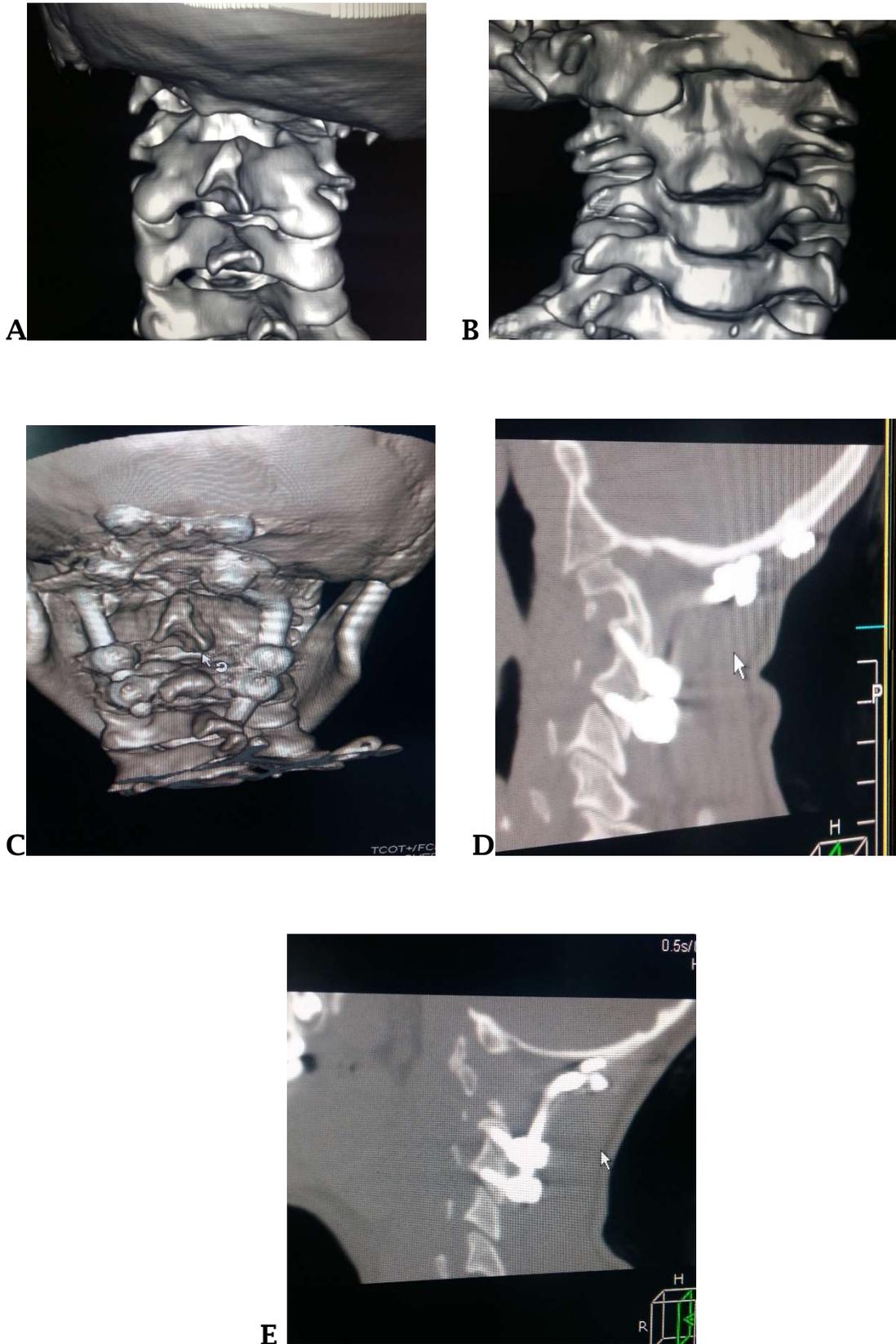


Figure G.2 Cas d'une patiente de 14 ans avec invagination basilaire et assimilation partielle de l'atlas (A, B), la patiente a été opérée avec décompression et fixation occipito-C2C3.

-Quatre patients présentaient des lésions traumatiques, deux avaient une dislocation atlanto axiale de type III de Hawks et Fielding, un patient avait une fracture de l'odontoïde de type II et un patient avait une fracture complexe du corps de C2.

Les deux patients atteints de luxation atlanto-axiale étaient des femmes, toutes deux victimes d'accidents de la route, elles étaient non déficitaires et présentaient un torticolis et des douleurs cervicales, la traction a été utilisée en premier lieu pour les deux patientes pendant deux à trois jours. La luxation étant irréductible pour les deux, une intervention chirurgicale a été indiquée et a fait l'objet d'une discussion avec les patientes et leurs proches. Une fixation occipito cervicale a été effectuée pour les deux patients à l'aide d'une plaque et des vis, les vis ont été placées dans le pars de C2 et la masse latérale de C3. Le déroulement postopératoire a été normal pour les deux patientes sans aggravation neurologique, la plaque et les vis étaient en place sur le scanner postopératoire.

Le patient avec la fracture de l'odontoïde était un homme de 28 ans, qui a été victime d'une chute de 6 mètres, le patient a été amené aux urgences, le patient était tétra parétique, les radiographies et le scanner ont révélé une fracture de l'odontoïde de type II avec un déplacement de plus de 6mm. La traction crânienne a été réalisée en urgence, heureusement la tétra parésie s'est complètement résolue, le contrôle radiologique a montré une réduction partielle, la traction a été maintenue pendant trois jours. La fixation occipito cervicale a été réalisée à l'aide d'une plaque et de crochets reliés par des tiges. La fixation occipito cervicale a été choisie en raison de l'absence de dispositifs, le patient était l'un des premiers cas de la série. Le patient s'en est très bien sorti avec fusion totale du processus odontoïde. Il s'est plaint d'une restriction de l'amplitude des mouvements dans la rotation axiale et l'extension et flexion.

Le dernier patient était un homme de 30 ans qui a été victime d'un accident de moto, le patient a été admis dans un autre hôpital, il a passé deux mois en unité de soins intensifs, il était comateux. Le patient s'est réveillé trois mois après l'accident, il était tétra parétique. L'exploration radiologique à l'admission a révélé une fracture complexe du corps de C2 avec dislocation C2C3. Au cours de son hospitalisation, le patient a développé une pseudarthrose. Après sa sortie, le patient nous a été adressé, nous l'avons opéré avec décompression et fixation occipito

cervicale à l'aide de plaques et de crochets sous-laminaires reliés par des tiges, le patient s'est bien porté après l'opération et il y a eu peu d'amélioration neurologique à six mois, le patient pouvait marcher seul sans aide, le côté droit est resté parétique.

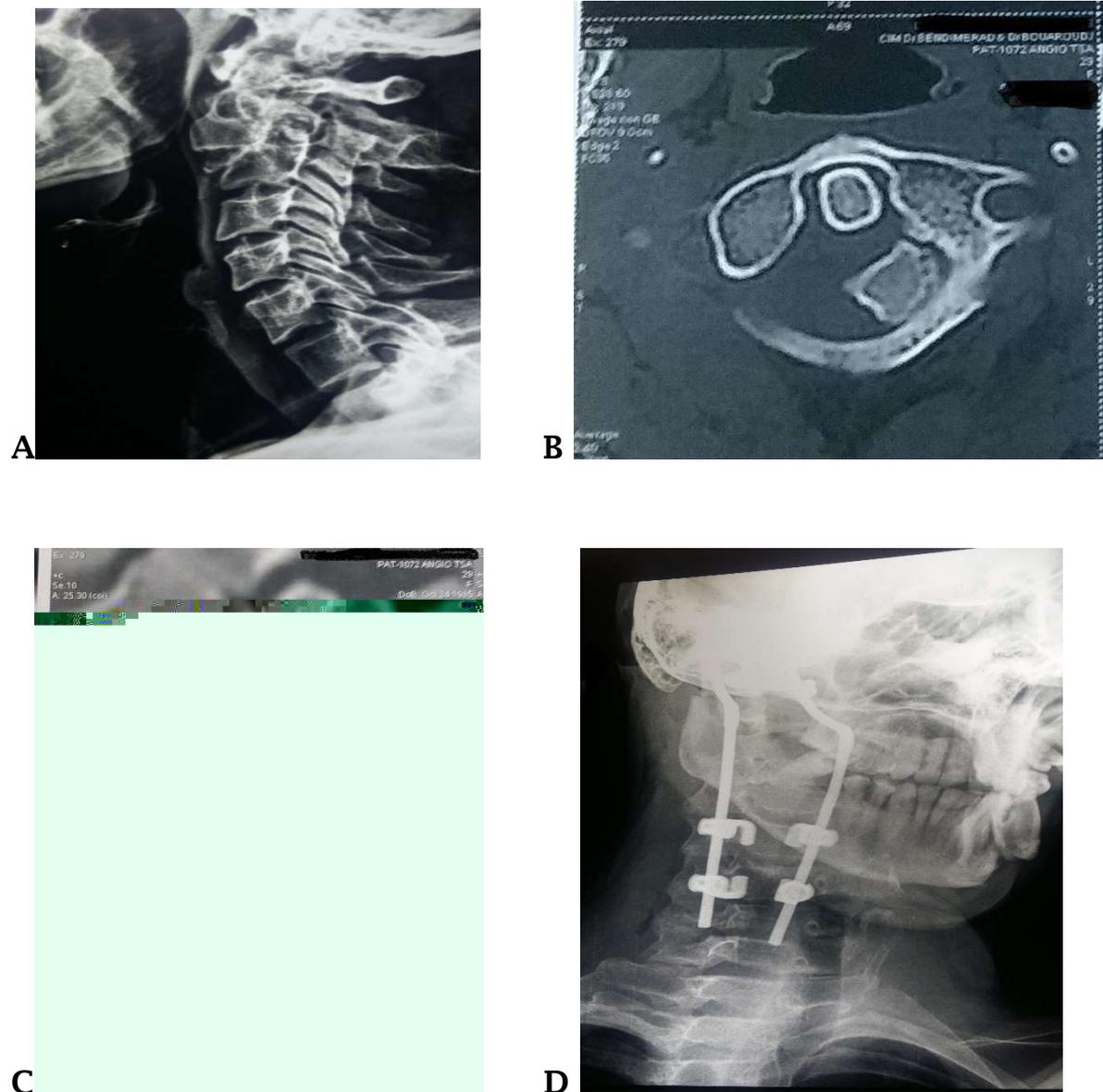


Figure G.3 Fracture complexe de l'axis (A), avec dislocation C2C3 (A et C) et présence d'un fragment osseux en intra canalaire (B), le patient a été opéré avec décompression et fixation occipito-C3C4 (D).

-Il y avait trois patients avec un os odontoïdeum, après traction la lésion était irréductible donc la fixation occipito cervicale avec décompression a été réalisée.

Le premier patient était âgé de 51 ans et présentait une myélopathie progressive, l'exploration radiologique a révélé un os odontoïdeum avec une luxation atlanto-axiale et une compression antérieure. Une fixation occipit-C2C3 à l'aide d'une plaque et de vis reliées par des tiges et décompression ont été réalisés. Le patient a été référé au centre de réhabilitation, il a gardé le même état neurologique lors de la visite de six mois.

Le second patient était âgé de 61 ans, tétra parétique à l'admission, il avait un os odontoïdeum fixe compressif et une intervention chirurgicale lui a été conseillée, après l'opération le patient s'en est très bien sorti, un mois plus tard il présentait des douleurs cervicales, des radiographies et un scanner ont été réalisés révélant le déplacement du dispositif (la tige et les vis ont été détachées, une chirurgie de révision a été décidée avec un déroulement postopératoire normal.

Le troisième patient, âgé de 18 ans, nous a été adressé pour un os odontoïdeum compressif. Le patient était tétra parétique, il était presque plegique du côté gauche, marchant avec de l'aide mais seulement pour quelques pas. Nous l'avons opéré, avec une fixation occipito cervicale (occipit-C3C4), le patient a été extubé juste après l'opération, quelques heures plus tard le patient a été réintubé pour aggravation neurologique et difficultés respiratoires. Le scanner postopératoire n'a montré aucune anomalie, le dispositif (plaque et vis étaient en place). Une trachéotomie a été effectuée, le patient n'avait pas de contrôle respiratoire et était paralysé aux quatre membres, malheureusement le patient ne s'est pas amélioré, il est décédé 45 jours après l'opération.

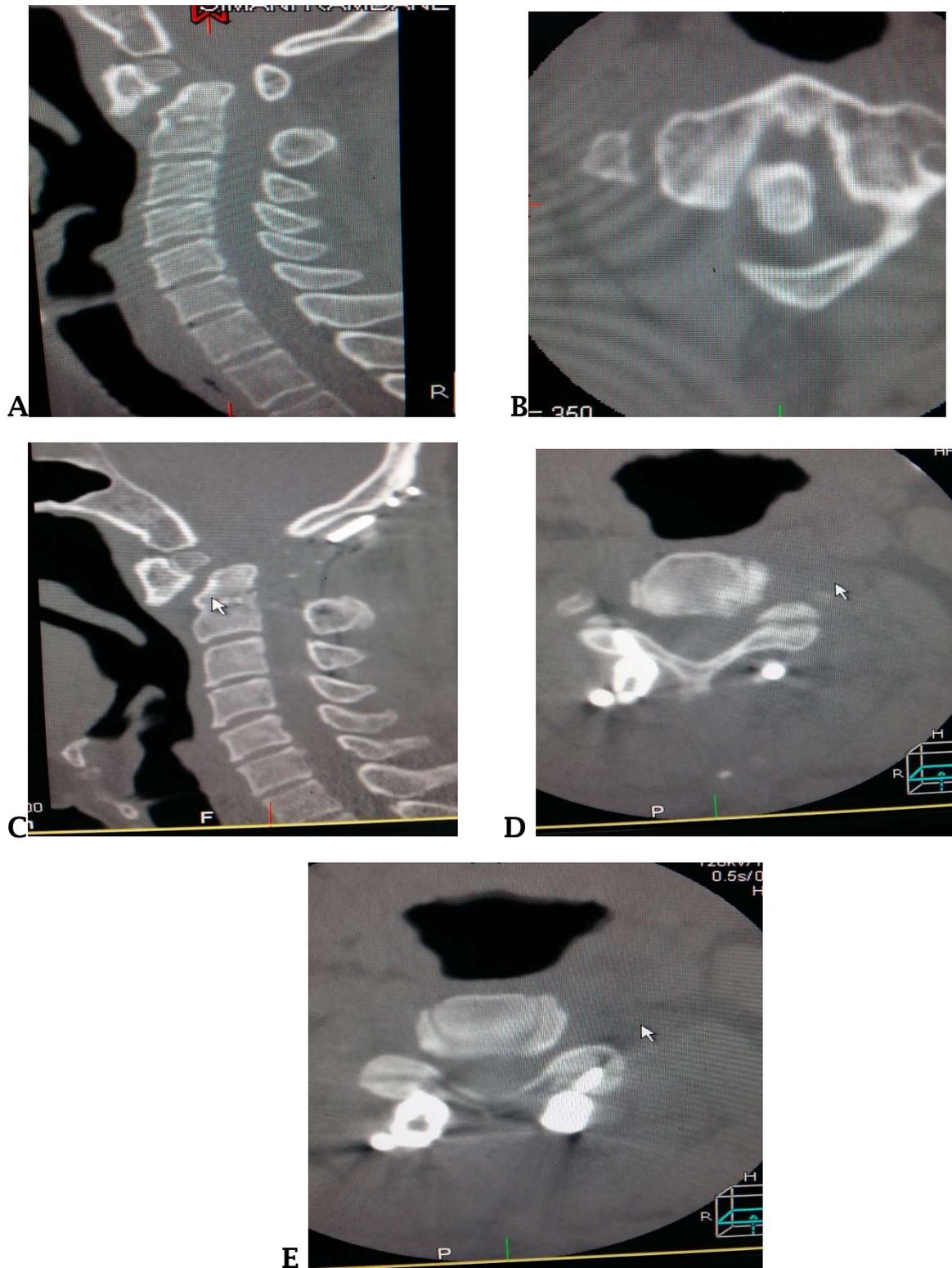


Figure G.4 cas d'os odontoïdeum irréductible (A, B) qui a été opéré avec décompression (C) et fixation occipito-C2C3 à l'aide de vis pédiculaires C2 (D) et de vis de masse latérale C3 (E).

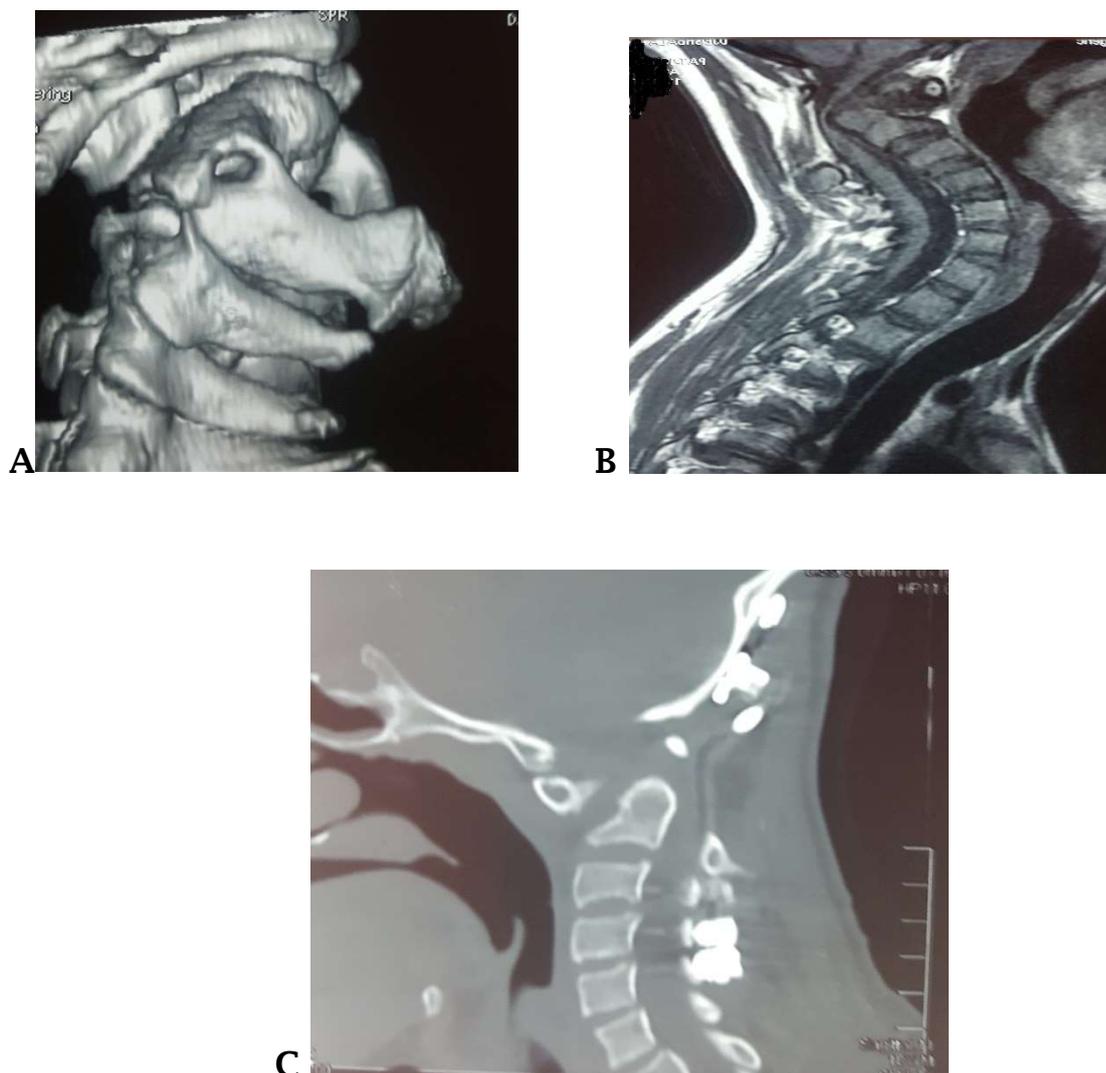


Figure G.5 Cas d'os odontoïde irréductible et compressif (A, B), le patient a été opéré avec décompression et fixation occipito cervicale postérieure.

-Deux patients ont été opérés pour polyarthrite rhumatoïde, le premier patient était un homme de 79 ans connu depuis des années comme souffrant de polyarthrite rhumatoïde, il présentait une myélopathie progressive avec tétra parésie, le patient était alité, le scanner et l'IRM ont démontré une luxation atlanto-axiale avec hypersignal sur IRM dans la partie supérieure de la moelle épinière. Le patient a été opéré avec décompression et fixation de l'occiput-C3C4 à l'aide d'une plaque et de vis reliées par des tiges. Le patient s'est très bien porté après l'opération, il marchait tout seul lors de la visite de six mois.

La deuxième patiente était une femme de 53 ans, médecin de profession, elle souffrait d'arthrite rhumatoïde depuis trois décennies, elle avait un déficit moteur progressif aux quatre membres, le scanner et l'IRM ont révélé une impression basilaire compressive avec luxation atlanto-axiale. Une fixation occipito cervicale (occipit-C2C3) a été effectuée, la patiente a montré une amélioration neurologique progressive, en particulier les membres supérieurs qui étaient utilisés normalement pour les activités quotidiennes à six mois et elle marchait à l'aide d'une canne.



Figure G.6 Impression basilaire chez une patiente atteinte de polyarthrite rhumatoïde chronique (A, B) traitée avec décompression postérieure et fixation occipito cervicale (C).

G.2.b FIXATION ATLANTO-AXIALE :

Dix patients ont été opérés par fixation atlanto axiale, l'âge se situant entre 4 et 80 ans, avec un âge médian de 38,6 ans, trois patients étaient de sexe féminin (30%) et sept patients de sexe masculin (70%).

Cinq patients présentaient des lésions traumatiques (50%), trois patients un os odontoïdeum (30%) et deux une luxation-atlanto axiale (20%).

-Parmi les patients qui ont eu des lésions traumatiques, quatre patients avaient une fracture de l'odontoïde de type II et un patient avait une fracture de Jefferson. Pour deux des patients ayant subi une fracture de l'odontoïde, le traumatisme s'est produit plus de six mois avant l'opération ;

L'un d'eux était une femme âgée de 36 ans pour laquelle un traitement conservateur était conseillé depuis plus de sept mois, le scanner a révélé une absence de fusion de la fracture, la fixation atlanto-axiale a été réalisée avec une vis dans la masse latérale de C1 et des vis pédiculaires C2.

Le second patient âgé de 28 ans, a été victime d'un accident de moto six mois avant son admission, le scanner a révélé une pseudoarthrose, la fixation C1C2 a été réalisée avec une vis dans la masse latérale de C1 et une vis dans le pars de C2 d'un côté, reliées par une tige et une vis dans l'arc postérieur de l'atlas et une vis C2 laminaire du même côté, reliée par une tige.

Le troisième patient, âgé de 80 ans, a été victime d'une chute, il avait une fracture de l'odontoïde de type II avec une fracture de Jefferson au scanner. Une fixation atlanto-axiale a été décidée et réalisée pour le patient avec une fixation dans la masse latérale C1 et des vis laminaires C2 (technique de Wright), les pédicules étaient très fins.

Le quatrième patient âgé de 38 ans, a eu une fracture de l'odontoïde de type II après un accident de voiture, la fixation C1C2 a été effectuée avec une fixation dans la masse latérale C1 et un placement des vis dans les pars de C2.

Le cinquième patient était âgé de 73 ans et présentait un traumatisme de la colonne cervicale après une chute, le scanner a révélé une fracture de Jefferson avec un indice de Spence de plus de 8 mm. La fixation atlanto axiale a été effectuée avec une fixation

par des vis dans les masses latérales de l'atlas et des vis dans les pars de C2.

L'évolution postopératoire des patients était normale, un patient a eu besoin d'une chirurgie de révision pour le mauvais positionnement d'une vis de la masse latérale et un autre patient (patient de 80 ans) a présenté un sepsis du site opératoire qui s'est résolu sous traitement antibiotique.

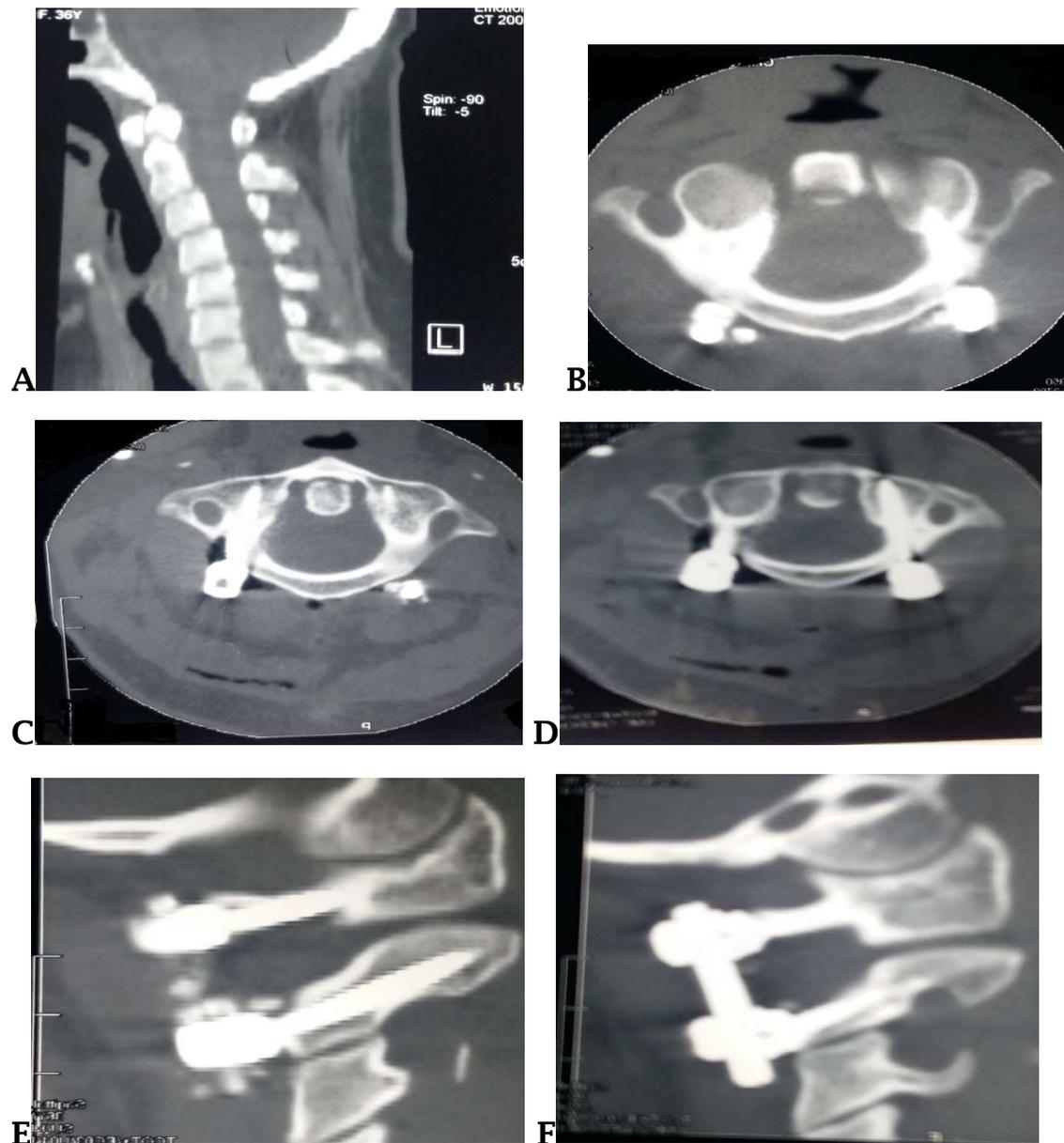


Figure G.7 Cas n°2 du tableau G.1 de femme de 36 ans ayant une fracture odontoïde après échec du traitement conservateur (A), la patiente a subi une chirurgie de reprise après malposition de la vis de la masse latérale sur un côté (B), les quatre vis étaient en place, dans les masses latérales de C1 (C, D) et dans les pédicules de C2.

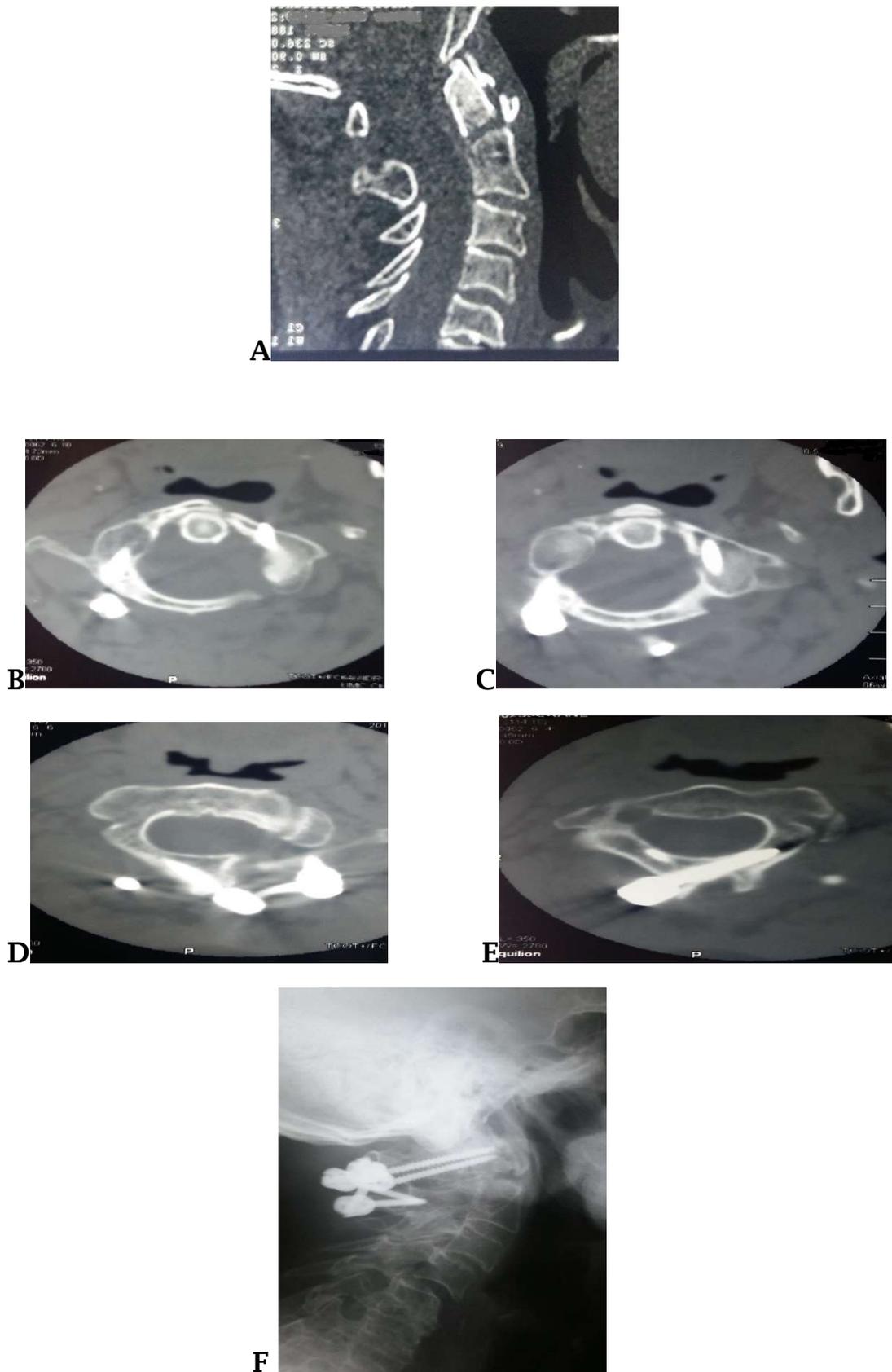
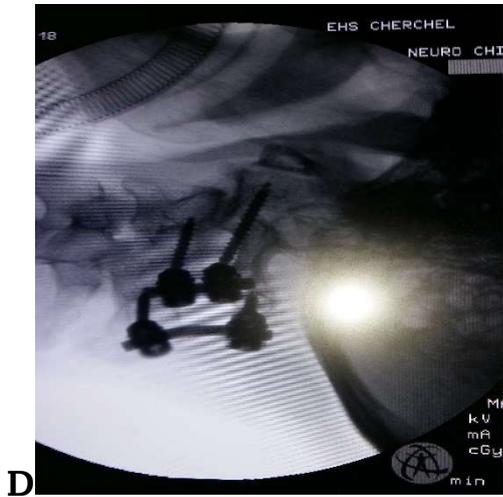
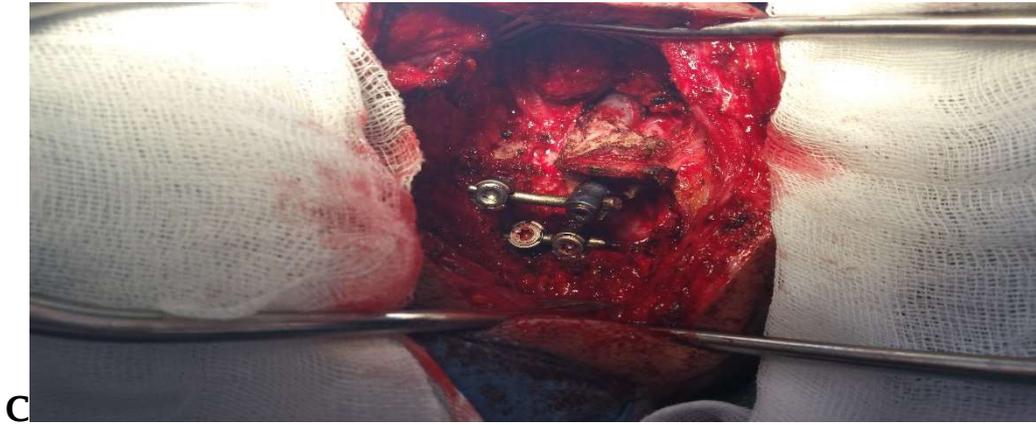


Figure G.8 Cas n°1 d'un patient de 80 ans avec fracture de l'odontoïde (A) et de l'atlas ; le patient a été opéré avec une fixation dans la masse latérale C1 (B, C, F) et des vis laminaires C2 selon la technique de Wright (D, E, F).



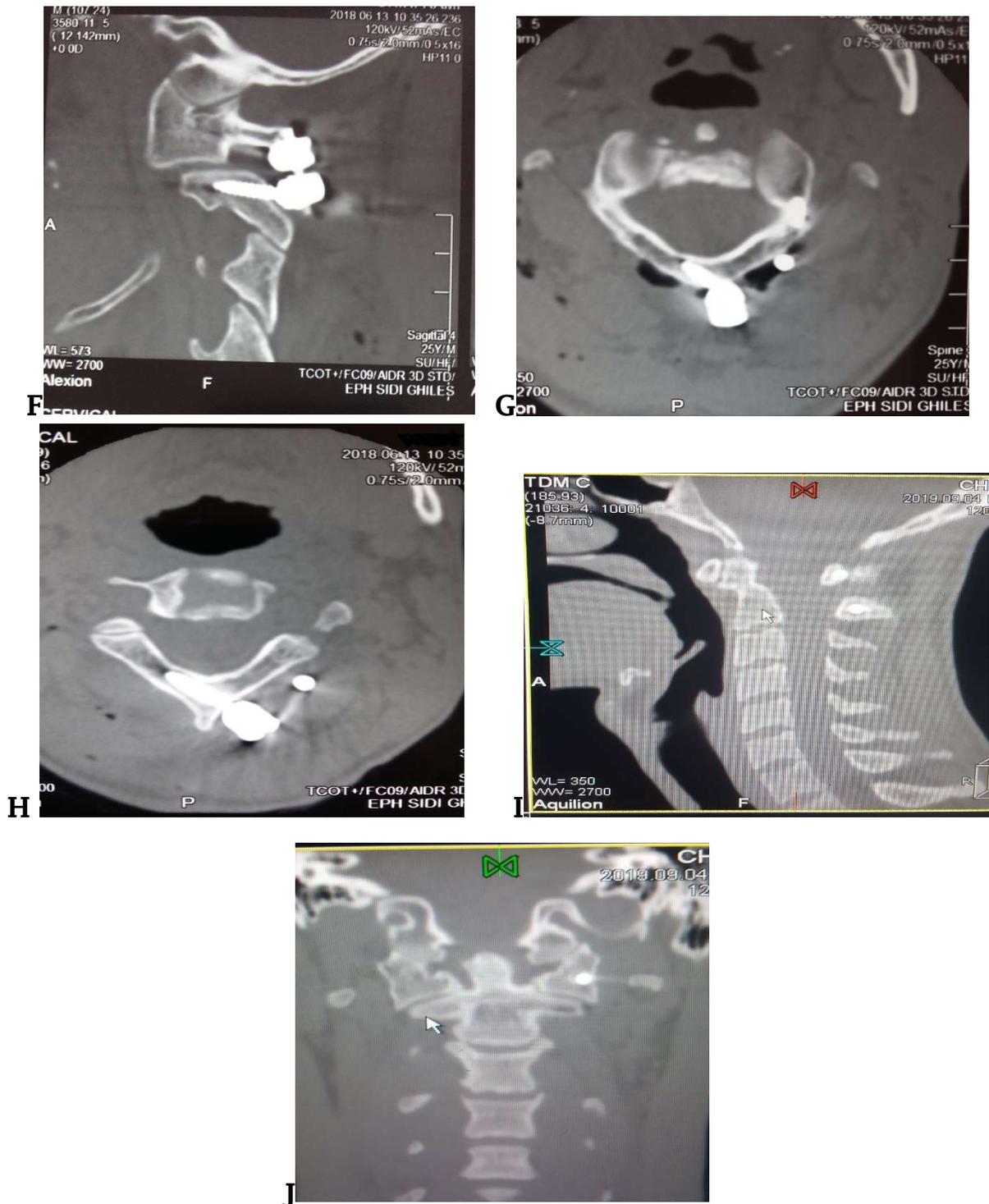


Figure G.9 Cas n°4 ; fracture odontoïde négligée et pseudoarthrodèse (A, B), le patient a été opéré avec la vis dans la masse latérale de l'atlas gauche (C, D, E) et une vis dans le pars de C2 (C, D, F) et la vis de l'atlas dans l'arc postérieur (G) et la vis laminaire C2 droite (H). L'odontoïde a fusionné quelques mois plus tard (I, J).

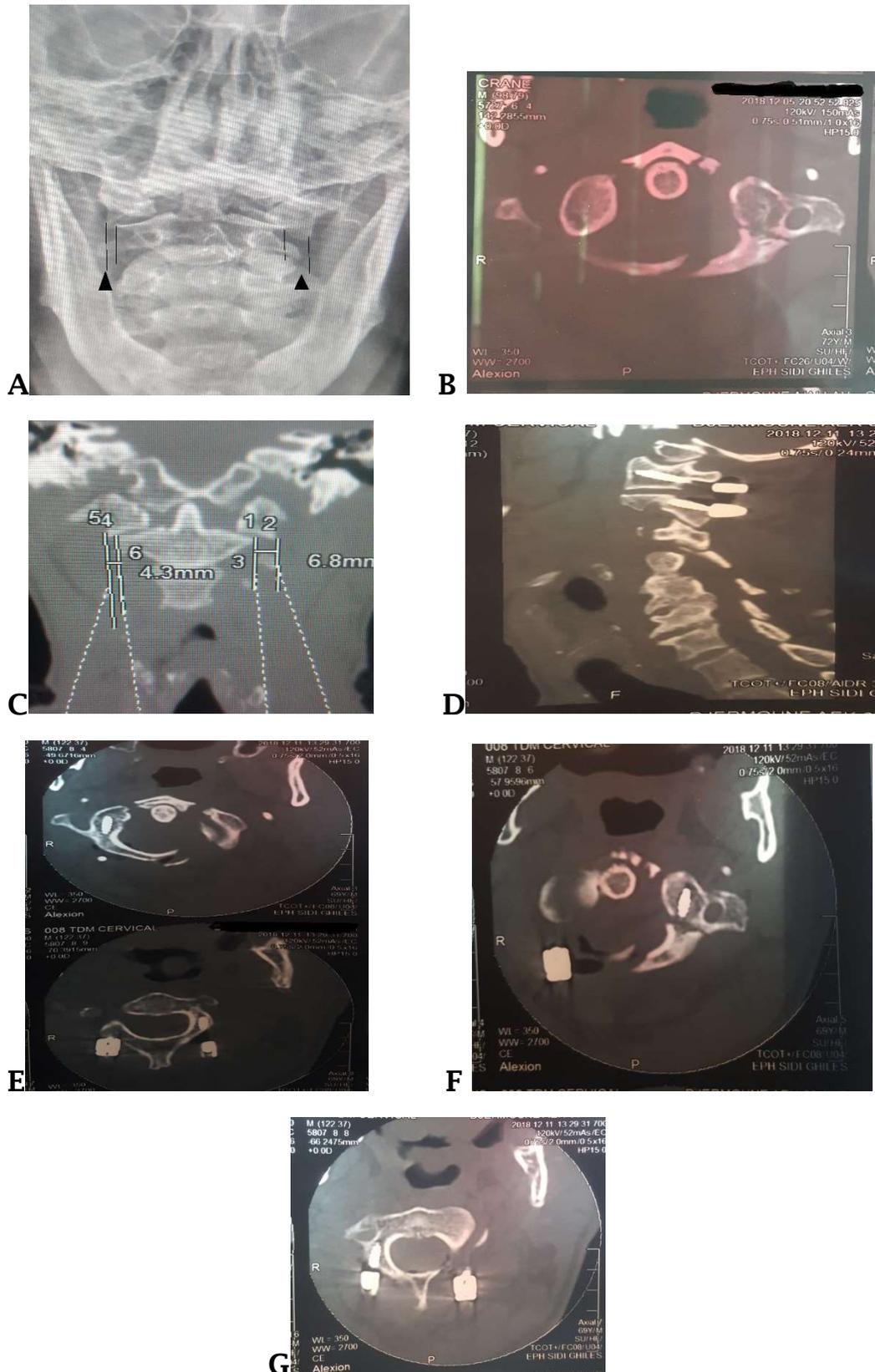


Figure G.10 Cas n°5 ; Fracture de Jefferson chez un patient masculin de 73 ans suspectée lors d'une radiographie en bouche ouverte (A) où les masses latérales de C1 sont déplacées latéralement des surfaces articulaires supérieures de C2 (pointes de flèches noires en A) ; elle a été confirmée sur les vues axiales du scanner (B), la règle de Spence a été utilisée (C) et le patient a été opéré à l'aide de vis dans la masse latérale de C1 et des vis de pars de C2 (D, E, F, G).

-Trois patients ont été opérés pour un os odontoïdeum ;

le premier patient avait 32 ans, il a eu un accident en effectuant des travaux à domicile, le patient s'est présenté aux urgences pour des douleurs cervicales et une faiblesse aux quatre membres, à l'examen il était tétra parétique sans troubles sensitifs, l'exploration radiologique (radiographies, CT scanner) a démontré un os odontoïdeum avec luxation atlanto-axiale. Nous avons commencé par une traction crânienne, la luxation a été réduite et le patient avait une puissance normale pour bouger ses quatre membres. Le patient a été opéré le lendemain avec une fixation C1C2 en utilisant des vis dans la masse latérale de l'atlas et des vis pédiculaires dans C2. Le patient a très bien évolué après l'opération, il a ensuite été vu en ambulatoire.

Le second patient était une fillette de huit ans qui nous a été référée pour une myélopathie progressive, l'exploration radiologique a révélé un os odontoïdeum avec dislocation C1C2 et un hyper signal dans la partie supérieure de la moelle épinière (IRM T2). Il a été décidé d'opérer la patiente. En salle d'opération d'abord une traction crânienne a été réalisée, la fixation atlanto axiale a été réalisée avec des vis dans les masses latérales C1 et des vis pédiculaires C2. Le déroulement postopératoire était normal, elle a été référée au centre de rééducation, elle s'est améliorée et a retrouvé toutes ses capacités motrices. Cinq mois plus tard, elle a été amené après un accident scolaire, alors qu'elle jouait avec d'autres enfants. Heureusement, elle n'était pas déficitaire, mais les radiographies et le scanner ont montré un déplacement de la tige. Nous l'avons opérée en remplaçant la tige. Elle s'est très bien évolué.

Le troisième patient était âgé de 31 ans, le patient était victime d'un accident de travail (chute d'une hauteur de 3 mètres), aux urgences le patient était tétra parétique (C score d'ASIA), l'exploration radiologique a révélé un os odontoïdeum compressif avec luxation atlanto axiale. Une traction crânienne a été effectuée par la suite, le patient a eu peu d'amélioration motrice au niveau des membres supérieurs. Le patient a été opéré quatre jours plus tard avec une fixation C1C2 utilisant la fixation de la masse latérale C1. Il a été référé au centre de rééducation à sa sortie. Un an plus tard, le patient avait une nette amélioration, il marchait avec une canne et bougeait normalement ses membres supérieurs.



A



B



C



D



E

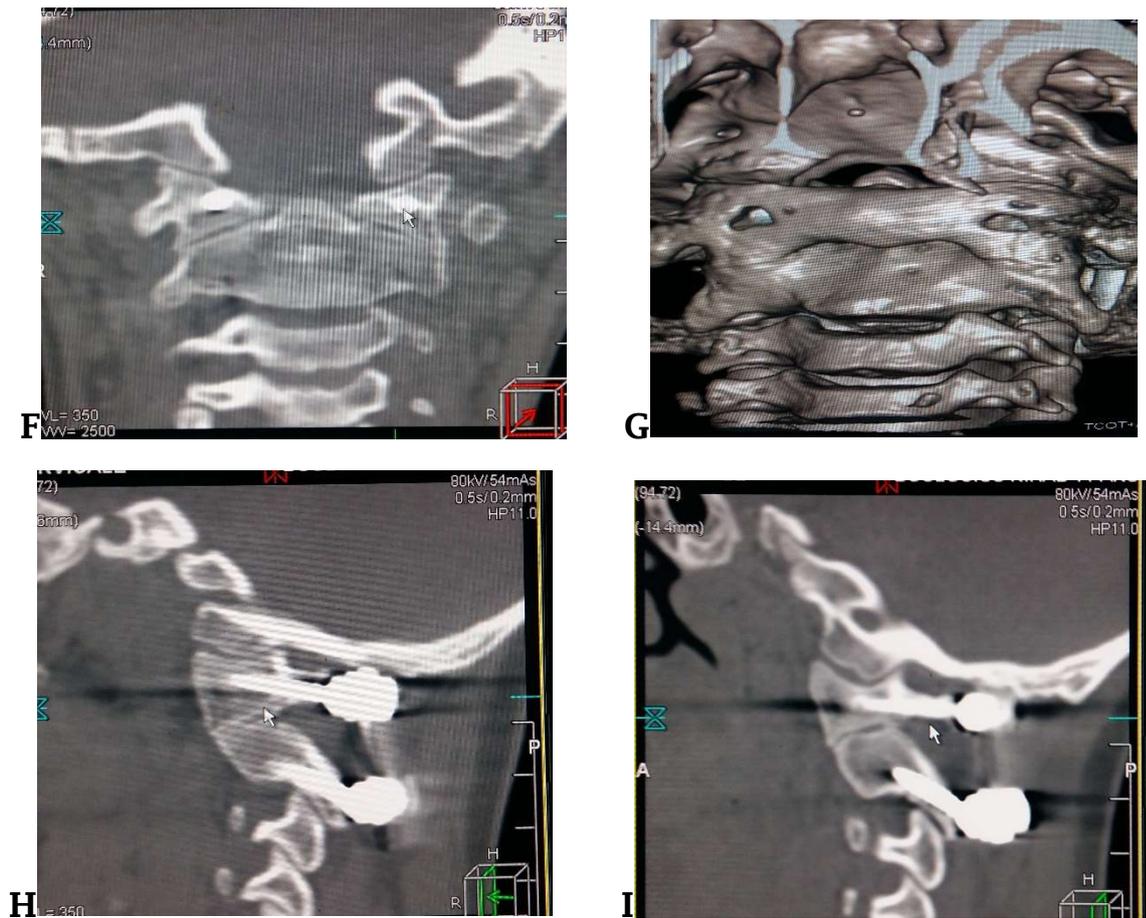


Figure G.11 Cas n°7 d'une patiente de 8 ans présentant un os odontoïdeum démontré au scanner (A, B) et à l'IRM avec compression de la jonction bulbo-médullaire (C, D) ; la patiente a été opérée avec une fixation atlanto axiale, quelques mois plus tard, le patient a été réopéré pour un déplacement de tige après traumatisme (E), le scanner réalisé un an plus tard a démontré une bonne fusion (F, G, H, I).

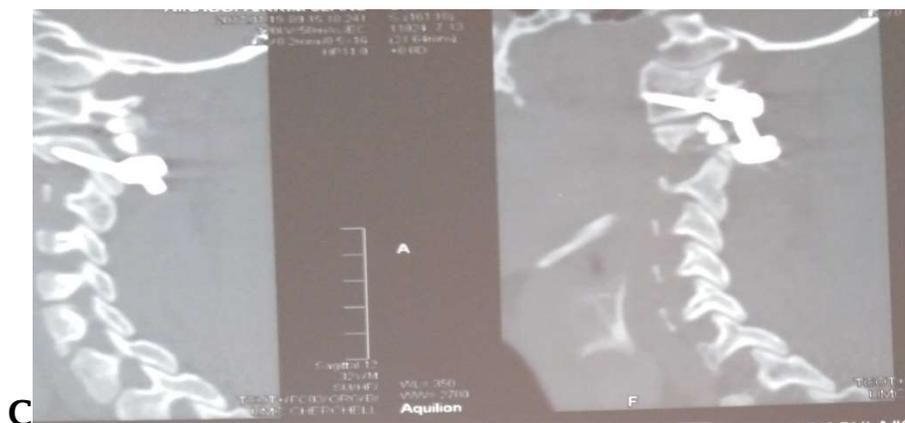
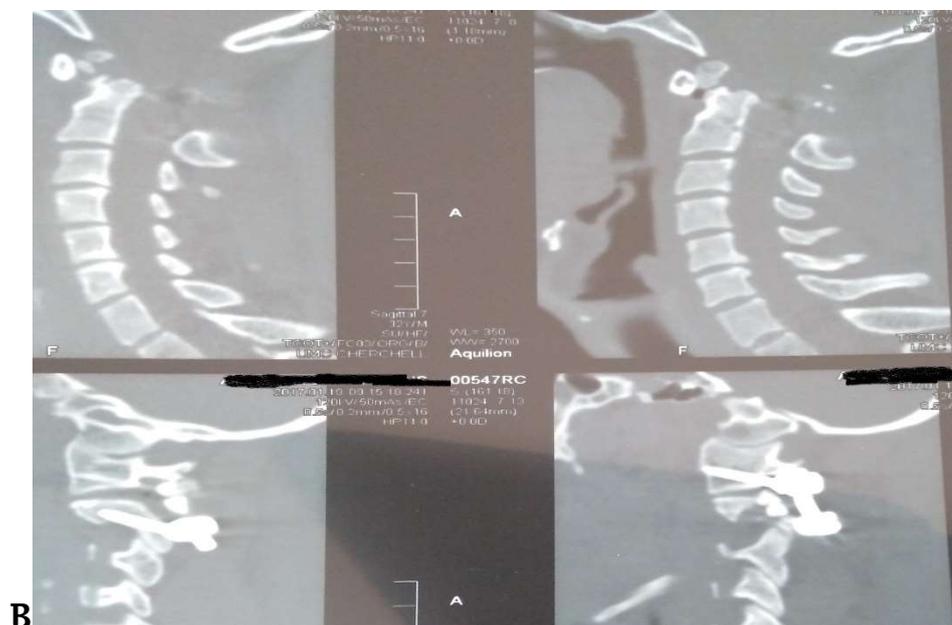
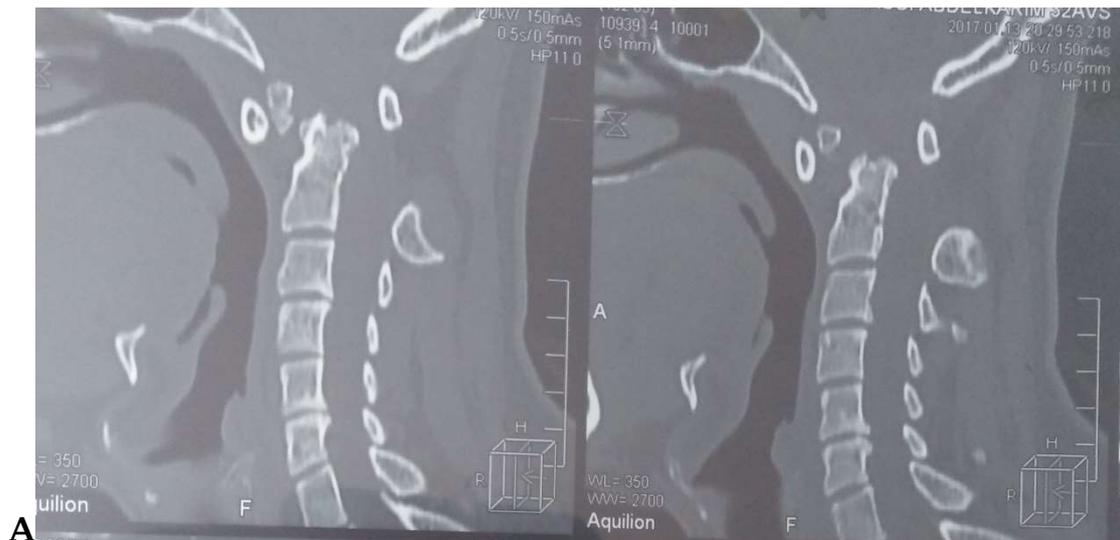
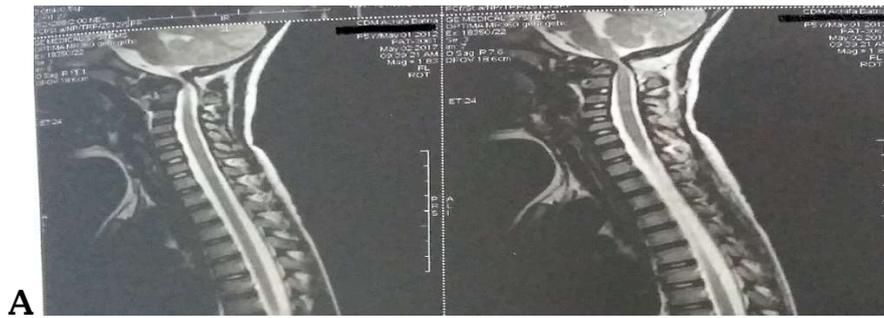


Figure G.12 Le patient du cas n°6 ayant présenté une tétra parésie après traumatisme, le scanner réalisé en urgence a montré un os odontoïdeum ; le patient a été opéré avec une fixation atlanto axiale après traction crânienne avec une bonne réduction (B, C).

-Deux patients avaient une luxation atlanto-axiale ;

le premier était une fille de 4 ans atteinte du syndrome de Down, elle présentait une myélopathie progressive, elle ne marchait plus, son pédiatre a demandé une IRM de la colonne vertébrale qui a révélé une luxation atlanto-axiale avec hyper signal de la moelle épinière supérieure. Elle nous a été référée et on l'a opérée avec fixation C1C2. La patiente n'a eu que peu d'amélioration et a recommencé à marcher avec l'aide d'une troisième personne.

Le second patient était un homme de 53 ans sans antécédents médicaux qui présentait une myélopathie progressive, il était tétra parétique et il marchait avec l'aide d'une troisième personne. L'IRM a montré une luxation atlanto-axiale. Nous l'avons opéré après avoir effectué une traction crânienne. Les vis ont été placées dans la masse latérale de l'atlas d'un côté, dans l'arc postérieur de l'atlas de l'autre côté (un saignement abondant s'est produit lors de l'exposition de la masse latérale), et dans les pars de l'axis. Le patient s'est bien évolué avec l'amélioration neurologique et a commencé à marcher seul.



A



B

Figure G.13 La patiente du cas n°9 atteinte du syndrome de Down, l'IRM (A) réalisée a montré une luxation atlanto-axiale ; la patiente a été opérée avec une fixation atlanto-axiale (B).

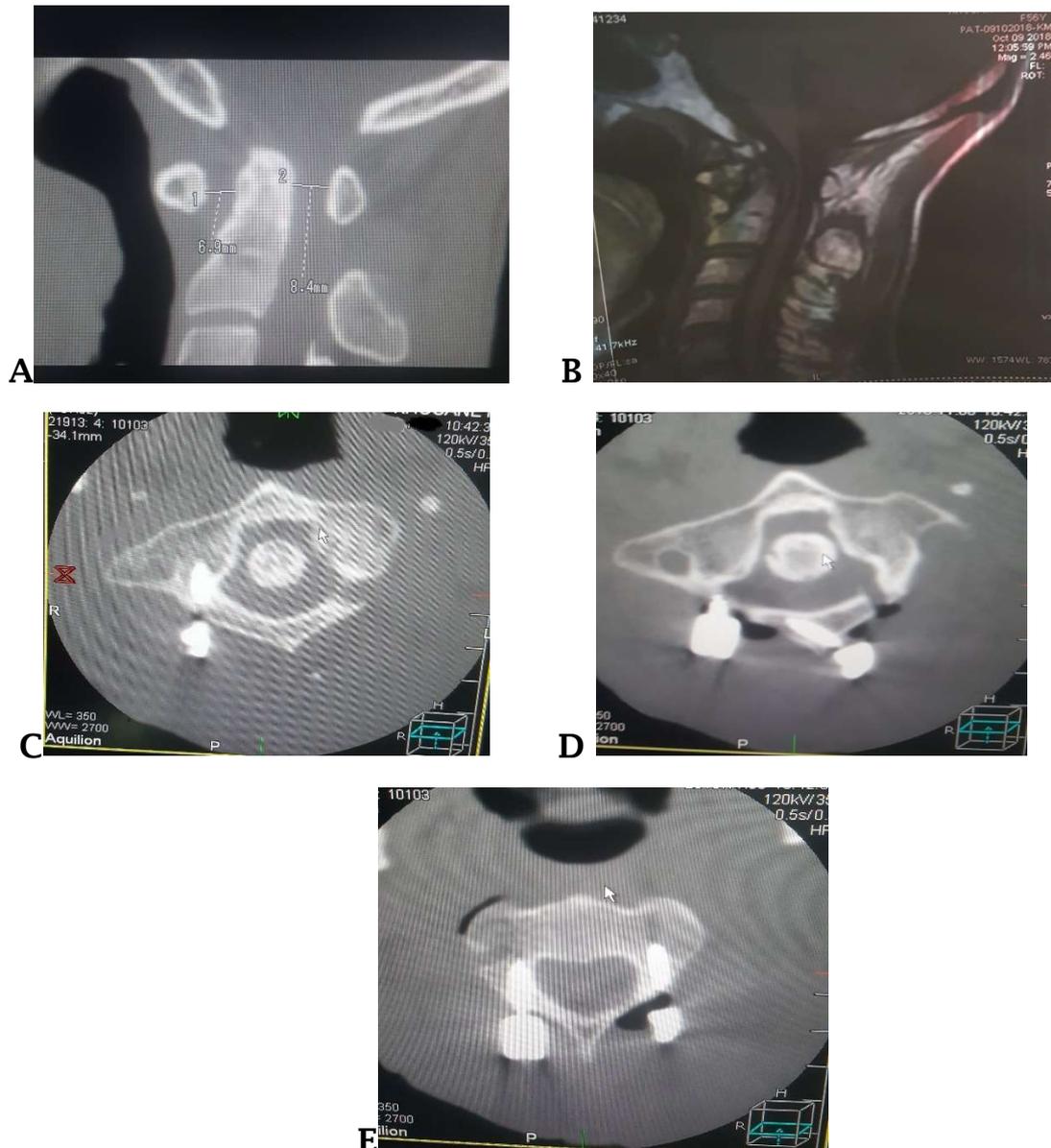


Figure G.14 Cas n°10 de luxation atlanto-axiale telle qu'elle apparaît au scanner (A) et à l'IRM (B) ; le patient a été opéré avec une fixation C1C2.

G.2.c FIXATION C1C2C3 :

Une patiente a été opérée et fixée de C1 à C3, la patiente sera discutée dans le prochain chapitre.

PATIENTS	AGE ET SEXE	SIGNES CLINIQUES	DIAGNOSTIC	TRAITEMENT	COMPLICATIONS
PATIENT 1	Masculin 80	Cervicalgies après trauma	Fracture odontoïde type II avec fracture C1	Fixation postérieure C1C2	Sepsis de paroi Traité par des ATB
PATIENT 2	Féminin 36	Trauma il y a 6 mois Pas de déficit moteur	Fracture odontoïde type II non consolidée	Fixation postérieure C1C2	Pas de complications
PATIENT 3	Masculin 38	Trauma après AC Pas de déficit moteur	Fracture odontoïde type II	Fixation postérieure C1C2	Pas de complications
PATIENT 4	Masculin 28	Trauma il y a 6 mois	Pseudarthrose d'une fracture odontoïde	Fixation postérieure C1C2	Pas de complications
PATIENT 5	Masculin 73	Trauma après une chute cervicalgies	Fracture de Jefferson	Fixation Postérieure C1C2	Pas de complications
PATIENT 6	Masculin 32	Cervicalgies après un trauma Tétra parésie	Os odontoïdeum Luxation C1C2	Fixation Postérieure C1C2 après traction crânienne	Pas de complications
PATIENT 7	Féminin 8	Myélopathie progressive avec tétra parésie	Os odontoïdeum Luxation C1C2	Fixation Postérieure C1C2	Pas de complications Immédiates Debricolage du matériel 5 mois après un trauma
PATIENT 8	Masculin 31	Tétra parésie après un trauma	Os odontoïdeum Luxation C1C2	Fixation Postérieure C1C2 après traction crânienne	Pas de complications
PATIENT 9	Féminin 4	Syndrome de Down Tétra parésie	Luxation C1C2 Avec compression médullaire	Fixation Postérieure C1C2	Pas de complications
PATIENT 10	Masculin 53	Tétra parésie d'aggravation progressive	Luxation C1C2	Fixation Postérieure C1C2 après traction crânienne	Pas de complications

ATB : antibiotiques

Tableau G.1 : présentation des dix patients pour lesquels une fixation atlanto axiale a été réalisée.

G.3 DISCUSSION :

En 1927, Foerster a été le premier à décrire la fusion occipito cervicale par greffe osseuse (238), Hamblen en 1967 a décrit une technique de fixation occipito cervicale par greffe avec fil (286). De nos jours, le matériel utilisé comprend les plaques, les vis et les tiges. Les montages en une ou plusieurs pièces peuvent être placés avec l'avantage d'une grande liberté pour le chirurgien pour ces derniers.

Le patient doit être conscient des limites des mouvements du cou, en particulier pour la rotation axiale, l'extension et flexion.

En 2010, Winegar et al ont publié une revue systématique de la fixation occipito cervicale, ils ont passé en revue 799 patients dans trente-quatre études et ont trouvé que les fixations utilisant des montages avec tiges et vis avaient un taux plus faible du débricolage (7,89%) et un meilleur état neurologique (81,58%). Les maladies inflammatoires présentaient le taux le plus faible du débricolage (0%) et le taux le plus élevé d'amélioration neurologique (90,91%), la fixation pour les tumeurs présentait le taux de fusion le plus faible (57,14%). Les causes traumatiques de la fixation occipito cervicale présentaient le taux le plus élevé d'amélioration de la douleur (669).

En 2016, Edouardo Martinez-del-Campo et al ont fait part de leur expérience à l'Institut neurologique de Barrow, ils ont opéré 120 patients entre 2004 et 2013, l'étude comprenait 64 hommes et 56 femmes, 75% des patients ont été traités en utilisant des montages avec des tiges et des vis, le nombre moyen de segments fixés était de 5, le traumatisme était la cause la plus fréquente (47%), 91% des patients ont vu leur état neurologique s'améliorer, le taux de complication était de 10%, 2 patients ont eu besoin d'une chirurgie de révision et 2 patients sont décédés (223).

Notre expérience personnelle a porté sur 19 patients en trois ans, la première cause dans notre série étant les troubles malformatifs (42,2 %), un patient est décédé après une aggravation neurologique, un autre a dû subir une chirurgie de révision et un autre encore a vu son état neurologique s'aggraver dans la période postopératoire immédiate et s'améliorer au bout de six mois.

Nos résultats sont très acceptables en termes de morbidité et de mortalité, si on les compare avec les résultats publiés

dans la littérature, la sélection des patients est essentielle pour prévenir les complications.

Cette méthode de fixation est très efficace pour la stabilisation de la JCV, même si elle limite les mouvements du cou du patient.

La fixation atlanto-axiale postérieure utilisant la masse latérale C1 a été décrite par Goel et Lahiri en 1994 ⁽²⁶³⁾ et popularisée par Harms en utilisant des tiges et des vis poly axiales en 2001 ⁽²⁹³⁾. Les vis pouvaient être placées dans le pédicule, les pars ou la lame de C2. Le point d'entrée des vis de la masse latérale de C1 est différent, il peut être inférieur directement après avoir exposé la masse latérale et écarté la racine nerveuse de C2 ou la sacrifier, ou il peut être supérieur à la jonction de la masse latérale avec l'arc postérieur de l'atlas ⁽⁴⁷⁵⁾, il faut être prudent en utilisant cette technique, l'artère vertébrale peut être blessée et l'anatomie 3D préopératoire doit être bien étudiée au scanner préopératoire à la recherche de variation anatomique du posticus ponticulus.

Les vis dans l'arc postérieur de C1 peuvent être utilisées comme technique de sauvetage ou même comme fixation (avec des modèles biomécaniques acceptables) ⁽³⁴⁸⁾.

La névralgie occipitale et la lésion des artères vertébrales sont des complications très rares de cette technique de fixation ⁽⁴⁷⁾.

Isik et al ont rapporté des séries de 28 patients opérés entre 2006 et 2016, 11 étaient des femmes et 17 des hommes, 16 patients ont été opérés pour une fracture de l'odontoïde, 5 pour une invagination basilaire, 5 pour une instabilité C1C2 et 2 pour une subluxation atlanto axiale secondaire à une poly arthrite rhumatoïde. Des vis dans les masses latérales ont été utilisées, reliées à des vis pédiculaires bilatérales chez 12 patients, des vis dans les deux pars bilatéralement chez 8 patients, des vis dans les lames de C2 bilatéralement chez 4 patients et des vis dans les lames d'un côté et des vis dans le pars de l'autre côté chez 4 patients. Ils ont conclu que la fixation par vis C1C2 est une méthode sûre et que les vis laminaires C2 sont aussi solides que les autres alternatives ⁽³²⁴⁾.

Plus récemment, Ho Jun et al ont analysé 358 vis de l'atlas placées chez 180 patients, 88,5% (317 vis) ont été placées dans la masse latérale inférieure, 10,7% (38 vis) dans l'arc postérieur et 0,8% (3 vis) dans la masse latérale supérieure, ils ont constaté que la déformation, la pathologie traumatique et le point d'entrée

de l'arc postérieur sont des facteurs indépendants de la malposition des vis. Ils ont également constaté que le sacrifice de la racine du nerf C2 diminue le risque de malposition et augmente l'incidence de la névralgie occipitale (303).

Notre série personnelle comprend 10 patients pour lesquels la fixation atlanto axiale a été réalisée par voie sous-occipitale médiane, en 20 vis une seule était mal placée, nous n'avons en aucun cas sacrifié la racine nerveuse C2. Des vis de l'arc postérieur ont été placées chez deux patients, l'une comme technique de sauvetage, et l'autre reliée à la vis laminaire C2 avec une vis dans la masse latérale C1 et une vis dans le pars de C2 du même côté.

G.4 CONCLUSION :

La JCV est une structure très mobile dont la stabilité pourrait être compromise dans de nombreux troubles pathologiques, traumatiques, tumoraux, malformatifs, inflammatoires et infectieux. La fixation occipito cervicale et la fixation atlanto axiale postérieure sont les principales techniques de stabilisation utilisées pour traiter ces différentes pathologies.

La planification préopératoire et l'expérience chirurgicale diminuent le taux de complications de ces opérations, le chirurgien doit toujours être préparé à une technique de sauvetage si un incident peropératoire se produit.

H. APPROCHE SOUS-OCCIPITALE MÉDIANE POUR LES TUMEURS :

L'approche sous-occipitale médiane est utilisée pour de nombreuses lésions, pour les tumeurs, elle est surtout pratiquée pour les tumeurs de la fosse cérébrale postérieure dans la population pédiatrique.

Pour les tumeurs de la JCV, l'approche sous occipitale médiane peut être utilisée pour les lésions intradurales ou extradurales qui sont situées postérieurement ou latéralement. Les lésions intra-axiales peuvent également être traitées, mais elles ne sont pas abordées ici.

Les tumeurs extradurales comprennent les tumeurs osseuses primitives et les lésions métastatiques, ces lésions peuvent être localisées dans les éléments postérieurs des vertèbres atlas et axis.

Les tumeurs intradurales comprennent les méningiomes et les schwannomes, les méningiomes du foramen magnum qui sont localisés postérieurement sont les moins fréquents des méningiomes du foramen magnum ⁽²⁶²⁾. Les schwannomes sont généralement des schwannomes du nerf C2 qui peuvent avoir une extension extradurale ⁽¹⁰²⁾. Les schwannomes des nerfs crâniens inférieurs et les schwannomes du nerf C1 sont exceptionnels.

L'approche sous occipitale médiane expose l'os occipital et l'arc postérieur de l'atlas ainsi que les éléments postérieurs de l'axis. L'os retiré par la suite dépend de l'extension des lésions tant sur le plan axial que sur le plan sagittal.

La stabilité de la JCV dépend de l'agressivité de la tumeur ou des facteurs iatrogènes de la chirurgie pour exposer ces tumeurs, la stabilisation doit être envisagée chaque fois que la JCV est instable. La fixation occipito-cervicale, la fixation C1C2, la fixation C1C2C3 sont effectuées en fonction du type d'instabilité.

Le résultat après l'opération dépend de nombreux facteurs, la nature pathologique de la tumeur, l'étendue de la résection et l'état neurologique préopératoire et postopératoire.

L'abord sous-occipital médian reste l'une des approches importantes utilisées pour le traitement des tumeurs de la jonction craniale vertébrale, c'est une approche classique qui peut être réalisée

facilement, mais elle a de nombreuses possibilités d'extension notamment latérale.

H.1 MATERIEL ET METHODES :

Quatre patients porteurs de tumeurs ont été opérés entre 2016 et 2019 en utilisant l'approche sous-occipitale médiane, il y avait trois femmes et un homme.

Les tumeurs opérées comprenaient deux cas de schwannomes du nerf C2 et, un cas de méningiome du foramen magnum postérieur et un cas d'ostéosarcome de la vertèbre C2.

Tous les patients ont été examinés radiologiquement (CT scanner, IRM, angioMRI ou angioCT) et ont été préparés pour la chirurgie dans le service d'anesthésie.

L'intubation a été effectuée sans mobilisation du cou et des antibiotiques sont administrés avant l'intubation.

H.1.a TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est en position ventrale, la tête est fixée sur un support à trois prises osseuses type Mayfield, elle est légèrement fixée. Dans un cas où la fixation était prévue, la tête a été mise en position neutre.

-L'incision est linéaire et médiane, elle commence à la protubérance occipitale externe et descend jusqu'au niveau du C4. Elle a été prolongée latéralement chez un patient pour avoir la forme d'un bâton de hockey.

-Les plans musculaires sont disséqués en suivant le raphé avasculaire médian, pour exposer l'os occipital, l'arc postérieur de l'atlas et les éléments postérieurs de l'axis. La dissection est réalisée de manière sous-périostée.

-Les étapes suivantes de la chirurgie dépendent de la nature de la tumeur.

-Si la tumeur est intradurale, une craniotomie sous occipitale médiane limitée est réalisée, puis l'arc postérieur de l'atlas est réséqué.

-La résection osseuse peut être limitée à l'arc postérieur si la tumeur est un schwannome du nerf C2.

-La dure-mère est ouverte au niveau de la ligne médiane et elle est suspendue des deux côtés.

-Les structures neuro vasculaires importantes sont identifiées avant de commencer la résection de la tumeur (AV, PICA, nerfs crâniens inférieurs).

Après la résection de la tumeur, la dure-mère est fermée de manière étanche.

La fixation est effectuée si nécessaire.

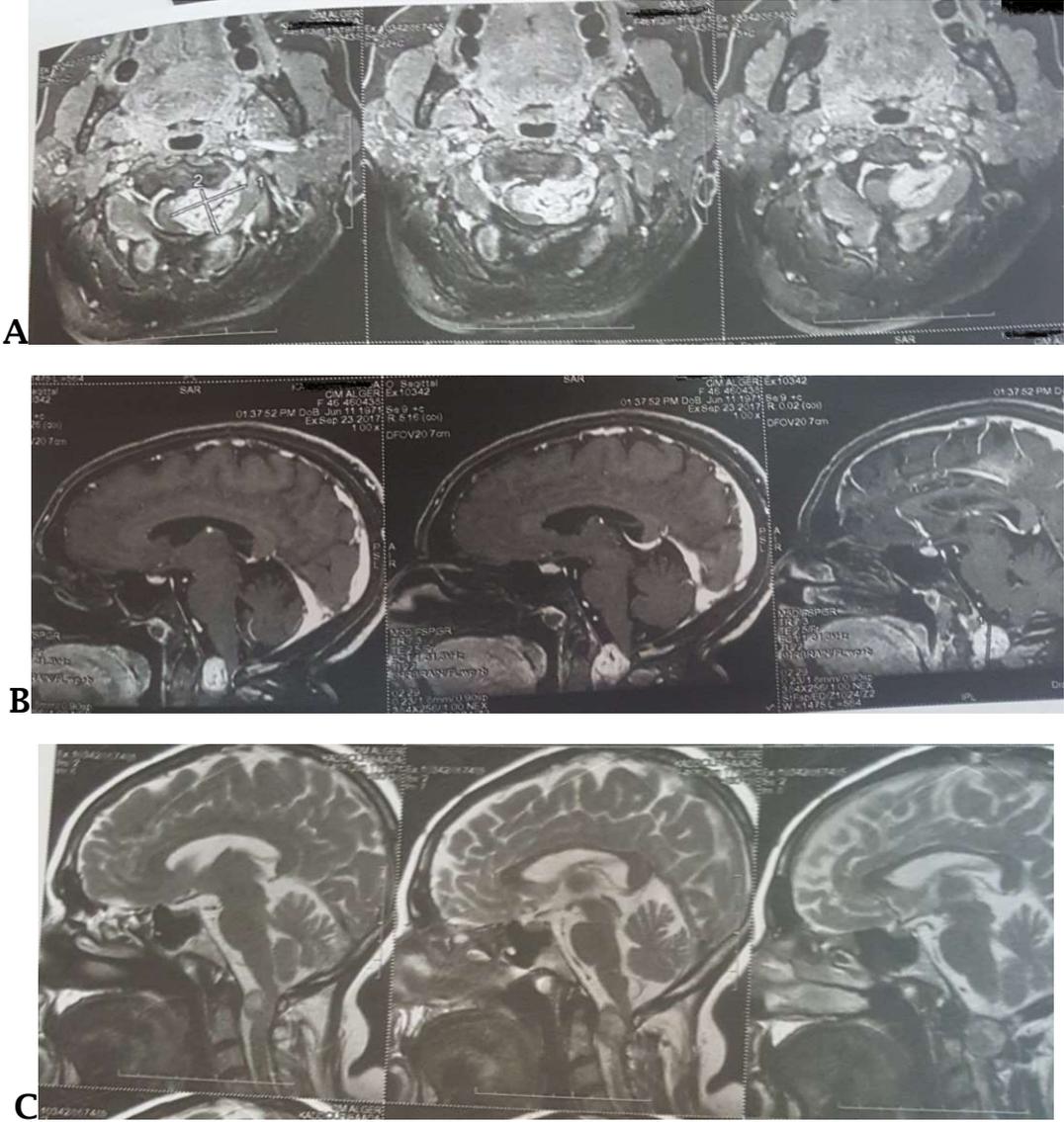
H.2 RÉSULTATS :

Comme nous l'avons dit précédemment, quatre patients ont été opérés entre 2016 et 2019 pour des tumeurs utilisant l'approche sous occipitale médiane.

-La première patiente était une femme de 46 ans sans antécédents médicaux qui s'est présentée pour faiblesse progressive des quatre membres et douleurs cervicales. L'IRM a mis en évidence un schwannome du nerf C2 gauche à double composante extra et intradurale. La patiente a été opérée par l'approche sous occipitale médiane. L'arc postérieur de l'atlas a été réséqué sans carniotomie sous occipitale. Nous avons commencé à réséquer le composant extradural, le bord latéral était difficile à disséquer de l'artère vertébrale dans l'espace C1C2. Ensuite, la dure-mère est ouverte et la tumeur a été réséquée après avoir disséqué la PICA, l'AV et le nerf accessoire spinal ascendant. La dure-mère a été fermée à l'aide d'une plastie musculaire. La patiente s'est très bien portée après l'opération, avec une amélioration neurologique. Quelques jours plus tard, le patient a présenté un pseudoméningocèle, qui s'est résorbé après un drainage du LCR par des ponctions lombaires répétitives. L'IRM postopératoire a été faite deux mois plus tard et a montré une résection totale de la tumeur.

-Le second patient était un homme de 42 ans qui présentait une myélopathie progressive et des douleurs cervicales, il était tétra parétique à l'examen. L'IRM a révélé des schwannomes bilatéraux du nerf C2. Le patient a été opéré par l'approche sous-occipitale médiane classique, la tumeur gauche était complètement

extradurale et celle de droite avait deux composantes intra et extradurale. Le patient s'est très bien porté après l'opération, avec une récupération neurologique complète. L'IRM postopératoire a été faite trois mois plus tard, elle a confirmé l'exérèse totale des deux tumeurs.



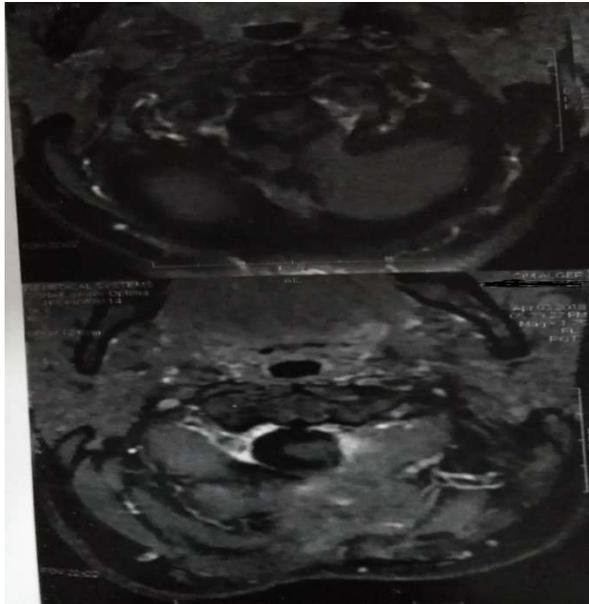
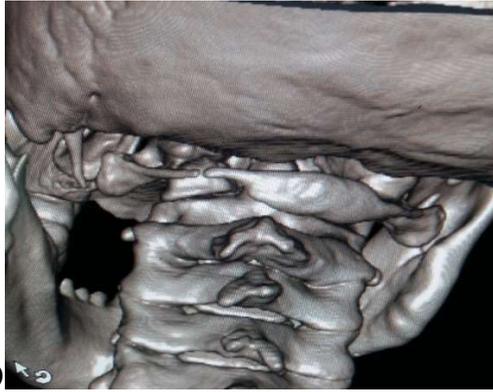


Figure H.1 Schwannome du nerf C2 gauche compressif gauche avec composantes intra et extradurales (A, B, C), l'arc postérieur de l'atlas a été aminci sur le côté gauche (D), la tumeur a été réséquée et la moelle épinière a été décompressée (E, F).

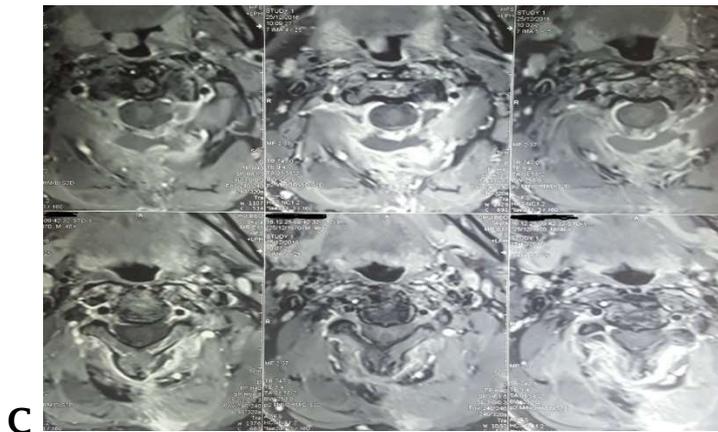
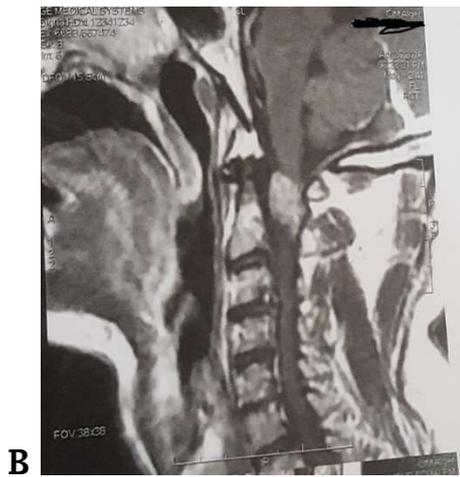
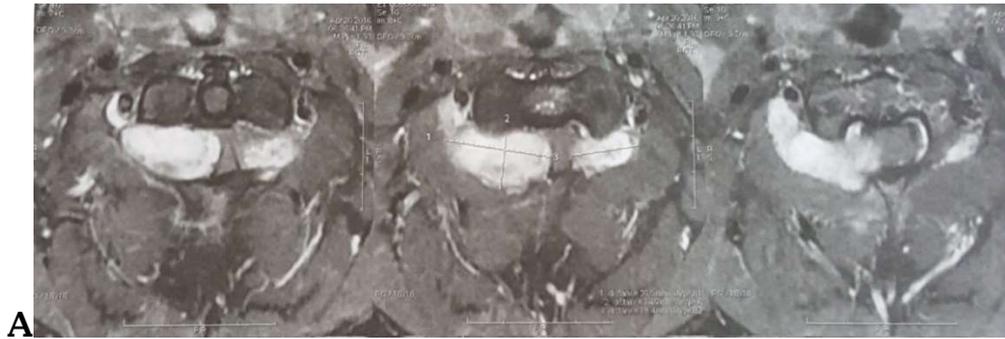


Figure H.2 schwannomes bilatéraux C2 (A) avec compression de la partie supérieure de la moelle épinière (B), le patient a été opéré avec une résection totale (C) et une décompression de la moelle épinière (D).

-La troisième patiente était une femme de 66 ans qui présentait une faiblesse motrice qui affectait ses quatre membres de manière progressive, lorsque nous l'avons vue elle était ramenée en fauteuil roulant, l'IRM a démontré un méningiome du foramen magnum postérieur avec compression de la jonction bulbo-médullaire. L'approche classique de la ligne médiane a été utilisée et la tumeur a été totalement réséquée, les structures neuro vasculaires ont été poussées vers l'avant par la tumeur. La patiente s'est bien évoluée après l'opération, elle a commencé à marcher dix jours après l'opération. Elle marchait toute seule, sans aucune aide, lors de la visite des trois mois. L'IRM postopératoire a été faite trois mois après l'opération, elle a montré une exérèse complète de la tumeur.

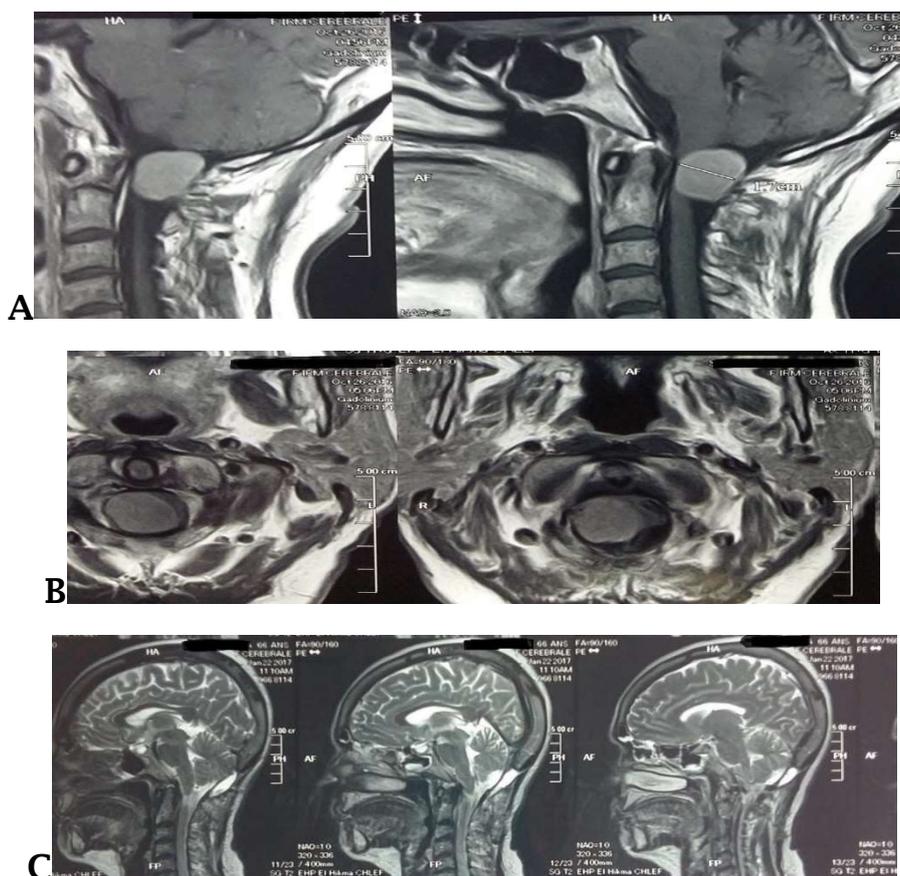


Figure H.3 Méningiome postérieur avec extension postéro-latérale droite du foramen magnum (A, B) opéré par voie sous-occipitale médiane (C).

-La quatrième patiente était une jeune femme de 18 ans, elle souffrait de douleurs cervicales deux mois avant l'admission, à l'examen il y avait une limitation des mouvements du cou surtout sur la rotation axiale. Aucun déficit moteur ou sensitif n'a été constaté. Le scanner et l'IRM ont révélé une tumeur osseuse de la vertèbre C2 s'étendant de la lame gauche aux surfaces articulaires et au corps vertébral. L'AV gauche était complètement enveloppée par la tumeur (angio CT). Nous avons opéré la patiente en utilisant l'approche sous occipitale médiane, l'incision a été étendue latéralement sur la gauche. L'arc postérieur de l'atlas et les éléments postérieurs des vertèbres C2 et C3 ont été exposés. La tumeur était dure et ferme, elle était aussi très hémorragique. La lame gauche et les pars ont été réséqués avec la tumeur infiltrante. La portion de la tumeur autour de l'AV a été laissée en place, d'autant plus que l'AV gauche était dominante. La fixation bilatérale C1C2C3 a été effectuée en utilisant des vis de masse latérale C1, pédicule C2 et masse latérale C3 du côté droit, masses latérales C1 et C3 du côté gauche, un greffon a été interposé entre la surface articulaire inférieure de l'atlas et la surface articulaire supérieure de C3, une vis poly axiale a été placée dans ce greffon et reliée aux autres vis du côté gauche. La patiente s'est bien portée après l'opération, l'étude pathologique de l'échantillon a révélé que la tumeur était un ostéosarcome. La patiente a été adressée à l'équipe d'oncologie d'un autre hôpital. 14 mois plus tard, la patiente présentait des douleurs cervicales avec des difficultés respiratoires, elle était tétra parétique à l'examen, le scanner a révélé une grosse tumeur récurrente avec extension latérale. La décision a été prise d'opérer la patiente dans le but de réduire l'effet de masse pour une meilleure qualité de vie. Pour cela, une approche antérolatérale a été utilisée.

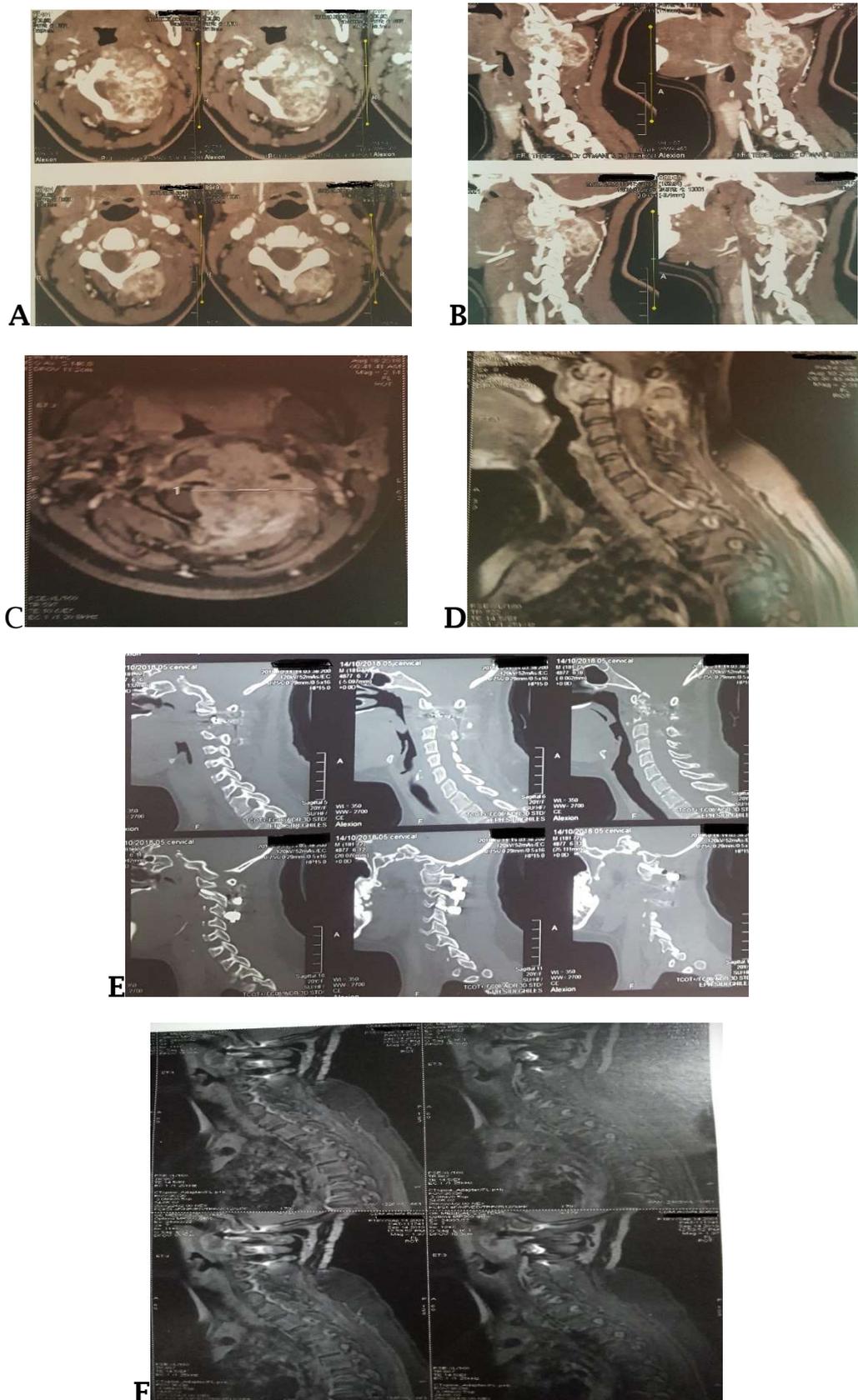


Figure H.4 Ostéosarcome C2 gauche mis en évidence au scanner (A, B) et à l'IRM (C, D), la patiente a été opérée avec exérèse et fixation C1C2C3 (E, F).

H.3 DISCUSSION :

L'approche sous-occipitale médiane est généralement utilisée pour les tumeurs intra-axiales, elle peut également être utilisée pour les tumeurs extradurales et intradurales extra-médullaires. Certains auteurs ont préconisé de l'utiliser pour tous les méningiomes du foramen magnum, même ceux qui sont insérés antérieurement (550).

Les schwannomes du nerf C2 sont des neurinomes qui proviennent du ganglion C2, ce ganglion est situé derrière l'articulation C1C2. Ils ont des extensions intradurales et extradurales. Ils peuvent être bilatéraux dans le cas de la neurofibromatose de type 2 (323).

Goel et al ont publié une série de 50 patients présentant des neurinomes du nerf C2, l'âge médian était de 36 ans, ils ont conclu que la résection pouvait être totale sans ouvrir la dure-mère, car le schwannome ne dépasse pas les plis de la dure-mère malgré une très grande taille dans certains cas (257).

Les méningiomes du foramen magnum de localisation postérieure sont les moins fréquents parmi les méningiomes du foramen magnum. Dans une série de 39 patients publiée par Giordano et al, six patients présentaient des méningiomes du foramen magnum de localisation postérieure qui ont été opérés par approche sous-occipitale médiane (420).

L'ostéosarcome est une tumeur maligne qui touche rarement la colonne vertébrale. Il est publié sous forme de « case report » dans la littérature, en particulier la localisation de la JCV. Les modalités de traitement comprennent une résection en bloc avec chimiothérapie. En cas de récurrence, la chirurgie de révision de la tumeur est conseillée avec un traitement adjuvant, une chimiothérapie ou une radiothérapie (430).

H.4 CONCLUSION :

Le chirurgien doit toujours considérer toutes les options disponibles lorsqu'il s'agit de pathologies de la JCV ; l'approche sous-occipitale médiane est une de ces options, c'est une approche classique et simple qui pourrait être utilisée pour de nombreuses pathologies tumorales. Elle permet la résection et la stabilisation de la tumeur si une fixation et une fusion sont indiquées.

I. FIXATION MINI INVASIVE DE LA JCV

La chirurgie mini-invasive s'est développée au cours de la dernière décennie et elle est de plus en plus utilisée dans la chirurgie rachidienne avec l'évolution des idées et la fabrication de différents dispositifs adaptables pour cela.

L'anatomie particulière et complexe de la JCV rend l'utilisation de techniques mini-invasives très difficile. La sélection des patients est la clé majeure du succès de ces techniques.

Joseffer et al ont publié en 2006 une fixation atlanto axiale utilisant une technique mini-invasive, peu de rapports ont été publiés dans la littérature depuis lors ⁽³⁴¹⁾.

Les techniques mini-invasives ont l'avantage de réduire le séjour à l'hôpital en minimisant la dissection musculaire, ce qui rend la douleur postopératoire moindre. La perte de sang peropératoire est également réduite.

Les indications d'utilisation des techniques mini-invasives comprennent les fractures de l'odontoïde, les luxations atlanto-axiales non malformatives et certaines fractures bi pédiculaires ⁽⁶⁶¹⁾.

L'étude approfondie et détaillée des explorations radiologiques préopératoires est obligatoire, en particulier le scanner 3D, pour avoir une idée sur l'anatomie particulière du patient (masse latérale de C1, pars et pédicules de C2).

La fluoroscopie est nécessaire pendant toute la durée de l'opération, de la position à la pose des vis des deux côtés.

Cette technique présente certains inconvénients, tels que la courbe d'apprentissage nécessaire et le champ opératoire étroit qui rend la mise en place des vis difficile et délicate.

Bien sûr, la cicatrice postopératoire est minime par rapport à l'incision médiane classique, mais la technique de fixation et les taux de fusion devraient être les mêmes que pour les approches ouvertes classiques.

I.1 MATERIEL ET METHODES :

Entre 2016 et 2019, sept patients ont été opérés au moyen d'une technique mini-invasive au niveau de la JVC, quatre hommes et trois femmes.

Un scanner a été réalisé pour tous les patients, une IRM pour quatre patients présentant des lésions non traumatiques et un angioCT a été réalisé pour un patient présentant une luxation atlanto-axiale avec assimilation partielle de l'atlas.

Tous les patients ont été vus dans le service d'anesthésie et ont été préparés pour la chirurgie.

Une traction crânienne à l'aide de l'étrier de Gardener-Wells a été utilisée lorsqu'il était nécessaire de procéder à une réduction.

L'intubation a été effectuée sans mobilisation du cou, et des antibiotiques ont été administrés avant l'intubation.

I.1.a TECHNIQUE CHIRURGICALE :

-Le patient est mis en position ventrale, la tête est fixée sur une têtère de Mayfield, la tête est en position neutre, la fixation du support doit être placée de telle sorte que l'étrier de traction puisse également être placé.

-Le fluoroscope est placé pour obtenir des vues latérales, le site d'incision est tracé après avoir localisé l'articulation où la fixation est prévue.

-Les incisions sont réalisées à 2,5 à 3 cm latéralement par rapport à la ligne médiane, la longueur des incisions varie de 2,5 à 3 cm.



Figure I.1 Deux incisions paramédianes de 2,5 cm sont réalisées pour la fixation mini invasive C1C2.

-La technique trans-musculaire est utilisée pour disséquer les différents plans musculaires en commençant par le trapèze et le muscle splénius capitis, les fibres de ce dernier sont dirigées rostralement de l'intérieur vers l'extérieur. Le second plan est constitué par le muscle semi spinalis, ses fibres sont dirigées parallèlement à la ligne d'incision. Ensuite, la palpation digitale permet d'identifier des repères osseux, tels que l'arc postérieur de l'atlas et la lame de l'axis, le muscle oblique inférieur est disséqué puis coupé, il faut veiller à disséquer et à protéger le grand nerf occipital qui passe au dessus de ce muscle. La fluoroscopie est utilisée pour confirmer le niveau. Le niveau C2 est exposé, puis la jonction lame-pédicule est exposée. La masse latérale de l'atlas est ensuite disséquée de manière sous-périostée, un saignement peut se produire à ce stade à partir du plexus veineux, la racine du nerf C2 peut être sacrifiée pour contrôler le saignement. Les vis sont ensuite placées sous contrôle radioscopique, la vis C2 est d'abord placée dans le pédicule ou dans le pars, la jonction lame-pédicule est un point de repère très important pour la mise en place de cette vis. La vis de la masse latérale C1 est placée ensuite. La même procédure est réalisée de l'autre côté.

-Dans un cas, la fixation C2C3 a été réalisée, donc la dissection a exposé les articulations C2C3, la vis C3 a été placée dans la direction para foraminale, la longueur a été calculée dans le scanner préopératoire.

-La fermeture est effectuée en deux plans, l'aponévrose puis le plan cutané.

I.1.b POST OPERATOIRE :

Le patient est extubé juste après l'opération, le collier cervical est placé avant l'extubation et conservé pendant huit semaines.

Un scanner est effectué le lendemain pour contrôler le placement des vis.

Le patient est libéré le troisième jour postopératoire et il est vu le premier, le troisième et le sixième mois après l'opération.

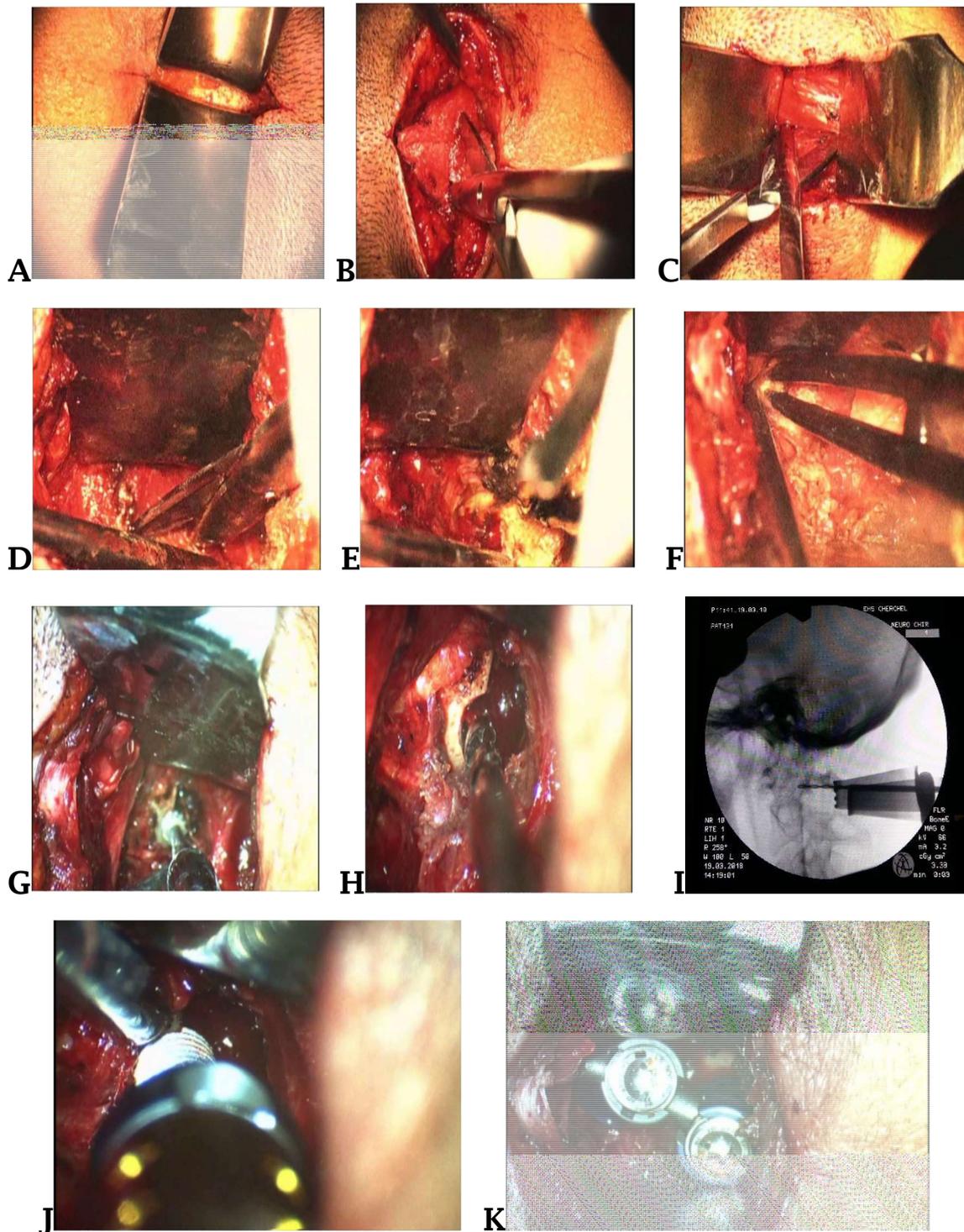


Figure I.2 Fixation MIS C1C2 étape par étape, en partant de l'incision (A) pour disséquer le splénius capitis (B), le semi spinalis capitis (C) et couper le muscle oblique inférieur (D), la lame C2 (E) et l'arc postérieur de l'atlas (F) sont exposés, le point d'entrée C1 est percé (G) et la mèche est utilisée pour préparer la trajectoire des vis (H) et elle est vérifiée à la radioscopie (I) les vis sont placées en C1 et C2 (J, K).

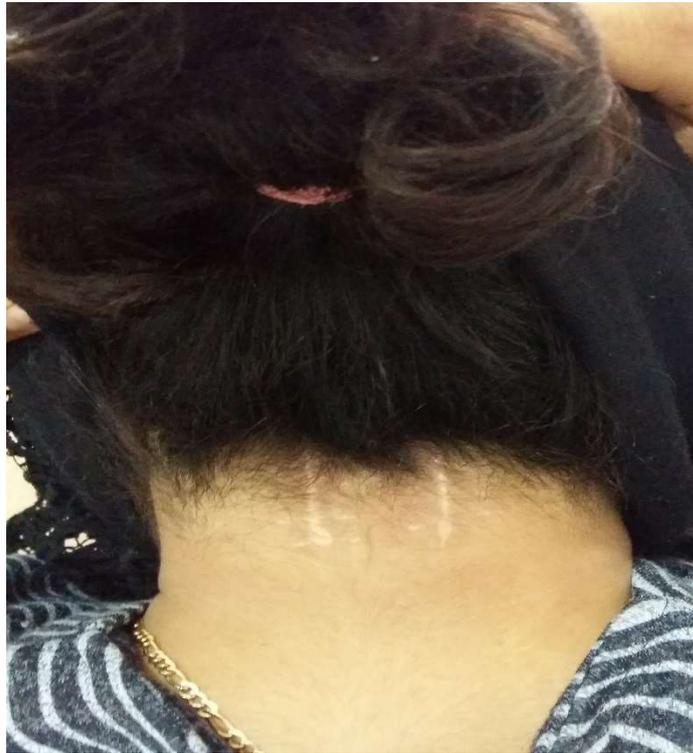


Figure I.3 Le type de cicatrices que nous obtenons quelques mois après la fixation MIS C1C2.

I.2 RÉSULTATS :

Sept patients ont été opérés entre 2016 et 2019 en utilisant des approches mini-invasives, l'âge des patients se situant entre 27 et 73 ans avec un âge médian de 44,1 ans. Il y avait trois femmes et quatre hommes. (Tableau I.1)

La série comprend trois patients qui ont été opérés pour des lésions traumatiques et quatre patients qui ont été opérés pour une luxation atlanto-axiale.

Pour les patients présentant des lésions traumatiques, le premier patient était un homme de 31 ans qui a été victime d'un accident de la route treize jours avant son admission, il a été vu dans un autre service où le scanner a révélé une fracture odonoïde de type II, type C de la classification de Grauer. Il nous a été référé et une fixation

atlanto-axiale postérieure a été décidée. Une traction crânienne a été réalisée en salle d'opération avant de commencer l'opération.

Le patient a été opéré en utilisant deux incisions paramédianes, une vis dans la masse latérale C1 et une vis à travers le pars de C2 ont été placées de chaque côté. Le scanner effectué le lendemain de l'opération a confirmé le bon placement des vis. Le patient est sorti le troisième jour postopératoire. Il a été vu le troisième mois, le sixième mois et un an après l'opération. Le CTscanner de contrôle a révélé une fusion totale de l'odontoïde.

Le deuxième patient était un homme de 27 ans, victime d'un accident de moto, il était non déficitaire et ne présentait que des douleurs cervicales, le scanner a révélé une fracture bi pédiculaire de type II. L'intervention chirurgicale a été décidée et une fixation postérieure C2C3 a été effectuée par deux incisions paramédianes, les articulations C2C3 et les vis ont été placées. En C3, des vis paraforaminales de 10 mm ont été placées dans la masse latérale de C3 avec l'entrée située 4 mm en dessous de la ligne articulaire, dans la ligne médiane, la trajectoire est rostrale parallèle à la direction de la masse latérale sur le plan sagittal qui a été vérifié sur la radioscopie latérale. Cette méthode de mise en place de la vis a été choisie en raison de l'étroitesse du champ opératoire. Le patient s'est très bien porté après l'opération, il a été libéré le troisième jour postopératoire, il a été vu le premier, le troisième et le sixième mois après l'opération avec un bon résultat et une fusion complète.

Le troisième patient était un homme de 73 ans qui a été victime d'une chute quelques mois avant que nous le voyions, un traitement conservateur a été essayé ailleurs et a échoué. Le scanner a montré une fracture de type II non consolidée avec pseudoarthrose. La décision a été de l'opérer pour obtenir une bonne stabilisation sans chercher un bon alignement. La fixation atlanto axiale a été réalisée en utilisant la technique mini invasive décrite plus haut. Le déroulement postopératoire a été normal sans incident notable.

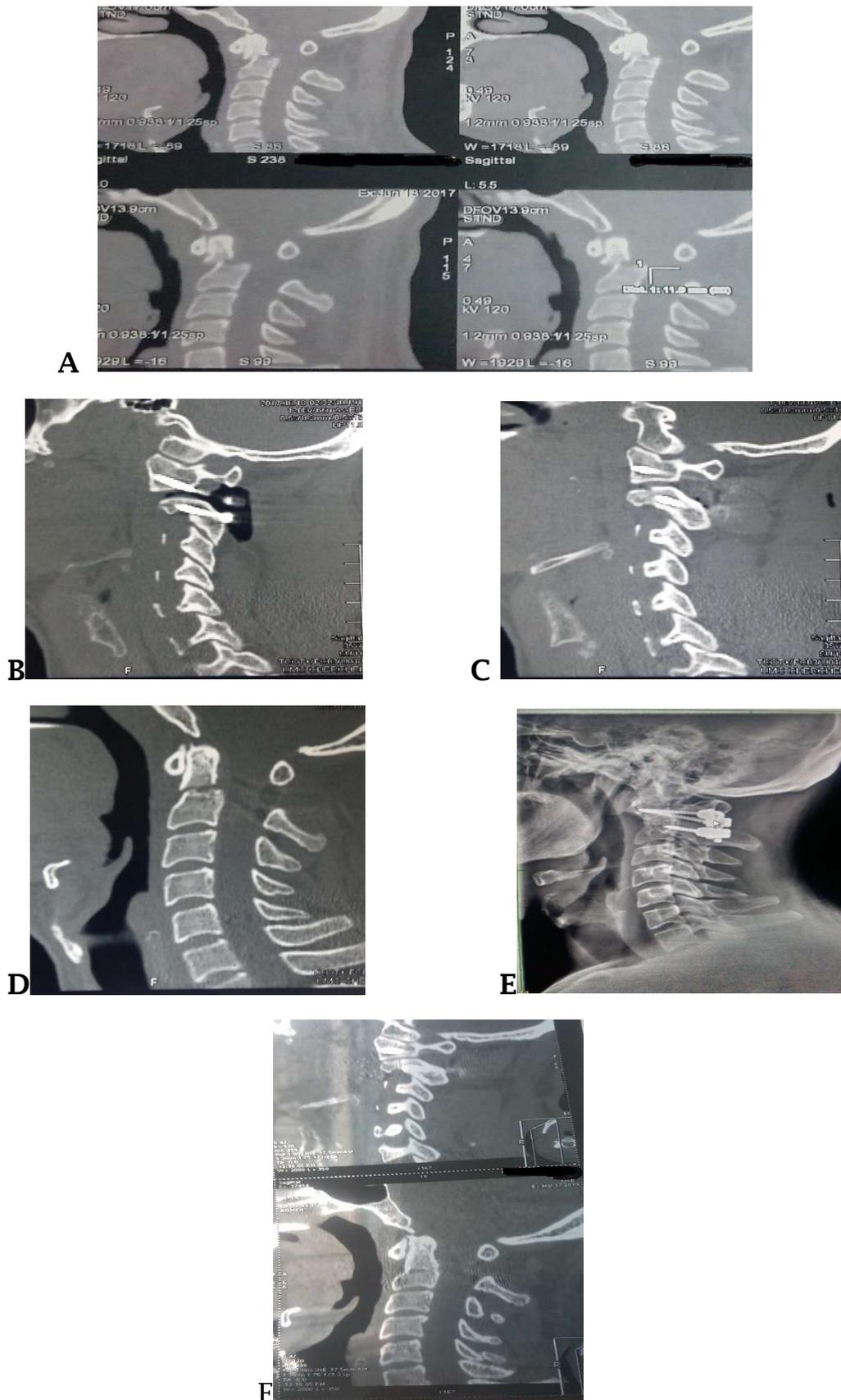


Figure I.4 Le patient 1 du tableau I.1 présentant une fracture de l'odontoïde de type II (A), qui a été traité avec une fixation mini invasive C1C2 (B, C) traction et réduction crânienne (D), les radiographies et le scanner effectués un an et demi plus tard ont montré une fusion complète.

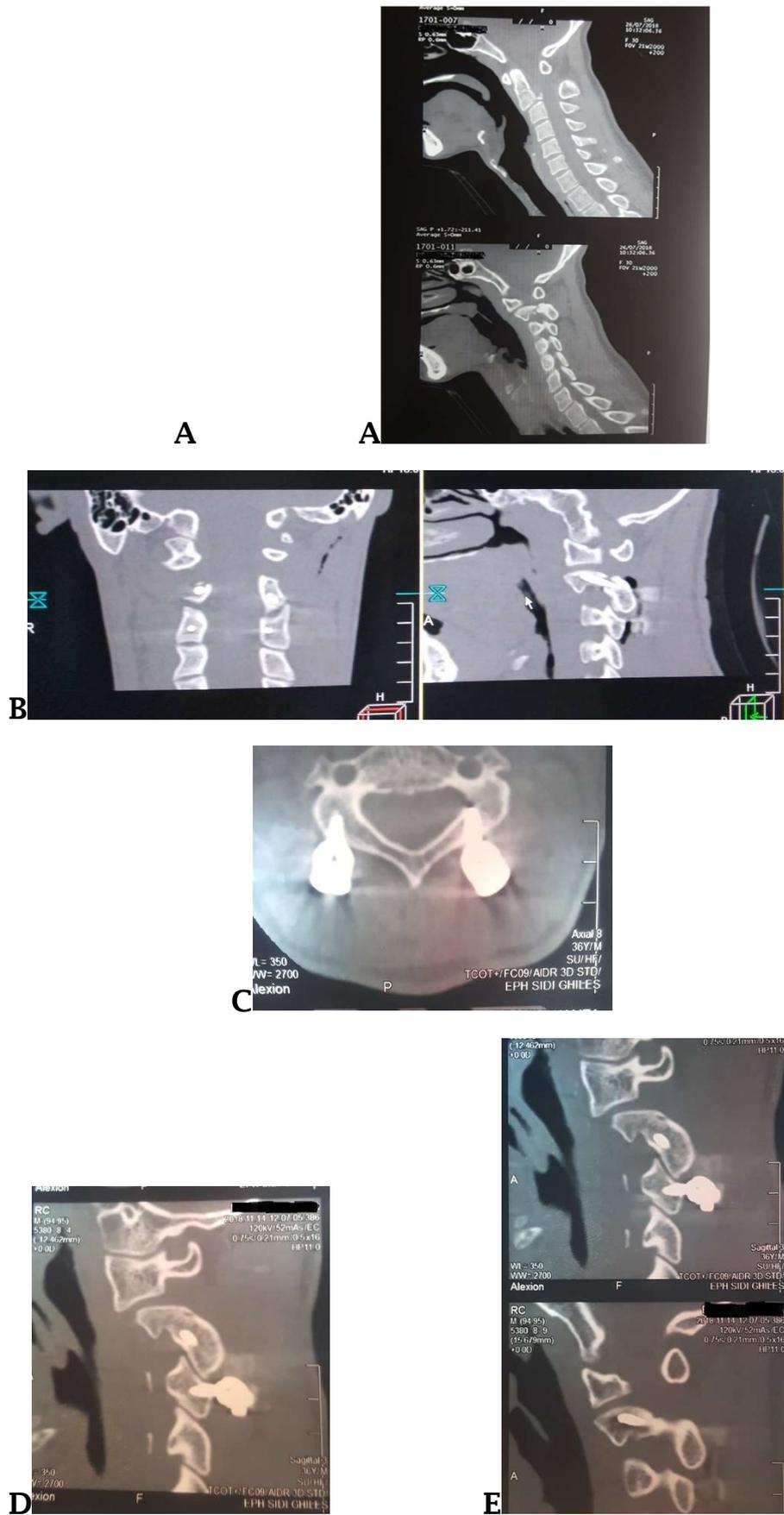


Figure 1.5 Cas de fracture bi pédiculaire chez un patient de 27 ans (A), le patient a été opéré avec une fixation C2C3 postérieure (B), des vis para foraminales ont été utilisées en C3 (C), la fusion a été vérifiée quatre mois plus tard (D, E).

Pour les patients atteints de luxation atlanto-axiale, le premier patient était une femme de 44 ans sans antécédents médicaux, qui présentait une myélopathie progressive, à l'examen la patiente était tétra parétique, l'IRM a révélé une luxation en C1C2 avec hyper signal de la moelle épinière supérieure en T2 et un rétrécissement du canal rachidien au niveau de C1. Le scanner a confirmé la dislocation avec un intervalle atlanto dentaire supérieur à 3 mm, après traction crânienne la dislocation a été réduite. L'intervention chirurgicale a consisté en une fixation atlanto-axiale mini-invasive selon la technique décrite plus haut, la patiente s'est bien évoluée après l'intervention, avec une récupération neurologique complète au bout de trois mois. Les vis ont été bien placées dans les scanners de contrôle.

Le second patient était une femme de 34 ans sans antécédents médicaux qui présentait une tétra parésie discrète, l'IRM a montré une luxation atlanto-axiale avec réduction du canal cervical au niveau de l'atlas. La dislocation était évidente sur le scanner. Le patient a été opéré en utilisant une technique mini-invasive avec fixation atlanto-axiale. L'évolution était favorable après l'opération avec les vis bien mises en place. Elle a récupéré complètement lorsqu'elle a été revue en consultation un mois après.

Le troisième patient était un homme de 54 ans sans antécédents médicaux qui présentait une tétra parésie spastique avancée avec des difficultés à marcher et à utiliser les mains dans les activités quotidiennes. L'IRM et les scanners ont confirmé le diagnostic de luxation atlanto-axiale. Une traction crânienne a été effectuée en premier, puis une fixation atlanto-axiale mini invasive a été réalisée. Le déroulement postopératoire a été marqué par une amélioration neurologique, le scanner a confirmé le placement optimal des vis. Lors de la visite du 6e mois, le patient ne présentait qu'une tétra parésie discrète, il marchait tout seul sans aide et utilisait mieux ses mains.

Le quatrième patient était une femme de 46 ans qui présentait des douleurs cervicales depuis trois mois, à l'examen elle était non déficitaire. Le scanner et l'IRM ont révélé une luxation atlanto-axiale avec assimilation partielle de l'atlas. L'intervalle atlanto-dentaire était supérieur à 8 mm. La patiente a été opérée avec une fixation atlantoaxiale en utilisant une technique mini invasive. Le déroulement postopératoire était normal.

Pour la racine du nerf cervical C2, elle a été sacrifiée chez trois patients, des deux côtés pour deux patients et d'un côté pour un patient. Les patients avaient une anesthésie dans la zone occipitale postérieure, mais cela n'a pas été gênant pour eux.

Il n'y a pas eu de complication majeure pour tous les patients et les vis étaient bien placées pour tous les patients.

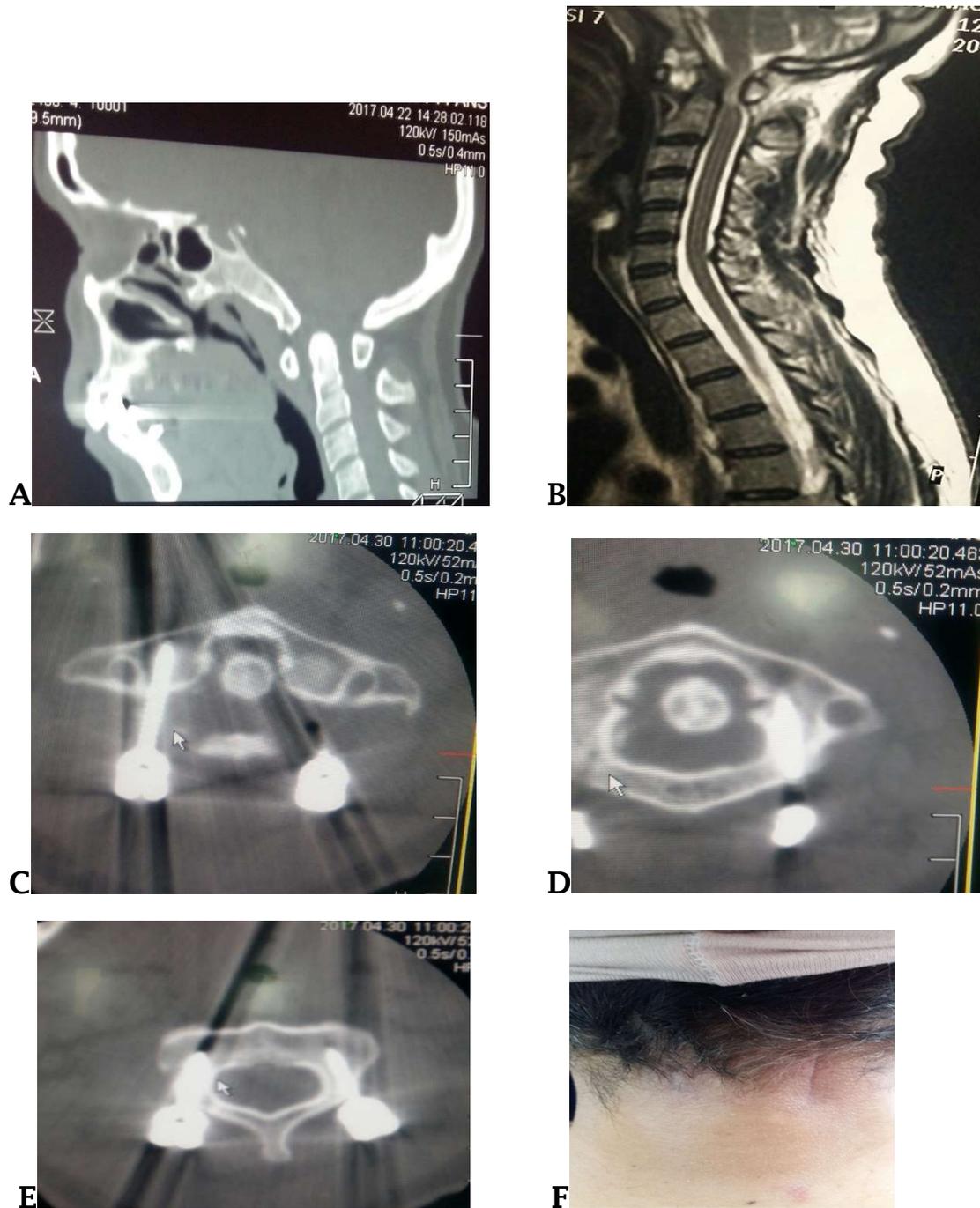
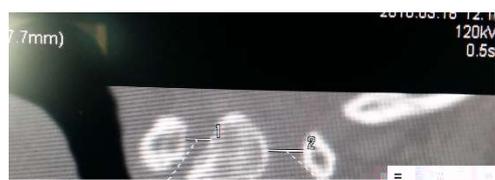


Figure I.6 Cas de luxation atlanto-axiale (A) avec compression de la partie supérieure de la moelle épinière (B), la patiente a été opérée avec une fixation C1C2 (C, D, E) en utilisant une technique MIS. Les cicatrices sont à peine visibles sous les cheveux.



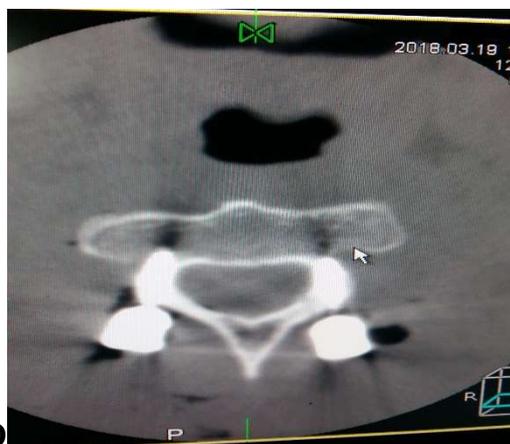
A



B



C



D

Figure I.7 Cas de luxation C1C2 (A), le patient était opéré par une technique mini invasive sous traction crânienne avec réduction (B), les vis étaient placées dans les masses latérales de l'atlas (C) et les pédicules de l'axis (D).

PATIENTS	AGE ET SEXE	SIGNES CLINIQUES	DIAGNOSTIC	TRAITEMENT	POST OPERATOIRE
PATIENT 1	Masculin 31	Cervicalgies après trauma	Fracture odontoïde type II	Fixation MIS C1C2	Bonne fusion
PATIENT 2	Masculin 27	Cervicalgies après trauma	Fracture bi pédiculaire type II	Fixation MIS C2C3	Bonne fusion
PATIENT 3	Masculin 73	Cervicalgies	Fracture odontoïde type II avec pseudarthrose	Fixation MIS C1C2	Bonne fusion
PATIENT 4	Féminin 44	Tétra parésie	Luxation C1C2	Fixation MIS C1C2	Récupération neurologique
PATIENT 5	Féminin 34	Tétra parésie	Luxation C1C2	Fixation MIS C1C2	Récupération neurologique
PATIENT 6	Masculin 54	Tétra parésie	Luxation C1C2	Fixation MIS C1C2	Récupération neurologique
PATIENT 7	Féminin 46	Cervicalgies	Luxation C1C2 Avec assimilation partielle de C1	Fixation MIS C1C2	Bonne fusion

Tableau I.1 Sept patients ont été opérés en utilisant la technique de fixation MIS.

I.3 DISCUSSION :

La fixation mini-invasive à la JVC a été décrite par Joseffer et al en 2006 ⁽³⁴¹⁾, cette technique vise à avoir les mêmes avantages que d'autres techniques mini-invasives utilisées dans la colonne lombaire et cervicale telles que la réduction du séjour à l'hôpital et la diminution de la douleur postopératoire et un retour rapide au travail.

Lors de l'utilisation de la technique mini-invasive, la bande musculaire médiane est préservée et les différentes attaches des muscles sur l'apophyse épineuse de l'axis ne sont pas sectionnées. Le seul muscle qui est coupé est le muscle oblique inférieur, son rôle principal est d'aider la rotation et dès lors que les articulations atlanto-axiales seront fixées, il n'y a pas de limitations adjacentes en coupant ce muscle ⁽²²¹⁾.

Deux techniques ont été décrites pour la réalisation de cette fixation, l'une qui utilise des écarteurs tubulaires et l'autre qui utilise la technique de dissection musculaire pour exposer les articulations C1C2. Les deux techniques ont utilisé une incision de 2,5 à 3 mm de longueur ⁽⁵⁸⁶⁾.

Depuis le premier rapport de Joseffer et al, peu de rapports ont été publiés dans la littérature, Holly et al du même groupe ont rapporté en 2010 cinq cas de fractures de l'odontoïde opérées par la technique atlanto-axiale mini-invasive ⁽³⁰⁴⁾, en 2013 Taghva et al ont pratiqué l'intervention sur deux patients présentant une fracture de l'odontoïde après avoir réalisé cette technique sur quatre cadavres ⁽⁶¹¹⁾. En 2014, Bodon et al ont décrit la technique de dissection musculaire après l'avoir utilisée sur 12 cadavres ⁽¹²⁰⁾. Srikantha et al ont rapporté en 2016 l'utilisation de la fixation atlanto-axiale mini-invasive dans cinq cas cliniques et quatre cadavres, les cas cliniques comprennent deux cas de fractures de l'odontoïde et trois cas de luxation atlanto-axiale ⁽⁶³⁷⁾.

Notre série personnelle comprend sept cas, la technique était réalisable dans tous les cas, le séjour à l'hôpital était inférieur à quatre jours pour tous les patients, les vis étaient bien placées chez tous les patients. Aucune complication n'a été observée chez aucun patient. La technique a même été utilisée pour un cas de fracture bi pédiculaire C2 avec fixation postérieure C2C3.

I.4 CONCLUSION :

La voie mini invasive pour la fixation atlanto axiale ou C2C3 est une technique sûre et efficace et techniquement réalisable, cette voie devrait être utilisée dans certains cas sélectionnés chaque fois que cela est possible.

J. DISCUSSION GENERALE :

Les techniques et approches chirurgicales utilisées pour traiter les différentes pathologies de la JCV sont très nombreuses. Pour prendre en charge ces différentes pathologies le chirurgien doit maîtriser différentes techniques complémentaires et différentes techniques de stabilisation de la JCV.

Les approches chirurgicales antérieures incluent des approches trans craniales, trans faciales et trans cervicales. Les approches trans craniales et trans faciales (trans maxillaires et trans mandibulaires) sont de moins en moins utilisées ces dernières années.

L'approche endoscopique endonasale, depuis sa première description en 2005 ⁽³⁵⁶⁾, est devenue une approche charnière dans la prise en charge des pathologies de la JCV nécessitant une décompression antérieure, le groupe de Pittsburg (Zwagerman et al) a publié sa série en 2018 ⁽⁶⁸⁴⁾ avec un recul assez lent (suivi moyen de 42,6 mois) avec des résultats très satisfaisants, faisant de cette approche une technique fiable. Les limites de cette technique est son impossible accès aux pathologies caudales de la JCV.

L'approche cervicale antérieure haute est une technique inhabituelle utilisée rarement pour traiter les pathologies de la JCV, du fait d'une certaine difficulté technique, malgré que l'accès est fait à travers un champ stérile contrairement à l'approche endonasale. Après l'avoir utilisée nous pensons qu'il s'agit d'une voie très utile qui devrait être utilisée en premier lieu pour une fixation antérieure C2C3 en cas de fracture bi pédiculaire C2⁽⁶⁴⁴⁾. Certaines lésions comprimant la JCV antérieurement (impression basilaire, os odontoïdeum) et certaines tumeurs (chordome) avec extension caudale, peuvent bien être prises en charge en utilisant cette voie d'abord.

Nous pensons que la maîtrise des deux approches précédentes nous permettra de traiter n'importe quelle lésion ou pathologie antérieurement situées du clivus jusqu'à C3.

L'approche classique cervicale antérieure garde une place importante dans les différentes approches de la JCV. C'est l'approche utilisée pour le vissage antérieur de l'odontoïde et dans certains cas de fracture bi pédiculaires. Nous garderons cette approche pour le vissage antérieur de l'odontoïde sans pour autant la pratiquer pour les fractures bi pédiculaires.

L'approche antérolatérale comme décrite par Bernard Georges, une est une approche qui constitue un challenge pour le chirurgien pour la maîtriser, mais une fois maîtrisée il s'agit d'une approche extraordinaire, qui donne un jeu excellent sur la partie latérale et antérieure de la JCV. Une fixation occipito cervicale doit toujours être réalisée après l'utilisation de cette approche.

L'approche rétro mastoïde ou rétro sigmoïde garde son intérêt pour certaines lésions du trou occipital, surtout s'il y a une extension vers la citerne cérébello-médullaire.

L'approche latérale FLA est l'approche de choix qu'on utilise pour l'exérèse des méningiomes du foramen magnum. Les résultats sont excellents avec une bonne qualité d'exérèse, et une morbidité acceptable et sans mortalité.

L'approche sous occipitale médiane est une approche classique avec une multitude de variations et différentes indications. Elle est utilisée pour l'exérèse des tumeurs osseuses primitives, des tumeurs intra durales extras médullaires de localisation postérieure. Elle est utilisée également pour la fixation postérieure de la JCV.

Les techniques de fixation postérieure incluent principalement la fixation occipito cervicale, fixation atlanto-axiale utilisant la masse latérale de C1 comme cible de vissage. Ces techniques ont comme conséquence une certaine limitation des mouvements de la tête, donc le patient doit être averti.

La fixation atlanto-axiale postérieure utilisant le vissage de la masse latérale de C1 est presque toujours réalisable, avec plusieurs possibilités de cibles de vissage au niveau de C2. Ces cibles incluent les pédicules, les pars et les lames de C2.

Les techniques de fixation mini invasive peuvent être appliquées au niveau de la jonction crânio vertébrale, notamment au niveau C1C2 en utilisant la technique de Goel-Harms mais également au niveau C2C3 pour traiter certaines fractures bi pédiculaires. Pour maîtriser ces techniques il faut respecter la courbe d'apprentissage en commençant par les voies classiques.

CONCLUSION

La chirurgie de la jonction cranio vertébrale demande une maîtrise parfaite de l'anatomie locorégionale, la diversité de la pathologie au sein de cette région nous a poussés à essayer de maîtriser le maximum d'approches chirurgicales.

Le fait de maîtriser ces approches nous rend actuellement très flexible envers ces pathologies.

Le choix d'une approche chirurgicale dépend principalement de la pathologie et parfois de certains facteurs liés au patient (conditions médicales générales, variantes anatomiques), mais jamais ce choix est lié au chirurgien et à son confort avec une certaine approche chirurgicale.

A la fin de ce travail une philosophie chirurgicale personnelle se développe, cette philosophie est basée sur le principe suivant : quelque soit la pathologie chirurgicale du patient, il faut toujours essayer de voir les approches chirurgicales possibles et discuter leurs avantages et inconvénients afin de choisir l'approche qui offre la meilleure option thérapeutique au patient avec les moindres risques possibles. A première vue, cette philosophie paraît évidente, mais la pratique de ce métier nous a toujours appris que choisir entre deux approches chirurgicales indiquées pour la même pathologie sans impliquer la préférence personnelle du chirurgien n'est pas du tout évident.

Un deuxième point conclu de ce projet, c'est que la maîtrise de plusieurs approches chirurgicales rend celles-ci complémentaires et pas du tout concurrentielles, la fracture de l'odontoïde et l'invagination basilaire ; deux pathologies majeures au sein de cette région anatomique ; leur gestion en est la parfaite démonstration comme nous avons vu dans ce travail.

En concluant ce travail une seule idée reste fixée dans la tête c'est que finalement ce projet n'est que le début d'une expérience qui demandera d'autres travaux de recherche à l'avenir en incluant les lésions vasculaires et les tumeurs intra axiales ; avec une conviction personnelle que la chirurgie de la jonction crânio vertébrale deviendra et dans un avenir très proche une sous spécialité neurochirurgicale, une sous spécialité qui exigera un investissement personnel et intellectuel afin de pousser nos limites à l'extrême et proposer la meilleure expertise chirurgicale aux patients porteurs de ces différentes pathologies.

La concentration sur les différentes pathologies avec analyse des différents critères épidémiologiques, cliniques et thérapeutiques est la limite de ce travail, certes il a été volontaire en commençant ce projet, en se basant sur les différentes approches chirurgicales mais ça ne nous pas bloquer de construire une vision spéciale sur chaque pathologie et qui va nous aider à réaliser d'autres travaux de recherche plus approfondis sur chaque pathologie.

REFERENCES :

1. Abbas Amirjamshidi and al, Osteoid osteoma of the first 2 cervical vertebrae, *Neurosurg Pediatrics* 6:000-000, 2010
2. Abdullah K, Schlenk RS, Krishnaney A, et al: Direct lateral approach to pathology at the craniocervical junction: A technical note. *Neurosurgery* 70:202-208, 2012
3. Abumi K, Takada T, Shono Y, Kaneda K, Fujiya M. Posterior occipitocervical reconstruction using cervical pedicle screws and plate-rod systems. *Spine* 1999;24:1425-1434
4. Acharya R, Shaya M, Kumar R, Caldito GC, Nanda A: Quantification of the advantages of the extended frontal approach to skull base. *Skull Base* 14:133-142, 2004
5. Açıkbaz SC, Tuncer R, Demirez I, et al: The effect of condylectomy on extreme lateral transcondylar approach to the anterior foramen magnum. *Acta Neurochir (Wien)* 139:546-550, 1997
6. Acosta FL Jr, Quinones-Hinojosa A, Gadhary CA, et al. Frameless stereotactic image-guided C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial instability: review of 20 patients. *J Spinal Disord Tech* 2005;18(5):385-391
7. Adam L. Schreiber, Manifestations of Rheumatoid Arthritis: Epidural Pannus and Atlantoaxial Subluxation Resulting in Basilar Invagination, *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation Vol. 4*, 78-80, January 2012
8. Ahmed R, Traynelis VC, Menezes AH. Fusions at the craniovertebral junction. *Childs Nerv Syst* 2008;24:1209-1224
9. Akalan N, Seckin H, Kilic C, Ozgen T (1994) Benign extramedullary tumors in the foramen magnum region. *Clin Neurol Neurosurg* 96:284-289
10. Alberto Debernardi, MD, The Craniovertebral Junction Area and the Role of the Ligaments and Membranes *NEUROSURGERY VOLUME 68, NUMBER 2, FEBRUARY 2011*, 291
11. Albert Rhoton Jr, Buza R. Microsurgical anatomy of the jugular foramen. *J Neurosurg* 1975;42(5):541-550
12. Albert L. Rhoton, Cerebellum and Fourth Ventricle, P440-460 cranial anatomy and surgical approaches
13. Albert L. Rhoton, Jr. and Evandro De Oliveira Anatomical Basis of Surgical Approaches to the Region of the Foramen Magnum p13-51, *Surgery of the Craniovertebral Junction Second Edition*
14. Albert L Rhoton Jr (1994) Meningiomas of the cerebellopontine angle and foramen magnum. *Neurosurg Clin N Am* 5(2):349-377
15. Albert L Rhoton Jr. Microsurgical anatomy of posterior fossa cranial nerves. In: Barrow DL, ed. *Surgery of the Cranial Nerves of the Posterior Fossa: Neurosurgical Topics*. Chicago, IL: American Association of Neurological Surgeons; 1993:1-103
16. Albert L. Rhoton, The Cerebellopontine Angle and Posterior Fossa Cranial Nerves by the Retrosigmoid Approach p526-562, cranial anatomy and surgical approaches
17. Albert L Rhoton Jr: The far-lateral approach and its transcondylar, supracondylar, and paracondylar extensions. *Neurosurgery* 47[Suppl 1]:S195-S209, 2000.
18. Albert L. Rhoton, The Foramen Magnum, cranial anatomy and surgical approaches
19. Albert L Rhoton Jr. The temporal bone and transtemporal approaches. In: Rhoton AL Jr, editor. *Rhoton: cranial anatomy and surgical approaches*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2003:643-97.
20. Albright AL. Medulloblastomas. In: Albright AL, Pollack IF, Adelson PD, eds. *Principles and Practice of Pediatric Neurosurgery*. New York, NY: Thieme; 1999:591-608.
21. Albuquerque FC, Spetzler RF: Vertebral artery revascularization. In, *Operative techniques in Neurosurgery*. W.B. Saunders Company, 2001, pp 195-201
22. Aldana PR, Naseri I, La Corte E. The nasosaxial line: a new method of accurately predicting the inferior limit of the endoscopic endonasal approach to the craniovertebral junction. *Neurosurgery*. 2012;71:ons308-14.
23. Aldeaa, D. Braugea, S. Gaillard, How I do it: Endoscopic endonasal approach for odontoid resection. *Neurochirurgie* (2017)
24. Alejandro J. Lopez, BS, Justin K. Scheer, BS, Kayla E. Leibl, BS, Zachary A. Smith, Brian J. Dlouhy, and Nader S. Dahdaleh, MD Anatomy and biomechanics of the craniovertebral Junction, *Neurosurg Focus* 38 (4):E2, 2015
25. Alfieri A, Jho HD, Tschabitscher M. Endoscopic endonasal approach to the ventral cranio-cervical junction: anatomical study. *Acta Neurochir (Wien)*. 2002;144(3):219-25.
26. Alicja KędziaABDEFG, Marcin CzyżACDEF, Marta Nowakowska-KotasBDEF, Anna AdamekB Morphological assessment of craniovertebral junction development in the prenatal period *Med Sci Monit*, 2005; 11(11): BR412-419
27. Ali Tayebi Meybodi, MD, Sirin Gandhi, MD, Mark C. Preul, MD, and Michael T. Lawton, MD The subatlantic triangle: gateway to early localization of the atlantoaxial vertebral artery *J Neurosurg Spine* April 27,

2018

28. Allegrini D, Autelitano A, Nocerino E, Fogagnolo P, De Cilla S, Rossetti L. Grisel's syndrome, a rare cause of anomalous head posture in children: a case report. *BMC Ophthalmol.* 2016;16:21.
29. Al-Mahfoudh R, Beagrie C, Wolley E, et al. Management of typical and atypical hangman's fractures. *Global Spine J.* 2016;6:248-256.
30. Al-Mefty O and al, Anterior clivectomy: surgical technique and clinical Applications, *J Neurosurg* 109:000-000, 2008
31. Al-Mefty O, Borba LAB: Skull base chordoma: a management challenge. *J Neurosurg* 86:182-189, 1997
32. Al-Mefty O, Borba LA, Aoki N, Angtuaco E, Pait TG: The transcondylar approach to extradural nonneoplastic lesions of the craniovertebral junction. *J Neurosurg* 84:1-6, 1996
33. Al-Mefty O, Fox JL, Smith RR. Petrosal approach for petroclival meningiomas. *Neurosurgery* 1988;22: 510-7.
34. Al-Mefty, O S. Ayoubi, AN Taha Ventral foramen magnum meningiomas: the transcondylar approach Pathology and surgery around the vertebral artery Springer-Verlag France, Paris, 2011
35. Alp Ozpinar and al, Anterior spinal reconstruction to the clivus using an expandable cage following C2 chordoma resection via a labiomandibuloglossotomy approach: A technical report, *World Neurosurgery* (2016)10.1016/j.wneu.2016.02.115.
36. Alshafai. N.S and V. R. N. Gunness, The High Cervical Anterolateral Retropharyngeal Approach, *New Trends in Craniovertebral Junction Surgery, Acta Neurochirurgica Supplement, Vol. 125, Springer Nature 2019*
37. American Academy of Pediatrics. Committee on Sports Medicine. Atlantoaxial instability in Down syndrome. *Pediatrics* 1984;74(1): 152-154
38. Ammirati M, Bernardo A. Analytical evaluation of complex anterior approaches to the cranial base: an anatomic study. *Neurosurgery.* 1998;43(6):1398-1408.
39. Ammirati M, Ma J, Cheatham ML, et al. The mandibular swing-transcervical approach to the skull base: anatomical study. Technical note. *J Neurosurg* 1993;78:673-681
40. Anand VK, Harkey HL, Al-Mefty O: Open door maxillotomy approach for lesions of the clivus. *Skull Base Surg* 1:217-225, 1991
41. Anderson LD, D'Alonzo RT. Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg Am.* 1974;56:1663-1674.
42. Anderson PA, Montesano PX. Morphology and treatment of occipital condyle fractures. *Spine (Phila Pa 1976).* 1988;13(7):731-736.
43. Andrei Fernandes Joaquim, Leonardo Giacomini, Enrico Ghizoni, Helder Tedeschi, Aneurysmatic bone cyst of the craniocervical region: Surgical technique, *Journal of Neurosciences in Rural Practice, January - March 2014, Vol 5, Issue 1*
44. Andrew S. Little, Pankaj A. Gore, Charles Teo, and Peter Nakaji Posterior Neuroendoscopic Applications at the Craniovertebral Junction, *Surgery of the Craniovertebral Junction Second Edition*
45. Angelo Ferrante and al, The Craniovertebral Junction in Rheumatoid Arthritis: State of the Art, *New Trends in Craniovertebral Junction Surgery, Acta Neurochirurgica Supplement, Vol. 125, Springer Nature 2019*
46. Anita vasavada, Samuel Ward, Scott Delp, Richard L. Lieber, Spinal musculature : anatomy and function p 65-77 *The spine : Rothman-Simeone and Herkowitz 7th edition.*
47. Aota Y, Honda A, Uesugi M, et al. Vertebral artery injury in C-1 lateral mass screw fixation. Case illustration. *J Neurosurg Spine* 2006 ; 5 : 554 .
48. Apfelbaum RI, Kriskovich MD, Haller JR. On the incidence, cause and prevention of recurrent laryngeal nerve palsies during anterior cervical spine surgery. *Spine* 2000;25:2906-12.
49. Apfelbaum RI, Lonser RR, Veres R, Casey A. Direct anterior screw fixation for recent and remote odontoid fractures. *J Neurosurg.* 2000;93(2 suppl):227-236.
50. Arbit E, Patterson R (1981) Combined transoral and median labiomandibular glossotomy approach to the upper cervical spine. *Neurosurgery* 8(6):672-674
51. Archer DJ, Young S, Uttley D: Basilar aneurysms: a new transclival approach via maxillotomy. *J Neurosurg* 67:54-58, 1987
52. Arnautovic KI, Al-Mefty O, Husain M (2000) Ventral foramen magnum meningiomas. *J Neurosurg* 92:71-80
53. Arnold H. Menezes (1995) Congenital and acquired abnormalities of the craniovertebral junction. In: Youmans J (ed) *Neurological surgery.* 4th edn. W.B. Saunders Publishers, Philadelphia, pp 1035-1089 (Chapter 42)
54. Arnold H. Menezes, Craniovertebral developmental anatomy and its implications, *Childs Nerv Syst* (2008) 24:1109-1122
55. Arnold H. Menezes, Craniovertebral Junction Anomalies : Diagnostic and management, *Seminars in pediatric neurology* vol 4 n° 3, September 1997
56. Arnold H. Menezes, Craniovertebral junction neoplasms in the pediatric Population, *Childs Nerv Syst* (2008) 24:1173-1186

57. Arnold H. Menezes, Embryology, Development, and Classification of Disorders of the Craniovertebral Junction, p3-12, Surgery of the Craniovertebral Junction Second Edition
58. Arnold H Menezes, Fenoy KA (2009) Remnants of occipital vertebrae: proatlal segmentation abnormalities. *Neurosurgery* 64:945-953
59. Arnold H Menezes, Graf CJ, Hibri N. Abnormalities of the cranio-vertebral junction with cervico-medullary compression. A rational approach to surgical treatment in children. *Childs Brain* 1980;7(1):15-30
60. Arnold. H. Menezes Nontumoral lesions of the craniocervical junction p442-455 Pathology and surgery around the vertebral artery Springer-Verlag France, Paris, 2011
61. Arnold H Menezes. Normal and abnormal development of the craniocervical junction. In: Crockard A, Hayward R, Hoff JT, eds. *Neurosurgery: The Scientific Basis of Clinical Practice*. Boston, MA: Blackwell Scientific Publications; 1992:63-83
62. Arnold H. Menezes, Nosographic Identification and Management of Pediatric Craniovertebral Junction Anomalies: Evolution of Concepts and Modalities of Treatment, *Advances and Technical Standards in Neurosurgery* 40, Springer 2014
63. Arnold H. Menezes (1995) Primary craniovertebral anomalies and the hindbrain herniation syndrome (Chiari I): Data base analysis. *Pediatr Neurosurg* 23:260-269
64. Arnold H. Menezes, Specific entities affecting the craniocervical region, *Childs Nerv Syst* (2008) 24:1169-1172
65. Arnold H. Menezes, Specific entities affecting the craniocervical region: Down's syndrome, *Childs Nerv Syst* (2008) 24:1165-1168
66. Arnold H. Menezes (2005) Surgery at the crossroads: craniocervical neoplasms. *Clin Neurosurg* 52:218-228
67. Arnold H Menezes, Traynelis VC, Heth J (2003) Tumors of the craniovertebral junction. In: Winn HR (ed) *Youmans Neurological Surgery*. WB Saunders, Orlando, pp 4799-4816
68. Arnold H Menezes, VanGilder JC, Graf CJ, McDonnell DE (1980) Craniocervical abnormalities. A comprehensive surgical approach. *J Neurosurg* 53:444-455
69. Arnold H Menezes, VanGilder JC. Transoraltranspharyngeal approach to the anterior craniocervical junction. Tenyear experience with 72 patients. *J Neurosurg* 1988;69(6):895-903
70. Arnold H. Menezes & Vincent C. Traynelis, Anatomy and biomechanics of normal craniovertebral junction (a) and biomechanics of stabilization (b), *Childs Nerv Syst* (2008) 24:1091-1100
71. Aryan HE, Newman CB, Nottmeier EW, Acosta Jr FL, Wang VY, Ames CP. Stabilization of the atlantoaxial complex via C-1 lateral mass and C-2 pedicle screw fixation in a multicenter clinical experience in 102 patients: modification of the Harms and Goel techniques. *J Neurosurg Spine* 2008;8: 222-9.
72. Aryanpur J, Hurko O, Francomano C, Wang H, Carson B. Craniocervical decompression for cervicomedullary compression in pediatric patients with achondroplasia. *J Neurosurg* 1990;73(3):375-382
73. Askins V, Eismont FJ. Efficacy of five cervical orthoses in restricting cervical motion. A comparison study. *Spine* 1997;22(11):1193-1198
74. Austin JP, Urie MM, Cardenosa G, Munzenrider JE (1993) Probable causes of recurrence in patients with chordoma and chondrosarcoma of the base of skull and cervical spine. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 25:439-44
75. Austin-Seymour M, Munzenrider J, Goitein M, Verhey L, Urie M, Gentry R, Birnbaums S, Ruotolo D, McManus P, Skates S (1989) Fractionated proton radiation therapy of chordoma and low-grade chondrosarcoma of the base of the skull. *J Neurosurg* 70:13-17
76. Babak Kalantar.S, Fractures of the C1 and C2 Vertebrae, *Seminars in spine surgery* 2 5 (2 0 1 3) 2 3 - 3 5
77. Baba H, Maezawa Y, Furusawa N, et al. Solitary plasmacytoma of the spine associated with neurological complications. *Spinal Cord* 1998;36:470-475
78. Babu RP, Sekhar LN, Wright DC: Extreme lateral transcondylar approach: technical improvements and lessons learned. *J Neurosurg* 81:49-59, 1994
79. Baker LL, Bower CM, Glasier CM. Atlantoaxial subluxation and cervical osteomyelitis: two unusual complications of adenoidectomy. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1996;105(4):295-9.
80. Bagnall KM (1992) The migration and distribution of somite cells after labelling with the carbocyanine dye, DiI: the relationship of this distribution to segmentation in the vertebrate body. *Anat Embryol (Berl)* 185:317-324
81. Balain B, Jaiswal A, Trivedi JM, Eisenstein SM, Kuiper JH, Jaffray DC. The Oswestry Risk Index: An aid in the treatment of metastatic disease of the spine. *Bone Joint J* 2013;95-

B:210-6.

- 82.** Balasingam V, Anderson G et al (2006) Anatomic analysis of transoral surgical approaches to the clivus. *J Neurosurg* 105:301-308
- 83.** Baldwin HZ, Miller CG, van Loveren HR, Keller JT, Dasptit CP, Spetzler RF: The far lateral/combined supra- and infratentorial approach: A human cadaveric prosection model for routes of access to the petroclival region and ventral brain stem. *J Neurosurg* 81:60-68, 1994.
- 84.** Bambakidis NC, Feiz-Erfan I, Horn EM, et al. Biomechanical comparison of occipitoatlantal screw fixation techniques. *J Neurosurg Spine*. 2008;8(2):143-152.
- 85.** Baogui L, Juwen C, Fusion rates for odontoid fractures after treatment by anterior odontoid screw versus posterior C1-C2 arthrodesis: a meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2019 Oct; 139(10):1329-1337
- 86.** Barwick KW, Huvos AG, Smith J. Primary osteogenic sarcoma of the vertebral column: a clinicopathologic correlation of ten patients. *Cancer* 1980;46:595-604
- 87.** Bassiouni H, Ntoukas V, Asgari S, Sandalcioglu EI, Stolke D, Seifert V (2006) Foramen magnum meningiomas: clinical outcome after microsurgical resection via a posterolateral suboccipital retrocondylar approach. *Neurosurgery* 59(6):1177-1185.
- 88.** Beals SP, Joganic EF, Hamilton MG, Spetzler RF: Posterior skullbase transfacial approaches. *Clin Plast Surg* 22:491-511, 1995
- 89.** Beer SJ, Menezes AH (1997) Primary tumors of the spine in children: Natural history, management and long-term followup. *Spine* 22:649-659
- 90.** Behari S, Banerji D, Trivedi P, et al. Anterior retropharyngeal approach to the cervical spine. *Neurol India*. 2001; 49:324-9.
- 91.** Bejjani GK, Sekhar LN, Riedel CJ: Occipitocervical fusion following the extreme lateral transcondylar approach. *Surg Neurol* 54:109-116, 2000
- 92.** Belmont JR. The LeFort I osteostomy approach for nasopharyngeal and nasal fossa tumours. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1988;114:751-4.
- 93.** Benzel EC, Hart BL, Ball PA, et al. Fractures of the C-2 vertebral body. *J Neurosurg*. 1994;81:206-212.
- 94.** Bernard George, et al. Les chordomes. *Neurochirurgie* .2014.02.003
- 95.** Bernard George, Blanquet A, Alves O: Surgical exposure of the vertebral artery, in, Spetzler RF (ed): *Operative techniques in Neurosurgery*. Philadelphia, W.B. Saunders, 2001, pp 182-194.
- 96.** Bernard George, Dematons C, Cophignon J: Lateral approach to the anterior portion of the foramen magnum. Application to surgical removal of 14 benign tumors: technical notes. *Surg Neurol* 29(6):484-490, 1988
- 97.** BERNARD George (2002) Extracranial vertebral artery anatomy and surgery. In: Pickard JD et al. (Eds) *Advances and Technical Standards in Neurosurgery*. Springer-Verlag, New York, p 179-216
- 98.** Bernard George : Jugular foramen paragangliomas. *Acta Neurochir (Wien)* 118: 20-26, 1992.
- 99.** Bernard George, Laurian C, Cophignon J, Rey A: Treatment of tumors in relation to the transverse portion of the vertebral artery [in French]. *Neurochirurgie*28:173-178, 1982.
- 100.** Bernard George, Lot G, Boissonnet H (1997) Meningioma of the foramen magnum: a series of 40 cases. *Surg Neurol* 47:371-379
- 101.** Bernard George, Lot G (1995) Foramen magnum meningiomas. A review from personal experience of 37 cases and from cooperative study of 106 cases. *Neurosurg Q* 5:149-167
- 102.** Bernard George, Lot G. Neurinomas of the first two cervical nerve roots: a series of 42 cases. *J Neurosurg*. 1995;82:917-923.
- 103.** Bernard George, Lot G, Tran Ba Huy P: The juxtacondylar approach to the jugular foramen (without petrous bone drilling). *Surg Neurol* 44:279-284, 1995.
- 104.** Bernard George, Management of the vertebral artery in skull base surgery, in PJ Donald (ed): *Surgery of the Skull Base*. Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins, 1998, pp 533-553.
- 105.** Bernard Georges, M bruneau : embryology of the vertebral artery, Pathology and surgery around the vertebral artery Springer-Verlag France, Paris, 2011
- 106.** Bernard George, Tran PB: Surgical resection of jugulare foramen tumors by juxtacondylar approach without facial nerve transposition. *Acta Neurochir (Wien)* 142:613-620, 2000.
- 107.** BertalanffyH, BozinovO, Sürücü O, Sure U, Benes L, Kappus CH, Krayenbühl N (2010) Dorsolateral approach to the craniocervical junction. In: Cappabianca P (ed) *Cranial, cranio-facial and skull base surgery*. Springer-Verlag, Italia, pp 175-196
- 108.** Bertalanffy H, Gilsbach JM, Mayfrank L, Klein HM, Kawase T, SeegerW(1996) Microsurgical management of ventral and ventrolateral foramen magnum meningiomas. *Acta Neurochir Suppl* 65: 82-85
- 109.** Bertalanffy H, Seeger W: The dorsolateral, suboccipital, transcondylar approach to the lower clivus and anterior portion of the craniocervical junction.

- Neurosurgery 29:815- 821, 1991
- 110.** Bertrand J, Luc B, Philippe M, Philippe P. Anterior mandibular osteotomy for tumor extirpation: a critical evaluation. *Head Neck*. 2000;22(4):323-327.
- 111.** Bettini N, Malaguti MC, Sintini M, Monti C. Fractures of the occipital condyles: report of four cases and review of the literature. *Skeletal Radiol*. 1993;22(3):187-190.
- 112.** Bhatnagar M, Sponseller PD, Carroll C IV, Tolo VT (1991) Pediatric atlantoaxial instability presenting as cerebral and cerebellar infarcts. *J Pediatr Orthop* 11:103-107
- 113.** Bilsky MH, Azeem S. Multiple myeloma: primary bone tumor with systemic manifestations. *Neurosurg Clin N Am* 2008; 19(1):31-40
- 114.** Bilsky MH, Shannon FJ, Sheppard S, Prabhu V, Boland PJ. Diagnosis and management of a metastatic tumor in the atlantoaxial spine. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002;27:1062-9.
- 115.** Blacksin MF, Lee HJ. Frequency and significance of fractures of the upper cervical spine detected by CT in patients with severe neck trauma. *AJR Am J Roentgenol*. 1995;165(5):1201-1204.
- 116.** Blackwood NJ. III. Atlo-Occipital Dislocation: A Case of Fracture of the Atlas and Axis, and Forward Dislocation of the Occiput on the Spinal Column, Life being Maintained for Thirty-four Hours and Forty Minutes by Artificial Respiration, during which a Laminectomy was Performed upon the Third Cervical Vertebra. *Ann Surg* 1908; 47: 654-658 [PMID: 17862147]
- 117.** Blagg SE, Don AS, Robertson PA. Anatomic determination of optimal entry point and direction for C1 lateral mass screw placement. *J Spinal Disord Tech* 2009;22:233-9.
- 118.** Blazier CJ, Hadley MN, Spetzler RF. The transoral surgical approach to craniovertebral pathology. *J Neurosci Nurs*. 1986;18(2):57-62.
- 119.** Bloom AI, Neeman Z, Slasky BS, et al. Fracture of the occipital condyles and associated craniocervical ligament injury: incidence, CT imaging and implications. *Clin Radiol*. 1997, 52 (3)
- 120.** Bodon G, Patonay L, Baksa G, Olerud C: Applied anatomy of a minimally invasive muscle-splitting approach to posterior C1-C2 fusion: an anatomical feasibility study. *Surg Radiol Anat* 36:1063-1069, 2014
- 121.** Böhler J. An approach to non-union of fractures. *Surg Annu*. 1982;14:299-315.
- 122.** Bohlman HH. Acute fractures and dislocations of the cervical spine. An analysis of three hundred hospitalized patients and review of the literature. *J Bone Joint Surg Am* 1979; 61: 1119-1142
- 123.** Bone HG, Kleerekoper M. Clinical review 39: Paget's disease of bone. *J Clin Endocrinol Metab* 1992;75(5):1179-1182
- 124.** Boriani S, Bandiera S, Biagini R, Bacchini P, Boriani L, Cappuccio M et al (2006) Chordoma of the mobile spine: fifty years of experience. *Spine* 31:493-503
- 125.** Boulton MR, Cusimano MD. Foramen magnum meningiomas: concepts, classifications, and nuances. *Neurosurg Focus*. 2003;14:51-59.
- 126.** Bowles AP, Suen J, Al-Mefty O: Unilateral open-door maxillotomy for lesions of the clivus (abstract). *Skull Base Surg* 4:26, 1994
- 127.** Bozboga M, Unal F, Hepgul K, Izgi N, Turantan MI, Turker K. Fracture of the occipital condyle. Case report. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1992;17(9):1119-1121.
- 128.** Brecknell J.E, G.M. Malham Os odontoideum: Report of three cases Case Reports / *Journal of Clinical Neuroscience* 15 (2008) 295-301
- 129.** Brockmeyer DL, Apfelbaum RI (1999) A new occipitocervical fusion construct in pediatric patients with occipitocervical instability. Technical note. *J Neurosurg* 90(2 Suppl):271-275
- 130.** Brooks AL, Jenkins EB. Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method. *J Bone Joint Surg Am* 1978;60(3):279-284
- 131.** Bruneau M, George B (2010) Classification system of foramen magnum meningiomas. *J Craniovertebr Junction Spine* 1:10-17.
- 132.** Bruneau M, George B (2008) Foramen magnum meningiomas: detailed surgical approaches and technical aspects at Lariboisiere Hospital and review of the literature. *Neurosurg Rev* 31:19-32; discussion 32-33
- 133.** Bruneau M, Bernard George Surgical approaches to the V3 segment of the vertebral artery, p329-360 Pathology and surgery around the vertebral artery Springer-Verlag France, Paris, 2011
- 134.** Bruneau M, Bernard George Surgical technique for the resection of tumors in relation with the V3 and V4 segments of the vertebral artery p361-404 Pathology and surgery around the vertebral artery Springer-Verlag France, Paris, 2011
- 135.** Bruneau M, Bernard George, The juxtacondylar approach to the jugular foramen, volume 62 | operative neurosurgery 1 | March 2008
- 136.** Bruneau M, Jan Frederick Cornelius, Bernard George, Antero-lateral approach to the v3 segment of the vertebral artery,

- 137.** Calzada G, Isaacson B, Yoshor D, Oghalai JS: Surgical approaches to the hypoglossal canal. *Skull Base* 17:187-196, 2007.
- 138.** Cappabianca P, de Divitiis O, Esposito F, Cavallo LM, de Divitiis E. Endoscopic skull base instrumentation. In: Anand VK, Schwartz TH, editors. *Practical endoscopic skull base surgery*. San Diego: Plural Publishing; 2007. p. 45-56.
- 139.** Cappabianca P, Frank G, Pasquini E, de Divitiis O, Calbucci F. Extended endoscopic endonasal transsphenoidal approaches to the suprasellar region, planum sphenoidale and clivus. In: de Divitiis E, Cappabianca P, editors. *Endoscopic endonasal transsphenoidal surgery*. New York: Springer; 2003. p. 176-87.
- 140.** Carolina Martins and al, Endoscopic-Assisted Lateral Transatlantal Approach to Craniovertebral Junction, *WORLD NEUROSURGERY* 74 [2/3]: 351-358, AUGUST/SEPTEMBER 2010
- 141.** Catalano P J, Biller HF, Sachdev V: Access to the central skull base via a modified Le Fort I maxillotomy. *Skull Base Surg* 3:60-68, 1993
- 142.** Cattrysse E, Barbero M, Kool P, Gagey O, Clarys JP, Van Roy P: 3D morphometry of the transverse and alar ligaments in the occipito-atlanto-axial complex: an in vitro analysis. *Clin Anat* 20:892-898, 2007
- 143.** Cavallo LM, Cappabianca P, Messina A, Esposito F, Stella L, de Divitiis E, Tschabitscher M. The extended endoscopic endonasal approach to the clivus and craniovertebral junction: anatomical study. *Childs Nerv Syst*. 2007;23(6):665-71.
- 144.** Chandra SP, et al. Analysis of changing paradigms of management in 179 patients with spinal tuberculosis over a 12-year period and proposal of a new management algorithm. *World Neurosurg*. 2013;80(1-2):190-203.
- 145.** Chandrashekhar E. Deopujari, Vikram S. Karmarkar, Nishit J. Shah, Endoscopic Approaches to the Craniovertebral Junction and Odontoid Process, *WORLD NEUROSURGERY* 82 [6S]: S49-S53, DECEMBER 2014
- 146.** Chibbaro S et al, The Endonasal Endoscopic Approach to Pathologies of the Anterior Craniocervical Junction: Analytical Review of Cases Treated at Four European Neurosurgical Centres, *Trends in Craniovertebral Junction Surgery, Acta Neurochirurgica Supplement*, Vol. 125, Springer Nature 2019
- 147.** Chi YL, Wang XY, Xu HZ, et al. Management of odontoid fractures with percutaneous anterior odontoid screw fixation. *Eur Spine J*. 2007;16(8): 1157-1164
- 148.** Chotai S, Kshetry VR, Ammirati M. Endoscopic-assisted microsurgical techniques at the craniovertebral junction: 4 illustrative cases and literature review. *Clin Neurol Neurosurg*. 2014;121:1-9.
- 149.** Choudhri O, Mindea SA, Feroze A, Soudry E, Chang SD, Nayak JV. Experience with intraoperative navigation and imaging during endoscopic transnasal spinal approaches to the foramen magnum and odontoid. *Neurosurg Focus*. 2014;36(3):E4.
- 150.** Choung PH. Transfacial approaches to the skull base. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 1994;20:23-32.
- 151.** Christ B, Wilting J (1992) From somites to vertebral column. *Ann Anat* 174:23-32
- 152.** Christensen DM, Eastlack RK, Lynch JJ, Yaszemski MJ, Currier BL. C1 anatomy and dimensions relative to lateral mass screw placement. *Spine* 2007;32:844-8.
- 153.** Christian M. Puttlitz and al, A biomechanical analysis of C2 corpectomy constructs, *The Spine Journal* 7 (2007) 210-215
- 154.** Christopher K. Kepler and al, Treatment of Axis Body Fractures A Systematic Review, *J Spinal Disord Tech* 2015
- 155.** Christopher E. Wolfer, Daniel K. Resnick, *Neurosurgical Operative Atlas Spine and Peripheral Nerves Third Edition*, 2017 Thieme Medical Publishers.
- 156.** Clark CR, White AA III: Fractures of the dens: A multicenter study. *J Bone Joint Surg Am*. 1985;67:1340-1348.
- 157.** Cocke EW, Robertson JH, Robertson JT, Crook JP. The extended maxillotomy and subtotal maxillectomy for excision of skull base tumors. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1990;116:92-104.
- 158.** Colamaria V, Mazza C, Beltramello A, et al. Irreversible respiratory failure in an achondroplastic child: the importance of an early cervicomedullary decompression, and a review of the literature. *Brain Dev* 1991;13(4):270-279
- 159.** Colli B, Al Mefty O (2001) Chordomas of the craniocervical junction: follow-up review and prognostic factors. *J Neurosurg* 95:933-943
- 160.** Colli BO, Al Mefty O (2001) Chordomas of the skull base: follow-up review and prognostic factors. *Neurosurg Focus* 10:E1
- 161.** Conaty JP, Mongan ES. Cervical fusion in rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg Am* 1981;63(8):1218-1227
- 162.** Condie B, Capecchi MR (1993) Mice homozygous for a targeted disruption of Hox d - 3 (Hox- 4.1) exhibit anterior

- transformations of the first and second cervical vertebrae, the atlas and axis. *Development* 119:579-595
- 163.** Cophignon J, George B, Marchac D, Roux F: Voie transbasale élargie par mobilisation du bandeau fronto-orbitaire. *Neurochirurgie* 29:407-410, 1983
- 164.** Coric D, Wilson JA, Kelly DL Jr. Treatment of traumatic spondylolisthesis of the axis with nonrigid immobilization. A review of 64 cases. *J Neurosurg.* 1996;85:550-554.
- 165.** Corey T. Walker and Volker K. H. Sonntag, Odontoid Fusion, *New Trends in Craniovertebral Junction Surgery*, *Acta Neurochirurgica Supplement*, Vol. 125, Springer Nature 2019
- 166.** Crawford NR, Peles JD, Dickman CA. The spinal lax zone and neutral zone: measurement techniques and parameter comparisons. *J Spinal Disord* 1998;11(5):416-429
- 167.** Crawford NR, Yamaguchi GT, Dickman CA. Methods for determining spinal flexion/extension, lateral bending, and axial rotation from marker coordinate data: analysis and refinement. *Hum Mov Sci* 1996;15(1):55-78
- 168.** Crisco JJ III, Oda T, Panjabi MM, Bueff HU, Dvorák J, Grob D. Transections of the C1-C2 joint capsular ligaments in the cadaveric spine. *Spine* 1991;16(10, Suppl):S474-S479
- 169.** Cristant L, Hermann HD. Surgical management of intramedullary spinal cord tumors: functional outcome and source of morbidity. *Neurosurgery.* 1994;35:69-76.
- 170.** Crockard HA, Essigman WK, Stevens JM, Pozo JL, Ransford AO, Kendall BE: Surgical treatment of cervical cord compression in rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis* 44:809-816, 1985
- 171.** Crockard HA, Johnston F. Development of transoral approaches to lesions of the skull base and craniocervical junction. *Neurosurg Q.* 1993;3(2):61-82.
- 172.** Crockard HA, Pozo JL, Ransford AO, Stevens JM, Kendall BE, Essigman WK. Transoral decompression and posterior fusion for rheumatoid atlanto-axial subluxation. *J Bone Jt Surg Br.* 1986;68:350-6.
- 173.** Crockard HA, Sen CN: The transoral approach for the management of intradural lesions at the craniovertebral junction: review of 7 cases. *Neurosurgery* 28:88-97, 1991
- 174.** Crockard HA. The transoral approach to the base of the brain and upper cervical cord. *Ann R Coll Surg Engl.* 1985;67(5):321-5.
- 175.** Crockard HA. Transoral surgery: some lessons learned. *Br J Neurosurg.* 1995;9:283-93.
- 176.** Crockard HA. Transoral surgery: some lessons learned. *Br J Neurosurg.* 1995;9:283-93.
- 177.** Crockard HA: Ventral approaches to the upper cervical spine. *Orthopade* 20:140-146, 1991
- 178.** Cronin and al CT evaluation of Chamberlain's, McGregor's, and McRae's skull-base lines *Clinical Radiology* (2009) 64, 64e69
- 179.** Dachling Pang & Dominic N. P. Thompson, Embryology and bony malformations of the craniovertebral junction, *Childs Nerv Syst* (2011) 27:523-564
- 180.** Dachling Pang, Treating Atlantooccipital Dislocation in Very Young Children and Infants: Solving the Archimedean Spiral, *j.wneu.2012.01.013*
- 181.** Dahlin DC. Giant-cell tumor of vertebrae above the sacrum: a review of 31 cases. *Cancer* 1977;39(3):1350-1356
- 182.** Dailey AT, Hart D, Finn MA, Schmidt MH, Apfelbaum RI. Anterior fixation of odontoid fractures in an elderly population. *J Neurosurg Spine* 2010;12:1-8.
- 183.** Danek Medical Inc. Songer cable system. Memphis, TN: Danek Medical, Inc.; 1990
- 184.** Daniel Neumann, Ulrich Dorn, Osteoid osteoma of the dens axis, *Eur Spine J* (2007) 16 (Suppl 3):S271-S274
- 185.** Daniel S. Leon-Ariza and al, Key aspects in foramen magnum meningiomas: From old neuroanatomical conceptions to current far lateral neurosurgical intervention, *World Neurosurgery* 2017.07.029.
- 186.** Daniel S. Yanni, Noel I. Perin, Fixation of the Axis, VOLUME 66 | NUMBER 3 | MARCH 2010 SUPPLEMENT
- 187.** David Choi and Hugh Alan Crockard, Transoral Approaches to Midline Pathology of the Ventral Skull Base, Craniovertebral Junction, and Upper Cervical Spine p229 *The Rheumatoid Neck: Changing Pathology Requires Altering Surgical Strategies P104, Surgery of the Craniovertebral Junction Second Edition*
- 188.** Davis GK, Patel NH (1999) The origin and evolution of segmentation. *Trends Cell Biol* 24(12):M68-72
- 189.** De Almeida JR, Zanation AM, Snyderman CH, Carrau RL, Prevedello DM, Gardner PA, Kassam AB. Defining the nasopalatine line: the limit for endonasal surgery of the spine. *Laryngoscope.* 2009;119(2):239-44.
- 190.** De Cristofaro R, Biagini R, Boriani S, et al. Selective arterial embolization in the treatment of aneurysmal bone cyst and angioma of bone. *Skeletal Radiol* 1992;21:523-527
- 191.** Dehdashti AR, Karabatsou K, Ganna A, Witterick I, Gentili F: Expanded endoscopic endonasal approach for treatment of clival chordomas: early results in 12 patients. *Neurosurgery* 63:299-307, 2008.

- 192.** Delgado T, Garrido E et al (1981) Labiomandibular, transoral approach to chordomas in the clivus and upper cervical spine. *Neurosurgery* 8(6):675-679
- 193.** Denaro V, Papalia R, Di Martino A, Denaro L, Maffulli N. The best surgical treatment for type II fractures of the dens is still controversial. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469(3):742-50.
- 194.** De Oliveira E, Rhoton AL Jr, Peace D. Microsurgical anatomy of the region of the foramen magnum. *Surg Neurol* 1985;24(3):293-352
- 195.** Derome PJ: The transbasal approach to tumors invading the base of the skull, in Schmidek HH, Sweet WH (eds): *Operative Neurosurgical Techniques. Indications, Methods, and Results.* Boston: Grune & Stratton, 1982, Vol 1, pp 357-379
- 196.** Deutsch H, Haid RW Jr, Rodts GE Jr, Mummaneni PV. Occipitocervical fixation: long-term results. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005;30(5):530-535
- 197.** Devi BI, Shenoy SN, Panigrahi MK, Chandramouli BA, Das BS, Jayakumar PN (1997) Anomaly of arch of atlas—a rare cause of symptomatic canal stenosis in children. *Pediatr Neurosurg* 26:214-218
- 198.** Dickman CA, Crawford NR, Brantley AG, Sonntag VK. Biomechanical effects of transoral odontoidectomy. *Neurosurgery* 1995;36(6): 1146-1152, discussion 1152-1153
- 199.** Dickman CA, Crawford NR, Paramore CG. Biomechanical characteristics of C1-2 cable fixations. *J Neurosurg* 1996;85(2):316-322
- 200.** Dickman CA, Crawford NR, Tominaga T, Brantley AG, Coons S, Sonntag VK. Morphology and kinematics of the baboon upper cervical spine. A model of the atlantoaxial complex. *Spine* 1994;19(22):2518-2523
- 201.** Dickman CA, Douglas RA, Sonntag VKH. Occipitocervical fusion: posterior stabilization of the craniovertebral junction and upper cervical spine. *BNI Q* 1990;6(2):2-14
- 202.** Dickman CA, Locantoro J, Fessler RG. The influence of transoral odontoid resection on stability of the craniovertebral junction. *J Neurosurg* 1992;77(4):525-530
- 203.** Dickman CA, Mamourian AA, Sonntag VKV, Drayer BPB. Magnetic resonance imaging of the transverse atlantal ligament for the evaluation of atlantoaxial instability. *J Neurosurg.* 1991; 75:221-227. doi:10.3171/jns.1991.75.2.0221.
- 204.** Dickman CA, Nicholas Theodore, and Neil R. Crawford, *Biomechanics of the Craniovertebral Junction, Surgery of the Craniovertebral Junction* Second Edition
- 205.** Dickman CA, Papadopoulos SM, Sonntag VKH, Spetzler RF, Rekate HL, Drabier J. Traumatic occipitatlantal dislocations. *J Spinal Disord* 1993;6(4):300-313 Review .
- 206.** Dickman CA, Robert F. Spetzler, Volker K. H. Sonntag, Nicholas C. Bambakidis, and Paul J. Apostolides , *Transoral Approach to the Craniovertebral Junction Surgery of the Craniovertebral Junction* Second Edition 2012
- 207.** Dickman CA, Sonntag VK. Injuries involving the transverse atlantal ligament:classification and treatment guidelines based upon experience with 39 injuries.*Neurosurgery* 1997;40:886-7.
- 208.** Dickman CA, Sonntag VK, Marcotte PJ: Techniques of screw fixation of the cervical spine. *BNI Q* 8:9-26, 1992
- 209.** Dickman CA and Volker K. H. Sonntag, *General Principles of Spinal Screw Fixation, Surgery of the Craniovertebral Junction* Second Edition
- 210.** Dietrich S, Kessel M (1997) The vertebral column. In: Thorogood P (ed) *Embryos, genes and birth defects.* Wiley, Chichester, pp 281-302
- 211.** Di Lorenzo N. Craniocervical junction malformation treated by transoral approach. A survey of 25 cases with emphasis on postoperative instability and outcome. *Acta Neurochir (Wien).* 1992;118:112-6.
- 212.** Di Lorenzo N, Fortuna A, Guidetti B. Craniovertebral junction malformations. Clinicoradiological findings, long-term results and surgical indications in 63 cases. *J Neurosurg.* 1982;57:603-8.
- 213.** Di Paolo A, Piccirilli M, Pescatori L, Santoro A, D'Elia A. Single institute experience on 108 consecutive cases of type II odontoid fractures: surgery versus conservative treatment. *Turk Neurosurg.* 2014;24(6):891-6.
- 214.** Di X. Multiple brain tumor nodule resections under direct visualization of a neuronavigated endoscope. *Minim Invasive Neurosurg.* 2007;50:227-32.
- 215.** Doherty BJ, Heggeness MH: The quantitative anatomy of the atlas. *Spine* 22:2497-2500, 1994.
- 216.** Donald PJ. Transfacial approach. In: Donald PJ, editor. *Surgery of the skull base.* Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998. p. 165-94.
- 217.** Driscoll DR: Anatomical and biomechanical characteristics of upper cervical ligamentous structures: a review. *J Manipulative Physiol Ther* 10:107-110, 1987
- 218.** Dubey A, Sung WS, Shaya M, et al. Complications of posterior cranial fossa surgery—an institutional experience of 500 patients. *Surg Neurol* 2009;72:369-375 PubMed
- 219.** Duntze J, Eap C, Kleiber JC, Theret E, Dufour H, Fuentes S, Litre CF. Advantages and limitations of endoscopic endonasal odontoidectomy. A series of nine cases.

- Orthop Traumatol Surg Res. 2014;100:775-8.
- 220.** Dvorak J, Schneider E, Saldinger P, Rahn B: Biomechanics of the craniocervical region: the alar and transverse ligaments. *J Orthop Res* 6:452-461, 1988
- 221.** Dzung dinh, Todd mccall, Tobias A. Mattei, Sadashiv Karanth, and William Lee, *Surgical Anatomy and Biomechanics of the Craniovertebral Junction, Surgical Anatomy & Techniques to the Spine SECOND EDITION 2013 by Saunders*
- 222.** Ebraheim N, Rollins JR Jr, Xu R, Jackson WT: Anatomic consideration of C2 pedicle screw placement. *Spine* 21:691-695, 1996
- 223.** Eduardo Martinez-del-Campo and al, Occipitocervical Fixation: A Single Surgeon's Experience With 120 Patients *Neurosurgery* volume 79 | Number 4 | October 2016 | 549
- 224.** Ehab Shiban and al, The far-lateral approach: destruction of the condyle does not necessarily result in clinically evident craniovertebral junction instability, *J Neurosurg* November 6, 2015
- 225.** El-Sayed IH, J-C W, Ames CP, Balamurali G, Mummaneni PV. Combined transnasal and transoral endoscopic approaches to the craniovertebral junction. *J Craniovertebr Junction Spine.* 2010;1(1):44-8.
- 226.** Emery SE, Bolesta MJ. Complications of cervical spine surgery. In: Bridwell KW, DeWald RL, editors. *The textbook of spinal surgery.* 2nd ed. Philadelphia7 Lippincott-Raven; 1997. p. 1427- 38
- 227.** Erik Pietro Sganzerla and al, Craniovertebral Junction Pathological Features and Their Management in the Mucopolysaccharidoses, *Advances and Technical Standards in Neurosurgery* 40, Springer 2014
- 228.** Esposito F, Becker DP, Villablanca JP, Kelly DF. Endonasal transsphenoidal transclival removal of prepontine epidermoid tumors: technical note. *Neurosurgery.* 2005;56(2 Suppl):E443.
- 229.** Etter C. Combined anterior screw fixation of an odontoid fracture and the atlanto-axial joints (C1/C2) in a geriatric patient. *Eur Spine J.* 2016;25:280-4.
- 230.** Fard SA, Patel AS, Avila MJ, Sattarov KV, Walter CM, Skoch J, Baaj AA. Anatomic considerations of the anterior upper cervical spine during decompression and instrumentation: a cadaveric based study. *J Clin Neurosci.* 2015;22(11):1810-5.
- 231.** Feiz-Erfan I, Han PP, Spetzler RF, Klopfenstein JD, Porter RW, Beals SP, et al: Preservation of olfaction in anterior craniofacial surgery through cribriform plate osteotomy. *Skull Base* 14:19, 2004
- 232.** Feiz-Erfan I, Spetzler RF, Horn EM, Porter RW, Beals SP, Lettieri SC, et al: Proposed classification for the transbasal approach and its modifications. *Skull Base* 18:29-47, 2008
- 233.** Fernández Cornejo VJ, Martínez-Lage JF, Piqueras C, Gelabert A, Poza M. Inflammatory atlanto-axial subluxation (Grisel's syndrome) in children: clinical diagnosis and management. *Childs Nerv Syst.* 2003;19(5-6):342-7.
- 234.** Fidel hita-Contreras, Olga roda, Antonio Martinez-Amat, David Cruz-Diaz, Juan A. Merida-velasco and Indalecio Sanchez-Montesinos Embryonic and Early Fetal Period Development and Morphogenesis of Human Craniovertebral Junction *Clinical Anatomy* 27:337-345 (2014)
- 235.** Fielding JW, Cochran GB, Lawsing JF III, Hohl M. Tears of the transverse ligament of the atlas. A clinical and biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am* 1974;56(8):1683-1691
- 236.** Filippo Maria Polli and al, Atlantoaxial anterior transarticular screw fixation: a case series and reappraisal of the technique, *The Spine Journal* 15 (2015) 185-193
- 237.** Finn MA, Macdonald JD. C2-3 anterior cervical fusion: technical report. *Clin Spine Surg.* 2016;29(10):E536-41.
- 238.** Foerster O: *Die Leitungsbahnen des Schmerzgefühls und die chirurgische Behandlung der Schmerzzustände.* Berlin: Urban & Schwarzenburg, 1927
- 239.** Fowler JL, Sandhu A, Fraser RD. A review of fractures of the atlas vertebra. *JSpinal Disord* 1990;3:19-24.
- 240.** Francesco Signorelli and al, Endoscope-Assisted Far Lateral Approach to the Craniovertebral Junction with Neuronavigation: A Cadaver Laboratory Experience *New Trends in Craniovertebral Junction Surgery, Acta Neurochirurgica Supplement, Vol. 125 Springer Nature 2019*
- 241.** Francesco Signorelli, Walter Pisciotta, Vittorio Stumpo, Pasquale Ciappetta, Alessandro Olivi, and Massimiliano Visocchi *The Extreme Lateral Approach to the Craniovertebral Junction: An Anatomical Study New Trends in Craniovertebral Junction Surgery, Acta Neurochirurgica Supplement, Vol. 125, 175 Springer Nature 2019*
- 242.** Frank Kandziora and al, Treatment of Atlas Fractures: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU), *Global Spine Journal* 2018, Vol. 8(2S) 5S-11S
- 243.** Gao P, Osborn AG, Smirniotopoulos JG, et al. Neurenteric cysts: pathology, imaging spectrum, and differential diagnosis. *Int J Neuroradiol* 1995;1: 17-27

- 244.** Garrett M, Consiglieri G, Kakarla UK, Chang SW, Dickman CA. Occipitoatlantal dislocation. *Neurosurgery* 2010; 66: 48-55 [PMID: 20173527 DOI: 10.1227/01.NEU.0000365802.02410.C5]
- 245.** Garrett M, Consiglieri G, Nakaji P. Transcranial minimally invasive neurosurgery for tumors. *Neurosurg Clin N Am* 2010; 21: 595-605.
- 246.** Garrido BJ, Myo GK, Sasso RC. Rigid versus nonrigid occipitocervical fusion: a clinical comparison of short-term outcomes. *J Spinal Disord Tech* 2011;24:20-23
- 247.** Gehweiler J, Daffner R, Roberts LJ (1983) Malformations of the atlas vertebra simulating the Jefferson fracture. *Am J Roentgenol* 149:1083-1086
- 248.** Gehweiler JA, Osborne RL, Becker RF. *The Radiology of vertebral Trauma.* Philadelphia: W.B. Saunders Company; 1980
- 249.** Ghanta.R.K, Ameen Mohammad Large ventral foramen magnum meningioma: Retrosigmoid suboccipital approach, *Journal of Craniovertebral Junction and Spine* 2011, 2:2
- 250.** Gholve PA, Hosalkar HS, Ricchetti ET, Pollock AN, Dormans JP, Drummond DS. Occipitalization of the atlas in children. Morphologic classification, associations, and clinical relevance. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:571-8.
- 251.** Giuseppe La Rocca, Roberto Altieri, Luca Ricciardi, Alessandro Olivi, Giuseppe Maria Della Pepa Anatomical study of occipital triangles: the 'inferior' suboccipital triangle, a useful vertebral artery landmark for safe postero-lateral skull base surgery, *Acta Neurochir, Springer-Verlag GmbH Austria* 2017
- 252.** Gladi M, Iacoangeli M, Specchia N, Re M, Dobran M, Alvaro L, Moriconi E, Scerrati M. Endoscopic transnasal odontoid resection to decompress the bulbo-medullary junction: a reliable anterior minimally invasive technique without posterior fusion. *Eur Spine J.* 2012;21:55
- 253.** Gleizes V, Jacquot FP, Signoret F, et al. Combined injuries in the upper cervical spine: Clinical and epidemiological data over a 14-year period. *Eur Spine J.* 2000;9:386-392
- 254.** Gmaan Alzhrani and al, Extreme lateral transodontoid approach to the ventral craniocervical junction: cadaveric dissection and case illustrations, *J Neurosurg* September 14, 2018
- 255.** Goel et al Radiologic Evaluation of Basilar Invagination Without Obvious Atlantoaxial Instability (Group B Basilar Invagination): Analysis Based on a Study of 75 Patients, *world neurosurgery* 95: 375-382, november 2016
- 256.** Goel A, Achawal P. The surgical treatment for Chiari malformation associated with atlantoaxial dislocation. *Br J Neurosurg* 1995;9:67-72
- 257.** Goel A, Amol Kaswa, Abhidha Shah, Survendra Rai, Sandeep Gore, Pralhad Dharurkar, Extraspinal-Interdural Surgical Approach for C2 Neurinomas—Report of an Experience with 50 Cases, *WORLD NEUROSURGERY* 110: 575-582, FEBRUARY 2018
- 258.** Goel A, Apurva Prasad, Abhidha Shah, Sandeep More, C1-2 and C2-3 Instability in the Presence of Hypoplastic Posterior Elements of C2 Vertebra: Report of 2 Cases, *WORLD NEUROSURGERY* 110: 604-608, FEBRUARY 2018
- 259.** Goel A, Basilar Invagination: Role of Craniovertebral Realignment on the Basis of a New Classification. *The Craniovertebral Junction: Diagnosis, Pathology, Surgical Techniques* 2011 Georg Thieme Verlag,
- 260.** Goel A, Bhatjiwale M, Desai K. Basilar invagination: a study based on 190 surgically treated patients. *J Neurosurg* 1998; 88(6):962-968
- 261.** Goel A. Craniovertebral anomalies: role for craniovertebral realignment. *Neurol India* 2004;52(4):427 - 9.
- 262.** Goel A, Desai K, Muzumdar D. Surgery on anterior foramen magnum meningiomas using a conventional posterior suboccipital approach: a report on an experience with 17 cases. *Neurosurgery* 2001;49(01):102-106, discussion 106-107
- 263.** Goel A, Laheri VK. Plate and screw fixation for atlanto-axial dislocation. (Technical report) *Acta Neurochir (Wien)* 1994;129:47- 53.
- 264.** Goel A, Muzumdar D, Nadkarni T, Desai K, Dange N, Chagla A. Retrospective analysis of peripheral nerve sheath tumors of the second cervical nerve root in 60 surgically treated patients. *J Neurosurg Spine.* 2008;8:129-134
- 265.** Goel A. Treatment of basilar invagination by atlantoaxial joint distraction and direct lateral mass fixation. *J Neurosurg Spine* 2004;1(3):281 - 6.
- 266.** Gonzalez LF, Crawford NR, Chamberlain RH, et al. Craniovertebral junction fixation with transarticular screws: biomechanical analysis of a novel technique. *J Neurosurg* 2003;98(2, Suppl):202-209
- 267.** Graffeo CS, Perry A, Puffer RC, Carlstrom LP, Chang W, Mallory GW, Clarke MJ. Deadly falls: operative versus nonoperative management of type II odontoid process fracture in octogenarians. *J Neurosurg Spine.* 2016;26(January):1-6.
- 268.** Graham C Hall and al, Atlanto-occipital

- dislocation, *World J Orthop* 2015 March 18; 6(2): 236-243
- 269.** Granit Molliqaj, Philipp Dammann, Karl Schaller, Ulrich Sure, and Enrico Tessitore, Management of Craniovertebral Junction Tuberculosis Presenting with Atlantoaxial Dislocation, *New Trends in Craniovertebral Junction Surgery, Acta Neurochirurgica Supplement*, Vol. 125, Springer Nature 2019
- 270.** Grauer JN, Shafi B, Hilibrand AS, et al. Proposal of a modified, treatment-oriented classification of odontoid fractures. *Spine J*. 2005;5:123-129
- 271.** Greene KA, Dickman CA, Marciano FF, et al. Transverse atlantal ligament disruption associated with odontoid fractures. *Spine*. 1994;19:2307-2314.
- 272.** Greene KA, Dickman CA, Marciano FF, Drabier JB, Hadley MN, Sonntag VK. Acute axis fractures. Analysis of management and outcome in 340 consecutive cases. *Spine* 1997;22(16):1843-1852
- 273.** Grisel P. Eucleation de l'atlas et torticollis nasopharyngien. *Presse Med*. 1930;38:50-3.
- 274.** Grob D, Jeanneret B, Aebi M, Markwalder TM. Atlanto-axial fusion with transarticular screw fixation. *J Bone Joint Surg Br* 1991; 73(6):972-976
- 275.** Grubb MR, Currier BL, Pritchard DJ, Ebersold MJ. Primary Ewing's sarcoma of the spine. *Spine* 1994;19:309-313
- 276.** Gunnarsson T, Massicotte EM, Govender PV, Raja Rampersaud Y, Fehlings MG. The use of C1 lateral mass screws in complex cervical spine surgery: indications, techniques, and outcome in a prospective consecutive series of 25 cases. *J Spinal Disord Tech* 2007;20:308-16.
- 277.** Gupta V, Khandelwal N, MD, Dip NBE, Mathuria S, MS, MCh, Singh P, MD, Pathak A, MS, MCh, and Suri S, MD, DABR. Dynamic Magnetic Resonance Imaging Evaluation of Craniovertebral Junction Abnormalities. *J Comput Assist Tomogr*. 2007;31.
- 278.** Gupta SK, Mohindra S, Morales BS, et al. Tuberculosis of the craniovertebral junction: is surgery necessary? *Neurosurgery* 2006;58(6). 1144-1150; discussion 1144e1150.
- 279.** Hadad G, Bassagasteguy L, Carrau RL, et al. A novel reconstructive technique after endoscopic expanded endonasal approaches: vascular pedicle nasoseptal flap. *Laryngoscope* 2006;116(10):1882-1886
- 280.** Hadley MN, Browner CM, Liu SS, Sonntag VK. New subtype of acute odontoid fractures (type IIA). *Neurosurgery*. 1988;22(1 Pt 1):67-71
- 281.** Hadley MN, Browner C, Sonntag VK (1985) Axis fractures: a comprehensive review of management and treatment in 107 cases. *Neurosurgery* 17:281-290
- 282.** Hadley MN, Martin NA, Spetzler RF, Sonntag VK, Johnson PC. Comparative transoral dural closure techniques: a canine model. *Neurosurgery* 1988;22(2):392-397
- 283.** Hadley MN, Spetzler RF, Sonntag VKH. The transoral approach to the superior cervical spine. A review of 53 cases of extradural cervicomedullary compression. *J Neurosurg* 1989;71(1):16-23
- 284.** Hakalo J, Wronski J. Operative treatment of hangman's fractures of C2. Posterior direct pars screw repair or anterior plate-cage stabilization? *Neurol Neurochir Pol*. 2008;42(1):28-36.
- 285.** Haller JM, Iwanik M, Shen FH. Clinically relevant anatomy of high anterior cervical approach. *Spine*.2011;36(25):2116-21.
- 286.** Hamblen DL: Occipito-cervical fusion: Indications, technique and results. *J Bone Joint Surg Br* 49:33-45, 1967
- 287.** Han PP, Beals SP, Spetzler RF, Lawton MT, Feiz-Erfan I, Joganic EF, et al: Clinical application of the classification scheme of transfacial approaches. *Op Tech Neurosurg* 2:218-230, 1999
- 288.** Hanakita J, Miyake H, Nagayasu S, Nishi S, Suzuki T: Angiographic examination and surgical treatment of bow hunter's stroke. *Neurosurgery* 23: 228-232, 1988.
- 289.** Hanson PB, Montesano PX, Sharkey NA, Rauschnig W. Anatomic and biomechanical assessment of transarticular screw fixation for atlantoaxial instability. *Spine* 1991;16(10):1141-1145
- 290.** Hanssen AD, Cabanela ME. Fractures of the dens in adult patients. *J Trauma*. 1987;27:928-934.
- 291.** Harkey HL, Crockard HA, Stevens JM, Smith R, Ransford AO. The operative management of basilar impression in osteogenesis imperfecta. *Neurosurgery* 1990;27(5):782-786, discussion 786
- 292.** Harmanli O, Koyfman Y. Traumatic atlanto-occipital dislocation with survival: a case report and review of the literature. *Surg Neurol* 1993; 39: 324-330 [PMID: 8488454]
- 293.** Harms J, Melcher RP. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine (Phila Pa 1976)* 2001;26(22):2467-71.
- 294.** Härtl R, Chamberlain RH, Fifield MS, Chou D, Sonntag VK, Crawford NR. Biomechanical comparison of two new atlantoaxial fixation techniques with C1-2 transarticular screw-graft fixation. *J Neurosurg Spine* 2006;5(4):336-342
- 295.** Hayashi N, Cohen AR. Endoscope-assisted far-lateral transcondylar approach to the skull base. *Minim Invas Neurosurg* 2002; 45: 132-135.

- 296.** Hellwig D, Bauer BL. Minimally invasive neurosurgery by means of ultrathin endoscopes. *Acta Neurochir Suppl (Wien)* 1992; 54: 63-68
- 297.** Herkowitz HN. *Cervical spine surgery atlas*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2004.
- 298.** Heros RC. Lateral suboccipital approach for vertebral and vertebrobasilar artery lesions. *J Neurosurg.* 1986;64(4):559-62.
- 299.** Heywood AW, Learmonth ID, Thomas M. Internal fixation for occipito-cervical fusion. *J Bone Joint Surg Br* 1988;70(5):708-711
- 300.** HIROSHI ABE Fetal Development of the Transverse Atlantis and Alar Ligaments at the Craniovertebral Junction *Clinical Anatomy* 00:000-000 (2012)
- 301.** Hitotsumatsu T, Rhoton AL. Unilateral upper and lower subtotal maxillectomy approaches to the cranial base: microsurgical anatomy. *Neurosurgery* 2000;46:1416-53.
- 302.** Hoffman JR, Mower WR, Wolfson AB et al. Validity of a set of clinical criteria to rule out injury to the cervical spine in patients with blunt trauma. National Emergency X-Radiography Utilization Study Group. *N Engl*
- 303.** Ho Jun Yi and al, Analysis of Risk Factors for Posterior C1 Screw-Related Complication: A Retrospective Study of 358 Posterior C1 Screws OPERATIVE NEUROSURGERY VOLUME 17 | NUMBER 5 | NOVEMBER 2019 | 509
- 304.** Holly LT, Isaacs RE, Frempong-Boadu AK: Minimally invasive atlantoaxial fusion. *Neurosurgery* 66 (3 Suppl): 193-197, 2010
- 305.** Honeybul S, Neil-Dwyer G, Lang DA, Evans BT, Weller RO, Gill J. The extended transbasal approach: a quantitative anatomical and histological study. *Acta Neurochir (Wien)* 1999;141:251-9
- 306.** Honma G, Murota K, Shiba R, Kondo H (1989) Mandible and tongue splitting approach for giant cell tumor of axis. *Spine* 14:1204-1210
- 307.** Hott JS, Henn JS, Sonntag VK. A new table-fixed retractor for anterior odontoid screw fixation: technical note. *J Neurosurg.* 2003;98(3 Suppl):294-6.
- 308.** Houghton S. On hanging, considered from a mechanical and physiological point of view. *Philos Mag J.* 1866;32:23-24.
- 309.** Hoyte DAN. The role of the cranial base in normal and abnormal skull development. In: Persing JA, Edgerton MT, Jane JA, eds. *Scientific Foundation and Surgical Treatment of Craniostyosis*. Baltimore, MD: Williams & Wilkins, 1989
- 310.** Hsu YH, Liang ML, Yen YS, et al. Use of screw-rod system in occipitocervical fixation. *J Chin Med Assoc.* 2009;72:20-28
- 311.** Hudson TM. Fluid levels in aneurysmal bone cysts: a CT feature. *AJR Am J Roentgenol* 1984;142(5):1001-1004
- 312.** Hug EB (2001) Review of skull base chordomas: prognostic factors and long-term results of proton-beam radiotherapy. *Neurosurg Focus* 10:E11
- 313.** Hughes DG, Chadderton RD, Cowie RA et al (1997) MRI of the brain and craniocervical junction in Morquio's disease. *Neuroradiology* 39:381-385
- 314.** Huhn SL, Wolf AL, Ecklund J. Posterior spinal osteosynthesis for cervical fracture/dislocation using a flexible multistrand cable system: technical note. *Neurosurgery* 1991;29(6):943-946
- 315.** Hur H, Lee JK, Jang JW, Kim TS, Kim SH. Is it feasible to treat unstable hangman's fracture via the primary standard anterior retropharyngeal approach, *Eur Spine J.* 2014 Aug; 23(8):1641-7.
- 316.** Hurlbert RJ, Crawford NR, Choi WG, Dickman CA. A biomechanical evaluation of occipitocervical instrumentation: screw compared with wire fixation. *J Neurosurg* 1999;90(1, Suppl) 84-90
- 317.** Husain M, Rastogi M, Ojha BK, Chandra A, Jha DK. Endoscopic transoral surgery for craniocervical junction anomalies. Technical note. *J Neurosurg Spine* 2006;5(4):367-373
- 318.** Huybregts JG, Jacobs WC, Vleggeert-Lankamp CL. The optimal treatment of type II and III odontoid fractures in the elderly: a systematic review. *Eur Spine J.* 2013;22:1-13.
- 319.** HYUNCHUL SHIN and al, Occipitocervical fusion after resection of craniocervical junction tumors *J Neurosurg Spine* 4:137-144, 2006
- 320.** Iacoangeli M, Gladi M, Alvaro L, Di Rienzo A, Specchia N, Scerrati M. Endoscopic endonasal odontoidectomy with anterior C1 arch preservation in elderly patients affected by rheumatoid arthritis. *Spine J.* 2013;13(5):542-8.
- 321.** Iai H, Goto S, Yamagata M, et al. Three-dimensional motion of the upper cervical spine in rheumatoid arthritis. *Spine* 1994;19(3): 272-276
- 322.** IMAN FEIZ-ERFAN and al, The radical transbasal approach for resection of anterior and midline skull base lesions, *J Neurosurg* 103:485-490, 2005
- 323.** Innoue A, Ohue S, Kumon Y, Iwata S, Matsui S, Ohnishi T. A case involving complete removal of C2 dumbbell type neurinoma with preservation of the surrounding supportive tissue. *No Shinkei Geka.* 2005;33:1089-1093
- 324.** Işık HS, Sandal E, Çağlı S. Clinical Outcomes of Posterior C1 and C2 Screw-Rod Fixation for Atlantoaxial Instability. *Turk Neurosurg.* 2017 Jun 14
- 325.** Isolated fractures of the axis in adults. In: *Guidelines for the management of acute cervical spine and spinal cord injuries.*

- Neurosurgery. 2002;50(3 suppl):S125-S139.
- 326.** Jaffe HL (1956) Benign osteoblastoma. *Bull Hosp Joint Dis Orthop Inst* 17(2):141-151
- 327.** Jair L. Raso, MDa,4, Sebastião Gusmão, Transbasal approach to skull base tumors: evaluation and proposal of classification, *Surgical Neurology* 65 (2006) S1:33- S1:38
- 328.** James K. Liu, Extreme lateral transcondylar approach for resection of ventrally based meningioma of the craniovertebral junction and upper cervical spine *Neurosurg Focus (Suppl)* 33 (1):Video 5, 2012
- 329.** James k. Liu, and William T. Couldwell, Far-lateral transcondylar approach: surgical technique and its application in neurenteric cysts of the cervicomedullary junction *Neurosurg Focus* 19 (2):E9, 2005
- 330.** James K. Liu, William T. Couldwell, and Ronald I. Apfelbaum, Transoral Approach and Extended Modifications for Lesions of the Ventral Foramen Magnum and Craniovertebral Junction, *SKULL BASE/VOLUME 18, NUMBER 3 2008*
- 331.** James T. Brookes & Richard J. H. Smith & Arnold H. Menezes & M. C. Smith, Median labiomandibular glossotomy approach to the craniocervical region, *Childs Nerv Syst* (2008) 24:1195-1201
- 332.** Jeanneret B, Magerl F. Primary posterior fusion C1/2 in odontoid fractures: indications, technique, and results of transarticular screw fixation. *J Spinal Disord* 1992;5(4):464-475
- 333.** Jho HD, Ha HG. Endoscopic endonasal skull base surgery: part 3. The clivus and posterior fossa. *Minim Invasive Neurosurg.* 2004;47:16-23.
- 334.** Jittapiromsak P, Wu A, Deshmukh P, Feiz-Erfan I, Nakaji P, Spetzler RF, et al: Comparative analysis of extensions of transbasal approaches: effect on access to midline and paramedian structures. *Skull Base* 19:387-399, 2009
- 335.** Joaquim AF, Ghizoni E, Tedeschi H, Yacoub AR, Brodke DS, Vaccaro AR, Patel AA. Upper cervical injuries: clinical results using a new treatment algorithm. *J Craniovertebr Junction Spine.* 2015;6(1):16-20.
- 336.** Joachim M. Gilsbach, and al, The Supracondylar Approach to the Jugular Tubercle and Hypoglossal Canal, *Surg Neurol* 1998;50:563-70
- 337.** Joaquim AF, Patel AA. Surgical treatment of type II odontoid fractures: anterior odontoid screw fixation or posterior cervical instrumented fusion? *Neurosurg Focus.* 2015;38
- 338.** Joestl J, Lang NW, Tiefenboeck TM, Hajdu S, Platzer P. Management and outcome of dens fracture nonunions in geriatric patients. *J Bone Joint Surg Am.* 2016;98:193-8.
- 339.** Johnson B, Jayasekera N. Fracture through the body of the axis. *Internet J Orthop Surg.* 2008;8:1.
- 340.** Jones PS, Aghi MK, Muzikansky A, Shih HA, Barker FG II, Curry WT Jr: Outcomes and patterns of care in adult skull base chordomas from the Surveillance, Epidemiology, and End Results (SEER) database. *J Clin Neurosci* 21:1490-1496, 2014
- 341.** Joseffer SS, Post N, Cooper PR, Frempong-Boadu AK: Minimally invasive atlantoaxial fixation with a polyaxial screw-rod construct: technical case report. *Neurosurgery* 58:ONS-E375; discussion ONSE375, 2006.
- 342.** Joseph F. Baker, Asseer Shafqat, Aiden Devitt, John P. McCabe, Stabilization of metastatic lesions affecting the second cervical vertebra, *Journal of Craniovertebral Junction and Spine* 2015, 6: 15
- 343.** Joshua Scheidler, Eric A.K. Mayer *Muscular Support of the Spine* P 51-57 *Benzel's Spine Surgery Techniques, Complication Avoidance, and Management* 4TH edition
- 344.** Jorg Klekamp, *Treatment of basilar invagination, Eur Spine J Springer-Verlag Berlin Heidelberg* 2014
- 340.** Julien TD, Frankel B, Traynelis VC, Ryken TC. Evidence-based analysis of odontoid fracture Management. *Neurosurg Focus.* 2000;8(6):e1.
- 345.** José J. C. Nascimento1 and al *Diagnostic accuracy of classical radiological measurements for basilar Invagination of type B at MRI European Spine Journal Springer Nature* 2018
- 346.** Justin S. Smith, Christopher I. Shaffrey, Mark F. Abel, Arnold H. Menezes, *Basilar Invagination, neurosurgery volume 66, number 3, march 2010 supplement*
- 347.** Kachur E, Del Maestro R (2000) *Mucopolysaccharidoses and spinal cord compression: case report and review of the literature with implications of bone marrow transplantation. Neurosurgery* 47(1):223-228, discussion 228-9
- 348.** Kai Shen · Zhongliang Deng · Junsong Yang · Chao Liu · Ranxi Zhang, *Biomechanical study of novel unilateral C1 posterior arch screws and C2 laminar screws combined with an ipsilateral crossed C1-C2 pedicle screw-rod fixation for atlantoaxial instability, Arch Orthop Trauma Surg, Springer-Verlag GmbH Germany* 2017
- 349.** Kan P, Schmidt MH. Osteoid osteoma and osteoblastoma of the spine. *Neurosurg*

Clin N Am 2008;19(1):65-70

350. Kanavel AB. Bullet located between the atlas and the base of the skull: technique of removal through the mouth. *Surg Clin Chicago*. 1917;1:361-6.

351. Kao SC, Waziri MH, Smith WL et al (1989) MR imaging of the craniovertebral junction, cranium, and brain in children with achondroplasia. *AJR Am J Roentgenol* 153:565-569

352. Kaplan FS. Paget's disease of bone: exploring the questions. *Calcif Tissue Int* 1992;51(1):1-3

353. Kaprealian T, Raleigh DR, Sneed PK, Nabavizadeh N, Nakamura JL, McDermott MW. Parameters influencing local control of meningiomas treated with radiosurgery. *J Neurooncol* 2016;128(02): 357-364

354. Kasemsiri P, Carrau RL, Ditzel Filho LF, Prevedello DM, Otto BA, Old M, de Lara D, Kassam AB. Advantages and limitations of endoscopic endonasal approaches to the skull base. *World Neurosurg*. 2014;82:S12-21.

355. Kassam A, Carrau RL, Snyderman CH, Gardner P, Mintz A. Evolution of reconstructive techniques following endoscopic expanded endonasal approaches. *Neurosurg Focus* 2005;19(1):E8

356. Kassam AB, Snyderman C, Gardner P, Carrau R, Spiro R. The expanded endonasal approach: a fully endoscopic transnasal approach and resection of the odontoid process: technical case report. *Operative Neurosurg* 2005;57(Suppl. 1):E213.

357. Kassam A, Snyderman CH, Mintz A, Gardner P, Carrau RL. Expanded endonasal approach: the rostrocaudal axis. Part II. Posterior clinoids to the foramen magnum. *Neurosurg Focus*. 2005;19(1):E4

358. Kawashima M, Tanriover N, Rhoton AL Jr, Ulm AJ, Matsushima T: Comparison of the far lateral and extreme lateral variants of the atlanto-occipital transarticular approach to anterior extradural lesions of the craniovertebral junction. *Neurosurgery* 53:662-675, 2003

359. Kazan S, Tuncer R, Sindel M. Percutaneous anterior odontoid screw fixation technique. A new instrument and a cadaveric study. *Acta Neurochir*. 1999;141(5):521-4.

360. Keith L. Moore, T.V.N. (Vid) Persaud Mark G. Torchia, The developing human p11-36

361. Keith L. Moore, T.V.N. (Vid) Persaud Mark G. Torchia, THE DEVELOPING HUMAN p51-68

362. Kern Singh, Alexander R. Vaccaro, Pocket Atlas of Spine Surgery, Thieme Medical Publishers 2012

363. Kessel M, Gruss P (1991) Homeotic transformation of murine vertebrae and concomitant alteration of Hox codes induced by retinoic acid. *Cell* 67:1-20

364. Ketcham AS, Wilkins RH, Van Buren JM, Smith RR. A combined intracranial facial approach to the paranasal sinuses. *Am J Surg* 1963;106:698-703

365. Kevin Burke,; Arnau Benet, ; Manish K. Aghi, ; Ivan El-Sayed, Impact of Platybasia and Anatomic Variance on Surgical Approaches to the Craniovertebral Junction, *Laryngoscope*, 124:1760-1766, 2014

366. Kevin Chao, *Neurosurgery Tricks of the Trade Spine and Peripheral Nerves*, 2014 by Thieme Medical Publishers, Inc.

367. Keynes RJ, Stern CD (1988) Mechanisms of vertebrate segmentation. *Development* 103:413-429

368. Khattar N, Koutourousiou M, Chabot JD, Wang EW, Cohen-Gadol AA, Snyderman CH, Fernandez-Miranda JC, Gardner PA (2018) Endoscopic endonasal and transcranial surgery for microsurgical resection of ventral foramen magnum meningiomas: a preliminary experience. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 14:503-514.

369. Kingdom TT, Nockels RP, Kaplan MJ. Transoral-transpharyngeal approach to the craniocervical junction. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1995;113(4):393-400.

370. Koller H, Acosta F, Forstner R, Zenner J, Resch H, Tauber M, et al. C2-fractures: part II. A morphometrical analysis of computerized atlantoaxial motion, anatomical alignment and related clinical outcomes. *Eur Spine J*. 2009;18(8):1135-53.

371. Koseki H, Wallin J, Wilting J et al (1993) A role for *Pax - 1* as mediator of notochordal signals during the dorsoventral specification of vertebrae. *Development* 119:649-660

372. Krakenes J, Kaale BR, Rorvik J, Gilhus NE: MRI assessment of normal ligamentous structures in the craniovertebral junction. *Neuroradiology* 43:1089-1097, 2001

373. Kraniyoservikal Bileşke and al *Supracondylar Transjugular Tubercle Approach to Intradural Lesions Anterior or Anterolateral to the Craniocervical Junction without Resection of the Occipital Condyle Turkish Neurosurgery* 2013, Vol: 23, No: 2, 202-207

374. Krishnan A, et al. Craniovertebral junction tuberculosis: a review of 29 cases. *J Comput Assist Tomogr*. 2001;25(2):171-6.

375. Kroon HM, Schurmans J. Osteoblastoma: clinical and radiologic findings in 98 new cases. *Radiology* 1990;175:783-790

376. Kshetry VR, Chotai S, Hou J, Lamki T, Ammirati M. Successful resection of anterior and anterolateral lesions at the

- craniovertebral junction using a simple posterolateral approach. *J Clin Neurosci*. 2013;4:616-22.
- 377.** Kuroki H, Rengachary SS, Goel VK, Holekamp SA, Pitkanen V, Ebraheim NA. Biomechanical comparison of two stabilization techniques of the atlantoaxial joints: transarticular screw fixation versus screw and rod fixation. *Neurosurgery* 2005;56(1 Suppl): 151- 9.
- 378.** Kurucz.P, Gabor Baksa & Lajos Patonay & Firas Thaher & Michael Buchfelder & Oliver Ganslandt, Endoscopic approach-routes in the posterior fossa cisterns through the retrosigmoid keyhole craniotomy: an anatomical study, *Neurosurg Rev Springer-Verlag Berlin Heidelberg* 2016
- 379.** La Corte E, Aldana PR, Ferroli P, Greenfield JP, Hartl R, Anand VK, Schwartz TH. The rhinopalatine line as a reliable predictor of the inferior extent of endonasal odontoidectomies. *Neurosurg Focus*. 2015;38(4):E16.
- 380.** Landells CD, Van Peteghem PK. Fractures of the atlas: classification, treatment and morbidity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1988;13: 450-452
- 381.** Lane JM, Beernstein J. Metabolic bone disorders of the spine. In: Herkowitz HN, Garfin SR, Eismont FJ, Bell GR, Balderston RA, eds. *Rothman-Simeone The Spine*. 4th ed. Philadelphia, PA: WB Saunders; 1999:1259-1280
- 382.** Lang DA, Neil-Dwyer G, Iannotti F: The suboccipital transcondylar approach to the clivus and cranio-cervical junction for ventrally placed pathology at and above the foramen magnum. *Acta Neurochir* 125: 132-137, 1993
- 383.** Lang J: Craniocervical region, osteology, and articulations. *Neuro-Orthopedics* 1:67-92, 1986
- 384.** Lanzino G, Paolini S, Spetzler RF. Far-lateral approach to the craniocervical junction. *Neurosurgery* 2005;57:367-71, discussion 367-371.
- 385.** Larry R. Cochard, *Netter's Atlas of Human Embryology*, 2012 by Saunders Elsevier Inc
- 386.** Laufer I, Greenfield JP, Anand VK, Härtl R, Schwartz TH. Endonasal endoscopic resection of the odontoid process in a nonachondroplastic dwarf with juvenile rheumatoid arthritis: feasibility of the approach and utility of the intraoperative IsoC three dimensional navigation. Case report. *J Neurosurg Spine* 2008;8(4):376-380
- 387.** Laus M, Pignatti G, Malaguti MC, et al. Anterior extraoral surgery to the upper cervical spine. *Spine* 1996;21:1687- 93
- 388.** Laxminadh Sivaraju, Sunithi Mani, Krishna Prabhu, Roy Thomas Daniell, Ari George Chacko, Three-dimensional computed tomography angiographic study of the vertebral artery in patients with congenital craniovertebral junction anomalies, *Eur Spine J* DOI 10.1007/s00586-016-4580-7
- 389.** Lei Ren, Zhihui Qian, Luquan Ren, *Biomechanics of Musculoskeletal System and Its Biomimetic Implications: A Review Journal of Bionic Engineering* 11 (2014) 159-175
- 390.** Leng LZ, Anand VK, Hartl R, Schwartz TH. Endonasal endoscopic resection of an os odontoideum to decompress the cervicomedullary junction: a minimal access surgical technique. *Spine* 2009;34(4):E139-E143
- 391.** Leone A, Cerase A, Colosimo C, Lauro L, Puca A, Marano P. Occipital condylar fractures: a review. *Radiology*. 2000;216(3):635-644.
- 392.** Leventhal MR, Boydston WR, Sebes JI, Pinsten ML, Watridge CB, Lowrey R. The diagnosis and treatment of fractures of the occipital condyle. *Orthopedics*. 1992;15(8):944-947.
- 393.** Levine AM, Edwards CC. The management of traumatic spondylolisthesis of the axis. *J Bone Joint Surg Am*. 1985;67: 217-226.
- 394.** Levine AM, Edwards CC. Traumatic lesions of the occipitoatlantoaxial complex. *Clin Orthop Relat Res*. 1989;239: 54-68.
- 395.** Lewark TM, Allen GC, Chowdhury K, Chan KH. Le Fort I osteotomy and skull base tumors: a pediatric experience. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2000;126:1004-8.
- 396.** Li G, Zhong D, Wang Q. A novel classification for atypical hangman fractures and its application: a retrospective observational study. *Medicine(Baltimore)*. 2017;96:e7492
- 397.** Lin JT, Lee JL, Lee ST. Evaluation of occult cervical spine fractures on radiographs and CT. *Emerg Radiol*. 2003;10:128-134.
- 398.** Lister JR, Rhoton AL Jr, Matsushima T, Peace DA. Microsurgical anatomy of the posterior inferior cerebellar artery. *Neurosurgery* 1982;10(2):170-199
- 399.** Little.A. S et al. Biomechanical evaluation of the craniovertebral junction after inferior-third clivectomy and intradural exposure of the foramen magnum: implications for endoscopic endonasal approaches to the cranial base *J Neurosurg Spine* 18:327-332, 2013
- 400.** Li XF, Dai LY, Lu H, et al. A systematic review of the management of hangman's fractures. *Eur Spine J*. 2006;15:257-269.

- 401.** Li Z, Li F, Hou S, Zhao Y, Mao N, Hou T, Tang J. Anterior discectomy/corpectomy and fusion with internal fixation for the treatment of unstable hangman's fractures: a retrospective study of 38 cases. *J Neurosurg Spine*. 2015 Apr; 22(4):387-93
- 402.** Loeb HN (ed): *Operative Surgery of the Nose, Throat, and Ear*. St Louis: CV Mosby, 1917, Vol 2, pp 131-142
- 403.** Longo M, Gelfand Y, De la Garza Ramos R, Echt M, Kinon MD, Yanamadala V, Yassari R. Perioperative Complications and Mortality Following Anterior Odontoid Screw Fixation in Elderly Patients: A National Database Analysis. *World Neurosurg*. 2019 Sep; 129:e776-e781
- 404.** Longo UG, Denaro L, Campi S, Maffulli N, Denaro V. Upper cervical spine injuries: indications and limits of the conservative management in Halo vest. A systematic review of efficacy and safety. *Injury*. 2010;41:1127-1135. doi:10.1016/j.injury.2010.09.025
- 405.** Lot G, George B. Cervical neuromas with extradural components: surgical management in a series of 57 patients. *Neurosurgery*. 1997;41:813-822.
- 406.** Lot G, George B (1999) The extent of drilling in lateral approaches to the cranio-cervical junction area from a series of 125 cases. *Acta Neurochir (Wien)* 141: 111–8.
- 407.** Luca Ricciardi et al, Submandibular Approach for Single-Stage Craniovertebral Junction Ventral Decompression and Stabilization: A Preliminary Cadaveric Study of Technical Feasibility *WORLD NEUROSURGERY*.2019.04.038
- 408.** Lucas DR, Unni KK, McLeod RA, O'Connor MI, Sim FH (1994) Osteoblastoma: clinico-pathologic study of 306 cases. *Human Pathol* 25:117-134
- 409.** Lu DC, Roeser AC, Mummaneni VP, Mummaneni PV. Nuances of occipitocervical fixation. *Neurosurgery* 2010;66(3, Suppl):141-146
- 410.** Luis Perez-Orribo and al, Comparison of CT versus MRI measurements of transverse atlantal ligament integrity in craniovertebral junction injuries. Part 2: A new CT-based alternative for assessing transverse ligament integrity, *J Neurosurg Spine* February 26, 2016
- 411.** Lynch JC¹, Gonçalves MB², Pereira CE¹, Welling L³. Lateral suboccipital retrosigmoid retrocondylar approach for foramen magnum meningiomas. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2018 Jul-Sep; 9(3):175-181.
- 412.** Magerl F, Grob D, Seemann D: Stable dorsal fusion of the cervical spine (C2-TH1) using hook plates, in Kehr P, Weidner A (eds): *Cervical Spine I: Strasbourg* 1985. New York: Springer- Verlag, 1987, pp 217-221 (Reference unverified)
- 413.** Magill.S.T and al, Surgical Outcomes, Complications, and Management Strategies for Foramen Magnum Meningiomas, *Journal of Neurological Surgery—Part B* 2018 Georg Thieme Verlag
- 414.** Mahadevaiah.A _ Bhavin Parikh, Transfacial nasal approach to paranasal sinuses, nasopharynx and anterior skull base, *Indian J. Otolaryngol. Head Neck Surg.* (July-September 2007) 59, 207-210
- 415.** Malcolm GP, Ransford AO, Crockard HA. Treatment of nonrheumatoid occipitocervical instability. Internal fixation with the Hartshill-Ransford loop. *J Bone Joint Surg Br* 1994;76(3):357-366
- 416.** Manal Nicolas-Jilwan, Moenaldeen AlSayed, *Mucopolysaccharidoses: overview of neuroimaging manifestations*, *Pediatric Radiology Springer Nature* 2018
- 417.** Manara R and al (2011) Brain and spine MRI features of Hunter disease: frequency, natural evolution and response to therapy. *J Inherit Metab Dis* 34(3):763-780
- 418.** Margalit NS, Lesser JB, Singer M, Sen C (2005) Lateral approach to anterolateral tumors at the foramen magnum: factors determining surgical procedure. *Neurosurgery* 56(2 Suppl):324-336; discussion324-336
- 419.** Marina Carotti & Fausto Salaffi & Marco Di Carlo & Francesco Sessa, Andrea Giovagnoni, Magnetic resonance imaging of the craniovertebral junction in early rheumatoid arthritis, *Skeletal Radiology* August 2018
- 420.** Mario Giordano & Demo Dugoni & Helmut Bertalanffy, Improving results in patients with foramen magnum meningiomas by translating surgical experience into a classification system and complexity score, *Neurosurgical Review* 2018
- 421.** Mario Muto, Francesco Giurazza, Carlo Augusto Mallio, Gianluigi Guarnieri, and Roberto Izzo, Radiological Assessment of the Craniovertebral Junction Surgery of the Cranio-Vertebral Junction, doi.org/10.1007/978-3-030-18700-2_3
- 422.** Masashi Yamazaki, MD, Anomalous Vertebral Arteries in the Extra- and Intraosseous Regions of the Craniovertebral Junction Visualized by 3-Dimensional Computed Tomographic Angiography *SPINE* Volume 37, Number 22, pp E1389-E1397
- 423.** Masatou Kawashima and al, comparison of the far lateral and extreme lateral variants of the atlanto-occipital transarticular approach to anterior extradural lesions of the craniovertebral junction, *Neurosurgery* 53:662-675, 2003
- 424.** Maserati MB, Stephens B, Zohny Z, et al. Occipital condyle fractures: clinical decision rule and surgical management. *J Neurosurg Spine*. 2009;11(4):388-395.

- 425.** Matsushima T, Kawashima M, Masuoka J, Mineta T, Inoue T. Transcondylar fossa (supracondylar transjugular tubercle) approach: anatomic basis for the approach, surgical procedures, and surgical experience. *Skull Base.* 2010;20(2):83-91.
- 426.** Matsushima T, Inoue T, Inamura T, Natori Y, Ikezaki K, Fukui M. Transcerebellomedullary fissure approach with special reference to methods of dissecting the fissure. *J Neurosurg* 2001;94:257-264 PubMed
- 427.** Matsushima T, Matsukado K, Natori Y, Inamura T, Hitotsumatsu T, Fukui M: Surgery on a saccular vertebral artery posterior inferior cerebellar artery aneurysm via the transcondylar fossa (supracondylar transjugular tubercle) approach or the transcondylar approach: surgical results and indications for using two different lateral skull base approaches. *J Neurosurg* 95:268-274, 2001
- 428.** Matti Scholz and al, Treatment of Axis Ring Fractures: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU), *Global Spine Journal* 2018, Vol. 8(2S) 18S-24S
- 429.** Matylda Machnowska and Charles Raybaud Imaging of the Craniovertebral Junction Anomalies in Children Pediatric Craniovertebral Diseases Advances and Technical Standards in Neurosurgery, Volume 40 Springer 2014
- 430.** Mavrogenis.A.F · G. Guerra · M. Romantini · C. Romagnoli · R. Casadei · P. Ruggieri, Tumours of the atlas and axis: a 37-year experience with diagnosis and Management, *Radiol med* (2012) 117:616-635
- 431.** Maxime Lleu and al, C1 fracture: Analysis of consolidation and complications rates in a prospective multicenter series, *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* (2018)
- 432.** MAZHAR HUSAIN and al, Endoscopic transoral surgery for craniovertebral junction Anomalies, *J Neurosurg Spine* 5:367-373, 2006
- 433.** Maziyar A. Kalani, John K. Ratliff, Considering the diagnosis of occipitocervical dissociation, *The Spine Journal* 13 (2013) 520-522
- 434.** McAfee PC, Bohlman H, Riley LH Jr, Robinson RA, Southwick WO, Nachlas NE. The anterior retropharyngeal approach to the upper part of the cervical spine. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69(9):1371-83.
- 435.** McDonnell DE, Harrison SJ: High cervical retropharyngeal approach to the craniovertebral junction. *Perspect Neurol Surg* 7:121-14 ; 1, 1996
- 436.** McCulloch PT, France J, Jones DL, et al. Helical component tomography alone compared with plain radiographs with adjunct computed tomography to evaluate the cervical spine after high-energy trauma. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:2388- 2394.
- 437.** McGregor M. The significance of certain measurements of the skull in the diagnosis of basilar impression. *Br J Radiol* 1948;21:171e8
- 438.** McLoughlin GS, Sciubba DM, Wolinsky JP. Chondroma/chondrosarcoma of the spine. *Neurosurg Clin N Am* 2008;19(1):57-63
- 439.** McRae DL, Barnum AS. Occipitalization of the atlas. *AJR Am J Roentgenol* 1953;70:23.
- 440.** Menendez JA, Wright NM. Techniques of posterior C1- C2 stabilization. *Neurosurgery* 2007;60(1 Suppl 1):S103-11.
- 441.** Mertz JS, Pearson BW and Kern EB (1983) Lateral rhinotomy. Indications, technique and review of 226 patients. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 109:235-239
- 442.** Messina A, Bruno MC, Decq P, Coste A, Cavallo LM, de Divittis E, Cappabianca P, Tschabitscher M. Pure endoscopic endonasal odontoidectomy: anatomical study. *Neurosurg Rev.* 2007;30(3):189-94
- 443.** Michael D. Martin, Harlan J. Bruner, Dennis J. Maiman, *Anatomic and Biomechanical Considerations of the Craniovertebral Junction, VOLUME 66, NUMBER 3, MARCH 2010, SUPPLEMENT*
- 444.** Michael Schuenke, Erik Schulte, Udo Schumacher, *Head, Neck, and Neuroanatomy, THIEME Atlas of Anatomy Second Edition*
- 445.** Michael P. Steinmetz, Thomas E. Mroz, Edward C. Benzel, *Craniovertebral Junction: Biomechanical Considerations, Volume 66, Number 3, March 2010 Supplement, Neurosurgery*
- 446.** Michael Winking, Johannes Schroeder, Arnd G. Hellwig, and Thomas Krampulz, *Lateral Approach to the Craniovertebral Junction, Oper Tech Orthop* 23:9-12 2013 Elsevier
- 447.** Milan K. Sen and al, Atlantoaxial fusion using anterior transarticular screw fixation of C1-C2: technical innovation and biomechanical study, *Eur Spine J* (2005) 14: 512-518
- 448.** Mohit AA, Eskridge J, Ellenbogen R, Shaffrey C (2004) Aneurysmal bone cyst of the atlas: successful treatment through selective arterial embolization: case report. *Neurosurgery* 55(4): E1001-E1005
- 449.** Moloney F, Worthington P. The origin of the Le Fort I maxillary osteotomy: Cheever's operation. *J Oral Surg* 1981;39:731-4.
- 450.** Monfared A, Kim D, Jaikumar S, Gorti G, Kam A: Microsurgical anatomy of the superior and recurrent laryngeal nerves. *Neurosurgery* 49:925-932, 2001
- 451.** Montesano PX, Juach EC, Anderson PA, Benson DR, Hanson PB. Biomechanics of cervical spine internal fixation. *Spine* 1991;16(3, Suppl):S10-S16
- 452.** Moon-Kyu Kim A new anatomical

- approach of cervical lateral mass for cervical pedicle screw and paravertebral foramen screw insertion, *PLoS One*. 2019; 14(7): e0219119.
- 453.** Moon MS, Moon JL, Moon YW, Sun DH, Choi WT. Traumatic spondylolisthesis of the axis: 42 cases. *Bull Hosp Jt Dis*. 2001;60(2):61-66.
- 454.** Moore LJ, Schwartz HC. Median labiomandibular glossotomy for access to the cervical spine. *J Oral Maxillofac Surg* 1985;43:909-912
- 455.** Moulding HD, Bilsky MH. Metastases to the craniovertebral junction. *Neurosurgery* 2010;66:113-8.
- 456.** Muhlbauer M, Knosp E: The lateral transfacetal retrovascular approach for an anteriorly located chordoma originating from the second cervical vertebra. *Acta Neurochir (Wien)* 143:369-376, 2001.
- 457.** Muller F, O’Rahilly R. 1994. Occipitocervical segmentation in staged human embryos. *J Anat* 185:251-258.
- 458.** Müller F, O’Rahilly R (2003) Segmentation in staged human embryos: the occipitocervical region revisited. *J Anat* 203:251-258
- 459.** Muller F, O’Rahilly R. Somitic-vertebral correlation and vertebral levels in the human embryo. *Am J Anat* 1986;177(1):3-19. *J Anat* 1986;177(1):3-19.
- 460.** Muneyoshi Yasuda and al, Chordomas of the skull base and cervical spine: clinical outcomes associated with a multimodal surgical resection combined with proton-beam radiation in 40 patients, *Neurosurg Rev* (2012) 35:171-183
- 461.** Nabeel S. Alshafai and V. R. N. Gunness The High Cervical Anterolateral Retropharyngeal Approach New Trends in Craniovertebral Junction Surgery, *Acta Neurochirurgica Supplement*, Vol. 125, 2019
- 462.** Naderi S, Crawford NR, Melton MS, Sonntag VK, Dickman CA. Biomechanical analysis of cranial settling after transoral odontoidectomy. *Neurosurg Focus* 1999;6(6):e7
- 463.** Naderi S, Crawford NR, Song GS, Sonntag VK, Dickman CA. Biomechanical comparison of C1-C2 posterior fixations. Cable, graft, and screw combinations. *Spine* 1998;23(18):1946-1955, discussion 1955-1956
- 464.** Nagaria J, Kelleher MO, McEvoy L, et al. C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial instability due to rheumatoid arthritis: a seven-year analysis of outcome. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34(26):2880-5.
- 465.** Nagib MG, Wisiol ES, Simonton SC, Levinson RM. Transoral labiomandibular approach to basiocciput chordomas in childhood. *Childs Nerv Syst* 1990;6:126-130
- 466.** Nakamura N, Inaba Y, Aota Y, et al. New radiological parameters for the assessment of atlantoaxial instability in children with Down syndrome: the normal values and the risk of spinal cord injury. *Bone Joint J* 2016;98eB(12). 1704e10.
- 467.** Nanda A, Vincent DA, Vannemreddy PS, Baskaya MK, Chanda A. Far-lateral approach to intradural lesions of the foramen magnum without resection of the occipital condyle. *J Neurosurg* 2002;96 (02):302-309
- 468.** Nandor K. Pinter^{1,2} & Jennifer McVigel¹ & Laszlo Mechtler¹ Basilar Invagination, Basilar Impression, and Platybasia: Clinical and Imaging Aspects, *Curr Pain Headache Rep* (2016)
- 469.** Natarajan Muthukumar, Proatlas segmentation anomalies: Surgical management of five cases and review of the literature, 2016 / Jan-Mar / Volume 11 / *Journal of Pediatric Neurosciences*
- 470.** Nayak JV, Gardner PA, Vescan AD, Carrau RL, Kassam AB, Snyderman CH. Experience with the expanded endonasal approach for resection of the odontoid process in rheumatoid disease. *Am J Rhinol* 2007;21(5):601-606
- 471.** Nelson RL, Path MG, Ogle RG, et al: Quantitation of blood flow after Le Fort I osteotomy. *J Oral Surg* 35:10-16, 1977
- 472.** Neva MH, et al. Combination drug therapy retards the development of rheumatoid atlantoaxial subluxations. *Arthritis Rheum*. 2000;43:2397-401.
- 473.** Nevo S. Margalit and al, lateral approach to anterolateral tumors at the foramen magnum: factors determining surgical procedure *Neurosurgery* 56[ONS Suppl 2]:ONS-324-ONS-336, 2005
- 474.** Newman P, Sweetnam R. Occipitocervical fusion. An operative technique and its indications. *J Bone Joint Surg Br* 1969;51(3):423-431
- 475.** Newton TH, Mani RL. The vertebral artery. In: Newton TH, Potts DG, eds. *Radiology of the Skull and Brain*. St. Louis, MO: CV Mosby; 1974:1659-1709
- 476.** Nicholas C. Bambakidis, Curtis A. Dickman, Robert Spetzler, and Volker Sonntag, *Surgery of the Craniovertebral Junction Second Edition* 2012
- 477.** Nicholas C. Bambakidis, Robert Spetzler, Cliff A. Megerian *Surgery of the Cerebellopontine Angle* 2009 BC Decker Inc People’s Medical Publishing House Shelton, Connecticut
- 478.** Nicholas Theodore and al, Occipital Condyle Fractures, *Neurosurgery* volume 72 | number 3 | march 2013 supplement
- 479.** Nicolet G. Analyse autoradiographique de la localisation des différentes ébauches pré somptives dans la ligne primitive de l’embryon de poulet [French]. *J Embryol Exp Morphol* 1970;23:79-108.
- 480.** Nishchint Jain, Ritu Verma, Umesh C

- Garga, Barinder P Baruah, Sachin K Jain¹, Surya N Bhaskar², CT and MR imaging of odontoid abnormalities: A pictorial review, *Indian Journal of Radiology and Imaging / February 2016 / Vol 26 / Issue 1*
- 481.** Nockels RP, Shaffrey CI, Kanter AS, Azeem S, York JE. Occipitocervical fusion with rigid internal fixation: long-term follow-up data in 69 patients. *J Neurosurg Spine* 2007; 7(2):117-123
- 482.** Nourbakhsh A, Shi R, Vannemreddy P, Nanda A. Operative versus nonoperative management of acute odontoid type II fractures: a meta-analysis. *J Neurosurg Spine*. 2009;11(6):651-658.
- 483.** O'Brien JR, Gokaslan ZL, Riley III LH, Suk I, Wolinsky JP. Open reduction of C1-C2 subluxation with the use of C1 lateral mass and C2 translaminar screws. *Neurosurgery* 2008;63(Suppl. 1):95-8
- 484.** Oda T, Panjabi MM, Crisco JJ III, Oxland TR, Katz L, Nolte LP. Experimental study of atlas injuries. II. Relevance to clinical diagnosis and treatment. *Spine* 1991;16(10, Suppl):S466-S473
- 485.** Oktenoğlu BT¹, Ferrara LA, Andalkar N, Ozer AF, Sarioğlu AC, Benzel EC, Effects of hole preparation on screw pullout resistance and insertional torque: a biomechanical study, *J Neurosurg*. 2001 Jan; 94(1 Suppl):91-6.
- 486.** O'Rahilly R, Me`uller F, Streeter GL. Developmental stages in human embryos: including a revision of Streeter's "Horizons" and a survey of the Carnegie collection. Washington, DC: Carnegie Institution of Washington; 1987.
- 487.** Ozaki T, Flege S, Liljenqvist U, et al. Osteosarcoma of the spine: experience of the Cooperative Osteosarcoma Study Group. *Cancer* 2002;94:1069-1077
- 488.** Pakrit Jittapiromsak., Anhua Wu, Pushpa Deshmukh., Iman Feiz-Erfan., 1 Peter Nakaji, 1 Robert F. Spetzler, 1 and Mark C. Preul, Comparative Analysis of Extensions of Transbasal Approaches: Effect on Access to Midline and Paramedian Structures, *SKULL BASE/VOLUME 19, NUMBER 6 2009*
- 489.** Pang D, Li V. Atlantoaxial rotatory fixation: I—Biomechanics of normal rotation at the atlantoaxial joint in children. *Neurosurgery*. 2004;55(3):614-626.
- 490.** Panjabi M, Dvorak J, Crisco J III, Oda T, Hilibrand A, Grob D. Flexion, extension, and lateral bending of the upper cervical spine in response to alar ligament transections. *J Spinal Disord* 1991;4(2): 157-167
- 491.** Panjabi MM, Oda T, Crisco JJ III, Dvorak J, Grob D. Posture affects motion coupling patterns of the upper cervical spine. *J Orthop Res* 1993;11(4):525-536
- 492.** Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord* 1992;5(4): 390-396, discussion 397
- 493.** Park S-A, Lee J-H, Nam Y-S, An X, Han S-H, Ha K-Y. Topographical anatomy of the anterior cervical approach for C2-3 level. *Eur Spine J*. 2013;22(7):1497-503.
- 494.** Park SH, Sung JK, Lee SH, et al. High anterior cervical approach to the upper cervical spine. *Surg Neurol*. 2007;68:519-24.
- 495.** Pasquale Ciappetta, M. Alsagheir, Francesco Signorelli, Lorenzo Pescatori, and Massimiliano Visocchi, *The Decision-Making Process in Traumatic Lesions of the Craniovertebral Junction: An Evidence-Based Approach? Part II, New Trends in Craniovertebral Junction Surgery, Acta Neurochirurgica Supplement, Vol. 125, Springer 2019*
- 496.** Passacantilli E, Santoro A, Pichierri A, Delfini R, Cantore G. Anterolateral approach to the craniocervical junction. *J Neurosurg Spine*. 2005 Aug; 3(2):123-8
- 497.** Patkar S. Anterior extrapharyngeal fixation of the atlanto-axial joints. *Global Spine J*. 2015;05-A308.
- 498.** Patkar S. Anterior extrapharyngeal fixation of the atlanto-axial joints, *Proceedings of the 2014 Spring Meeting of the Society of British Neurological Surgeons. B J Neurosurg*. 2014 Apr; 28(2): 142-80
- 499.** Patkar S. Anterior extra pharyngeal approach and fixation of the atlantoaxial joint with screw plate construct or anterior trans articular screws: and review of literature. *Spinal Surg*. 2013;27(3) 230-7, (Japan).
- 500.** Patkar S, Anterior facet realignment and distraction for atlanto-axial subluxation with basilar invagination technical note, *Neurological Research* 2016 VOL. 38 NO. 8
- 501.** Patwardhan RV, Hadley MN: History of surgery for ruptured disk. *Neurosurg Clin N Am* 12:173-179, 2001
- 502.** Paul Klimo, Jr, MD, MPH, Maj, USAF, Ganesh Rao, MD, Douglas Brockmeyer, MD *Congenital Anomalies of the Cervical Spine Neurosurg Clin N Am* 18 (2007) 463-478
- 503.** Payer M, Luzi M, Tessitore E. Posterior atlanto-axial fixation with polyaxial C1 lateral mass screws and C2 pars screws. *Acta Neurochir (Wien)* 2009;151:223-9.
- 504.** Pengfei Wu & Roberto Colasanti & Jungshun Lee & Alba Scerrati & Serdar Ercan & Jun Zhang⁷ & Mario Ammirati Quantitative evaluation of different far lateral approaches to the cranio-vertebral junction using the microscope and the endoscope: a cadaveric study using a tumor

- model Acta Neurochirurgica Springer-Verlag GmbH Austria, part of Springer Nature 2018
- 505.** Perez-Cruet et al, An Anatomic Approach to Minimally Invasive Spine Surgery, 2nd Ed. 2019 Thieme Medical Publishers
- 506.** Peris-Celda et al., Rhoton's Atlas of Head, Neck, and Brain, 2018 Thieme Medical Publishers.
- 507.** Perkins et al, Transfacial and Craniofacial Approaches, Otolaryngol Clin N Am - (2016)
- 508.** Petr Vanek and al, Treatment of atlantoaxial subluxation secondary to rheumatoid arthritis by short segment stabilization with polyaxial screws, Acta Neurochir Springer-Verlag GmbH Austria 2017
- 509.** Piper JG, Menezes AH. Management strategies for tumors of the axis vertebra. J Neurosurg 1996;84(4):543-551
- 510.** Pollack IF, Pang D, Albright AL, Krieger D. Outcome following hindbrain decompression of symptomatic Chiari malformations in children previously treated with myelomeningocele closure and shunts. J Neurosurg 1992; 77: 881-888
- 511.** Pourquoié O (2003) Vertebrate somitogenesis: a novel paradigm for animal segmentation? Int J Dev Biol 47:597-603
- 512.** Praveen V. Mummaneni and al, C1 Lateral Mass Fixation: A Comparison of Constructs, Neurosurgery 66:A153-A160, 2010
- 513.** Preul MC, Feindel W: A history of brain imaging technology in neurosurgery. Neurosurg Clin N Am 12:127-143, 2001
- 514.** Prevedello DM, Ditzel Filho LF, Solari D, Carrau RL, Kassam AB. Expanded endonasal approaches to middle cranial fossa and posterior fossa tumors. Neurosurg Clin N Am. 2010;21:621-35.
- 515.** Pryputniewicz DM, Hadley MN. Axis fractures. Neurosurgery. 2010;66(3 Suppl):68-82.
- 516.** Qing-shui Yin, Jian-hua Wang, Current Trends in Management of Atlantoaxial Dislocation Orthopaedic Surgery Volume 7 · Number 3 · August, 2015
- 517.** Rabadan A, Conesa H. Transmaxillary—transnasal approach to the anterior clivus: a microsurgical anatomy model. Neurosurgery 1992;30:473—81.
- 518.** Rao PV. Median (third) occipital condyle. Clin Anat 2002;15(2):148-51.
- 519.** Raskas DS, Graziano GP, Herzenberg JE, Heidelberger KP, Hensinger RN. Osteoidosteoma and osteoblastoma of the spine. J Spinal Disord 1992;5:204-211
- 520.** Reichman EF, Shah J. Grisel syndrome: an unusual and often unrecognized cause of torticollis. Pediatr Emerg Care 2015;31(8):577e80.
- 521.** Reindl R and al, Anterior Instrumentation for Traumatic C1-C2 Instability, SPINE Volume 28, Number 17, pp E329-E333 2003
- 522.** Resnick D. Paget's disease. In: Resnick D, ed. Diagnosis of Bone and Joint Disorders. Philadelphia, PA: WB Saunders; 2002:1947-2000
- 523.** Ribas GC, Rhoton AL Jr, Cruz OR, Peace D. Suboccipital burr holes and craniectomies. Neurosurg Focus 2005;19(2):E1
- 524.** Ribas GC, Rhoton AL Jr, Cruz OR, et al. Temporo-parieto-occipital burrhole sites study and systematized approaches proposal. In: Samii M, ed. Skull Base Surgery, First International, Skull Base Congress, Hannover 1992. Basel: Karger; 1994:723-730
- 525.** Riew KD, Hilibrand AS, Palumbo MA, Sethi N, Bohlman HH. Diagnosing basilar invagination in the rheumatoid patient. The reliability of radiographic criteria. J Bone Joint Surg Am. 2001;83-A:194-200.
- 526.** Roberto Tarantino and al, Benign osteoblastoma of the odontoid process of the axis with secondary aneurysmal bone cyst component: a case report, Neurosurg Rev (2008) 31:111-115
- 527.** Robinson AL, Moller A, Robinson Y, Olerud C. C2 Fracture subtypes, incidence, and treatment allocation change with age: a retrospective cohort study of 233 consecutive cases. Biomed Res Int. 2017;2017:8321680
- 528.** Robinson RA, Smith GW. Anterolateral cervical disc removal and interbody fusion for cervical disc syndrome. Bull John Hopkins Hosp. 1955;96:223-4.
- 529.** Rodan GA. Introduction to bone biology. Bone 1992;13(Suppl 1):S3-S6
- 530.** Rodrigo G. Remondino and al, Clinical Manifestations and Surgical Management of Spinal Lesions in Patients With Mucopolysaccharidosis: A Report of 52 Cases, Spine Deformity 7 (2019) 298e303
- 531.** Rosaria Viola Abbritti and al, Endoscopic Endonasal Odontoidectomy and Posterior Fusion in a Single-Stage Surgery: Description of Surgical Technique and Outcome, New Trends in Craniovertebral Junction Surgery, Acta Neurochirurgica Supplement, Vol. 125, Springer Nature 2019
- 532.** Rosenquist GC. A radioautographic study of labeled grafts in the chick blastoderm. Development from primitive streak stages to stage 12. Contrib Embryol 1966;38(262):73-110.
- 533.** Ross JS. Specialty Imaging: Craniovertebral Junction. Lippincott Williams & Wilkins;2013
- 534.** Rousseau F, Bonaventure J, Legeai-Mallet L, Pelet A, Rozet JM, Maroteaux P, Le Merrer M, Munnich A (1994) Mutations in the gene encoding broblast growth factor receptor-3 in achondroplasia. Nature 371:252-254

- 535.** Roy-Camille R, Saillant G, Bouchet T. Technique du vissage des pedicules de C2, in Roy-Camille R (ed): *Cinquiemes Journees d'Orthopedie de la Pitie, Rachis Cervical Superieur*. Paris, France, Masson, 1986:41-43.
- 536.** Roy S, Patel PK, Tomita T. The LeFort I transmaxillary approach to skull base tumors. *Clin Plast Surg* 2007;34: 575-83
- 537.** Roy Thomas Daniel, Aditya Muzumdar, Aditya Ingahalikar, Mark Moldavsky, Saif Khalil2 Biomechanical Stability of a Posterior-Alone Fixation Technique After Craniovertebral Junction Realignment *WORLD NEUROSURGERY* 77 [2]: 357-361, FEBRUARY 2012
- 538.** Russo A, Albanese E, Quiroga M, Ulm AJ. Submandibular approach to the C2-3 disc level: microsurgical anatomy with clinical application. *J Neurosurg Spine*. 2009;10(4):380-9.
- 539.** Russo VM, Graziano F, Russo A, Albanese E, Ulm AJ. High anterior cervical approach to the clivus and foramen magnum: a microsurgical anatomy study. *Neurosurgery* 2011;69(1, Suppl Operative):ons103-ons114, discussion ons115-ons116
- 540.** Ryan MD, Taylor TKF. Spinal manifestations of Paget's disease. *Aust N Z J Surg* 1992;62(1):33-38
- 541.** Ryken TC, Hadley MN, Aarabi B, et al. Management of isolated fractures of the axis in adults. *Neurosurgery*. 2013;72(suppl 2): 132-150.
- 542.** Sabih T. Effendi and al, The 1-piece transbasal approach: operative technique and anatomical study, *J Neurosurg* 121:1446-1452, 2014
- 543.** Sabit I, Schaefer SD, Couldwell WT. Extradural extranasal combined transmaxillary transsphenoidal approach to the cavernous sinus: a minimally invasive microsurgical model. *Laryngoscope* 2000;110:286-91.
- 544.** Saccomanni B. Aneurysmal bone cyst of spine: A review of literature. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008;128:1145-7.
- 545.** Saifuddin A, White J, Sherazi Z, Shaikh MI, Natali C, Ransford AO. Osteoid osteoma and osteoblastoma of the spine. Factors associated with the presence of scoliosis. *Spine* 1998;23: 47-53
- 546.** Sailer SL, Harmon DC, Mankin HJ, Truman JT, Suit HD. Ewing's sarcoma: surgical resection as a prognostic factor. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1988;15:43-52
- 547.** Salas E, Sekhar LN, Ziyal IM, Caputy AJ, Wright DC (1999) Variations of the extreme-lateral craniocervical approach: anatomical study and clinical analysis of 69 patients. *J Neurosurg* 90:206- 219
- 548.** Samaha C, Lazennec JY, Laporte C, et al. Hangman's fracture: the relationship between asymmetry and instability. *J Bone Joint Surg Br*. 2000;82:1046-1052
- 549.** Samii M, Gerganov V (2008) Surgery of extraaxial tumors of the skull base. *Neurosurgery* 62(6): 1153-1168
- 550.** Samii M, Klekamp J, Carvalho G (1996) Surgical results for meningiomas of the craniocervical junction. *Neurosurgery* 39:1086- 1094 discussion 1094-1085
- 551.** Samii M, Metwali H, Samii A, Gerganov V (2013) Retrosigmoid intradural inframeatal approach: indications and technique. *Neurosurgery* 73:ons53-ons59 e3182889e59discussion ons60
- 552.** Sandor GK, Charles DA, Lawson VG, Tator CH. Transoral approach to the nasopharynx and clivus using the Le Fort I osteotomy with midpalatal split. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1990;19(6):352-355
- 553.** Sanjay BK, Sim FH, Unni KK, McLeod RA, Klassen RA. Giant-cell tumours of the spine. *J Bone Joint Surg Br* 1993;75:148-154
- 554.** Santiago NM, Ferreira A, Otta G, et al. Giant cell tumor of the cervical spine: review and case report. *Arq Bras Neurocir* 2012; 31(4):245-248
- 555.** Sarma S, Fossett D. Midline and paramedian suboccipital approaches. In: Fossett D, Caputy A, eds. *Operative Neurosurgical Anatomy*. New York: Thieme, 2002:86-89.
- 556.** Sasso R, Doherty BJ, Crawford MJ, Heggeness MH. Biomechanics of odontoid fracture fixation. Comparison of the one- and two-screw technique. *Spine* 1993;18(14):1950-1953
- 557.** Saunders WW. Basilar impression: the position of the normal odontoid. *Radiology* 1943;xli:589
- 558.** Sawin PD, Menezes AH. Basilar invagination in osteogenesis imperfecta and related osteochondrodysplasias: medical and surgical management. *J Neurosurg* 1997;86(6):950-960
- 559.** Schleicher P, Scholz M, Pingel A, Kandziora F. Traumatic spondylolisthesis of the axis vertebra in adults. *Global Spine J*. 2015; 346-358
- 560.** Schramm VL, Myers EN (1978) Lateral rhinotomy. *Laryngoscope* 88:1042-1045
- 561.** Sciubba DM, Gokaslan ZL. Diagnosis and management of metastatic spine disease. *Surg Oncol* 2006;15(3):141-151
- 562.** Seeger W (1978) *Atlas of topographical anatomy of the brain and surrounding structure*. Springer-Verlag, Wien, New York, pp. 486-89.
- 563.** Sekhar LN, Babu RP, Wright DC. Surgical resection of cranial base meningiomas. *Neurosurg Clin N Am*. 1994;5:299-330.
- 564.** Sekhar LN, Fessler R, Atlas of Neurosurgical Techniques Brain 2016 by Thieme Medical Publishers, Inc.
- 565.** Sekhar LN, Fessler R, Atlas of Neurosurgical Techniques Spine and peripheral nerves 2016 by Thieme Medical Publishers, Inc.

- 566.** Sekhar LN, Nanda A, Sen CN, Snyderman CN, Janecka IP. The extended frontal approach to tumors of the anterior, middle and posterior skull base. *J Neurosurg* 1992;76(2):198 - 206.
- 567.** Selecki BR (1969) The effects of rotation of the atlas on the axis: Experimental work. *Med J Aust* 1:1012
- 568.** Sen CN, Sekhar LN: An extreme lateral approach to intradural lesions of the cervical spine and foramen magnum. *Neurosurgery* 27:197-204, 1990.
- 569.** Sensenig EC (1957) The development of the occipital and cervical segments and their associated structures in human embryos. *Contrib Embryol* 36:152-161
- 570.** Shaikh MI, Saifuddin A, Pringle J, Natali C, Sherazi Z. Spinal osteoblastoma: CT and MR imaging with pathological correlation. *Skeletal Radiol* 1999;28:33-40
- 571.** Shane.r Tubbs, Patrick Ryan Lingo, Martin M. Mortazavi, and Aaron a. Cohen-Gadol Hypoplastic Occipital Condyle and Third Occipital Condyle: Review of their Dysembryology *Clinical Anatomy* 00:000-000 (2013)
- 572.** Sharafuddin MJ, Haddad FS, Hitchon PW, Haddad SF, el-Khoury GY. Treatment options in primary Ewing's sarcoma of the spine: report of seven cases and review of the literature. *Neurosurgery* 1992;30:610-618 discussion 618-619
- 573.** Sharma D K et al, Atlantooccipital Fusion: Prevalence and its Developmental and Clinical Correlation *J Clin Diagn Res* June 2017
- 574.** Shen T, Friedman RA, Brackmann DE, et al. The evolution of surgical approaches for posterior fossa meningiomas. *Otol Neurotol* 2004;25: 394-397 PubMed
- 575.** Shen Y, Miao J, Li C, Fang L, Cao S. A meta-analysis of the fusion rate from surgical treatment for odontoid fractures: anterior odontoid screw versus posterior C1-C2 arthrodesis. *Eur Spine J.* 2015;24(8):1649-57
- 576.** Shucart WA, Borden J: Lateral approaches to the cervical spine, in Dickman CA, Spetzler RF, Sonntag VKH (eds): *Surgery of the Craniovertebral Junction*, ed 1. New York: Thieme, 1998, pp 535-544
- 577.** Shucart W, Kleriga E: Lateral approach to the upper cervical spine. *Neurosurgery* 6:278-281, 1980
- 578.** Siebenrock KA, Unni KK, Rock MG. Giant-cell tumour of bone metastasising to the lungs. A long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80:43-47
- 579.** Sillence DO (1994) Craniovertebral abnormalities in osteogenesis imperfecta: genetic and molecular correlation. *Pediatr Radiol* 24:427-430
- 580.** Singh H, Harrop J, Schiffmacher P, Rosen M, Evans J. Ventral surgical approaches to craniovertebral junction chordomas. *Neurosurgery* 2010;66(3, Suppl):96-103
- 581.** Smith CA, Tuan RS (1994) Human PAX gene expression and development of the vertebral column. *Clin Orthop* 302:241-250
- 582.** Smith HE, Vaccaro AR, Maltenfort M, et al. Trends in surgical management for type II odontoid fracture: 20 years of experience at a regional spinal cord injury center. *Orthopedics.* 2008;31(7):650.
- 583.** Smoker WR. Craniovertebral junction-normal anatomy, craniometry, and congenital anomalies, *Radiographics.* Radiographics. 1994;14:255-77
- 584.** Smoker W. (2008). Imaging the craniocervical junction. *Childs Nerv Syst.* 1123-1145.
- 585.** Songer MN, Spencer DL, Meyer PR Jr, Jayaraman G. The use of sublaminar cables to replace Luque wires. *Spine* 1991;16(8, Suppl): S418-S421
- 586.** Sonntag.V.H Atlantoaxial Stabilization: A Minimally Invasive Alternative *World Neurosurgery* 80 [3/4]: 315-316, september/october 2013
- 587.** Southwick WO, Robinson RA. Surgical approaches to the vertebral bodies in the cervical and lumbar regions. *J Bone Joint Surg.*1957;39-A(3):631-44.
- 588.** Spallone A, Makhmudov UB, Mukhamedjanov DJ, Tcherekajev VA (1999) Petroclival meningioma. An attempt to define the role of skull base approaches in their surgical management. *Surg Neurol* 51(4):412-419, S0090-3019(98)00100-1
- 589.** Special Olympics. Participation by individuals with Down's syndrome who suffer from atlantoaxial dislocation condition. In: *Special Olympics Bulletin.* Washington, DC; March 1983
- 590.** Spector S, Anderson G, McMenomey S, Horgan M, Kellogg J, Delashaw J (2000) Quantitative description of the far-lateral transcondylar transtuberular approach to the foramen magnum and clivus. *J Neurosurg* 92:824-831
- 591.** Spektor S, Anderson GJ, McMenomey SO, Horgan MA, Kellogg JX, Delashaw JB. Quantitative description of the far-lateral transcondylar transtuberular approach to the foramen magnum and clivus. *J Neurosurg.* 2000;92(5):824-31.
- 592.** Spence KF, Decker S, Sell KW. Bursting atlantal fracture associated with rupture of the transverse ligament. *J Bone Joint Surg Am* 1970; 52: 543-549
- 593.** Spennato P, Nicosia G, Rapanà A, Cicala D, Donnianni T, Scala S, Aliberti F, Cinalli G. Grisel syndrome following adenoidectomy: surgical management in a case with delayed diagnosis. *World Neurosurg.* 2015;84(5):1494.e7-1494.e12.
- 594.** Spetzler RF, Dickman CA, Sonntag VKH. The transoral approach to the anterior

- cervical spine. *Contemp Neurosurg*. 1991;13(9):1-6
- 595.** Spetzler RF, Grahm TW: The far-lateral approach to the anterior clivus and the upper cervical region. *BNI Q* 6:35-38, 1990
- 596.** Spetzler RF, Hadley MN, Sonntag VK. The transoral approach to the anterior superior cervical spine. A review of 29 cases. *Acta Neurochir Suppl (Wien)*. 1988;43:69-74.
- 597.** Spetzler RF, Herman JM, Beals S, Joganic E, Milligan J. Preservation of olfaction in anterior craniofacial approaches. *J Neurosurg* 1993;79:48-52
- 598.** Spiro RH, Gerold FP, Strong EW. Mandibular "swing" approach for oral and oropharyngeal tumors. *Head Neck Surg* 1981;3:371-378
- 599.** Starr JK, Eismont FJ. Atypical hangman's fractures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993;18:1954-1957
- 600.** Stauffer ES. Wiring techniques of the posterior cervical spine for the treatment of trauma. *Orthopedics* 1988;11(11):1543-1548
- 601.** Stern CD, Keynes RJ (1987) Interactions between somite cells; the formation and maintenance of segment boundaries in the chick embryo. *Development* 99:261-272
- 602.** Stevens JM, Chong WK, Barber C, Kendall BE, Crockard HA (1994) A new appraisal of abnormalities of the odontoid process associated with atlantoaxial subluxation and neurological disability. *Brain* 117(pt 1):133-148
- 603.** Stevenson GC, Stoney RJ, Perkins RK. A transcervical transclival approach to the ventral surface of the brain stem for removal of a clivus chordoma. *J Neurosurg*. 1966;24(2):544-51.
- 604.** Stillerman CB, Wilson JA. Atlanto-axial stabilization with posterior transarticular screw fixation: technical description and report of 22 cases. *Neurosurgery* 1993;32(6):948-954, discussion 954-955
- 605.** Stulik J, Vyskocil T, Sebesta P, et al. Atlantoaxial fixation using the polyaxial screw-rod system. *Eur Spine J* 2007 ; 16 : 479 - 84.
- 606.** Sucu HK, Akkol I, Minoglu M, Gelal F. Percutaneous anterior odontoid screw fixation. *Minim Invasive Neurosurg*. 2008;51(2):106-8.
- 607.** Sughrue M, Parsa A. Far-lateral suboccipital approach. In: Jandial R, McCormick P, Black P, editors. *Core techniques in operative neurosurgery*. Philadelphia: Saunders; 2011. p. 104-10.
- 608.** Suhardja A, Agur AM, Cusimano MD. Anatomical basis of approaches to foramen magnum and lower clival meningiomas: Comparison of retrosigmoid and transcondylar approaches. *Neurosurg Focus* 2003;14:e9.
- 609.** Sundaresan N, Rosen G, Boriani S. Primary malignant tumors of the spine. *Orthop Clin North Am* 2009;40(1):21-36, v
- 610.** Szendroi M, Cser I, Konya A, Renyi-Vamos A. Aneurysmal bone cyst. A review of 52 primary and 16 secondary cases. *Arch Orthop Trauma Surg* 1992;111:318-322
- 611.** Taghva A, Attenello FJ, Zada G, Khalessi AA, Hsieh PC: Minimally invasive posterior atlantoaxial fusion: a cadaveric and clinical feasibility study. *World Neurosurg* 80:414-421, 2013
- 612.** Takaishi H, Yabe H, Fujimura Y, Suzuki N, Toyama Y. The results of surgery on primary malignant tumors of the spine. *Arch Orthop Trauma Surg* 1996;115:49-52
- 613.** Takao Asano, The feasibility of transposition of the vertebral artery in the lateral approach for lesions situated anterior to the spinal cord around the craniovertebral junction, *International Congress Series 1247 (2002) 275- 286*
- 614.** Talac R, Yaszemski MJ, Currier BL, et al. Relationship between surgical margins and local recurrence in sarcomas of the spine. *Clin Orthop Relat Res* 2002;397:127-132
- 615.** Talacchi A, Biroli A, Soda C, Masotto B, Bricolo A (2012) Surgical management of ventral and ventrolateral foramen magnum meningiomas: report on a 64-case series and review of the literature. *Neurosurg Rev* 35:359-367; discussion 367-358.
- 616.** Tasdemiroglu E, Bagatur E, Ayan I, Darendeliler E, Patchell RA. Primary spinal column sarcomas. *Acta Neurochir (Wien)* 1996;138:1261-1266
- 617.** Tedeschi H, Rhoton AL Jr (1994) Lateral approaches to the petroclival region. *Surg Neurol* 41(3):180- 216, 0090-3019(94)90123-6
- 618.** Teegala R, et al. Craniovertebral junction tuberculosis: a new comprehensive therapeutic strategy. *Neurosurgery*. 2008;63(5):946-55.
- 619.** Tessier P, Guiot G, Derome P. Orbital hypertelorism: II. Definite treatment of orbital hypertelorism (OR.H.) by craniofacial or by extracranial osteotomies. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1973;7:39-58
- 620.** T. Gaunt et al, Abnormalities of the craniovertebral junction in the paediatric population: a novel biomechanical approach, *Clinical Radiology* 73 (2018) 839e854
- 621.** Theodore N, Aarabi B, Dhall SS, Gelb DE, Hurlbert RJ, Rozzelle CJ, Ryken TC, Walters BC, Hadley MN. The diagnosis and management of traumatic atlanto-occipital dislocation injuries. *Neurosurgery* 2013; 72 Suppl 2: 114-126 [PMID: 23417184 DOI: 10.1227/NEU.0b013e31827765e0]

- 622.** Tian NF, Hu XQ, Wu LJ, Wu XL, Wu YS, Zhang XL, Wang XY, Chi YL, Mao FM. Pooled analysis of non-union, re-operation, infection, and approach related complications after anterior odontoid screw fixation. *PLoS One.* 2014;9(7):e103065.
- 623.** Timothy C. Ryken and al, Management of Isolated Fractures of the Axis in Adults, volume 72 | number 3 | March 2013 supplement
- 624.** Todd C. Hankinson and al Craniovertebral Junction Abnormalities in Down Syndrome, volume 66, number 3, March 2010 Supplement Neurosurgery
- 625.** Traynelis VC, Marano GD, Dunker RO, Kaufman HH. Traumatic atlanto-occipital dislocation. Case report. *J Neurosurg* 1986; 65: 863-870 [PMID: 3772485]
- 626.** Tsou PM, Yau A, Hodgson AR. Embryogenesis and prenatal development of congenital vertebral anomalies and their classification. *Clin Orthop* 1980;(152): 211-31.
- 627.** Tubbs R.S et al Ligaments of the craniocervical junction *J Neurosurg: Spine/Volume 14/June 2011*
- 628.** Tubbs RS, Dixon J, Loukas M, Shoja MM, Cohen-Gadol AA: Ligament of Barkow of the craniocervical junction: its anatomy and potential clinical and functional significance. *J Neurosurg Spine* 12:619-622, 2010
- 629.** Tubbs RS, Grabb P, Spooner A, Wilson W, Oakes WJ: The apical ligament: anatomy and functional significance. *J Neurosurg* 92 (2 Suppl):197-200, 2000
- 630.** Tubbs RS, Griessenauer CJ, McDaniel JG, Burns AM, Kumbha A, Cohen-Gadol AA: The transverse occipital ligament: anatomy and potential functional significance. *Neurosurgery* 66 (3 Suppl Operative):1-3, 2010
- 631.** Tubbs RS, Kelly DR, Humphrey ER, Chua GD, Shoja MM, Salter EG, et al: The tectorial membrane: anatomical, biomechanical, and histological analysis. *Clin Anat* 20:382-386, 2007
- 632.** Tubbs RS, Salter EG, Oakes WJ: The accessory atlantoaxial ligament. *Neurosurgery* 55:400-404, 2004
- 613.** Tubbs RS, Stetler W, Shoja MM, Loukas M, Hansasuta A, Liechty P, et al: The lateral atlantooccipital ligament. *Surg Radiol Anat* 29:219-223, 2007
- 634.** Tucker HH: Technical report: method of fixation of subluxed or dislocated cervical spine below C1-C2. *Can J Neurol Sci* 2: 381-382, 1975
- 635.** Tuite GF, Papadopoulos SM, Sonntag VK. Caspar plate fixation for the treatment of complex hangman's fractures. *Neurosurgery* 1992;30:761-4.
- 636.** Ture.U and M. N. Pamir Extreme lateral-transatlas approach for resection of the dens of the axis *J Neurosurg (Spine 1)* 96:73-82, 2002
- 637.** Umesh Srikantha and al, Minimally invasive atlantoaxial fusion: cadaveric study and report of 5 clinical cases, *J Neurosurg Spine* July 15, 2016
- 638.** Unterberger S. Care of frontobasal wounds [in German]. *Arch Ohren Nasen Kehlkopfheilkd* 1958;172:463-484
- 639.** Vaccaro AR, Kepler CK, Kopjar B, Chapman J, Shaffrey C, Arnold P, Gokaslan Z, Brodke D, France J, Dekutoski M, Sasso R, Yoon ST, Bono C, Harrop J, Fehlings MG. Functional and quality-of-life outcomes in geriatric patients with type-II dens fracture. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95:729-35
- 640.** Vaccaro AR, Madigan L, Ehrler DM. Contemporary management of adult cervical odontoid fractures. *Orthopedics.* 2000;23:1109-1115.
- 641.** Valérie Chicheportiche, Anatomie et imagerie du rachis cervical supérieur et de la charnière craniocervicale, *Revue du rhumatisme monographies* 80 (2013) 26-31
- 642.** Van Loveren HR, Fernandez PM, Keller JT, et al: Neurosurgical application of Le Fort I-type osteotomy. *Clin Neurosurg* 41:425-443, 1993
- 643.** Vasović Ljiljana, Jovanović Ivan, Ugrenović Slađana, Vlajković Slobodan, Jovanović Predrag, and Đorđević Gordana Extracranial Segments of the Vertebral Artery: Insight in the Developmental Changes up to the 21st Year of Life *Pediatric Craniovertebral Junction Diseases*, 111 *Advances and Technical Standards in Neurosurgery* 40
- 644.** Vender. J and al, Fusion and instrumentation at C1-3 via the high anterior cervical approach, *J Neurosurg (Spine 1)* 92:24-29, 2000
- 645.** Vender. J Andrew J. Rekito, and Dennis E. McDonnell High Anterior Cervical, Retropharyngeal Approach to the Ventral Craniocervical Junction and Upper Cervical Spine, *Neurosurgical Operative Atlas Spine and Peripheral Nerves Third Edition 2017 Thieme Medical Publishers*
- 646.** Vender JR, Rekito AJ, Harrison SJ, McDonnell DE. The evolution of posterior cervical and occipitocervical fusion and instrumentation. *Neurosurg Focus* 2004;16:E9
- 647.** Vender. J, Steven J. Harrison, and Dennis E. McDonnell, Retropharyngeal Approach to the Occipital-Cervical Junction, Part 1, *Atlas of Neurosurgical Techniques Spine and Peripheral Nerves Second Edition*
- 648.** Venkateswaran L, Rodriguez-Galindo C, Merchant TE, PoquetteCA, Rao BN, Pappo AS.

Primary Ewing tumor of the vertebrae: clinical characteristics, prognostic factors, and outcome. *MedPediatr Oncol* 2001;37:30-35

649. Vergel De Dios AM, Bond JR, Shives TC, McLeod RA, Unni KK. Aneurysmal bone cyst. A clinicopathologic study of 238 cases. *Cancer* 1992;69:2921-2931
650. Vincent Reina and al, Craniovertebral Junction Anomalies in Achondroplastic Children, *Advances and Technical Standards in Neurosurgery* 40, Springer 2014
651. Vishteh. A. G, et al. Stability of the craniovertebral junction after unilateral occipital condyle resection: a biomechanical study *J Neurosurg (Spine 1)* 90:91-98, 1999
652. Visocchi M, Doglietto F, Della Pepa GM, Esposito G, La Rocca G, Di Rocco C, Maira G, Fernandez E. Endoscope-assisted microsurgical transoral approach to the anterior craniovertebral junction compressive pathologies. *Eur Spine J.* 2011;20(9):1518-25.
653. Visocchi.M (ed.), *New Trends in Craniovertebral Junction Surgery*, *Acta Neurochirurgica Supplement*, Vol. 125, Springer Nature 2019
654. Visocchi.M et al, *The Endoscopic Endonasal Approach for Treatment of Craniovertebral Junction Pathologies: A Minimally Invasive but not Minimal-Risk Approach*, *Trends in Craniovertebral Junction Surgery*, *Acta Neurochirurgica Supplement*, Vol. 125, Springer Nature 2019
655. Visocchi M and al, *Walk the Line. The Surgical Highways to the Craniovertebral Junction in Endoscopic Approaches: A Historical Perspective*, *World Neurosurgery*, dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2017.06.125
656. Vitali et al, *Stability-Sparing Endoscopic Endonasal Odontoidectomy in a Malformative Craniovertebral Junction: Case Report and Biomechanical Considerations*, *Trends in Craniovertebral Junction Surgery*, *Acta Neurochirurgica Supplement*, Vol. 125, Springer Nature 2019
657. Vittorio M. Russo and al, *Minimally Invasive Supracondylar Transtubercular (MIST) Approach to the Lower Clivus* *WORLDNEUROSURGERY*, DOI:10.1016/j.wneu.2011.03.024
658. Vollmer DG, Eichler ME, Jenkins AL III: *Assessment of the cervical spine after trauma*, in Winn R (ed): *Youmans Neurological Surgery*, ed 6. Philadelphia: Elsevier, 2011, pp 3166-3180
659. Wanebo JE, Chicoine MR: *Quantitative analysis of the transcondylar approach to the foramen magnum*. *Neurosurgery* 49: 934-943, 2001 Fukushima T (ed): *Manual of Skull*

Base Dissection. Pittsburgh: AF Neuro Video, 1996, pp 111-123

660. Wang J, Ou SW, Wang YJ, Wu AH, Wu PF, Wang YB. Microsurgical management of dumbbell C1 and C2 schwannomas via the far lateral approach. *J Clin Neurosci.* 2011;18:241-246.
661. Wang MY, Levi ADO (2006) *Minimally invasive lateral mass screw fixation in the cervical spine: initial clinical experience with long-term follow-up*. *Neurosurgery* 58(5):907-912 (Discussion 907-12)
662. Wasserman BR, Moskovich R, Razi AE. Rheumatoid arthritis of the cervical spine—clinical considerations. *Bull NYU Hosp Jt Dis.* 2011;69:136-48.
663. Watson SW, Sinn DP, Neuwelt EA. Dental considerations in the sublabial transsphenoidal surgery approach to the pituitary gland. *Neurosurgery* 1982;10:236—41
664. Wen HT, Rhoton AL Jr, Katsuta T, et al: *Microsurgical anatomy of the transcondylar, supracondylar, and paracondylar extensions of the far-lateral approach*. *J Neurosurg* 87:555-585, 1997
665. Werner M. *Giant cell tumour of bone: morphological, biological and histogenetical aspects*. *Int Orthop* 2006;30(6):484-489
666. Wesley Hsu and al, *Transoral Approaches to the Cervical Spine*, *Neurosurgery volume 66 | number 3 | march 2010 supplement | A119*
667. White AA III, Panjabi M. *Clinical Biomechanics of the Spine*. 2nd ed. Philadelphia, PA: Lippincott; 1990
668. Wiesel SW, Rothman RH (1979) *Occipitoatlantal hypermobility*. *Spine (Phila Pa 1976)* 4(3):187-191
669. Winegar C.D, *A systematic review of occipital cervical fusion: techniques and outcomes* *J Neurosurg Spine* 13:5-16, 2010
670. Wolan-Nieroda A, Maciejczak A, Guzik A, Przysada G, Szeliga E, Druzbicki M *Range of motion in the cervical spine after odontoid fracture treated with anterior screw fixation*, *J Orthop Surg Res.* 2019 Apr 15;14(1):104.
671. Wu Z, Hao S, Zhang J, Zhang L, Jia G, Tang J, Xiao X, Wang L, Wang Z (2009) *Foramen magnum meningiomas: experiences in 114 patients at a single institute over 15 years*. *Surg Neurol* 72: 376-382; discussion 382
672. Xu H, Zhao J, Yuan J, et al. *Anterior discectomy and fusion with internal fixation for unstable hangman's fracture*. *Int Orthop.* 2010;34:85- 88.
673. Ya-Fang Chen, Hon-Man Liu, *Imaging of Craniovertebral Junction*, *Neuroimag Clin N Am* 19 (2009) 483-510
674. Yamada Y, Ito H, Otsubo Y, Sekido K

(1996) Surgical management of cervicomedullary compression in achondroplasia. Childs Nerv Syst 12:737-741
675. Yamaura A, Makino H, Isobe K, Takashima T, Nakamura T, Takemiya S.

étude clinique et thérapeutique. Faculté de
MEDECINE D'ALGER

Repair of cerebrospinal fluid fistula following transoral transclival approach to a basilar aneurysm. Technical note. J Neurosurg 1979;50(6):834-838
676. Yann Philippe Charles and al Mortality, complication, and fusion rates of patients with odontoid fracture: the impact of age and comorbidities in 204 cases , Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery Springer Nature 2018
677. Yaron A. Moshel and Theodore H. Schwartz, Endoscopic Assisted Approaches to the Craniovertebral Junction: Lateral versus Ventral, World Neurosurgery 74 [2/3]: 265-267, August/September 2010
678. Yasargil M, Mortara R, Curic M. Meningiomas of basal posterior cranial fossa. In: H K, ed. Advances and Technical Standards in Neurosurgery. Vienna: Springer-Verlag; 1980: 1-115
679. Yossi Smorgick, and Jeffrey S. Fischgrund, Occipitocervical Injuries, Seminars in spine surgery 25 (2013) 14 - 22
680. Yu Y, Hu F, Zhang X, Gu Y, Xie T, Ge J. Application of the hemi-semi-laminectomy approach in the microsurgical treatment of C2 schwannomas. J Spinal Disord Tech. 2014;27:E199-E204.
681. Zafeiriou DI, Batzios SP (2013) Brain and spinal MR imaging findings in mucopolysaccharidoses: a review. AJNR Am J Neuroradiol 34:5-13
682. Zikou AK, Alamanos Y, Argyropoulou MI, Tsifetaki N, Tsampoulas C, Voulgari PV, et al. Radiological cervical spine involvement in patients with rheumatoid arthritis: a cross sectional study. J Rheumatol. 2005;32:801-6.
683. Zumpano MP, Hartwell S, Jagos CS: Soft tissue connection between rectus capitus posterior minor and the posterior atlanto-occipital membrane: a cadaveric study. Clin Anat 19: 522-527, 2006
684. Zwagerman NT, Tormenti MJ, Tempel ZJ, Wang EW, Snyderman CH, Fernandez-Miranda JC, Gardner PA, Endoscopic endonasal resection of the odontoid process: clinical outcomes in 34 adults. J Neurosurg. 2018 Mar;128(3):923-931
685. L. Berchiche thèse sur les lésions traumatiques du rachis cervical supérieur,

RESUME :

La jonction crânio vertébrale est une région particulière. Embryologiquement après resegmentation, le proatlas joue un rôle important dans la genèse de cette jonction. La connaissance de l'anatomie des différents constituants musculaires, ligamentaires, osseux et neurovasculaires est primordiale pour le chirurgien. La flexion-extension est le mouvement le plus important au niveau occipito-atlantale et la rotation axiale est le plus important niveau atlanto-axiale.

Des lésions malformatives congénitales, infectieuses, inflammatoires, tumorales et traumatiques peuvent toucher cette région.

Différentes approches chirurgicales ont été décrites pour traiter ces pathologies, ces approches comprennent les approches antérieures (trans crâniennes, trans faciales et trans cervicales), les approches latérales (antérolatérale, postérolatérale ou far lateral approach, postérolatérale extrême et rétro sigmoïde) et les approches postérieures (approche sous occipitale médiane).

67 patients présentant des pathologies de la JCV ont été opérés entre 2016 et 2019. 29,86 % des cas présentaient des processus expansifs, 34,32% présentaient des lésions traumatiques et 35,82% présentaient des pathologies congénitales, développementales et inflammatoires. Nous avons eu une morbidité de 10,44 % et une mortalité de 2,98%.

Mots clés : jonction crânio vertébrale, proatlas, atlas, axis, odontoïde, fracture bi pédiculaire, chordome, chondrosarcome, ostéosarcome, ostéome ostéoïde, ostéoblastome, kyste anévrysmal, invagination basilaire, os odontoïdeum, endoscopique endonasale, trans orale, trans basale, antérolatérale, postérolatérale, rétro sigmoïde, sous occipitale médiane, vissage odontoïde, fixation occipito cervicale, fixation atlanto-axiale.

SUMMARY:

The craniovertebral junction is a particular region. Embryologically after resegmentation, proatlas plays an important role in the genesis of this junction. Knowledge of the anatomy of the different muscular, ligamentous, bony and neurovascular structures is essential for the surgeon. Flexion-extension is the most important movement at the occipito-atlantal level and axial rotation is the most important at the atlanto-axial level.

Congenital malformative, infectious, inflammatory, tumor and traumatic lesions can affect this region.

Different surgical approaches have been described to treat these pathologies, these approaches include anterior approaches (trans cranial, trans facial and trans cervical), lateral approaches (anterolateral, posterolateral or far lateral approach, extreme posterolateral and retro sigmoid) and posterior approaches (median sub occipital approach).

67 patients with JCV pathologies were operated on between 2016 and 2019.

29.86% of the cases presented expansive processes, 34.32% presented traumatic lesions and 35.82% presented congenital, developmental and inflammatory pathologies. We had a morbidity of 10.44% and a mortality of 2.98%.

Keywords : craniovertebral junction, proatlas, atlas, axis, odontoïde, hangman fracture, chordoma, chondrosarcoma, osteosarcoma, osteoid osteoma, osteoblastoma, aneurysmal cyst, basilar invagination, os odontoïdeum, endonasal endoscopic, trans oral, trans basal, anterolateral, posterolateral, rétro sigmoïde, median sub occipital, anterior screw fixation, occipito cervical fixation, atlanto-axial fixation.