

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1

Faculté de Médecine



LE PIED BOT VARU ÉQUIN



Réalisé par

Dr ROUANI Hadj laid.

Dérigé et validé par

Pr Sadaoui Messouda.

La présidente de la CPRS et le
chef du service de la chirurgie
pediatrique CHU Blida

Remerciement

PROFESSEUR SAADAOUI MASSOUDA

Professeur de chirurgie Pédiatrique. Faculté de Médecine de Blida

Chef de service de Chirurgie Pédiatrique, CHU de Blida.

Mon maitre et mon Chef de service ;

Je tiens à vous adresser mes plus sincères remerciements pour votre encadrement exceptionnel et votre soutien indéfectible tout au long de mon travail dans votre service.

Votre expertise, vos conseils avisés et votre rigueur scientifique ont grandement contribué à la qualité de ce travail. Votre patience et votre disponibilité ont été des sources d'inspiration constantes, et je suis profondément reconnaissante pour tout ce que vous m'avez apporté.

Introduction

Le PBVE est toujours suscité et suscitera encore un intérêt très particulier chez l'enfant. Il a fait l'objet d'innombrables travaux scientifiques et publications portant sur la compréhension de physiopathologie, l'anatomopathologie et sur les différentes techniques orthopédiques et chirurgicales développées au fil du temps.

Ce nouveau livre est consacré avec toutes les détails intéressants sur le pied bot varus équin principalement le congénital, rédigé sous la direction du Professeur SADAOUI MESAOUDA, Chef du Service de la Chirurgie pédiatrique à l'UMY du CHU BLIDA et la présidente du comité pédagogique national de la chirurgie pédiatrique.

Même si cet ouvrage s'adresse principalement aux jeunes résidents en formation, les chirurgiens spécialisés trouveront dans ce travail des informations intéressantes et certaines techniques d'utilisation récente, illustrés et rassemblées de nombreux ouvrages bibliographiques récentes.

Ce livre illustre notre expérience dans la prise en charge du PBVE, il surtout résume notre stratégie dans la gestion des récidives du pied le pied bot opéré depuis notre étude prospective dans ce domaine.

La rédaction de cet ouvrage spécialisé est une aventure passionnante et un ajout intéressant à la bibliothèque de la faculté de médecine de BLIDA en attendant d'autres ouvrages dans l'avenir.

Dr HL. ROUANI

Acronymes et abréviations

PBVE	Pied bot varus équin
PBVEC	Pied bot varus équin congénital
DDH	Dysplasie de Développement des Hanches
NFAI	Nœud fibreux antéro-interne
NFPE	Nœud fibreux antéro-externe
TA	Tendon d'Achille
JP	Jambier postérieur
FC	Fléchisseur commun
FD	Flexion dorsal
Fig	Figure
Ph	Photo
Rx	Radiographie standard
F	Face
P	Profil
IRM	Imagerie par résonance magnétique
SL	Saint-Luc

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION.....	1
II. RAPPEL DU PIED NORMAL.....	3
1. Embryologie du pied.....	3
2. Anatomie descriptive.....	5
3. le pied en croissance.....	12
4. Biomécanique du pied ...	14
5. Empreintes plantaires	20
6. Radiologie du pied.....	22
III. PHYSIOPATHOLOGIE DES MALFORMATIONS CONGENITALES.....	25
IV. EXAMEN CLINIQUE DU PIED A LA NAISSANCE.....	25
V. LES DIFFERENTES MALFORMATIONS DU PIED DU NOUVEAU-NE.....	27
VI. LE PIED BOT VARUS EQUIN	30
1. Définition.....	30
2. Généralités- intérêt.....	30
3. Histoire du PBVE	33
4. Anatomie pathologique	35
5. Etiopathogénie.....	41
6. Epidémiologie.....	42
IV. DIAGNOSTIC DU PBVE	43
1. Diagnostic anténatal	43
2. Diagnostic à la naissance	44
3. Evaluation de la sévérité et classifications a la naissance	51
4. Explorations complémentaires	56
V. HISTOIRE NATURELLE DU PBVE.....	60
VI. TRAITEMENT ORTHOPEDIQUE DU PBVE.....	61
1. Objectifs du traitement	61
2. Les 3 étapes de la prise en charge	62
3. La 1 ^{ière} Phase : réduction de la déformation	62
3.1 Méthode de Ponseti	63

3.2 Méthode fonctionnelle	69
3.3 Méthodes mixtes	73
3.4 La ténotomie percutanée du tendon d'Achille	73
3.5 Autres techniques	75
4. Phase de consolidation du résultat	75
5. Phase d'entretien et gestion de la récurrence	78
VII. TRAITEMENT CHIRURGICAL DU PBVE	80
1. L'âge de l'opération	80
2. Installation du malade	80
3. Voies d'abord	81
4. Techniques opératoires	84
4.1. Repérage du paquet vasculo-nerveux.....	84
4.2. Libération des parties molles	84
4.3. Gestes chirurgicales complémentaires_	90
4.4. Techniques chirurgicales des pieds bots invétérés et récurrences	92
5. Indications	112
6. Complications du traitement chirurgical	113
7. Les séquelles	115
8. L'évolution	115
VIII. EVALUATION PERIODIQUE DU TRAITEMENT DU PIED BOT	116
1. Evaluation clinique	116
2. Evaluation radiologique	120
IX. EVALUATION FINALE DE LA PRISE EN CHARGE DU PBVE	122
X. L'INSUFFISANCE DE CORRECTION OU LA RECURRENCE DE LA DEFORMATION.....	128
XI. PRONOSTIC ET DEVENIR A L'AGE ADULTE	138
XII. CONCLUSION	144
XIV. RECOMMANDATIONS.....	140
XIII. BIBLIOGRAPHIE.....	142

1. INTRODUCTION :

Le pied bot varus équin congénital (PBVEC) est une dysplasie congénitale d'origine inconnue des tissus musculo-squelettiques situés au-dessous du genou engendrant une déformation complexe associant des déformations osseuses et des rétractions des parties molles modifiant la mobilité et l'amplitude articulaire.

Le PBVE est toujours suscité et suscitera encore un intérêt très particulier chez l'enfant. Il a fait l'objet d'innombrables travaux scientifiques et publications portant sur la compréhension de physiopathologie, l'anatomopathologie et sur les différentes techniques orthopédiques et chirurgicales développées au fil du temps.

Aux Etats Unis et depuis 1948 le Dr **Ponseti** [1] a mis au point une méthode orthopédique de traitement du pied bot succédant et développant les plâtres jambiers correcteurs de **KITE** en 1930. Cette méthode semble de plus en plus utilisée dans le monde. Cette technique apporte de très bons résultats et a un faible coût.

Avant 1975 les techniques chirurgicales avaient un taux élevé d'échecs soit par hypo correction ou récurrence, soit par hypercorrection en valgus. C'est à partir de 1975 que des progrès de l'équipe du professeur **Seringe** (Paris) [2] réalisés dans la meilleure connaissance de l'anatomie pathologie du PBVE et donc un bon traitement de toutes les déformations. Ces travaux sont solidarisés par **Mc Kay** [3] en 1982 aux USA qui sont aujourd'hui unanimement admises.

La place du traitement non opératoire dans la littérature est prééminente, elle préoccupe la place numéro un dans préoccupation des thérapeutes des pieds, depuis le début du développement de la médecine jusqu'à l'heure actuelle.

Malgré les progrès de développement des méthodes orthopédiques de correction d'un pied bot, la chirurgie conserve aussi une place importante, destinées à compléter un traitement orthopédique déjà initié ou à rattrapé un pied bot invétéré pris en charge tardivement.

La chirurgie initiale du PBVE a été basée sur des opérations des parties molles rétractées en enraidissant le pied [4]. La persistance des défauts résiduels conduisait à des opérations associant l'ouverture de l'articulation talo-naviculaire et l'articulation sous taliennne [5, 6, 7].

Ces premières techniques avaient un certain nombre d'échec soit par une insuffisance de correction soit une récurrence ultérieure et parfois même une hypercorrection en valgus ou une torsion du pied.

La chirurgie du PBVE fait appel à des techniques fines et complexes non dénué des risques, auprès des chirurgiens expérimentés et particulièrement entraînés. Même entre des meilleures mains, il persiste un taux de résultats insuffisants ou d'échec qui avoisine 20 %, et au cours de la croissance un certain nombre de bons résultats se dégradent [2].

La meilleure connaissance de l'anatomie pathologique et de physiopathologie du PBVE a permis de dénombrer les attitudes vicieuses et bien les reconnaître ont abouti à un traitement adéquat de cette déformation du pied [8, 9, 10, 11].

La chirurgie itérative des récurrences et des corrections des défauts résiduelles a pris une part concomitante dans l'histoire chirurgicale du PBVE depuis le travail de Lichtblau [12] et l'avènement de l'appareil d'Illizarov [13,14].

Le Pied bot varus équin insuffisamment corrigé ou récidivé pose actuellement un énorme problème de prise en charge. Commencant par le malade dans la difficulté à la marche en plein de sa période d'apprentissage, le chaussage et un appareillage difficilement accepté, en suite des parents inquiets et épuisés entre un chirurgien particulièrement spécialisé qui est souvent éloigné et qui n'a pas souvent de solutions décisives et finales, et un rééducateur désespéré qui n'a pas parfois de confiance au chirurgien.

Le taux de résultats insuffisants ou récurrences avoisine 30 % dans la littérature dans un monde qui actuellement opère que rarement les pieds bots. Ce taux est très important par la démographie galopante de l'Algérie où le pied bot est le souvent opéré dans certaines conditions favorisant nous citons : l'insuffisance et l'éloignement des centres de santé spécialisées, les conditions socioéconomiques et l'indiscipline de certains parents, et le manque de coordination entre l'orthopédiste pédiatre, le rééducateur et l'appareilleur.

Dans notre travail nous essayons à répondre à certains nombres de questions qui se posent dans l'esprit des chirurgiens pédiatres qui se résument aux questions suivantes :

- Pourquoi continuons-nous à opérer assez souvent les pieds bots ?
- Est-ce que nous traitons correctement nos pieds bots ?

-
- Comment entretenir un bon résultat thérapeutique et prévenir une récurrence ?
 - Quelles sont les causes de récurrence ?
 - À quels moments il faut agir et réopérer un pied bot ?
 - Quelles sont les moyens les plus simples pour juguler un échec ou une récurrence ? et est-ce qu'il y'a une technique idéale pour régler définitivement le problème de cette déformation congénitale.

Nous présenterons dans une première partie, un rappel sur l'embryologie et l'anatomie descriptive et fonctionnelle du pied normal, la manière d'un bon examen du pied du nouveau-né, et énumérer les déformations congénitales du pied et expliquer leurs physiopathologies. Ensuite nous parlons du pied bot varus équin, en commençant par un rappel historique, embryologique et l'anatomopathologique, passant par une étude clinique et radiologique et terminons par les différentes modalités thérapeutiques orthopédiques et surtout chirurgicales et la réalisation d'un bon suivi.

La seconde partie concernera l'étude prospective pratique menée dans le service de Chirurgie pédiatrique du CHU BLIDA. Nous discuterons nos résultats en fonction des données de la recherche dans la littérature afin de répondre aux questions posées précédemment et surtout ; y'a-t-il une technique idéale pour régler définitivement le problème d'un pied déjà opéré.

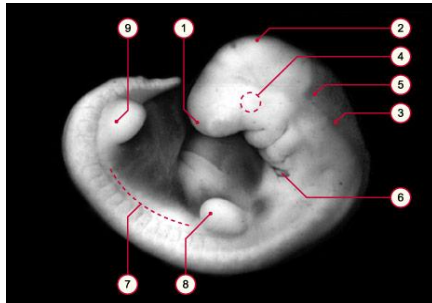
II. **RAPPEL DU PIED NORMAL :**

- *Le pied est indispensable à la tenue de la **station debout**.*
- *Il permet la marche et il joue un rôle **stabilisateur et propulseur**.*
- *Il est donc un vecteur primordial pour le maintien de l'équilibre et le bien-être du corps.*

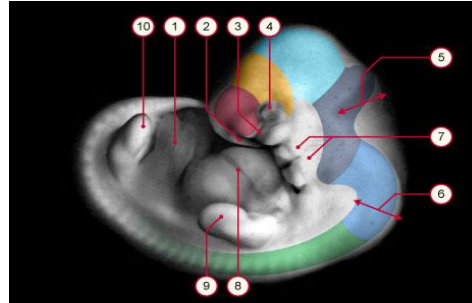
1. Embryologie du pied :

- Vers la 4^{ème} semaine (1 mois !) va apparaître le bourgeon du membre inférieur. (Fig.1)
- Vers la 5^{ème} semaine apparaît la première ébauche du pied. (Fig. 2)
- Vers la 8^{ème} semaine (2 mois) c'est la phase de division avec ébauche du Calcaneus os naviculaire, cuboïde, 1^{ers} cunéiformes métatarsiens. Phalanges. (Fig. 3)
- À la fin de la période embryonnaire (**3 mois**) la formation de deux pieds dont le plan général paraît achevé. (Fig. 4)
- C'est le mésoblaste somitique qui va s'étendre dans le bourgeon initial du membre pelvien et va donner naissance aux muscles, les tendons, les os et les vaisseaux.

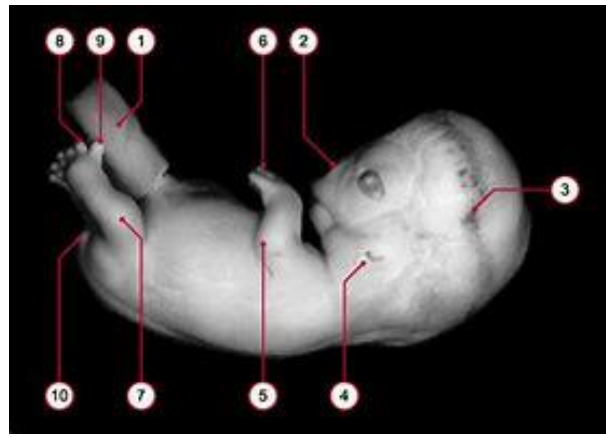
- Pied est en équin, varus et adduction diminuent graduellement après 10 semaines avec une position neutre à 11 semaines.
- Les ossifications avant la naissance concernent le calcanéum, talus, métatarsiens, phalanges.



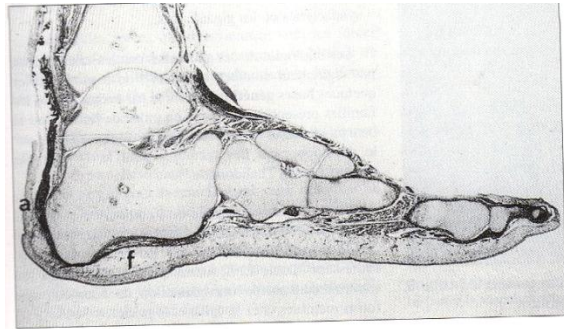
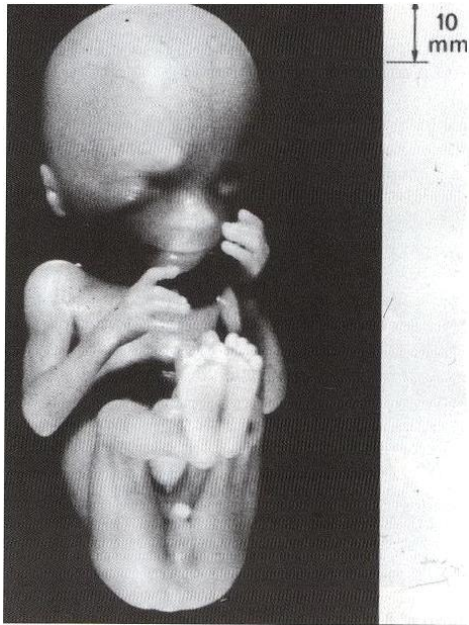
(Fig. 1) 9 : *Bourgeon membre inférieur. 33jr*



(Fig. 2) 9 : *Palette pied. 39 jrs*



(Fig. 3) 9. 8. : *Orteils et Halux. 51jour s. Embryologie humaine. Pr Kohei, Kyoto University*



(Fig. 4) coupe sagittale du pied chez un embryon de 13 semaines ;
morphologie parfaite des articulations. Embryologie humaine. Pr Kohei, Kyoto
University

1) *Embryopathologie :*

Durant toute cette période embryologique, des anomalies peuvent survenir de cause n'est pas clairement connues qui sont de 3 types :

Réduction du membre avec agénésie partielle ou complète d'un membre ou d' un segment du membre.

Duplication : polydactylie ou duplicité.

Malformations : syndactylies ou mégalodactylie.

2. *Anatomie descriptive du pied :*

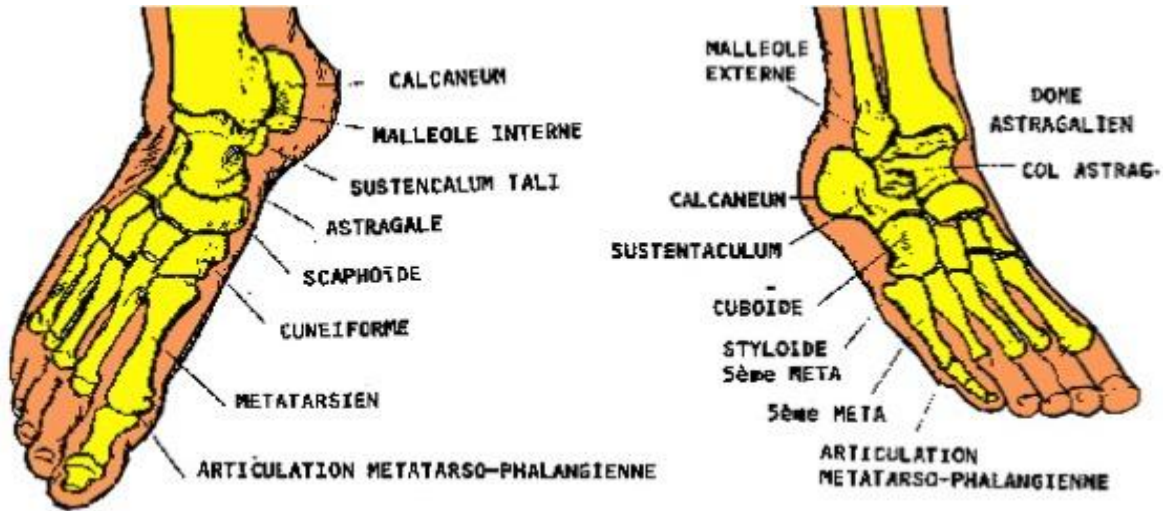
L'étude détaillée de l'anatomie du pied de l'enfant et surtout la dissection des pièces anatomique constitue la base de la chirurgie du pied.

- Le pied comprend **26 os**, **16 articulations**, **107 ligaments** , et **20 muscles**.

➤ Ostéologie :

- Le squelette du pied est comprends le tarse, le métatarse et les phalanges.
- Le tarse est constitué de 7 os courts que l'on peut répartir en deux groupes : en arrière, le calcaneus (ou calcaneum) et le talus (ou astragale) ; en avant, l'os cuboïde, l'os

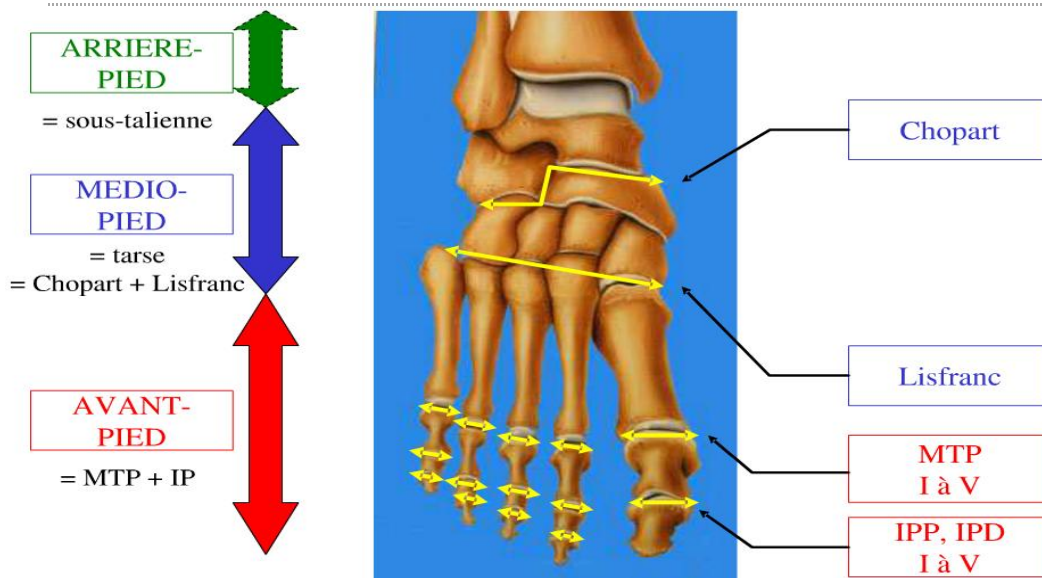
naviculaire (ou scaphoïde tarsien) et les 3 os cunéiformes . Les 5 métatarsiens relient l'os cuboïde et les trois cunéiformes aux phalanges des orteils. (*Fig. 5*)



(*Fig. 5*) *Ostéologie du pied. Anatomie humaine.com. Pr Gérard Outrequin*

On peut aussi diviser le pied : (*fig. 6*)

- L'arrière-pied, constitué du talus et du calcaneus ;
- Le médio-pied, constitué de l'os cuboïde, de l'os naviculaire et des os cunéiformes ;
- L'avant-pied, composé des métatarsiens et des phalanges.



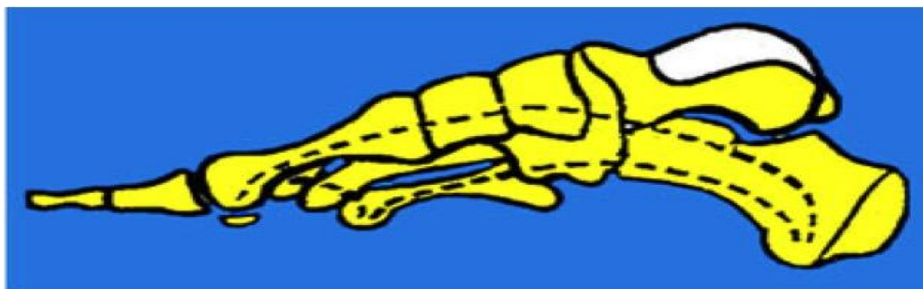
(*Fig. 6*). *Articulations et division du pied. Anatomie humaine.com. Pr Gérard*

➤ **ARCHES DU PIED** : (*Fig. 7*)

La plante du pied est creuse, disposé en 3 arches : longitudinales médiale et latérale, et transverse.

Les arches longitudinales reposent en arrière sur le calcaneus et en avant sur les métatarsiens. L'arche transverse est constituée des os cunéiformes, de l'os cuboïde et de la tête des métatarsiens.

Cette disposition en arche est maintenue par l'**aponévrose plantaire** qui est un tapon de tissu conjonctif dense étendue de la partie postérieure du calcaneus aux têtes des métatarsiens. Aidé par les ligaments, les muscles et les tendons de la face plantaire.



(Fig. 7). ARCHES DU PIED. Anatomie humaine.com. Pr Gérard

➤ Les muscles du pied :

Comme pour la main, il existe une musculature intrinsèque contenue dans le pied et une musculature extrinsèque agissant sur les articulations du pied mais sont contenues dans la jambe.

1- Muscles intrinsèques :

Sont répartis en plusieurs loges : les loges plantaires (*fig. 8*) ; médiale, centrale et latérale, la loge interosseuse et la loge dorsale.

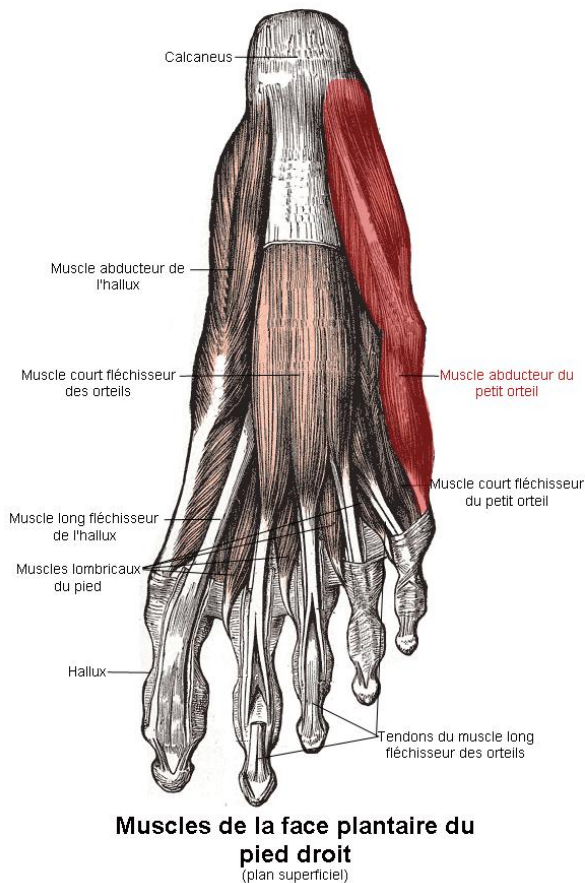
La loge plantaire médiale comprend l'**abducteur** et le court fléchisseur de l'hallux.

La loge plantaire centrale contient 7 muscles : le court fléchisseur des orteils , les quatre lombricaux, le fléchisseur accessoire des orteils, et l'adducteur de l'hallux.

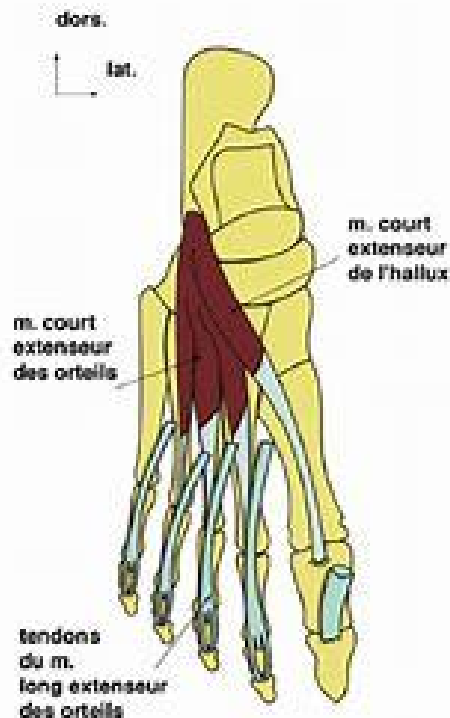
La loge plantaire latérale contient: l'abducteur et le court fléchisseur du 5ème orteil.

La loge interosseuse contient 4 muscles plantaires, qui permettent l'adduction des orteils, et 3 dorsaux, qui permettent l'abduction.

La loge dorsale contient un seul muscle : le court extenseur des orteils. (*fig. 9*).



(Fig. 8). *Physistudent.com*



(Fig. 9). Le court extenseur des orteils *Physistudent.com*.

2- Muscles extrinsèques : (Fig. 10)

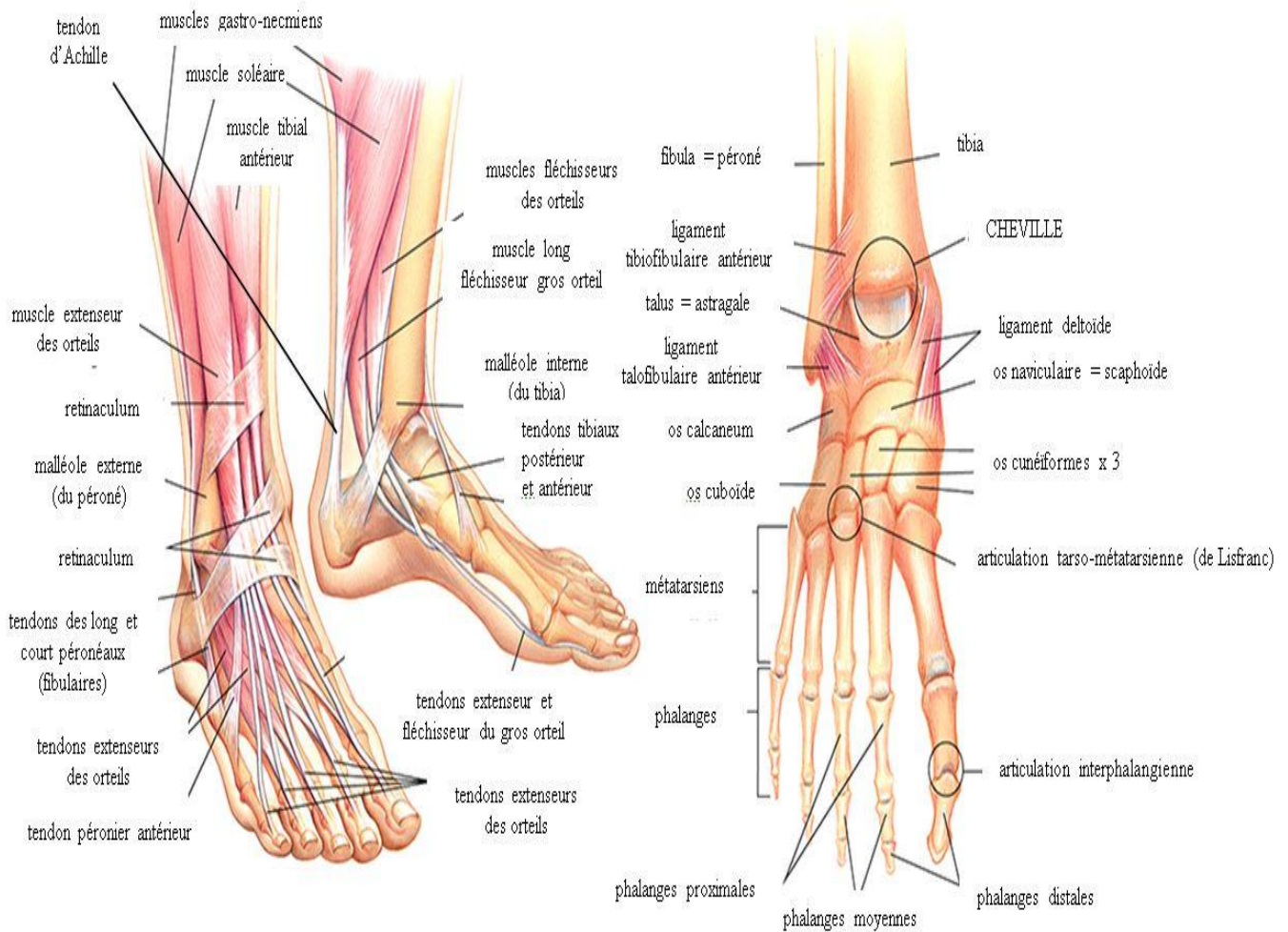
Ces muscles sont situés dans la jambe et seuls leurs tendons qui s'étendent au pied. Se sont de 4 groupes : postérieur, médial, antérieur et latéral.

Le groupe postérieur est constitué du tendon calcanéen prolonge le muscle triceps sural et s'insère sur le calcaneus. Permettant la flexion plantaire de la cheville.

Le groupe médial passe en arrière de la malléole médiale et dans le réтинaculum des fléchisseurs. Il comporte les tendons des muscles fléchisseur commun des orteils et long fléchisseur de l'hallux, et tibial postérieur, qui permet l'inversion du pied.

Le groupe latéral passe en arrière de la malléole latérale et dans le réтинaculum des fibulaire. Il contient les tendons des muscles long fibulaire et court fibulaire, qui permettent l'éversion du pied.

Le groupe antérieur passe dans le réтинaculum des extenseurs et se continue sur le dos du pied. Il contient les tendons des muscles tibial antérieur, il permet la flexion dorsale de la cheville et l'inversion du pied, long extenseur de l'hallux et long extenseur des orteils, qui permettent l'extension des orteils et la flexion dorsale de la cheville, et le troisième fibulaire, qui permet la flexion dorsale de la cheville et l'éversion du pied.



(Fig. 10). Muscles extrinsèques du pied. Physistudent.com

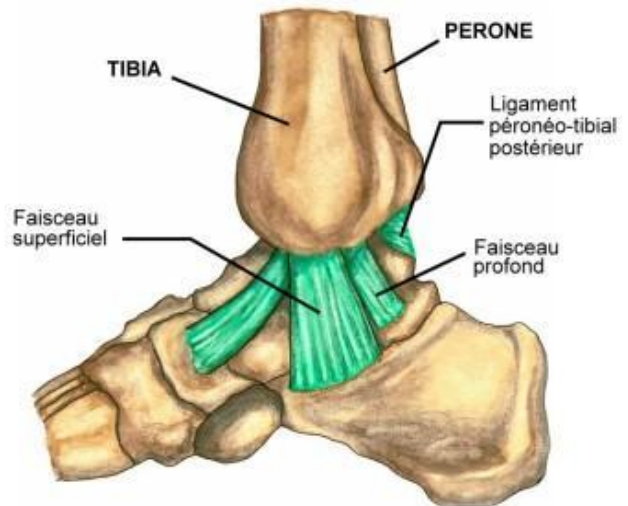
➤ ARTICULATION TIBIOTARSIENNE :

L'articulation tibiotarsienne ou encore appelé talo-crurale à un intérêt particulier dans la chirurgie du pied bot varus équin.

C'est une articulation trochléenne qui met en en contact 3 pièces osseuses : le tibia, la fibula, et l'astragale, Uni par une capsule articulaire mince.

- Les ligaments :

- Ligament latéral interne (*fig. 11*) : Le plus puissant il comprend 2 plans :
 - Plan profond : ligament tibioastragalien.
 - Plan superficiel : le ligament deltoïdien de Farabeuf



(Fig. 11). Ligament latéral interne. www.winphys.com

- Le ligament latéral externe : comprend 3 faisceaux : antérieur (fibulo-astragalien antérieur), moyen (fibulo-calcanéen) et postérieur (fibulo-astragalien postérieur).



(Fig. 12). Ligament latéral externe. www.winphys.com

➤ Innervation du pied :

L'innervation provient essentiellement du **nerf sciatique** . Ce sont des branches du **nerfs tibial** et des **nerfs fibulaire superficiel** et **profond**, collatérales du **nerf fibulaire commun** (fig. 13). Une petite partie de l'innervation est assurée par des branches du **nerf saphène**, issu du **nerf fémoral**.

Le nerf tibial se divise en nerfs **plantaire médial** et **plantaire latéral**. (Fig. 14)

Les branches du nerf tibial innervent par ailleurs la peau du talon et de la face plantaire du pied.

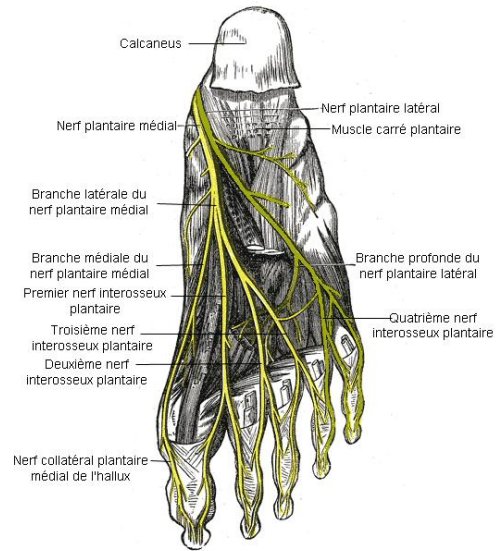
Le nerf fibulaire profond innerve au niveau du pied un seul muscle, celui de la loge dorsale, et une petite partie de la peau du dos du pied.

Le nerf fibulaire superficiel innerve le reste de la peau du dos du pied.

Le nerf saphène innerve la peau de la face médiale du pied. **(Fig. 15)**

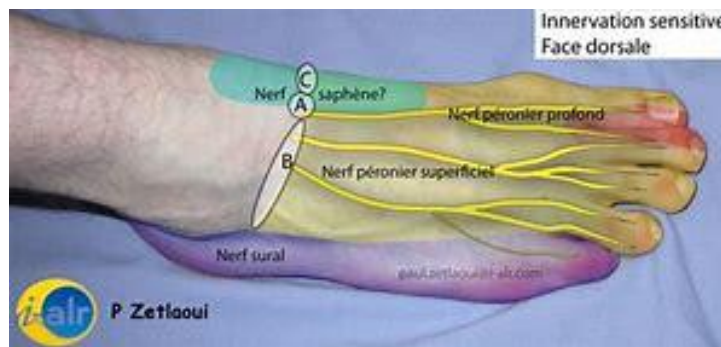


(Fig. 13)_Nerfs tibial_ et nerfs fibulaire profond



Nerfs de la face plantaire du pied droit

(Fig. 14) Branches du nerf tibial. Wikipédia



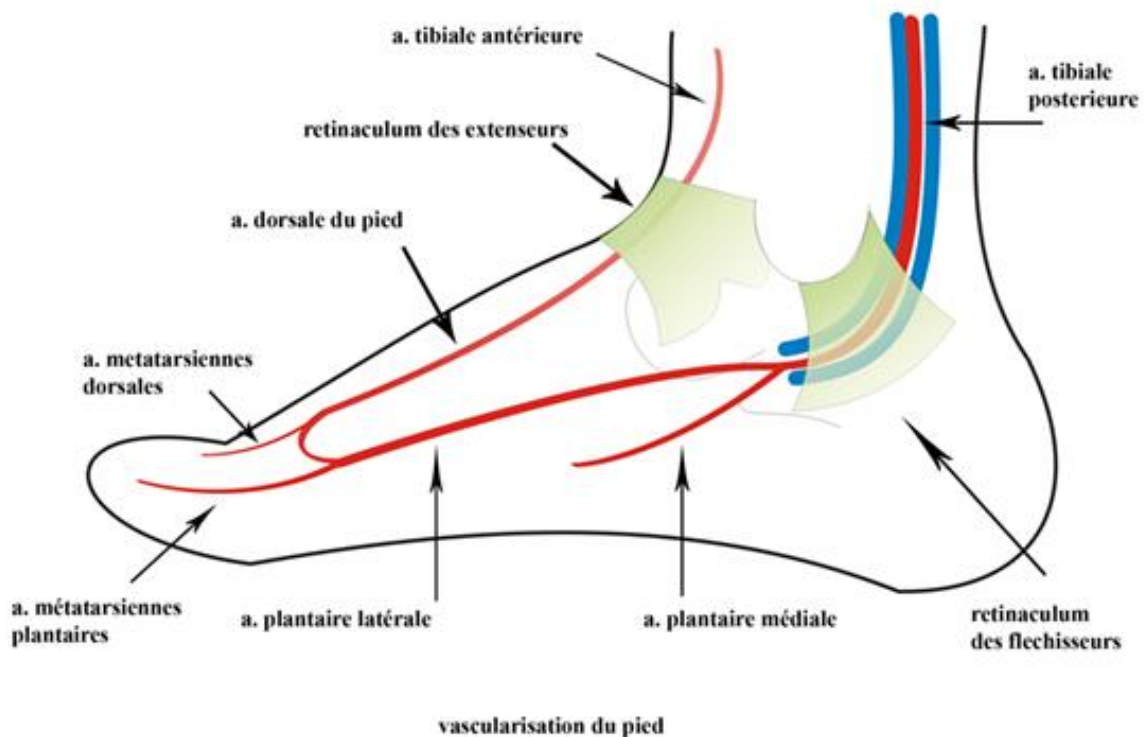
(Fig. 15) Innervation de la peau du dos du pied.

➤ **Vascularisation du pied :**

L'apport vasculaire du pied est assuré par l'**artère dorsale**, issue de l'artère tibiale antérieure, et les **artères plantaires médiale et latérale** issues de l'artère tibiale postérieure, ainsi par des branches issues de l'artère fibulaire. **(Fig. 16)**

Les veines sont de disposition analogue aux artères. En superficie, ce sont les petite et grande veines saphènes qui drainent le pied.

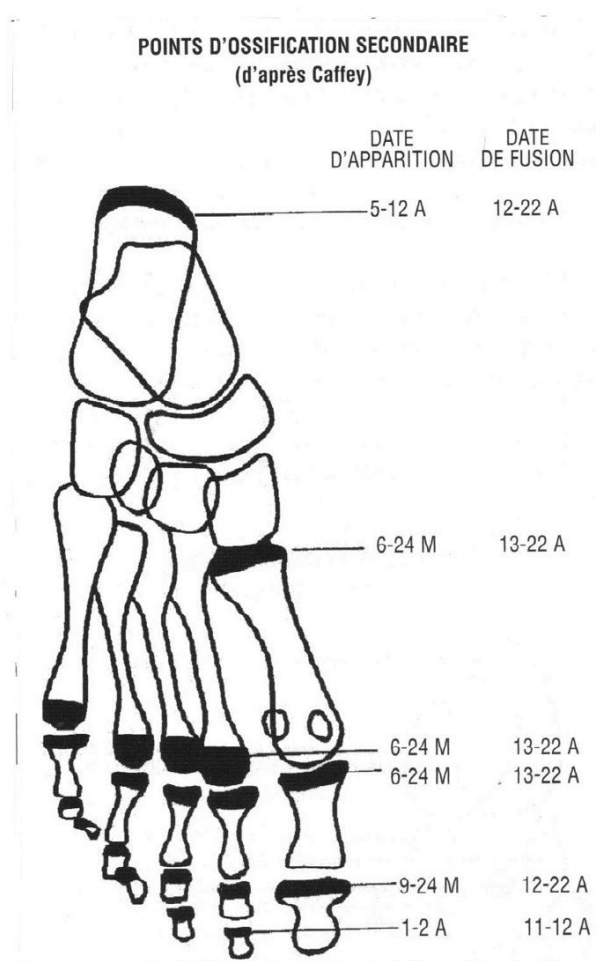
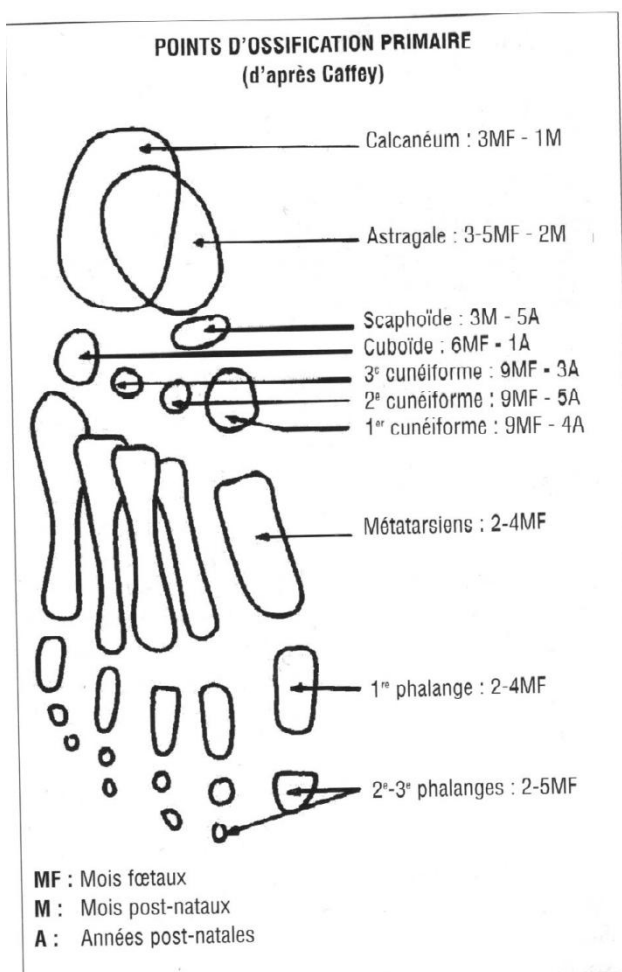
Les lymphatiques suivent les voies veineuses.



(Fig. 16). *Vascularisation du pied*

3. LE PIED EN CROISSANCE [166] :

- Pendant la période intra-utérine, le pied est très peu ossifié.
- La croissance du pied se fait à partir d'une quarantaine de cartilages de croissance qui participent dans une programmation hiérarchisée et ordonnée dans le temps et dans l'espace.
- L'ossification se fait à partir des points d'ossification primaire qui sont présents dès la naissance, et partir des points d'ossification dite secondaires qui apparaissent ultérieurement jusqu'à l'âge de 12ans.
- La chronologie d'apparition de ces différents points et les âges de fusion sont donnés dans la figure 17.
- A la naissance le pied mesure **5 cm** ce qui représente 40% de la taille finale en fin de la croissance.
- La longueur restante est de **17 cm** chez la fille environ et **19 cm** chez le garçon.

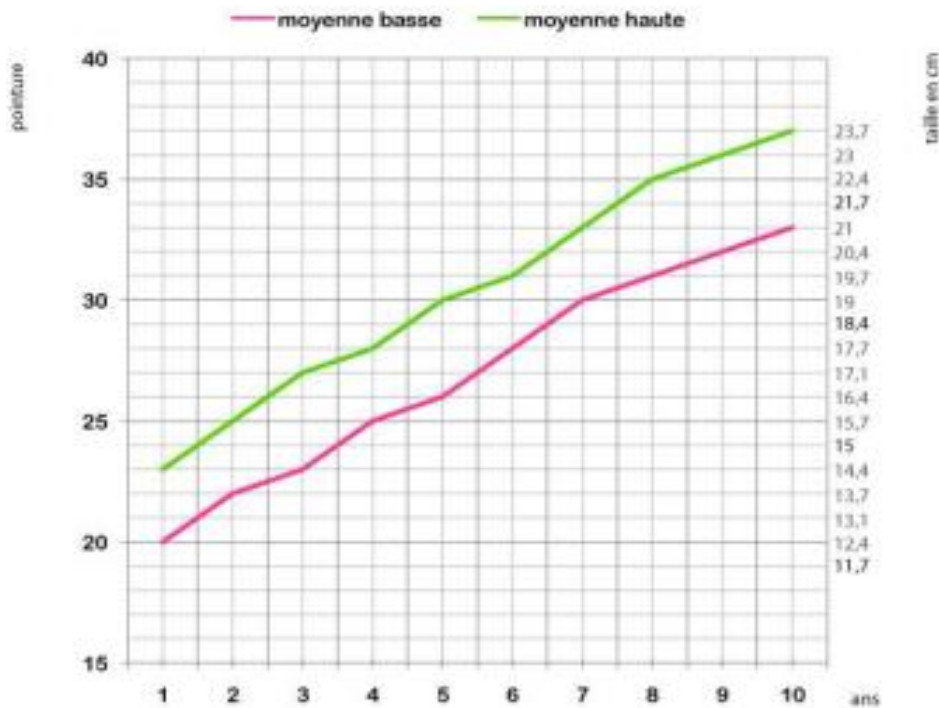


(Fig. 17) [166]

- La 1^{ère} année de la vie est marquée par une croissance vive, le pied grandit de 4,5 cm. Il va mesurer 12 cm. Puis la vitesse de croissance se ralentit.
- A 5 ans, le pied mesure déjà 17,2 cm, c'est-à-dire qu'il a grandi de 10 cm en 5 ans.
- Jusqu'à la puberté, il n'y a pas de différence significative entre la fille et le garçon. L'écart commence à l'âge de 10 ans (*fig. 18*). Il est important de constater qu'il reste 3,5 cm à grandir pour la fille, et 5,5 cm chez le garçon.
- Le pied est le 1^{er} organe de l'appareil locomoteur entre véritablement en puberté. Donc c'est le premier organe à s'arrêter de grandir.
- **La croissance s'arrête à 12 ans** d'âge osseux chez la fille, et **14 ans** d'âge osseux chez le garçon.

Courbe de croissance du pied chez l'enfant de 1 à 10 ans

(source : CTC - Comité professionnel du développement Cuir Chaussure Maroquinerie)



(Fig. 18) courbe de croissance du pied [166]

4. BIOMECANIQUE DU PIED :

A- Mouvements de base d'un pied :

Les mouvements élémentaires se font par rapport à 3 plans de l'espace.

a- Mouvements dans le plan sagittal : (Fig. 19)

- **La flexion** : c'est le rapprochement de la pointe du pied de la face antérieure de la jambe. Lorsque le pied est fixé en flexion dorsale, dit ; pied talus.
- **L'extension** : c'est l'éloignement de la pointe du pied de la face antérieure de la jambe. Lorsque le pied est fixé en flexion plantaire, dit pied équin.

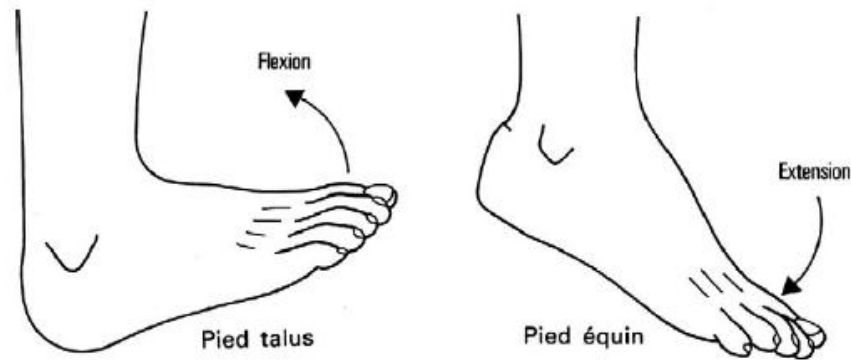


Figure 14 : Mouvements dans le plan sagittal [16]

b- Mouvements dans le plan horizontal : (Fig. 20)

- **L'abduction** est le mouvement d'écartement du pied du plan médian du corps.
- **L'adduction** est le mouvement qui tend à rapprocher le pied du plan médian du corps.

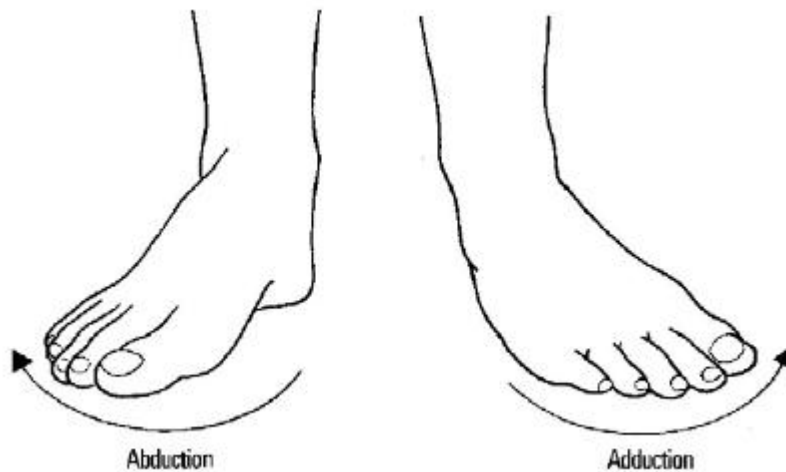


Figure 20 : Mouvements dans le plan horizontal [16]

c- Mouvements dans le plan frontal : (Fig. 21)

- **La supination** est un mouvement de rotation qui fait regarder la plante du pied en dedans.
- **La pronation** est un mouvement qui fait regarder la plante du pied en dehors.

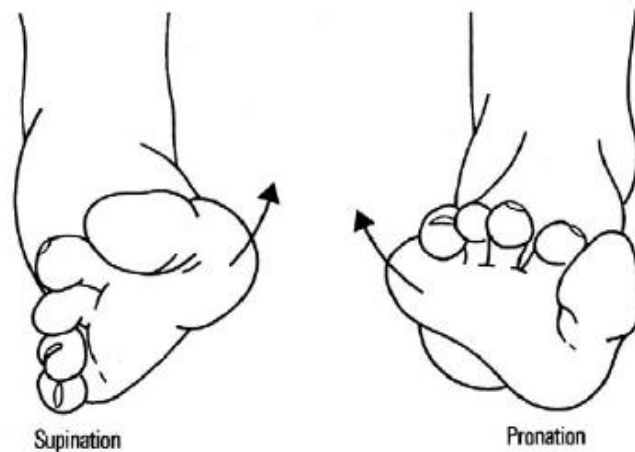


Figure 21 : Mouvements dans le plan frontal [16]

Tous ces mouvements se combinent pour effectuer des mouvements plus complexes (Figure 17) :

- le **varus** associe une adduction et une supination ;
- le **valgus** associe une abduction et une pronation ;
- l'**inversion**, sorte de rotation globale interne du pied, associe un varus et une flexion plantaire.
- l'**éversion**, sorte de rotation globale antihoraire du pied, associe un valgus et une flexion dorsale.

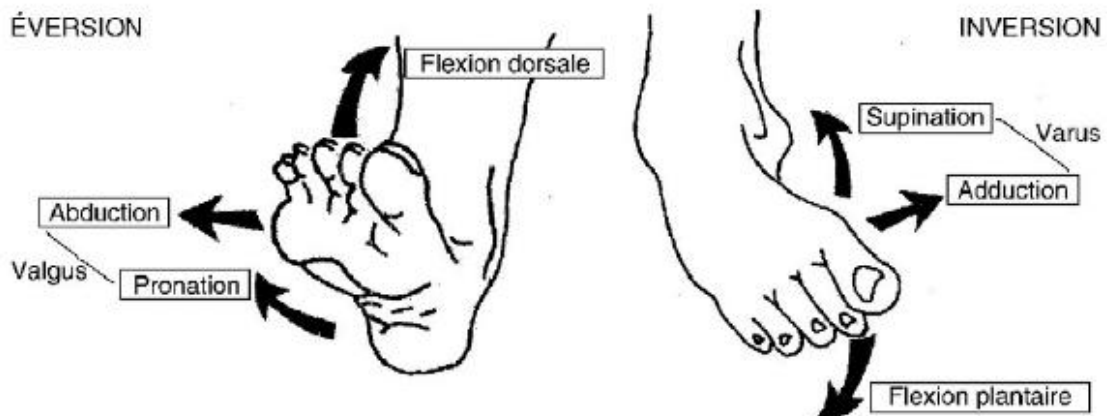


Figure 22 : Mouvements d' éversion et d' inversion [16]

B. Pied statique :

- L'architecture du pied permet de résister à la charge grâce à 3 caractéristiques : arches osseuses longitudinales et transversales, et un entrait ligamentaire et aponévroses plantaires. (Fig. 23)
- En station debout, le pied normal possède une structure solide et stable, apte à l'équilibration.
- Il repose sur une grande surface osseuse, reflétée par l'assise plantaire.

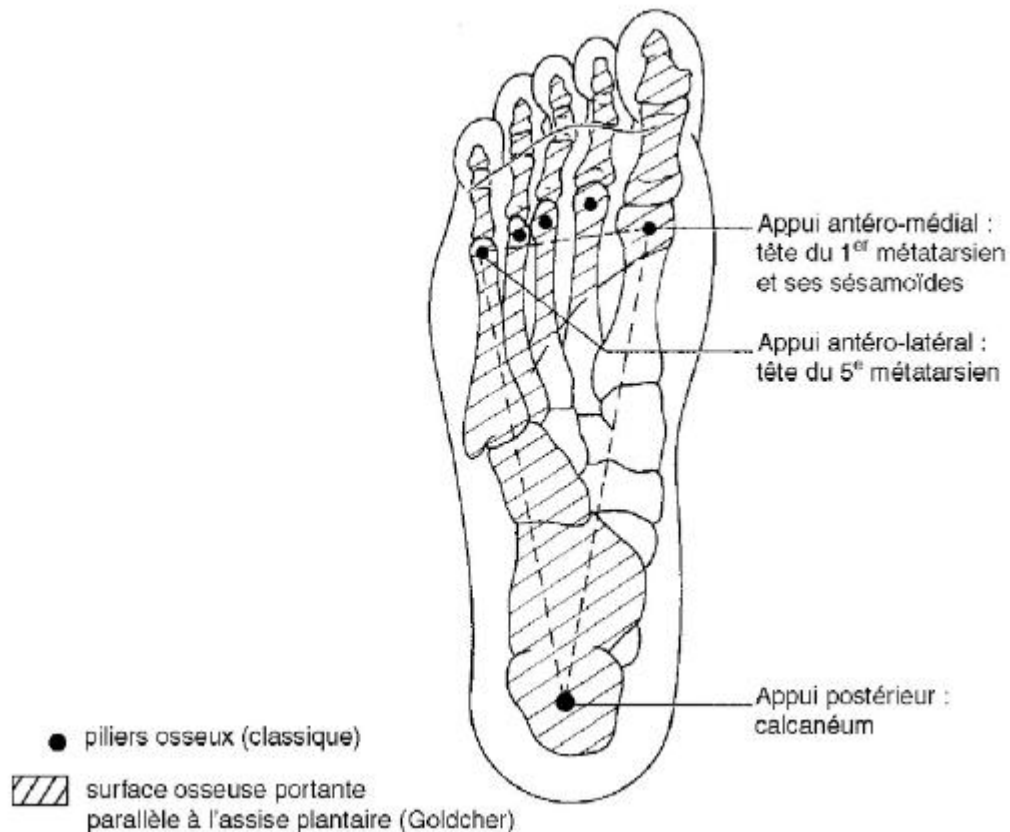


Figure 23 : Conception des appuis osseux [16]

C. Pied dynamique :

a- Caractéristiques biomécaniques du pied :

- La biomécanique du pied est un mécanisme de haute technicité et de complexité.
- Le pied fonctionne de façon intégrée à la chaîne cinétique du membre inférieur et des mouvements hélicoïdaux intrinsèques l'autorisent à prendre une morphologie à géométrie adaptative.
- Le pied réagit à différentes inductions de mouvements : torsion de la jambe, inclinaison du terrain, sortie du pas, contraction musculaire, ect.

- Les cinq métatarsiens, solidarisés par des muscles et des ligaments, forment une palette (fig.24) particulièrement mobile au niveau de leur tête ce qui permet une bonne adaptation aux inégalités du sol. M2 constitue un axe fixe pour les autres métatarsiens.
- L'alignement harmonieux des têtes métatarsiennes dans les plans horizontaux et frontaux est indispensable pour un bon équilibre de l'avant-pied lors du mouvement. Le temps de mise en charge d'une tête est lié à sa position par rapport à la parabole d'alignement.

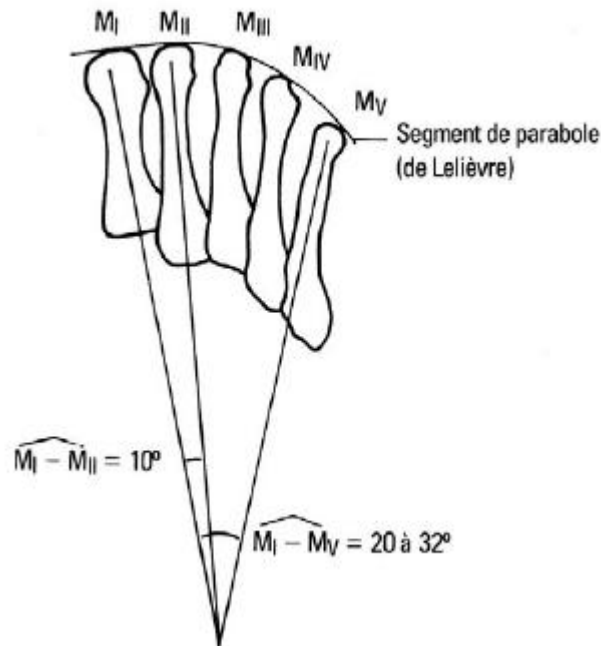


Figure 24 : palette métatarsienne [16]

L'arrière-pied à une structure verticale solide en porte à faux et l'avant-pied une structure horizontale étalée. Une biomécanique harmonieuse entre ces deux structures permet de répartir uniformément le poids du corps sur le pied en charge. Malgré la variabilité des morphotypes, le trajet des barycentres, le déroulement des appuis, l'ordre de distribution des pressions et l'adaptation à la vitesse de marche semblent relativement identiques chez la plupart des individus.

b- Physiologie de la marche :

- La marche est un mode de locomotion qui permet de combiner le maintien de l'équilibre debout et la propulsion. Elle se caractérise par une succession de doubles appuis et d'appuis unipodaux.
- **Le cycle de marche** et l'ensemble des phénomènes compris entre 2 contacts successifs du même membre au sol.

- **Le pas** est l'ensemble des phénomènes compris entre l'appui d'un talon au sol et l'appui du talon controlatéral.

➤ On distingue 2 phases différentes du cycle de la marche : (**Fig. 25**)

1- **Une phase d'appui** : qui correspond à toute la période où le pied est en contact avec le sol. Elle a une durée **60%** du cycle.

Cette phase est subdivisée en 3 phases :

- **Une phase de double appui de réception** : elle débute avec le contact initial du pied droit et poursuit par la mise en charge du membre inférieur droit (si nous décrivons le cycle de la marche du pied droit). Elle de 0 à 10 % du cycle
- **Une phase d'appui unipodal** : qui débute lorsque le pied gauche décolle et se termine lorsque le pied gauche reprend contact avec le sol. Elle s'étend de 10 à 50% du cycle. Cette phase correspond à la phase oscillante du pied gauche.
- **Phase de double appui de propulsion** : qui débute avec le contacte initiale du pied gauche alors que le pied droit est entrain de décoller. Il y'a un transfert du poids du corps sur le membre gauche. Elle s'étend de 50% a 60 % du cycle.

2- **Une phase oscillante** : où le pied n'est pas en contact avec le sol et qui permet l'avancée du membre. Elle s'étend de 60% à 100% du cycle, soit une durée de **40 %**.

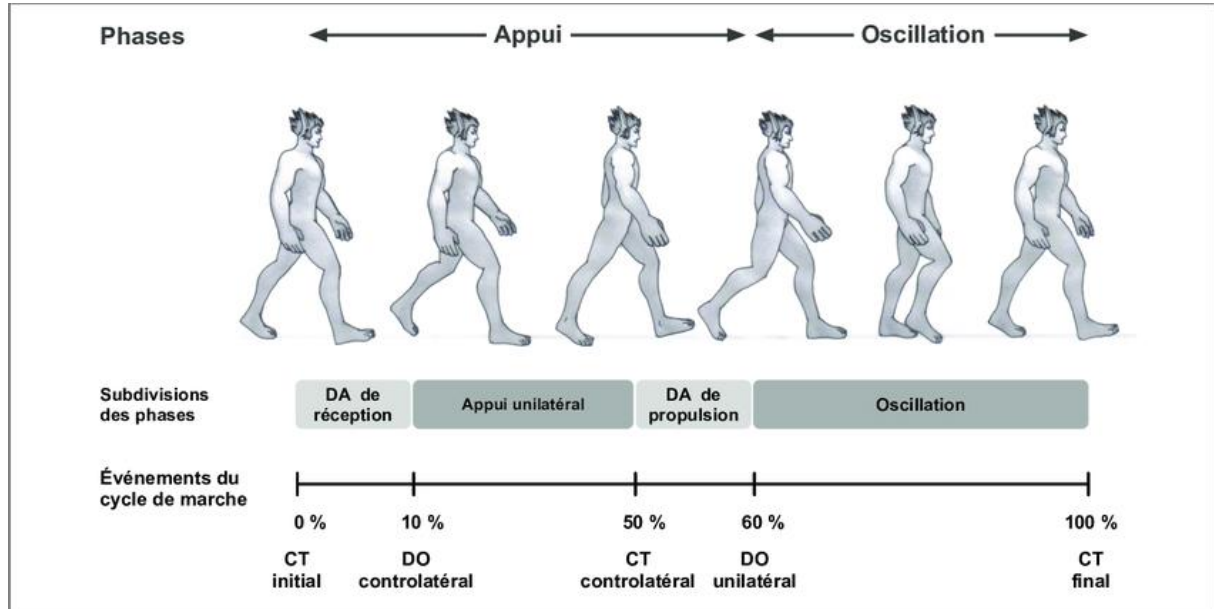


Fig. 25. Cycle de la marche

C. l'appui plantaire lors de la marche :

- L'appui plantaire lors d'un pas suit 3 phases successives : (**Fig. 26**)
 - 1ère : attaque du sol par le talon postérieur (temps taligrade)

- 2ème : appui sur les talons postérieur et antérieur et sur le bord latéral du pied, les différentes conceptions divergent sur ce temps plantigrade
- 3ème : appui sur le talon antérieur seul avec libération progressive de l'appui sur les têtes métatarsiennes de dehors en dedans (temps digitigrade).
- À chaque phase du pas, la zone squelettique portante change ainsi que la morphologie du pied.

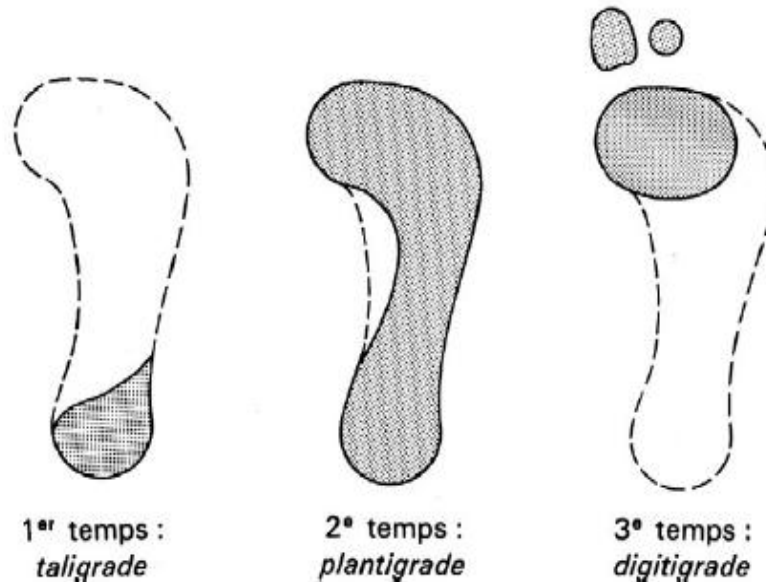


Figure 26 : Déroulement de l'appui plantaire lors du pas [16].

5. Empreintes plantaires :

L'observation des empreintes est un temps essentiel de l'examen clinique du pied, elle témoigne certains dysfonctionnements du système locomoteur, et aussi des anomalies morphologiques du pied.

A - Empreinte normal :

L'empreinte normal comporte 4 zones d'appui avec une distribution des pressions qui se répartissent la charge du poids du corps réalisée par les semelles baropodométriques et par les plates-formes dynamométriques. (Fig. 27a et 27b)



Fig. 27a. Empreinte plantaire et la répartition de la charge en appui [17]



Fig. 27b. Empreinte plantaire normale [17]

B- Empreinte pathologique :

Les perturbations du système locomoteur modifiant la répartition de la charge du corps et le mécanisme de la marche ont des conséquences visibles sur la distribution des forces agissant sur les surfaces plantaires d'appui.

La diminution ou la disparition de la bandelette externe d'appui un témoin du pied creux classée en trois degrés podoscopique. **(Fig. 28)**

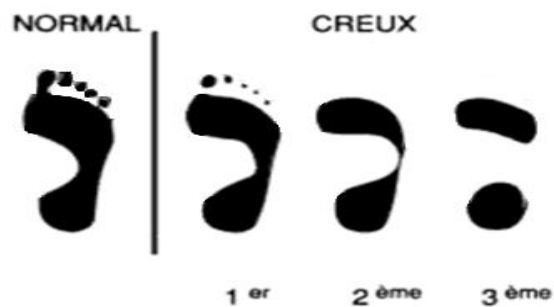


Fig. 28. Empreinte plantaire du pied creux

L'affaissement de la voûte plantaire témoigne un pied plat, classée elle aussi en trois degrés podoscopique. (Fig. 29)



Fig. 29. Empreinte plantaire du pied plat

6. Radiologie du pied :

Elle succède l'examen clinique et l'analyse podoscopique dans le démarche diagnostique. 5 incidences radiologiques utiles sont les suivantes :

1- la Radiographie du pied de face : Peut e de face être réalisée en décubitus ou en charge, elle permet de visualiser et mesurer le degré d'alignement de face des différentes pièces osseuses du medio pied et l'avant pied. (Fig. 30 et 31).

*Cette radiographie permet de discerner deux axes importants l'axe calcanéen et l'axe talien qui déterminent un angle de **15 à 25°**, appelé angle de divergence talo-calcanéenne, cet angle s'accroît dans le pied plat et se ferme dans le pied creux (Fig. 31).*

L'axe du talus se prolonge à l'os naviculaire, le 1er cunéiforme et le 1er métatarsien formant l'axe de l'arche interne. L'axe du calcanéum se prolonge au cuboïde ensuite au 5ème métatarsien et correspond à l'axe de l'arche externe (Fig. 31). L'axe du 2ème métatarsien fait un angle de 5 à 10° en dehors avec celui du talus.



Fig. 30. Radio de face *angle de divergence*

Fig. 31. L'axe de l'arche interne et externe talo-calcanéenne [166]

2- Radiographie du pied de profil en charge : elle permet une bonne visualisation de l'articulation tibio-tarsienne, l'arrière pied et l'interligne de Chopart et permet la mesure le degré d'alignement de profil des différentes pièces osseuses de l'arrière pied, du medio pied et l'avant pied. (Fig. 32)

Plusieurs angles à mesurer (Fig. 32), la plus importante est celui de **de Djian-Annonier** qui est l'angle formé entre le point inférieur de l'articulation talo-naviculaire et le point le plus bas du sésamoïde de l'hallux d'une part, et d'autre part, le point le plus bas du calcanéus. Elle est normale entre **120° et 130°**. Plus l'angle est ouvert (> 135°) le pied est plat et plus l'angle est aigüe (< à 115°) le pied est creux.

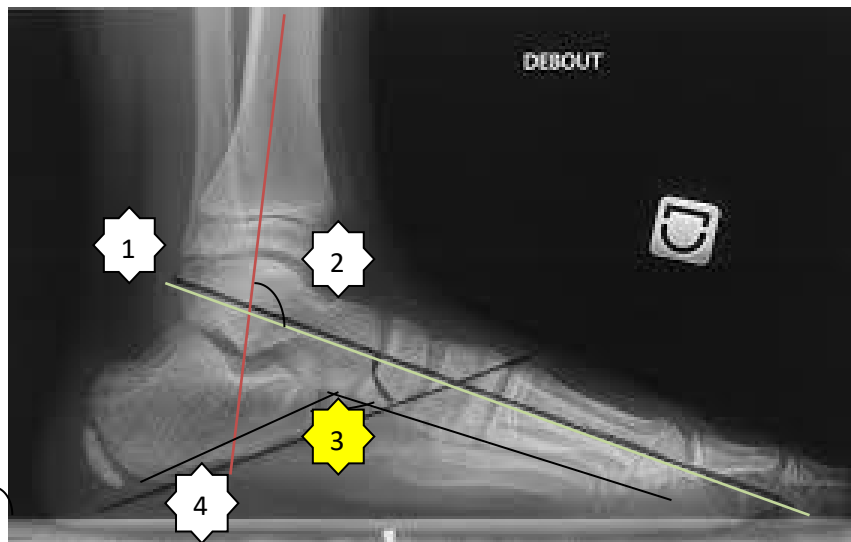


Fig. 32. Radio de profil d'un pied normal [166]

1. Angle de **MEARY** = 0°
2. Angle tibio- astragalien = 100° - 110°
3. Angle de **Djian-Annonier** = 120° - 128°
4. Angle calcanéum sol = 15° - 20°

3- Radiographie du pied en oblique ou de ¾ (Fig. 33) : c'est une radiographie supplémentaire peut être demandé bien visualiser les métatarsiens et des phalanges et peut mettre en évidence une synostose calcanééo-naviculaire. Cette incidence n'est pas utile dans l'évaluation radiologique du PBVE.



Fig. 33. Radiographie du pied en oblique ou de $\frac{3}{4}$ [166]

4- Radiographie de la cheville face et profil : (Fig. 34) elles permettent de bien étudier l'articulation tibio -tarsienne avec le talus, les malléoles et le calcaneus.



Fig. 34. Radiographie de la cheville face et profil [166]

5- L'incidence cheville cerclée de Méary (Fig. 35) : permet de voir si le valgus vient de la cheville ou de l'arrière-pied. Si l'interligne tibio-talien est horizontal, le valgus vient de l'arrière-pied uniquement. Si l'interligne tibio-talien est oblique, le valgus vient aussi de la cheville.



Fig. 35. L'incidence cerclée de Méary

III. Physiopathologie des malformations congénitales :

Les malformations congénitales des pieds sont liées à une anomalie survenant à la fin de la phase de développement embryonnaire (4 à 8 SA) c'est-à-dire au stade de la morphogenèse des membres ou au cours de la phase fœtale précoce de développement des membres inférieurs, au premier trimestre de la gestation.

Normalement, la palette du pied apparaît après la 4^{ie}m semaine de vie. À la 8^e semaine, les pieds sont en varus équin et adduction physiologique ; les surfaces plantaires se font face et les orteils sont segmentés. À partir de la 9^e semaine (période fœtale), le pied se redresse progressivement et la différenciation cellulaire va se poursuivre. À la 12^e semaine, le pied est orienté au neutre par rapport à la jambe. Chaque étape de ce développement peut connaître une perturbation aboutissant à une malformation.

IV. Examen clinique du pied à la naissance :

L'examen orthopédique à la naissance est primordial pour le diagnostic des malformations congénitales afin d'orienter la prise en charge. Il peut être réalisé dans le cadre d'un examen systématique de dépistage en visant à confirmer un diagnostic échographique anténatale qui peut être réalisé dès 14 semaines d'aménorrhée (SA).

L'analyse clinique permettra un diagnostic positif et établir les éléments de gravité. Après un interrogatoire sur l'état civil, les antécédents obstétricaux et familiaux l'examen initial du pied comportera plusieurs temps :

1. L'inspection :

L'observation va s'intéresser d'abord sur la position spontanée du pied par rapport à la jambe (fig. 36), elle permet de définir la présence d'un équin (fig. 36A), talus (fig. 36B), d'un valgus (fig. 36C), ou d'un varus (fig. 36D) de l'arrière-pied, d'une supination (fig. 36E), ou d'une pronation (fig. 36F), d'une adduction (fig. 36G), ou d'une abduction (fig. 36H) du médio-/avant pied. Elle précise aussi la morphologie globale du pied, le nombre et la taille de rayons digitaux présents, la segmentation des orteils et leur orientation objectivant soit une malformation par défaut de segmentation (syndactylie) (37A), orientation (clinodactylie) (37B), longueur (brachydactylie) (37C), nombre (agénésie ou ectromélie) (37D) ou une malformation par excès de nombre (polydactylie) (37E), ou de volume (macroductylie) (37F).

L'inspection sera poursuivie de l'observation de la mobilité spontanée du pied et les oreilles à la recherche de paralysie (spina bifida par exemple ou une hémiplégie). L'observation de l'ensemble du membre inférieur recherchera aussi la présence de sillon anormal (maladie des brides amniotiques), l'absence de plis de flexion habituels peut

témoigner une hypo mobilité fœtale, une différence de longueur et de périmètre d'un membre par rapport à l'autre (hypotrophie ou hypertrophie), ou bien même l'absence totale d'un segment (agénésie).

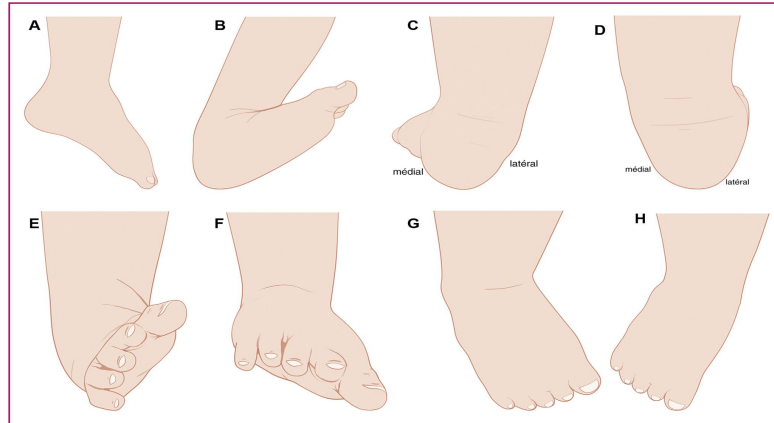


Fig. 36. Terminologie des malformations du pied. Équin (A) calcanéus (B) ; varus (C), valgus (D). Supination (E), pronation (F) ; adduction (G), abduction (H). [18]

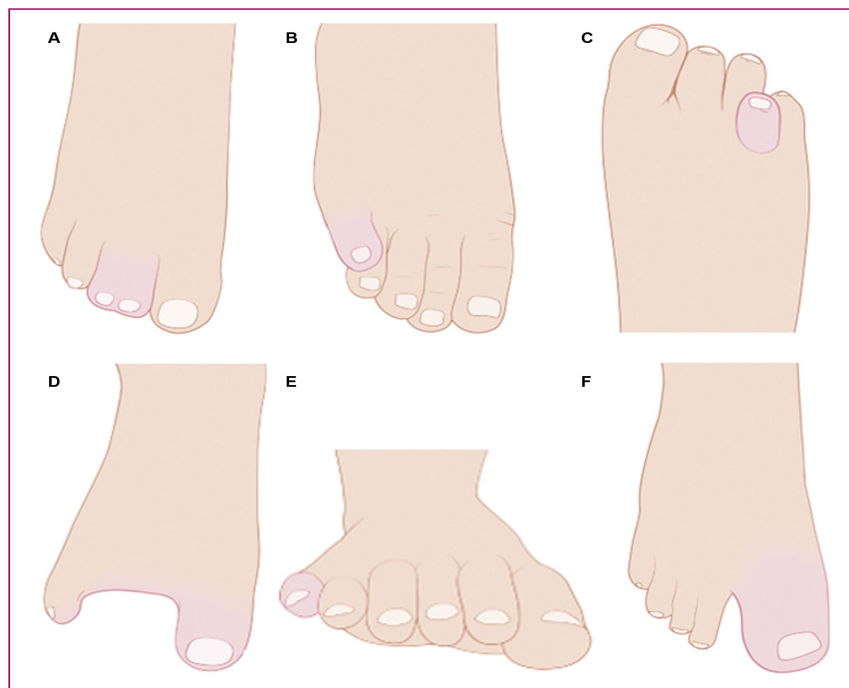


Fig. 37. Terminologie des malformations des orteils. Syndactylie (A), clinodactylie (B), brachydactylie (C), agénésie (D). Polydactylie (E), macroductylie (F) [18]

2. La palpation et L'examen neurologique :

La palpation recherche la présence des reliefs normaux des malléoles médiale et latérale. Leur absence oriente vers des malformations associées du membre inférieur, comme les hémimélie fibulaires ou tibiales (appelées aussi ectromélie longitudinale externe ou interne).

La recherche de la réductibilité des déformations distingue les malformations des malpositions et permet de diagnostiquer la sévérité de l'affection qui donnera une appréciation pronostic. En effet, si la mobilisation permet de ramener le pied en position neutre, il s'agit d'une simple malposition. L'examineur s'attache aussi à reconnaître une raideur articulaire intéressant plusieurs articulations (arthrogrypose).

La possibilité d'association des malformations des pieds avec d'autres affections justifie la recherche systématique de d'autres anomalies orthopédiques qui nécessitent parfois un traitement précoce en particulier luxation congénitale de hanche ; le cou (torticolis), les membres supérieurs (en particulier les mains), les membres inférieurs (genu recurvatum, une hypoplasie), et en fin le rachis (une déviation malformative, un dysraphisme).

Cet examen orthopédique complet segment par segment doit être complété par un examen neurologique minicieux et finalement par un examen général appareil par appareil complètent ainsi le bilan malformatif clinique car de nombreux syndromes comprennent en effet des malformations des pieds.

V. Les différentes malformations du pied du nouveau-né :

Comme nous avons parlé précédemment ; il y'a des vraies **malformations** et des justes simples **malpositions** des pieds, ces dernières étant liées à une posture prolongée intra-utérin au cours de la croissance du pied, responsable de l'attitude anormale constatée après l'accouchement sans déformation ostéoarticulaire, leurs évolution est constamment favorable spontanément ou après une simple et une courte manipulation ou un traitement postural, par contre Les malformations sont liée a une rétraction des parties molles et une vraie déformation ostéoarticulaire ; son évolution est souvent défavorable en absence d'une prise en charge thérapeutique convenable.

Le pied bot varus équin (Fig. 38) est la malformation la plus fréquente qui présente le sujet de notre exposé, plus rarement **le pied convexe congénital** (Fig. 39) et le **pied en Z** (Ph. 1). Les malpositions les plus connues sont **le pied talus ou Calcanéus** (Ph. 2), **le métatarsus adductus** (Ph. 3) et le **pied varus** (Ph. 4).



Fig. 38. Pied bot varus équin. Photo + radio. Notre service



Fig. 39. Pied convexe congénital. Photo + radio. Notre service



Ph. 1. Pied en Z



2. Pied talus



Ph. 3. Métatarsus adductus



Ph. 4. Pied varus

Les malformations des orteils sont les malformations les fréquentes mais généralement de bon pronostic, elles comprennent les syndactylies (défaut de segmentation) (Ph. 5), la duplicité de l'hallux (Ph. 6), les clinodactylies (Ph 7) et le quintus varus (défaut d'orientation) (Ph. 8), les brachydactylies (défaut de longueur) (Ph. 9), les agénésies ou ectromélie (absence d'un ou plusieurs rayons) (Ph. 10 et 11), les polydactylies (excès de nombre) (Ph. 12), les macrodactylies (excès de volume) (Ph. 13), qui peut être isolés ou associées (Ph. 14. 15).



Ph. 5. Syndactylie



Ph. 6 Duplicité de l'hallux



Ph.7. Clinodactylie



Ph. 9. Brachydactylie



Ph.10. Pied à 3 rayons



Ph. 8. Quintus varus



Ph. 11. Ectromélie



Ph. 12. Polydactylie



Ph.13. Macrodactylie



Ph. 14. Clinodactylie + mégalodactylie + syndactylie



Ph. 15. Mégalodactylie de 2 rayons

VI. LE PIED BOT VARUS EQUIN :

1) Définition :

Le pied bot varus équin (PBVE) est une dysplasie congénitale des tissus musculo-squelettiques situés sous le genou. Le mot « bot » ça veut dire déformé.

BROCA a donné une définition du pied bot après la marche « comme une attitude vicieuse et permanente du pied sur la jambe, tel que le pied ne repose pas sur le sol par ses points d'appui normaux ».

C'est une pathologie complexe du pied caractérisée par la présence de trois principales déformations **irréductible** obligatoires : **l'équinisme, le varus de l'arrière pied et l'adduction de l'avant pied.**

2) Généralités et intérêt :

Le pied bot varus équin (PBVE) est une malformation congénitale fréquente du pied et de la jambe d'origine inconnue survenant pendant la phase fœtale précoce de développement intra-utérin. C'est une perturbation de la morphogenèse du pied qui s'effectue à l'achèvement du 2ème mois de vie gestationnelle juste après la phase de division avec ébauche des principaux os du pied (Fig. 40).

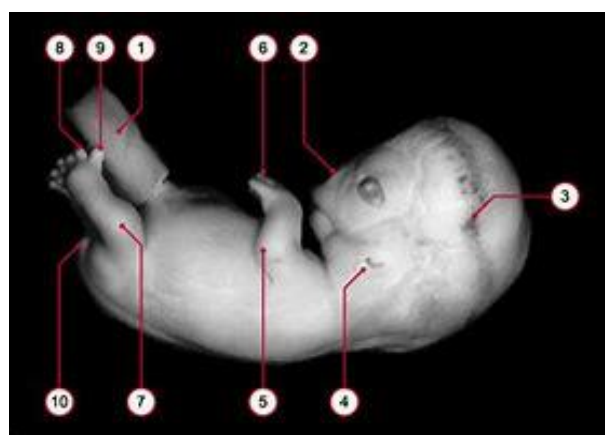


Fig. 40 : Orteils et Hallux. Fœtus aux 51 jours. Embryologie humaine. Pr Kohei, Kyoto University

Aujourd'hui.... Et demain Le PBVE n'a pas encore livré tous ses mystères et beaucoup de progrès sont encore escomptés dans le domaine de l'étiopathogénie et de la prise en charge.

Le diagnostic anténatale grâce à l'échographie obstétricale est possible dès la 13ème semaine d'aménorrhée (Fig. 41), permettant ainsi la planification de la prise en charge.



Fig. 41. PBVE sur une échographie obstétricale. <https://archive.bu.univ-nantes.fr>



Fig. 42 : Fœtus male de 17 SA avec un pied bot bilatéral plus marqué à gauche.
<https://archive.bu.univ-nantes.fr>

Elle représente la malformation du pied numéro un (1 à 2 pour 1000 naissances). C'est une pathologie masculine où les garçons sont les plus concernés (2G/1F) au contraire des pathologies des hanches. Les 2 pieds sont atteints dans 50% des cas.

Le pied bot est le plus souvent dit **congénitale** ou **idiopathique** quand la malformation est isolée, et peut parfois secondaire ou entrer dans le cadre de syndromes poly malformatifs, de pathologies neuro-musculaires, dans un dysraphisme spinal, une arthrogrypose, ou une aberration chromosomique qui doit faire l'objet d'une enquête étiologique.

L'analyse clinique permettra un **diagnostic positif** qui est évident dès la naissance et permettra aussi d'établir les éléments de gravité pour classer la déformation selon les critères pronostique.

La meilleure connaissance de l'**anatomie pathologie** et de physiopathologie du PBVE a permis de dénombrer les attitudes vicieuses et bien les reconnaître ont abouti à un traitement adéquat de cette déformation [8, 9, 10,11].

La prise en charge du PBVE est une **urgence thérapeutique** et elle est **principalement orthopédique**. La place du traitement non opératoire est prééminente, elle préoccupe la place numéro un dans la préoccupation des thérapeutes des pieds, selon deux protocoles, un dit francophone c'est la méthode fonctionnelle basée sur les manipulations et les attelles et le deuxième dit américain ou la technique du Ponseti classique ou modifiée utilisant une série de plâtres correcteurs.

Malgré les progrès de développement des méthodes orthopédiques de correction d'un pied bot, la chirurgie conserve aussi une place importante surtout pour les pieds raides et très déformés depuis la naissance. Elle est destinée à compléter un traitement orthopédique déjà initié ou à rattrapé un pied bot invétéré pris en charge tardivement.

La chirurgie initiale du PBVE fait appel à des techniques fines et complexes, basée sur des opérations de libération des parties molles rétractées en enraidissant le pied. La persistance des défauts résiduels conduisait à des opérations associant l'ouverture de l'articulation talo-naviculaire et l'articulation sous-talienne [5, 6, 7].

Même entre des meilleures mains, il persiste un taux de résultats insuffisants ou d'échec allant jusqu'à 30 %, et au cours de la croissance un certain nombre de bons résultats se dégradent [2]. De nombreuses techniques chirurgicales ont été décrites dans la littérature pour corriger les défauts résiduels et les récurrences du PBVEC, mais malgré tous ses travaux : on ne peut pas parler de guérison ; **un PBVE ne sera jamais normal** ; il gardera toujours des séquelles, et le meilleur traitement veillera que ses séquelles soient le minimum possible.

3) Histoire du PBVE :

Cette déformation a été connue et traitée depuis très longtemps, en Égypte (le pharaon Siptah), chez les Aztèques, et en Grèce où le père de la médecine **Hippocrate** affirmait l'origine congénitale par compression in utero, et proposait déjà **400 ans avant J.-C.** un traitement par des manipulations et bandages [76].

- Avant **1910**, le traitement était marqué par les réductions orthopédiques plus ou moins agressives dit : « Sauvages ».
- **Stromeyer** en **1831** réalise la première ténotomie d'Achille en Allemagne (Fig.43) et certains disent que cette ténotomie a été réalisée par **Lorenz** en **1782** à Frankfort [11].

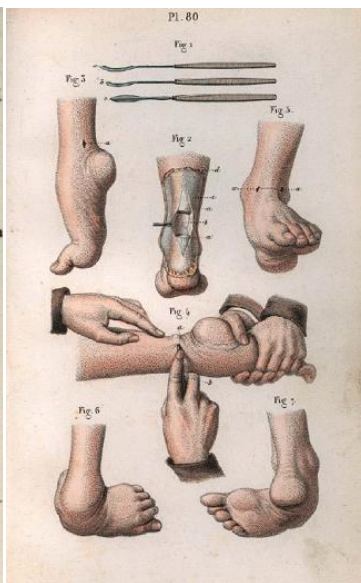
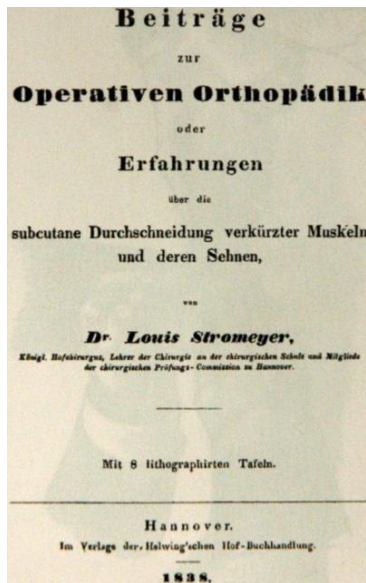


Fig.43. Technique de la première ténotomie percutanée d’Achille. L. Stromeyer. 1831[11].

- A la fin du XIXe siècle déjà : **Streckeisen** puis **Phelps** proposaient la libération postéro interne des parties molles [11].
 - De **1910 à 1960** : c’est l’essor des corrections orthopédiques progressives : des auteurs tels que **Denis Browne (UK) [55]** (Fig.44) et **Hiram Kite [97]** (Ph.16) proposent des méthodes de correction progressive et plus douce par bandages ou par plâtre.

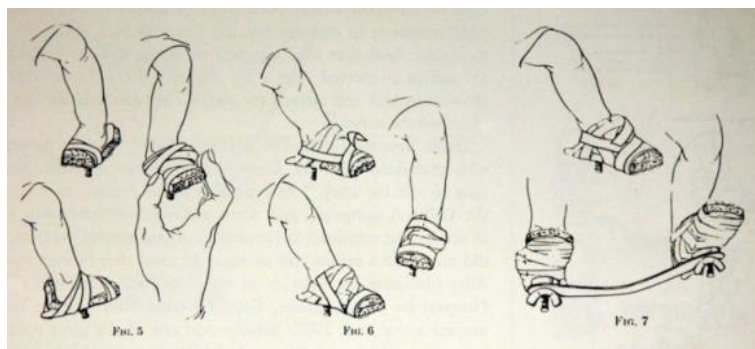


Fig.44. Bandages « strapping » et attelles. Denis Brown. Londres 1942 [55].



Fig.16. Hiram Kite (USA) le 1^{er} fondateur des Plâtres correcteurs successifs. 1930 [97].

- **Depuis 1960** : dit période moderne du traitement du pied bot, où diverses stratégies et protocoles thérapeutiques orthopédiques et chirurgicales sont mis en concurrence.

Aux Etats Unis **Ponseti** (Ph. 17) [1] a mis au point une méthode orthopédique de traitement du pied bot succédant et développant les plâtres jambiers correcteurs de **KITE** en **1930**. Cette méthode semble de plus en plus utilisée actuellement dans le monde, car elle apporte de très bons résultats et a un faible coût.

A partir de **1975** que des progrès de l'équipe du professeur **Seringe** (Paris) (Ph. 18) [2] réalisés dans la meilleure connaissance de l'anatomie pathologie du PBVE et donc un bon traitement de toutes les déformations. Ces travaux sont solidarisés par **Mc Kay** [3] en **1982** aux USA qui sont aujourd'hui unanimement admises.

La chirurgie itérative des récurrences et des corrections des défauts résiduelles par des ostéotomies a pris une part concomitante dans l'histoire chirurgicale du PBVE depuis les travaux de **Lichtblau** [12], Evans [7], Dwyer [77] et l'avènement de l'appareil d'**Ilizarov** [13,14] ...



Ph.17. Ponseti (1914-2009) [1]. USA



Ph.18. Seringe R. Paris [2]

4) Anatomie pathologique et description de la malformation :

Le PBVE est une malformation complexe, associant des déformations ostéo - articulaires et des rétractions des parties molles modifiant la mobilité et l'amplitude articulaire entraînant une déviation tridimensionnelle **irréductible** du pied avec un varus et équin de l'arrière-pied, une rotation interne du bloc calcanéopédieux et une adduction médio-tarsienne.

La première théorie expliquant la biomécanique du PBVE a été établie à la fin de la 19^{ème} siècle par **Faraboeuf** [18] avec le célèbre aphorisme « **le calcanéum roule, vire et tangué sous l'astragale** », Ce concept a été repris et solidarisé plus récemment par **Hudson** [19] et aussi

par **Ponseti** [1] et il est toujours d'actualité. Le calcanéum est attiré sous l'effet de bras de levier tendino-musculaire dans un mouvement combiné d'adduction et d'inversion, ensuite fixé par des rétractions fibreuses, mais le talus reste bloqué dans la mortaise de la cheville, est susceptible de résister aux contraintes et ne suis pas ce mouvement à l'exception de son col, qui est moyennement libre et de fait de sa consistance encore cartilagineuse, se déforme progressivement lors de ce mouvement augmentant ainsi l'angle de déclinaison.

Une autre notion adoptée par **Queneau** et **Méary** puis reprise par **Seringe** [2] Le pied, à l'exclusion du talus, ils ont assimilé à une unité fonctionnelle fixe : le **bloc calcanéopédieux** (BCP) (Fig.45) où la déformation du tarse impose et guide des mouvements automatiques de l'avant pied.



Fig.45. Le concept du bloc **calcaneopédieux** [2]

L'articulation talo-naviculaire est particulièrement concerné dans le PBVE du fait de la position luxée très interne de l'os naviculaire. L'anatomie et la physiologie du BCP permettent de comprendre la double appartenance de cette articulation (Fig.46.1) :

- Avec l'articulation calcaneocuboidienne, elle forme l'articulation médio-tarsienne (Fig. 46.2).
- Avec l'articulation sous talienne antérieure, elle forme l'articulation talo-calcaneonaviculaire formant un complexe articulaire entre le talus et le BCP. Lorsque ce dernier se porte en adduction, l'os naviculaire se déplace vers le versant médial de la tête du talus indépendamment de toute adduction médio-tarsienne (Fig. 46.3).

L'adduction globale de ces deux articulations aboutit à un grand déplacement jusqu'à le contact entre

L'os naviculaire et le tibia (Fig. 46.4).

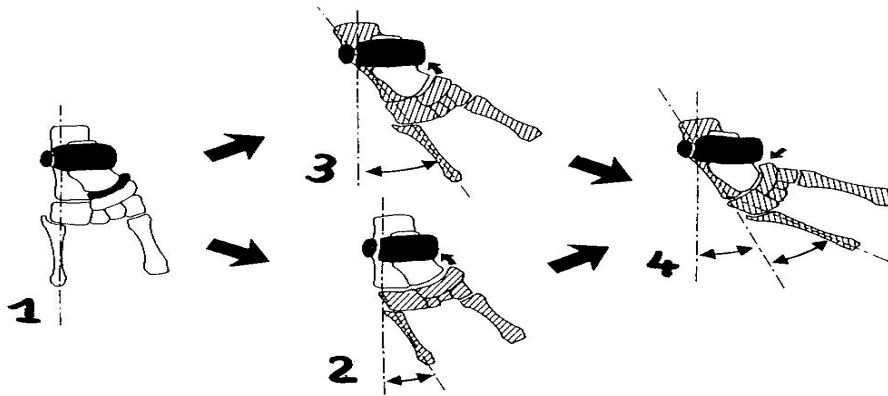


Fig.46. La double appartenance de l'articulation talo-naviculaire. [8]

1 : vue dorsale d'un pied normal

2 : Adduction élektive dans l'articulation médio-tarsienne, ce qui crée un rapprochement naviculo-tibial

3 : Adduction élektive dans le complexe articulaire entre le BCP et le talus, qui crée aussi un rapprochement naviculo-tibial.

4 : La somme des 2 adductions (2 et 3) aboutit à un contact naviculo-tibial.

La supination du pied est dite « fausse » supination ou supination « relative » car elle est en majeure partie liée à l'équinisme tibio-talien sur un pied en adduction dans le PBVE (Le concept des mouvements de Mac Connail [78]). Il est essentiel de tenir compte de ce concept au cours du traitement du pied bot. Après correction de l'équin tibio-talien par la seule libération postérieure et postéro-latérale, il va persister une adduction du pied mais la supination va disparaître et la plante du pied va redevenir horizontale.

L'adduction du calcaneum, entraîne une supination et un varus automatique de l'arrière pied (Ph.19) imposé par l'anatomie osseuse sous-talienne. Le premier rayon métatarsien devient plus en flexion plantaire que ne l'est le 5ème rayon et l'avant-pied se trouve ainsi en pronation relative par rapport à l'arrière pied, le tout engendrant un cavus du pied (Ph.20).



Ph.18. La supination et le varus automatique l' arrière pied. Notre service



Ph.20. La pronation de l' avant pied relative par rapport à l'arrière pied, et le cavus. Notre service

L' adduction du calcanéum se rajoute à l' adduction médio-tarsienne entraînant une adduction globale et une convexité du bord externe du pied. L'adduction de l'os naviculaire aboutit à une luxation talo-naviculaire et un rapprochement du l' os naviculaire avec le tibia créant ainsi une néo-articulation : naviculo-malléolaire (Fig.47).



Fig.47.Pièce anatomique montre la convexité du bord externe du pied et la création de la néo-articulation : naviculo-malléolaire [78]

La rétraction du triceps et le plongement de la tubérosité antérieure du calcanéum sous la tête talienne du fait du phénomène d'adduction sont responsables de L'équinisme sous talien et tibio-talien (Eig.48).

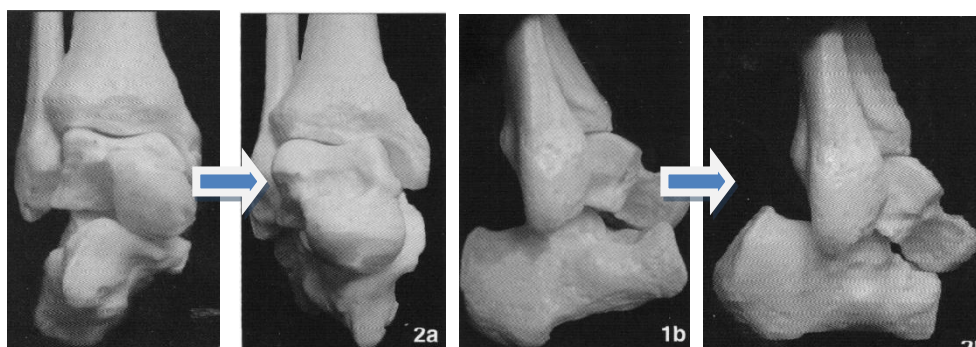


Fig.48. Le calcanéum se déplace en adduction sous le talus (vue de face), sa tubérosité antérieure plonge sous la tête du talus (vue de profile); il en résulte un varus et un équin sous-talien qui est visible sous forme d'une diminution de la divergence astragalo-calcanéenne. [78]

Tout ce mécanisme physiopathologique fœtal est à l'origine des déformations osseuses, et par conséquent des attitudes vicieuses articulaires qui les réunissent s'ajoutant à des rétractions des parties molles qui les maintiennent.

a) Déformations osseuses :

Le **talus** est très déformé, il est hypoplasique, sa surface articulaire avec le tibia est déjetée en arrière, présente un angle de déclinaison formé par les axes du corps et du col mesure environ 125° dans le pied bot, contre 160° dans le pied normal, ce qui oriente sa tête en dedans et sa surface articulaire naviculaire est plus médiale.

Le **calcaneus** présente un sustentaculum tali hypoplasique, un bord externe plus convexe et une surface articulaire cuboïdienne oblique en avant et en dedans ; au lieu de regarder en avant.

L'**os naviculaire** est étalé comporte une tubérosité interne volumineuse au point d'insertion du tendon tibial postérieur. Les autres os du pied sont également modifiés et l'arche interne est plus raccourcie par rapport à l'arche externe.

L'**arche longitudinale interne** est raccourcie par rapport à l'arche externe du fait des déformations osseuses et articulaires (Fig.49).

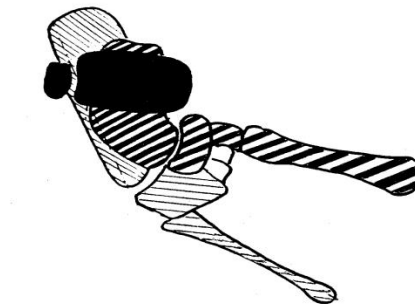


Fig.49. L' arche interne est court par rapport à l'arche externe dans le PBVE. [8]

Ces déformations constatées à la naissance, vont se déformer franchement pendant la croissance lors de la persistance de la rétraction des parties molles en absence du traitement.

b) Attitudes vicieuses articulaires :

Le talus est en équin dans la mortaise, qui est souvent subluxé en avant objectivant une incongruence postérieure de l'articulation du cou-de-pied et en avant il se produit un équin sous-talien visible sous forme d'une diminution de la divergence

astragalo-calcanéenne (fig.42).

Le calcanéum est fixé en inversion sous le talus et sa grosse tubérosité se rapproche de la malléole fibulaire en arrière. L'os naviculaire est déplacé en dedans avec déformation de l'interligne médio-tarsien et un déplacement du cuboïde en dedans du calcanéum.

c) Rétraction des parties molles :

La rétraction des parties molles (les capsules articulaires, les ligaments, les fascias, les tendons et les gaines tendineuses) représente l'élément essentiel de la déformation et de l'irréductibilité du pied bot et par conséquent la base de la chirurgie correctrice initiale. Ces parties molles rétractées sont regroupées et bien identifiées en nœuds fibreux par le professeur Seringe [2].

En effet **l'adduction et la supination** sont secondaire à la rétraction de la capsule talo-naviculaire, le **nœud fibreux antéro-interne** (Fig.50) qui comprend le tendon tibial postérieur, le ligament tibio-naviculaire, le ligament calcané-naviculaire inférieur, ainsi que la gaine des tendons fléchisseurs des orteils en particulier du fléchisseur commun connu sous le terme de Master knot de Henry, S'y associe à la rétraction du fascia plantaire et le muscle abducteur de l'hallux. L'adduction est due aussi à une rétraction des parties molles situées en antéro-externe, qui sont la capsule talo-calcanéenne antéro-externe et le **nœud fibreux antéro-externe** composé essentiellement par le rétinaculum antérieur de cou-de-pied qui maintient le calcanéum tourné vers l'intérieure.

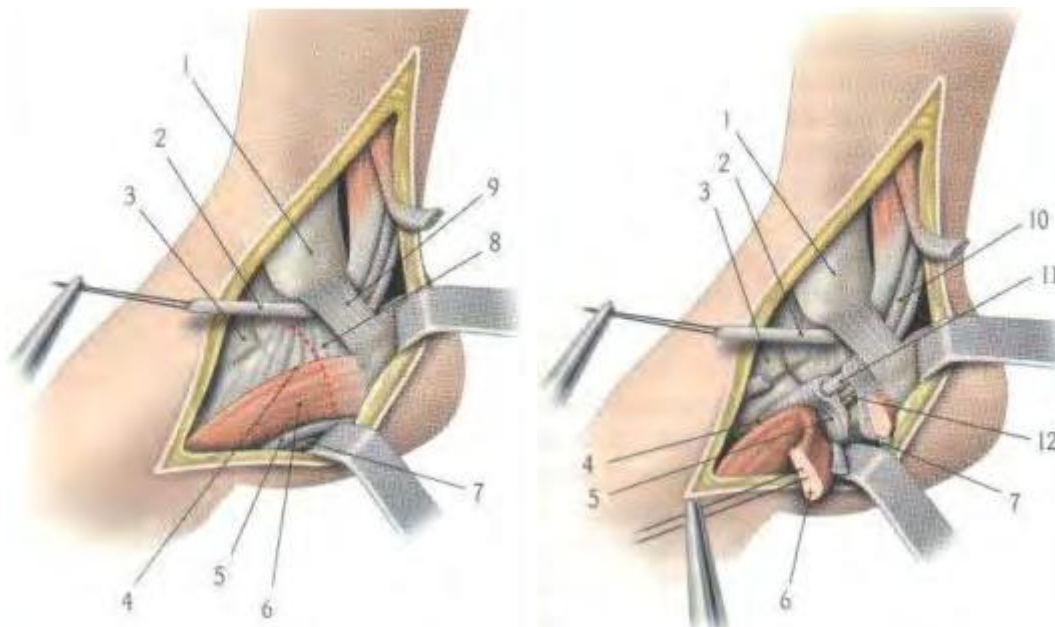


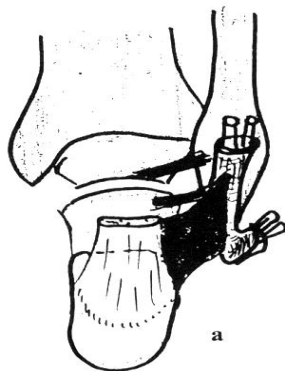
Fig.50. Nœud fibreux antéro-interne et les parties molles plantaires.

1: malléole tibiale ; 2 : tendon jambier postérieur ; 3 : os naviculaire ; 4 et 5 : septum médial de la plante ; 6: abducteur de l'hallux ; 7 : aponévrose plantaire ; 8 : nœud fibreux antéro-médial ; 9 : rétinaculum des

fléchisseurs ;10: tendon du long fléchisseur des orteils ; 11: tendon du long fléchisseur commun des orteils dans sa gaine qui a été sectionnée en regard de l'articulation médio-tarsienne;12 : nerf plantaire médial.[20]

L'adduction de l' avant pied est secondaire à la rétraction de la capsule médio-tarsienne associant le ligament en Y de Chopart, et les capsules talo-naviculaire et calcanéo-cuboïdienne, le nœud fibreux antéro-interne, le muscle abducteur de l'hallux, et l'aponévrose plantaire superficielle en interne (Fig.50).

L'équin est secondaire à la rétraction du tendon d'Achille, de la capsule tibio-talienne postérieure et au nœud fibreux postéro-externe qui comprend l'aponévrose superficielle de la jambe renforcée en rétinaculum postéro-externe entre la gaine du tendon d'Achille et la gaine des tendons des fibulaires, l'aponévrose profonde de la jambe, les ligaments talo fibulaire postérieur et calcanéo-fibulaire (Fig.51).



**Fig.51. Le nœud fibreux postéro-externe en vue postérieure :
le ligament talo-fibulaire postérieur, le ligament calcanéo-fibulaire et le
rétinaculum des tendons fibulaires [8]**

5) Etiopathogénie :

Il est communément admis actuellement que Le PBVEC résulte d'un trouble de la **morphogénèse** du pied provoquée par plusieurs facteurs qui agissent en perturbant cette morphogénèse. De nombreuses théories pathogéniques ont tenté à expliquer l' origine de cette déformation, mais aucune ne peut expliquer à elle seule la pathogénie du PBVE [25] :

1-L' hypothèse Génétique :

Le facteur génétique est suggéré du faite du grand écart entre l' incidence générale de cette pathologie d'une population à une autre, par exemple l'incidence est de **1,24/1000** naissances dans la population blanche, d'environ **7/1000** chez les populations d'Hawaï et de **0,5/1000** chez les japonais.

Les garçons sont atteints dans 70% que les filles

Un gène majeur serait probablement pondéré par de nombreux gènes mineurs [26]

L'existence d'un facteur héréditaire est incontestée puisque des études familiales ont retrouvé, dans la race blanche, une incidence de **2,14 %** chez les parents, frères et sœurs, de 0,6% chez les oncles et tantes, et de 0,2 % chez les cousins [27].

2- Théorie mécanique intra-utérine :

C' est une hypothèse est très ancienne depuis Hippocrate qui pensait que le pied bot résulte d'un effet de pression élevée sur le fœtus ou de fait de la position anormale du pied durant la grossesse. Mais la découverte échographique du pied bots dès la 13eme semaine d'aménorrhée, alors que le fœtus flotte librement dans le liquide amniotique a totalement écarté cette hypothèse.

3- la Théorie neuro-musculaire :

Des études histologiques ont montré qu'il pouvait exister des anomalies neurologiques très précoce à l'origine des rétractions musculo-tendineuses responsables de la déformation ostéo-articulaire du pied bot congénital. Mais les publications sont discordantes à ce sujet même si certains pieds bots sont authentiquement d'origine neuro-musculaire (myéломéningocèle, dysraphisme, myopathie congénitale) [8].

4- Théorie de l'asymétrie de croissance entre le rayon fibulaire et le rayon tibial :

Victoria Diaz [28] a confirmé en 1984 (!) que vers la 7eme semaine de gestation se produit un asynchronisme de la croissance des 2 os de la jambe dans un premier temps le péroné grandi plus vite que le tibia et déforme le pied en varus. Puis la croissance tibiale s'accélère et le pied se corrige ainsi un processus pathologique qui agirait pendant la phase de croissance péronière pourrait provoquer cette déformation en varus équin.

5- Théorie de l'arrêt du développement ou la théorie d'inhibition de la morphogénèse du pied :

C'est une théorie ancienne reprise plus récemment par Clavert (1993) [29] : qui dit que le pied bot serait dû à un arrêt du développement à 8eme semaine de gestation.

6- Facteur de l'environnement :

La prise des pilules contraceptives, la drogue, la consommation d'alcool, certaines intoxications médicamenteuses et le tabagisme maternel et paternel semblent avoir un rôle déterminant dans le PBVE [30].

Malgré des multitudes travaux qui ont essayés d'expliquer la pathogenèse de cette affection morphologique du pied, sont origine claire demeure inconnue.

6) Épidémiologie :

1. La fréquence :

La fréquence du PBVE congénital est différente d'une ethnie à l'autre : l' incidence en Europe est 1 à 2 /1000 naissance.

21 sept. 2022 — En **Algérie**, l'enquête nationale à indicateurs multiples (MICS3). Le **pied-bot varus équin** est l'anomalie congénitale la plus fréquente (**4,3 p 10 000** naissance) soit **1/2000** naissance.

1. Le sexe :

Cette pathologie intéresse beaucoup les garçons que les filles, avec un sexe ratio avoisine (2G/1F).

3. Le coté atteint :

L'atteinte est bilatérale représente la moitié des cas (**50%**) dans la plupart des séries, et le **côté droit** est plus atteinte que le gauche dans les pieds bots unilatéraux.

IV. DIAGNOSTIC DU PBVE :

1. Diagnostic anténatal :

Le diagnostic anténatal est possible grâce à l'échographie obstétricale dès la **13**^{ième} semaine d'aménorrhée. Mais elle sera plus facile à partir de la **16**^{ième} semaine, car le liquide amniotique est abondant, il est reconnu sur une image montrant à la fois une coupe frontale du

squelette jambier avec les deux os, et une coupe "horizontale" du pied dans le même plan en raison de sa supination (Fig.52).



Fig.52. PBVE sur une échographie obstétricale. <https://archive.bu.univ-nantes.fr>

L'échographie permet aussi de rechercher d'autres anomalies associées qui peuvent être plus graves (syndrome poly malformatif, malformation cardiaque, malformation cérébrale ou rachidienne...). Une amniocentèse peut être proposée pour complément d'investigation prénatale.

Le diagnostic anténatal peut orienter les parents vers une consultation prénatale chez un orthopédiste pédiatre qui permet d'abord rassurer les parents et de fournir des informations utiles concernant la présentation clinique du pied, le traitement, le pronostic et de répondre aussi à toutes les questions posées.

2. Diagnostic du PBVE à la naissance :

La déformation du pied bot est caractéristique. L'examen clinique seul à la naissance permettra le diagnostic facile du PBVE, ensuite il permettra d'identifier les éléments de gravité et d'établir une classification. Après un interrogatoire sur l'état civil, les antécédents obstétricaux et familiaux l'examen initial comportera un examen orthopédique complet, un examen neurologique minicieux et en fin un examen général appareil par appareil afin de préciser que le pied bot est idiopathique ou non.

A. L'inspection :

L'observation du pied du nouveau-né va s'intéressé d'abord sur la position spontanée du pied, le pied est court parfois gras ou contraire gracile. Le pied est orienté en équin (pointe du pied regarde vers le bas) (Ph. 21), en supination (plante du pied regarde en dedans et en arrière) (Ph. 22), un varus de l'arrière-pied (Ph. 23), une pronation relative de l'avant pied (Ph. 24), une adduction globale du pied par rapport à la jambe et une adduction de l'avant pied par rapport à l'arrière-pied (pointe du pied regarde en dedans) (Ph. 25).

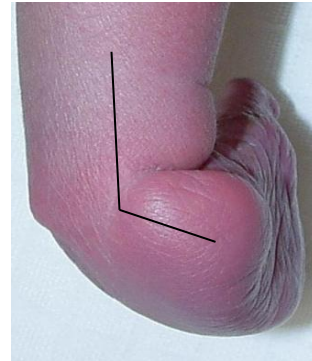
L'inspection du pied permet de trouver deux sillons cutanés de profondeur variable selon la sévérité de la maladie, un sillon postérieur supra calcanéen et un sillon médio plantaire avec un creux possible sur l'arche interne en vue de profile.



Ph. 21. Équin



Ph. 22. Supination



Ph. 23. Varus de l'arrière-pied

Notre service



Ph. 24. Pronation relative de l'avant pied



Ph. 25. Adduction de l'avant pied. Notre service

Le mollet est atrophié, elle est plus marquée dans les pieds bots unilatéraux. la mensuration de circonférence du mollet est notée de façon comparative.

L'observation du pied du nourrisson après l'âge de la marche et le grand enfant va évaluer d'abord l'appui plantaire au cours de la marche, ensuite en station debout et en fin en position couché sur le dos et en décubitus ventral.

Au cours de la marche l'observateur note la vitesse et la régularité du pas, une éventuelle boiterie en rapport avec une inégalité de longueur des membres inférieurs, et l'attaque du sol à la 1^{ière} phase du pas (normal par le talon, anormal par la pointe ou par le bord externe du pied).

L'inspection du pied en station debout sur un plan dur va s'intéresser sur la position du pied (plantigrade, digitigrade ou équin (l'appui sur les têtes métatarsiennes) ou sur le bord latéral du pied).

L'observation des empreintes podoscopiques est un temps essentiel de l'examen clinique d'évaluation du pied bot, elle témoigne des anomalies morphologiques du pied.



Ph. 26. Adduction et appui sur le bord latéral du pied. Notre service



Ph. 27. Equin (l'appui sur les têtes métatarsiennes) debout. Notre service



Ph. 28. Varus de l'arrière-pied debout. Notre service

L'inspection du pied en position spontanée soit toutes les déformations du pied bot présent à la naissance avec des degrés variables ou certaines déformations résiduelles. L'observation va constater aussi une éventuelle callosité d'appui sur l'articulation calcanéo-cuboidienne et une éventuelle cicatrice d'intervention chirurgicale.



Ph. 29. Adduction de l'avant pied, callosité d'appui et l'équin chez un enfant de 3 ans Notre service.



Ph. 30. Adduction de l'avant pied. Notre service



Ph. 31. Supination. Notre service



Ph. 32. Décubitus ventral. Cicatrice d'intervention chirurgicale bilatéral. Notre service

L'inspection sera poursuivie de l'observation de la mobilité spontanée du pied et les oreilles à la recherche de paralysie (spina bifida par exemple ou une hémiplegie). L'observation de l'ensemble du membre inférieur recherchera aussi la présence de sillon anormal (maladie des brides amniotiques).

B. Mesurée de la réductibilité des 4 déformations :

C'est mesures précise de façon quantitative de toutes les attitudes vicieuses sur les trois plans de l'espace de la déformation, l'équin, le varus, la rotation du bloc calcanéopédieux, et aussi la relation entre l'arrière-pied et l'avant-pied.

Elle permet aussi de préciser l'effet du traitement de façon objective et chiffrée.

Les angles sont mesurés de préférence avec un petit goniomètre adapté au pied.

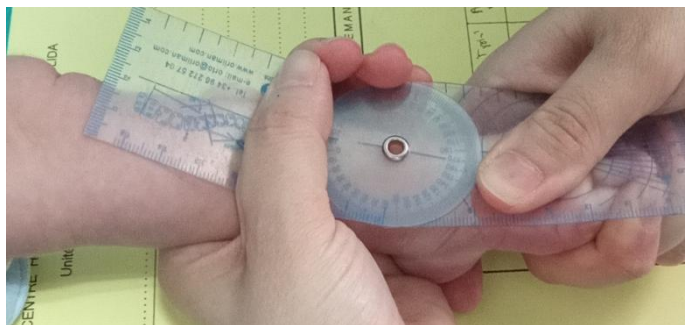
- 1- **L'équin** : c'est l'angle résiduel quand on corrige l'équin. 0° c'est quand le pied est à l'angle droit par rapport à la jambe (Ph.33) ;
- 2- **L'adduction de l'avant-pied** : c'est de l'angle résiduel quand on corrige l'adduction de l'avant-pied par rapport à l'arrière-pied. 0° c'est quand l'axe de l'avant-pied est aligné par rapport à l'axe de l'arrière-pied (Ph.34).
- 3- **Le dé rotation du bloc calcanéopédieux** : c'est l'angle résiduel quand on dérote le bloc calcanéopédieux par rapport à l'axe de la jambe. 0° c'est quand l'axe du pied est aligné par rapport à l'axe de la jambe (Ph.35) ;
- 4- **le varus de l'arrière-pied** : c'est l'angle résiduel quand on corrige le varus de l'arrière-pied. 0° c'est quand l'axe du talon est aligné par rapport à l'axe de la jambe (Ph.36) ;



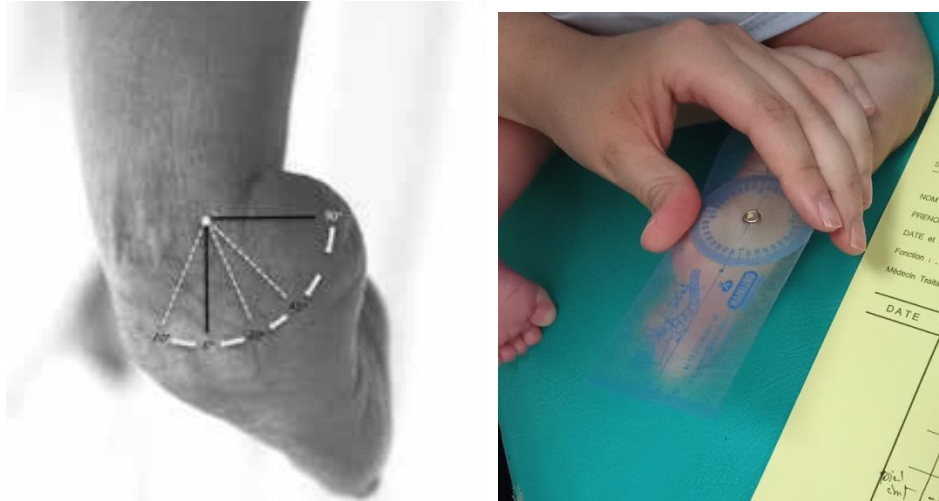
Ph. 33. Mesure de l'équin. Notre service



Ph. 34. Mesure de l'adduction de l'avant-pied. Notre service.



Ph. 35. Mesure de la dérotation du bloc calcanéo-pédieux. Notre service



Ph. 36. Mesure du varus de l'arrière-pied. Notre service

La mesure de la torsion tibiale est un utile après la marche pour déterminer l'origine d'une éventuelle démarche en rotation interne

C. La palpation :

L'absence de la réductibilité de la déformation distingue le PBVE des malpositions (leur traitement est simple et le pronostic est très favorable). Le degré de l'irréductibilité permet de diagnostiquer la sévérité de l'affection et classer le PBVE qui donnera une appréciation pronostic.

Il faut palper le talus sur le bord latéral du pied pour sentir les rapports du calcanéum avec la coque talonnière et palper le calcanéum en arrière du pied (Ph.37).

La qualité du tonus musculaire et la réactivité à la stimulation devra être apprécié, certains pieds bots sont très fibreux, d'autres ont une bonne réactivité et un bon tonus (*Bensahel et Diméglio*) [24].



Ph. 37. La palpation du talus sur le bord latéral du pied et sentir les rapports du calcanéum avec la coque et la palpation du calcanéum [24].

L'examineur s'attache aussi à reconnaître une raideur articulaire intéressant plusieurs articulations (arthrogrypose).

D. Examen orthopédique complet :

80% des PBVE sont **idiopathiques** (sans cause reconnue) tandis que le reste des PBVE sont dites secondaires à des affections neuromusculaires, l'arthrogrypose, le spina bifida, une dystrophie musculaire, IMC...

Avant de dire que le pied bot devant vous est **idiopathique** nous devons éliminer toutes les malformations associées.

La possibilité d'association des malformations des pieds avec d'autres affections justifie la recherche systématique de d'autres anomalies orthopédiques qui nécessitent parfois un traitement précoce en particulier luxation congénitale de hanche ; le cou (torticolis), les membres supérieurs (en particulier les mains), les membres inférieurs (genu recurvatum, une hypoplasie), et en fin le rachis (une déviation malformative, un dysraphisme).

L'arthrogrypose est une maladie congénitale suspectée devant raideurs articulaires multiple au niveau des membres inférieurs et supérieurs (pieds, genoux, hanches, mains, poignets, coudes, cou,)

Cet examen orthopédique complet segment par segment doit être complété par un **examen neurologique** minicieux avec un testingue musculaire à la recherche d'un myélo-méningocèle ou dystrophie musculaire. L'inspection du dos à la recherche d'une pilosité ou dépression lombo sacrée suggérant un spina bifida ou une gibbosité témoignant une scoliose congénitale malformative.

L'**examen général** appareil par appareil complète ainsi le bilan malformatif clinique car de nombreux syndromes (trisomie 21, trisomie 18, syndrome des ptérygium, syndromes de Larsen, de Möbius, de Freeman-Sheldon, syndrome alcool-foetal...) comprennent en effet des malformations des pieds.

3. Evaluation de la sévérité et classifications a la naissance :

Etablir une classification de tout PBVE diagnostiqué est vraiment nécessaire est très utile. C'est une étape indissociable de l' examen orthopédique initial du PBVE.

Plusieurs classifications ont été proposées dans la littérature. La classification simple des

PBVE a été utilisé pendant longtemps les classant en 4 stades selon leur sévérité : **bénin, modéré, sévère et très sévère**. Cependant elle était souvent approximative, avec une grande variabilité selon l'expérience des examinateurs.

- La classification de *Manes et Costa (1975)* [21] qui distingue 3 groupes selon la forme du pied et le degré de la réductibilité de l'arrière-pied sur le plan sagittal.

- La classification du *Catteral (1994)* [22] décrit 4 groupes de pieds, basé sur l'équin, sur l'aspect latéral du pied, sur l'importance de la supination, la présence d'un cavus et sur la topographie des sillons.
- Le professeur *Seringe* a proposé une méthode simple et pratique selon le degré de la réductibilité de l'équin et de l'adduction uniquement :

Type 1: réductibilité comprise entre 0 et 20°

Type 2: réductibilité comprise entre 21 et 40°

Type 3: réductibilité supérieur à 40°.

- *Carroll (1988)* [8] décrit une évaluation basée sur le rassemblement des points de chaque anomalie du pied au nombre de 10, et différencie ainsi 3 stades :

1. Bénin dont le score est inférieur à 5
2. Modéré dont le score est entre 5 et 7
3. Grave lorsque le score est entre 7 et 10

- **La classification de Diméglio (1993)** [22] :

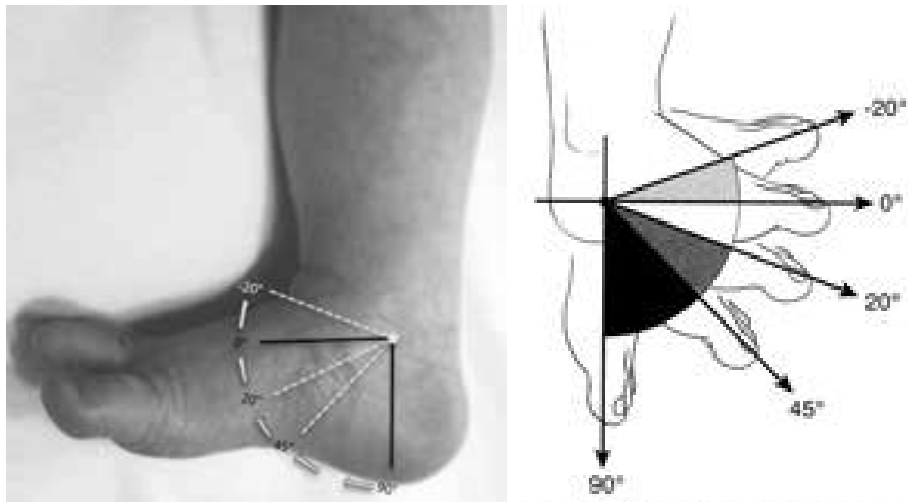
C' est une classification qui est considéré comme complète et objective car elle tient compte et de façon quantitative de toutes les attitudes vicieuses sur les trois plans de l' espace de la déformation, l'équin dans le plan sagittal, le varus dans le plan frontal, la rotation du bloc calcanéo-pédieux dans le plan horizontal, et aussi la relation entre l'arrière-pied et l'avant-pied dans le plan horizontal.

Elle est recommandée comme classification de référence depuis 1995 par l'HAS, et reconnue comme sensible et reproductible. Elle permet de préciser l' effet du traitement de façon objective et chiffrée.

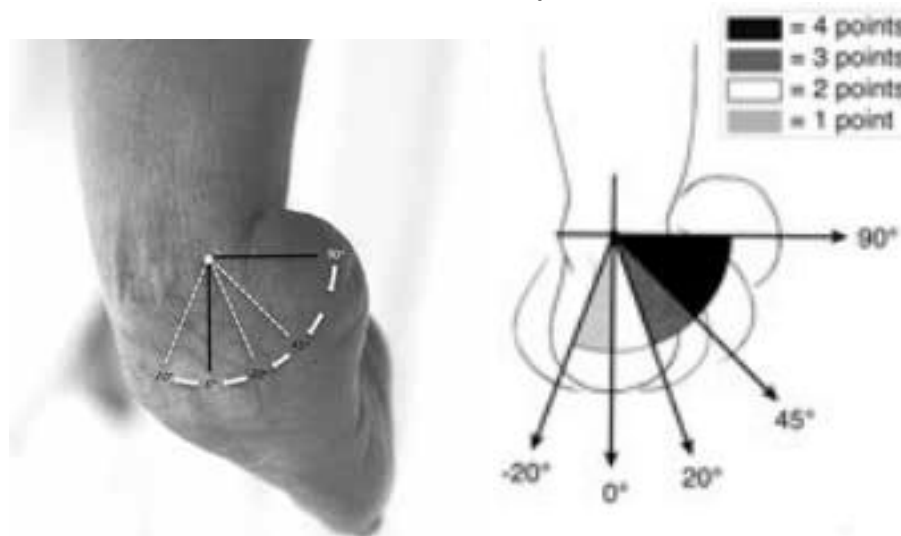
Les angles sont mesurés de préférence avec un petit goniomètre adapté au pied du nouveau-né et établir une check-list pour hiérarchiser l' examen clinique.

E. La réductibilité des 4 déformations est mesurée :

- 4- Mesure de l'angle résiduel quand on corrige **l'équin**. 0° c'est quand le pied est à l'angle droit par rapport à la jambe (Ph.38) ;
- 2- Mesure de l'angle résiduel quand on corrige **le varus de l'arrière-pied**. 0° c'est quand l'axe du talon est aligné par rapport à l'axe de la jambe (Ph.39) ;



Ph. 38. Mesure de l'équin. [22]

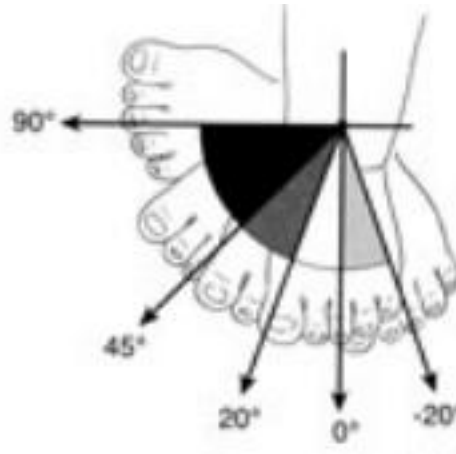


Ph. 39. Mesure du varus de l'arrière-pied [22]

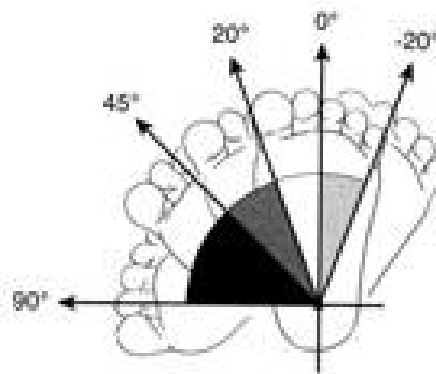
- 3- mesure de l'angle résiduel quand on **dérote le bloc calcanéopédieux**. 0° c'est quand l'axe du pied est aligné par rapport à l'axe de la jambe (Ph.40) ;
- 4- mesure de l'angle résiduel quand on corrige **l'adduction de l'avant-pied** par rapport à l'arrière-pied. 0° c'est quand l'axe de l'avant-pied est aligné par rapport à l'axe de l'arrière-pied (Pn.41).



Ph. 40. Mesure de la dérotation du bloc calcanéopédieux. [22]



Ph. 41. Mesure de l'adduction de l'avant-pied [22]



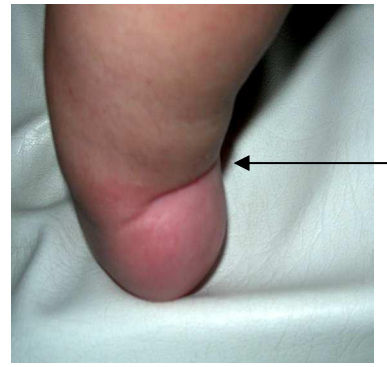
F. Pour chacun de ces 4 angles mesurés, des points sont attribués sur une échelle de 0 à 4 :

- 4 points si l'angle est entre 90° et 45° ;
- 3 points si l'angle est entre 45° et 20° ;
- 2 points si l'angle est entre 20° et 0° ;
- 1 point si l'angle est entre 0 et -20° ;
- 0 point (normal) si l'angle est inférieur à -20°.

G. La somme des maximales des 4 paramètres fait un total de 16 points auquel on rajoute 4 points dits potentiels :

- + 1 point, s'il existe un sillon cutané médial marqué (Ph.42) ;
- + 1 point, s'il existe un sillon cutané postérieur marqué (Ph.43) ;
- + 1 point, s'il existe un cavus (creux) important ;
- + 1 point, si on a la sensation d'une hypertonie ou d'une importante fibrose musculaire.

H. Donc une somme totale de **20** points.



Ph. 42. Sillon cutané médial marqué. Notre service Ph. 43. Sillon cutané postérieur marqué

I. **Diméglio** a classifié les PBVE en 4 grades :

Nombre des points	Grade du PBVE	Type du PBVE	%
<5	I	Benin	20%
5<10	II	Modéré	30%
10<15	III	Sévère	40%
15<20	IV	Très sévère	10%

Tableau 1 - Score de Diméglio en grade

- **Le pied bot grade 1** : (20% de tous les pieds bot) est un type bénin, la réductibilité est supérieure à 90%, et le score est entre **0 et 5**. La guérison est obtenue rapidement par le traitement orthopédique.

- **le grade 2** : (30%), c' est un pied bot modéré, réductible, partiellement résistant avec un score entre **5 et 10**. le traitement orthopédique bien conduit permet de guérir cette déformation.

- **le grade 3**:(40%) c' est un pied bot sévère, résistants mais partiellement réductibles avec un score entre **10 et 15**.

- **le grade 4** : heureusement sont les moins fréquents (10%) c' est un pied bot très sévères, qui est rigide presque irréductible avec un score entre **15 et 20**.

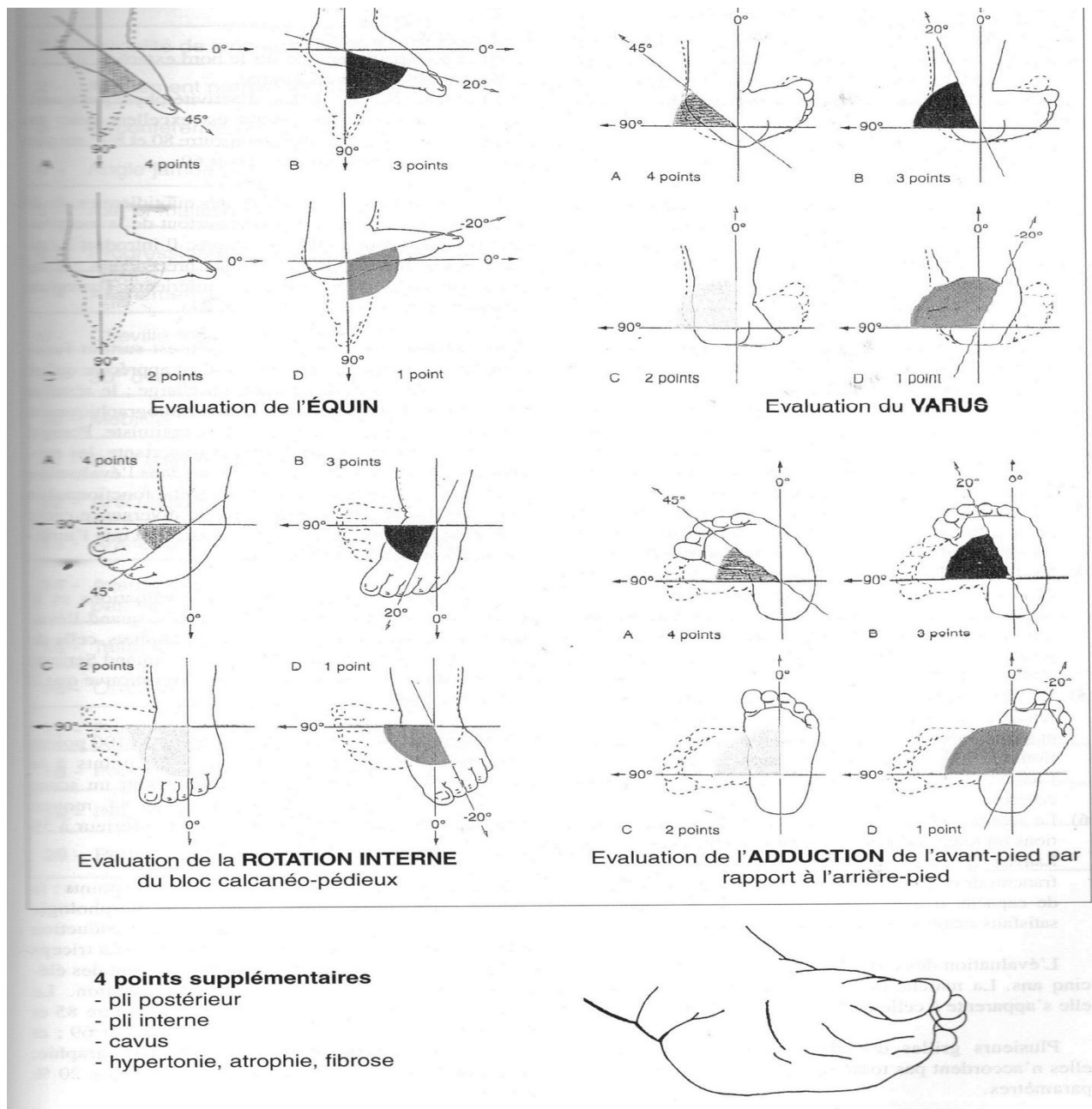


Fig. 53. Check-list pied bot

4. Explorations complémentaires :

A. Radiographie standard :

Le diagnostic du PBVE est clinique, la radiographie du pied à la naissance est n' est pas nécessaire mais elle est utile pour les pieds bots vues tardivement comme complément du bilan initiale et représentent un document objectifs' ajoutant à l' examen clinique de base.

La radiographie permet d'objectiver et juger une évolution favorable, stable ou défavorable d'un PBVE au cours du traitement.

La radiographie permet des mesures angulaires précises de l'équin postérieur, la divergence talo-calcanéenne, l'adduction du BCP et médio tarsienne et le degré de réductibilité des différentes attitudes vicieuses du pied.

Plusieurs incidences sont décrites, de nombreux axes sont tracés et des variétés d'angles sont mesurées. L'étude radiologique a intéressé aussi les contours osseux, le degré de la superposition talo-calcanéenne, et les congruences articulaires.

Parmi les incidences décrites, deux sont fondamentales :

A-1. La radiographie de face dorso-plantaire pré tibiale en correction :

Le genou est fléchi à 120° tandis que le pied est reposé sur la cassette et maintenu dans une position de correction possible [32].

➤ 3 angles utiles sont mesurés sur cette incidence (fig. 54, 55):

- L'angle de la divergence astragalo-calcanéenne de face : sur un pied normal les axes de l'astragale et du calcaneum forme un angle ouvert en avant mesure environ 40°. Dans le PBVE cette divergence diminue (< 40°) et traduit une adduction du BCP.
- L'angle astragale-premier métatarsien : normalement compris entre (10° à 15°). Dans le P.B.V.E. cet angle se ferme ou s'inverse, elle traduit l'adduction globale du pied, qui est la somme de l'adduction du bloc calcanéo-pédieux et de l'adduction dans l'articulation de médio tarsienne de CHOPART.
- L'angle calcaneum-5eme métatarsien : Normalement le bord externe du pied est rectiligne (0°). Dans le P.B.V.E, il est ouvert et mesure l'adduction de l'avant-pied dans l'articulation médio-tarsienne.

A-2. La radiographie de profil standard en flexion dorsale :

Elle est prise avec le bord externe de l'arrière-pied repose contre la cassette, et le pied est maintenu en dorsiflexion maximal par un parent sur une petite planchette. Il donne deux sortes de renseignements importants [8,32] ; La calcule de l'équinisme et de son siège.

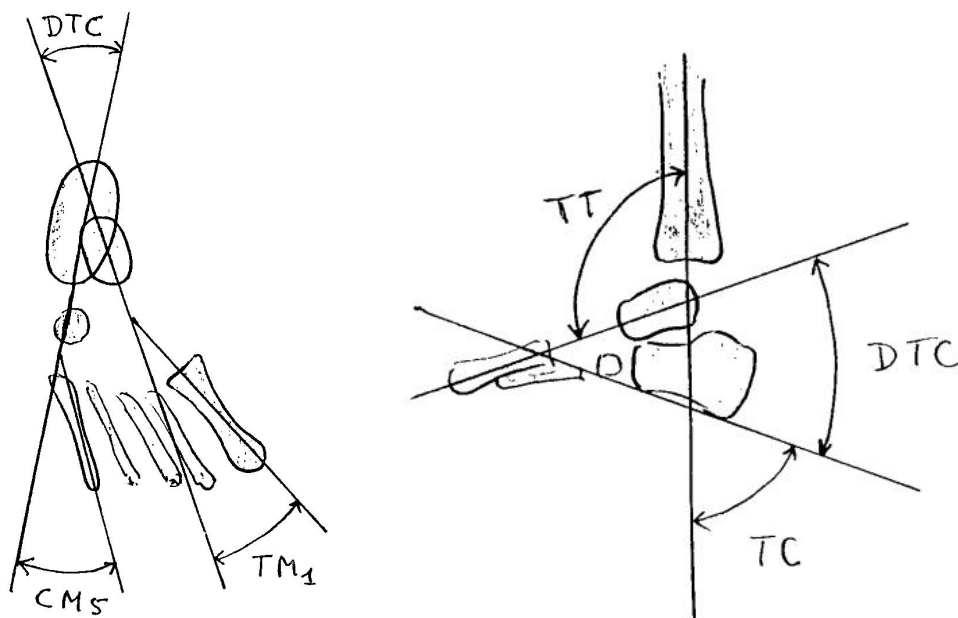
Sur cette incidence le calcaneum est vu de profil mais le talus et pince bi malléolaire sont vus en ¾. Des déformations peuvent apparaitre telles que l'aplatissement du dôme talien, l'effacement du sinus du tarse.

➤ 3 angles sont utiles à mesurés (fig. 46, 47) :

- l'angle tibio-astragalien ou tibio talien : de l'ordre de 90° environ, au de là de cet angle traduit un équin tibio-astragalien.

-L'angle de la divergence astragalo-calcanéenne du profil : cet angle est ouvert en arrière et compris entre 40° et 50° degrés. Un angle inférieur à 35° témoigne d'un équin sous-astragalien.

- l'angle tibio-calcanéen : c'est un angle important et décisif, qui permet un bon renseignement sur la descendante du calcaneum donc sur l'équinisme global du pied [15]. Elle doit être inférieure à 90° .



[8]

Fig. 54 Mesures angulaires sur les radiographies de face et de profil

D.T.C : divergence talo-calcanéenne

C.M.5 : angle calcaneum 5ème métatarsien

T.M.1 : angle talo 1er métatarsien

T.T : angle talo-tibial

T.C : angle tibio-calcanéen

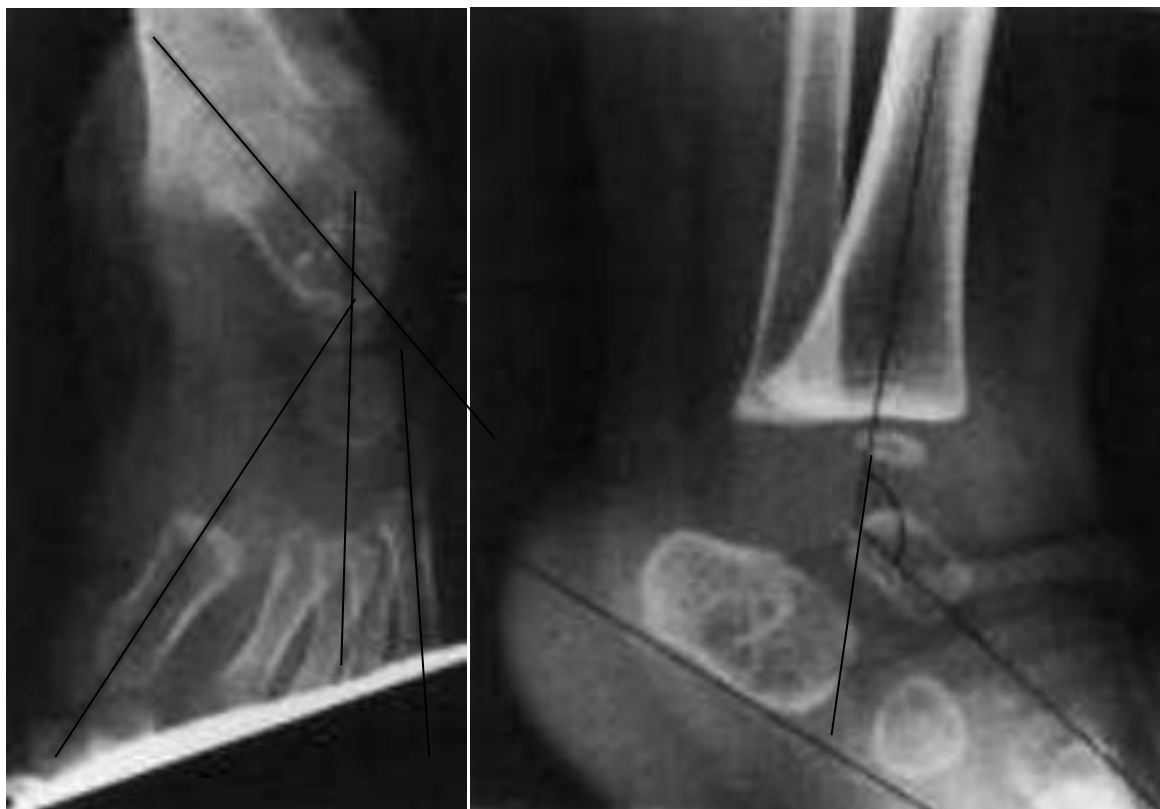


Fig. 55. Mesure angulaire sur radiographie de face et de profil. Notre service

- (a) : de face : diminution de la divergence astragalo-calcaneenne. Ouverture de l'angle astragale-premier metatarsien et l'angle calcaneum-cinquieme metatarsien
- (b) : de profil en flexion dorsale maximale : angle tibio-astragalien et tibio- calcaneien augmenté et diminution de la divergence astragalo-calcaneenne.

A-3. Autres incidences :

- Radiographie du pied en charge de face et de profil : ce sont des incidences de base après l'âge de la marche, faite en position debout. Elle permet de visualiser les déformations osseuses, l'alignement des articulations et des arches du pied. D'autres mesures angulaires supplémentaires sont réalisées pour déceler une évolution vers un pied creux ou au pied plat.
- Incidence de profil strict de la tibio-tarsienne en dorsiflexion : est faite en tournant la jambe en rotation interne pour obtenir un profil transmalléolaire. Elle permet de visualiser la forme de la poulie astragalienne.
- Cliché dorso-plantaire en position spontanée : demander parfois pour comparer avec celle en position de correction.
- Incidence de profil en flexion plantaire : pour évaluer les amplitudes articulaires en flexion plantaire.

B. Autres explorations complémentaires :

L'échographie peut être une méthode complémentaire dans l'exploration du PBVE vu le caractère essentiellement cartilagineux du pied du nouveau-né et du nourrisson. En particulier, elle pourra objectiver la subluxation du naviculaire, et permettra la visualisation des cartilages du tarse avant l'apparition des noyaux d'ossification et calculer la distance entre la malléole tibiale et l'os naviculaire et de pouvoir s'assurer anatomiquement de la correction clinique après traitement. [34].

Par contre **Une échographie de hanche** sera demandée systématiquement pour exclure une Dysplasie de Développement des Hanches (DDH) car Le PBVE est considéré comme facteur de risque de DDH.

Le **scanner** n'a aucun intérêt dans l'exploration des pieds bots. En revanche, **l'IRM** avec reconstructions multi planaires permet une bonne visualisation tridimensionnelle des déformations ostéo-cartilagineuses [33], mais n'a pas d'indication en routine, cependant peut être utile dans le domaine de recherche ou peut être dans des cas difficiles multi opéré en prévision d'une reprise chirurgicale [32].

C. Bilan radiologique malformatif :

Une échographie cérébrale transfontanellaire et l'IRM cérébral et/ou médullaire permettent dans certains cas d'éliminer ou objectiver une malformation encéphalique ou un dysraphisme spinale peuvent être demandées dans le cadre du bilan radiologique malformatif.

Une échographie abdominale et pelvienne est un examen non invasif utile afin d'éliminer une anomalie digestive ou une uropathie malformative associée

V. HISTOIRE NATURELLE :

Sans traitement, le pied reste déformé comme il est et continue à s'aggraver avec la marche et le poids de l'enfant. L'enfant va marcher sur le bord externe de son pied. Il va développer souvent une bursite d'appui avec risque de lyse osseuse et d'ostéite (Ph. 26)



Ph 44. Enfant de 3 ans marche sur ses PBVE avec blessure et ostéite sur le dos du bord externe du pied gauche. [166].

VII. Traitement orthopédique ou dit conservateur du PBVE :

Le traitement du PBVE est une urgence orthopédique, il est impératif de la prendre en charge le plus rapidement possible, plus la prise en charge est précoce plus les chances de réussite du traitement le moins lourd sont élevées. La prise en charge est une urgence différée, c'est-à-dire dans les premiers jours de la vie, afin de profiter de l'état hypotonique et élastique initial des parties molles avant l'aggravation des rétractions. Diméglio [67], recommande même de commencer le traitement dès le jour de la naissance.

La place du traitement non chirurgicale ou dit conservateur dans le traitement du PBVE varie d'une série à une autre et attend jusqu'à 80% chez certaines équipes.

Il est communément admis que le traitement initial du pied bot est d'abord orthopédique. Pous [36] a dit « les pieds mêmes très déformés ayant une évolution imprévisible et pouvant réagir avec succès au traitement conservateur ».

1. Objectifs du traitement :

Les principaux objectifs à obtenir du traitement du PBVE sont :

- 1- La correction de la triple déformation du pied (l'équin, le varus et l'adduction)
- 2- Maintenir cette correction dans le temps pour éviter la récurrence.
- 3- Rétablir un équilibre musculaire satisfaisant.
- 4- Préserver une souplesse et une mobilité articulaire suffisante [8.20.24].

On ne peut pas parler de guérison d'un pied bot, car des défauts résiduels persisteront (amyotrophie du mollet, asymétrie de longueur des membres et des pieds, diminution de la mobilité articulaire,) malgré une bonne qualité des soins sont apportés, puisqu'il s'agit d'une malformation congénitale locorégionale.

L'objectif principal de la prise en charge du pied bot est d'obtenir à la fin de croissance un pied plantigrade, souple, indolore, et le moins déformé possible (fonction, indolence et forme).

Après le premier examen de l'enfant l'entretien avec les parents est essentiel, il faut prendre du temps de bien leur expliquer la pathologie de leur bébé et répondre à toutes les questions posées pour gagner leur confiance et surtout leur coopération pour le déroulement du traitement.

2. Les 3 étapes de prise en charge :

Le traitement du PBVE passe par 3 étapes :

1- **Réduction de la déformation** : doit être douce est progressive afin d' éviter les risques iatrogènes d'un pied en majeure partie cartilagineux. Masse dit : "les tissus mous sont durs et les os sont mous dans le pied bot" [35].

2- **Consolidation de la correction.**

3- **Maintien des résultats** obtenu et la **gestion des récurrences.**

3. La 1^{ère} Phase : réduction de la déformation

Débuté dès la naissance par la stimulation du bord externe du pied par la maman par grattage à la main ou l'aide d'une brosse à dents, et durant la 1^{ère} semaine de vie par les thérapeutes : un orthopédiste pédiatre et un kinésithérapeute spécialisé dans le pied pédiatrique et travaillent en parfaite collaboration.

Cette phase peut durer **6 semaines à 2 mois** selon le protocole thérapeutique utilisé.

Deux méthodes sont les plus répandues dans le monde est celle de l'Américain Ponseti qui est dite **orthopédique** utilisant des plâtres correcteurs progressifs et la méthode **fonctionnelle** [37] privilégie les manipulations et immobilisation sur plaquette et attelle thermoformées, elle est dite française développée et soutenue par R.Seringe à Paris [8]. D'autres techniques dites "**mixtes**" associant les manipulations et les plâtres. Et une autre en croissance actuellement réveillant les réductions progressives par **bandages élastique** de Denis Brown.

La supériorité de l'une ou l'autre des 2 techniques est controversée dans la littérature. Chotel [63] a évalué les résultats de la méthode Ponseti en les comparant à la série de Wicart, appliquant la méthode fonctionnelle. Il a trouvé que la méthode Ponseti donnerait de meilleurs résultats, et permettant de diminuer les indications de la chirurgie extensive. Selon Falks [64], les 2 méthodes sont d'efficacité équivalente en réalisant une étude dans un établissement utilisant les 2 méthodes. Pour Richards [65] la méthode Ponseti présente plus de risque de récurrence et nécessite une libération extensive plus fréquente que la méthode fonctionnelle. Dans l'étude d'El Batti [66], les résultats sont en faveur de la méthode fonctionnelle, qui donne de meilleurs résultats que la méthode de Ponseti.

3.1 La technique de Ponseti :

C'est une série de plâtres correcteurs, elle est à la fois une méthode de correction et un maintien de cette correction obtenue pendant une durée déterminée.

➤ **Principe :**

Le principe de cette technique consiste à réaliser un étirement progressif avec une succession bien étudiée des muscles hyperactifs et les structures fibreuses capsulo-ligamentaires et s'opposer aux forces maintenant l'irréductibilité de la déformation puis les maintenir au repos pendant une durée d'une semaine. Cette immobilisation entraîne une croissance musculaire en longueur et rétablir l'équilibre global du pied.

Le traitement est entamé dans la première semaine après la naissance par une correction progressive des différentes déformations par des plâtres fémoro-pédieus maintenant le pied dans le mouvement obtenu après les manipulations par le plâtre précédent avec le genou fléchi à angle droit. 4 à 6 plâtres répétés d'une façon hebdomadaire souvent réalisés.

Ponseti commence à **corriger** en premier le creux interne (le cavus) par la mise en supination de l'avant-pied, puis le varus de l'arrière-pied par une abduction de l'avant-pied et en fin l'équinisme par une dorsiflexion progressive.

Une **ténotomie per cutanée d'Achille** est pratiquée systématiquement au bout du 4^{ème} plâtre, suivi d'un ou deux plâtres pour 1 mois qui doivent maintenir le pied en hyper correction ; une rotation externe de 60° et en dorsiflexion à 15°.

Après les plâtres des **attelles de Denis Browne** sont mises en place jour et nuit pendant 3 mois puis que la nuit pendant 2 à 4 ans.

➤ **Technique :**

Les plâtres sont confectionnés sur un enfant bien détendu, le biberon ou une sucette déclenche le réflexe de la succion et relâche le bébé et évite toute réaction de défense. Avant chaque confection du plâtre (Ph.45) une manipulation douce du pied est pratiquée et est réalisée pour arriver à étirement ligamentaire maximal et une souplesse satisfaisante.





Ph.45. Manipulation douce du pied avant chaque confection du plâtre. Notre service

Une fine couche de coton cardé ou un seul passage de la ouate est appliqué sur le jersey ou selon Seringe 2 à 3 chaussettes de jersey permettent la protection de la peau de bébé. L'orthopédiste maintient le pied dans la position de réduction maximale souhaité, tandis que laide déroule les bandes de plâtre, qui stabilise d'abord la jambe et le pied ensuite le genou.



Ph. 46. Confection du plâtre. Notre service

Un pouce de l'opérateur protège la voute plantaire contre la convexité iatrogène (Ph.47) tandis que l'autre main moule et positionne le pied par une pression sous le talus, sans contact avec le talon.



Ph. 47. Le pouce de l'opérateur protège contre le pied convexe iatrogène. [166]

La prise du genou par le plâtre permet de maintenir la correction en évitant la rotation de la cheville autour de la jambe. La position genou fléchi à 90° a pour but d'augmenter la flexion dorsale par relâchement des gastrocnémiens et a aussi l'avantage d'éviter que le plâtre descende et chute. La réalisation d'une botte plâtrée courte sans prendre le fémur serait pour Ponseti une erreur fondamentale.

A la fin de la procédure une découpe du plâtre peut être nécessaire pour dégager la face dorsale des orteils et conserver le plâtre sous les orteils pour tendre les fléchisseurs.

Les plâtres sont renouvelés toutes les semaines et pas au-delà de cette période chez le nouveau-né en raison de sa croissance rapide.

La dorsiflexion du pied n'est commencée qu'à partir du 4^{ième} plâtre. Une ténotomie percutanée du tendon d'Achille sous anesthésie locale ou générale étant réalisée systématiquement après l'ablation du 4^{ième} ou 5^{ième} plâtre permettant d'augmenter l'amplitude de la flexion dorsale. Un plâtre sera confectionné pour 3 semaines supplémentaires après la ténotomie.

Après les petites finitions du plâtre, il est préférable de garder l'enfant un peu de temps pour surveiller sa tolérance, et conseiller les parents à la sortie de maintenir le membre surélevé sur coussin les 2 premiers jours et de consulter si apparition un moindre signe de syndrome de compression (augmentation de volume, changement de la coloration, la chaleur et la mobilité des orteils).



Fig. 56. Une série de 5 plâtres avec réduction progressive et dorsiflèxion en dernier [166]

➤ **Avantage :**

- **Efficacité :** il a été prouvé et considérer qu'il s'agit d'une très bonne technique. « La correction est toujours possible au terme des 2 mois, quel que soit la sévérité de la déformation » Ponseti [38]. La méthode de Ponseti reste efficace pour des pieds bots traités tardivement, et même après l'âge de la marche, mais avec des résultats moins bons.
- **Souplesse :** Les pieds corrigés sont souvent souples due à un mécanisme qui reste toujours indéterminé.

- **Economie** : Cette procédure est hebdomadaire, intéressante en cas d'éloignement géographique ; de plus elle est particulièrement économique pour l'état et pour les parents.

➤ **Inconvénients :**

- la série des plâtres doit être réalisé par le **même opérateur**. L'emploi du temps du chirurgien devra être organisé en conséquence.
- la scie oscillante lors de l'ablation des plâtres peut être source **des brûlures ou des plaies**. L'ablation des plâtres doit être faite par l'opérateur lui-même ou confié à un paramédical prudent et avertie de ces risques.
- la chute des plâtres est fréquente chez les bébés obèses, ce qui fait perdre l'efficacité de cette méthode.
- Pied convexe iatrogène : se voit en cas de correction rapide l'équin avant le 4^{ième} plâtre, la radiographie (Fig. 48) objective une cassure du médio-pied (subluxation dorsale du Chopart). Il faut alors réaliser une ténotomie d'Achille après avoir replâtré le pied 2 semaines en équin.



Fig. 57. Pied convexe iatrogène. Flexion dorsale du médio-pied, mais l'arrière-pied est restait en équin [166]

➤ **Variantes :**

- **Le délai de changement des plâtres :**

Certains proposent une diminution du port du plâtre, tous les 2-3 jours pour Karski [39], ou 3-4 jours pour Hutchins [40]. Pour l'accélération de la phase de réduction, cependant cette accélération semble non compatible avec la durée nécessaire pour un remodelage satisfaisant de la déformation architecturale. Une durée des plâtres plus long (10 jours, 2 semaines) est utilisée pour certains pour espacer les périodes des visites, mais ces longs délais ont comme inconvénient majeur ; le retard de phase de réduction.

- **La réalisation ou non de la ténotomie :**

Nather [41], Hutchins [40] et Pous [36] utilisent que la série des plâtres et ne sectionne pas le tendon d'Achille et recommandent une chirurgie élargie, complète et précoce en cas de correction incomplète. Plusieurs auteurs actuellement (Doquier [15]) préconise la réalisation de la ténotomie uniquement si le tendon d'Achille est rétracté, entraînant un manque de la dorsiflexion du pied justifié par un angle tibio-calcanéen supérieur à 90° mesurer sur une radiographie de la cheville de profil. (Fig.58, 59)



Fig. 58. Rx du pied en flexion dorsale maximale. L'angle tibio- calcanéen est de 70° . Elle signifie que le calcanéum est suffisamment descendu et donc qu'il ne faut pas réaliser la ténotomie du tendon d'Achille. Notre service



Fig. 59. Rx du pied en flexion dorsale maximale. L'angle tibio- calcanéen est de 105° . Elle signifie que le calcanéum n'est pas suffisamment descendu et donc qu'il faut réaliser la ténotomie du tendon d'Achille. Notre service

- Autres moyens de contention :

Wedge [42] propose une méthode utilisant le strapping dû une attelle en aluminium malléable qui sera quotidiennement twistée. Elle permettrait d'après l'auteur une

réduction très rapide (possible en 15 jours), cette méthode est plus douce, plus adaptée pour les enfants obèses et plus légère que les plâtres.

Yamamoto [42] immobilise directement le pied sur une attelle de Denis Browne par l'intermédiaire d'un chausson moulé en plastique thermoformable sur un plâtre en position de correction et renouvelé régulièrement.

- **Kinésithérapie supplémentaire :**

Nilgun [62], dans son étude, avait introduit une modification dans la méthode de Ponseti classique par une kinésithérapie et a démontré amélioration de l'efficacité de la méthode en comparant deux groupes de patients : le premier n'ayant que des stimulations parentales et le second bénéficiant de séances de kinésithérapie régulières.

3.2 La méthode fonctionnelle :

- Elle est développée en France sous l'impulsion de Masse et Daniel [35], et a été reprise et ajustée par Bensahel, Guillaume, Seringe et Chedeville [44,45]
- Effectuées dans un service d'orthopédie pédiatrique par des kinésithérapeutes spécialisées, entraînés et habitués aux PBVE.

➤ **Ces objectifs :**

- Assouplir les parties molles rétractées du pied.
- Réaxer les articulations du pied selon une chronologie bien précise.
- Renforcer les muscles d'éversion faibles pour rétablir leurs équilibres avec les muscles d'inversion.
- Gaubert [46] a recours à l'électrostimulation sélective de certains groupes musculaires.
- Maintenir les corrections obtenues entre les séances de rééducation sur une **plaquette avec des bandes adhésives**. Les parents sont aussi éduqués pour la pose des plaquettes. Masse et Bensahel utilisent une variante de l'attelle de Denis Browne tandis que Seringe place la plaquette sur une attelle cruro-pédieuse thermoformée, enlevée par intermittence dans la journée pour favoriser les mouvements, mais en maintenant la plaquette.

➤ **Ces principes :**

- Effectuer des mobilisations passives en décoaptation pour ne pas altérer les pièces cartilagineuses qui forment la plus grande partie du pied de l'enfant,
- Rééducation précise, progressive, prudente et non douloureuse.
- Cibler l'articulation mobilisée et éviter une hypercorrection ou une fausse correction de l'équin (pied convexe iatrogène)
- Adapter les exercices en fonction du stade du développement psychomoteur de l'enfant.

➤ **Technique :**

Pendant la période de réduction qui dure 8 semaines les séances de kinésithérapie sont quotidiennes.

Chaque séance de kinésithérapie contient :

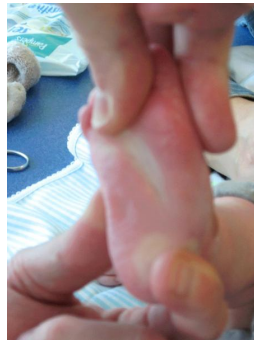
- Des mobilisations passives
- Des sollicitations musculaires
- Le maintient de la correction obtenue (plaquette stabilisée par des bandes adhésives)

❖ Les mobilisations passives : Elles se déroulent progressivement de l'avant vers l'arrière selon les étapes suivantes :

- Traction dans l'axe du 1er métatarsien et l'étirement du bord médial du pied (Ph. 48).
- Mouvement d'abduction de l'avant-pied (Ph. 49).
- La pronation du pied (Ph. 50).



Ph. 48. Traction et étirement



Ph. 49. Abduction



Ph. 50. Pronation

- Abaissement de la base du 1er métatarsien (Ph. 51).
- Étirement de la plante du pied.
- Dérotation du bloc calcanéopédieux (Ph. 52).



Ph. 51. Abaissement de la base du M1



Fig. Ph.52 Dérotation du BCP

- Traction du talon vers le bas avec étirement du tendon d'Achille et correction du varus de l'arrière pied en même temps (Ph.53).



Ph. 53. Traction du talon vers le bas et correction du varus de l'arrière pied. Notre service

- La correction de l'équin : C'est la dernière étape et doit être réalisée progressivement et avec prudence pour éviter la lésion du talus et la cassure de l'articulation médio-tarsienne, source d'une fausse correction de l'équin et la convexité du pied.

❖ Les stimulations musculaires :

Elle consiste à provoquer des contractions musculaires pour restaurer l'équilibre entre les muscles éverseurs et inverseurs.

– Stimulation du long extenseur des orteils par un étirement léger et rapide du muscle, pied en flexion plantaire.

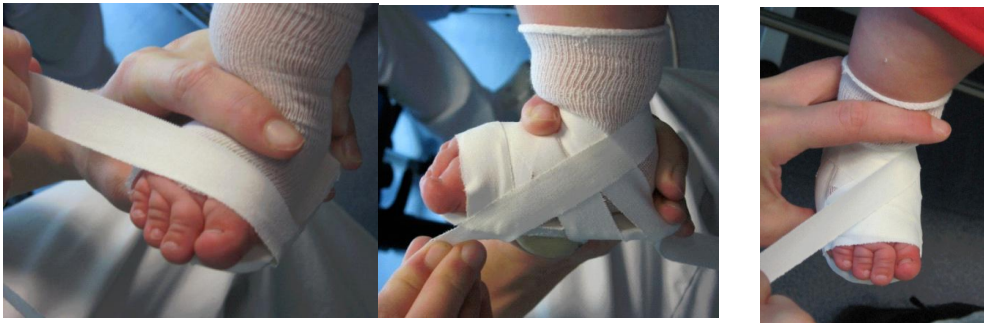
- Stimulation des muscles fibulaires par le bout des doigts au niveau du tubercule des fibulaires.

❖ Le maintien de la correction obtenue :

A la fin de la séance de kinésithérapie, le pied est immobilisé sur une plaquette fixée par une bande adhésive sur une barre type Denis-Browne ou une attelle thermoformée.

La façon de la pose des plaquettes :

- Un jersey est mis en place pour protéger la peau.
- La plaquette est fixée au pied par 3 bandes de sparadrap (Ph.54) et 2 bandes d'élastoplastes.
- La 1^{ère} bande permet de corriger l'adduction de l'avant-pied.
- La 2^{ème} bande permet de tracter le calcanéus en bas et de diminuer le creux en fixant le bord interne du pied sur la plaquette.
- La 3^{ème} bande a pour but la correction de la supination et renforce l'action des 2 premières bandes.



Ph. 54. Fixation du plaquette au pied par les 3 bandes de sparadrap [166]

- Les 2 bandes d'élastoplaste permettent la fixation de l'arrière-pied et renforcent la solidité du montage (Ph. 55).
- Les 2 plaquettes sont finalement fixées à une barre pour l'option type Denis-Browne, avec 70° de rotation externe et plus ou moins 10° de flexion dorsale (Ph. 55).



Ph. 55. Mise en place des 2 bandes d'élastoplaste et la fixation sur la barre de Denis-Browne [166]

➤ **La réalisation de la ténotomie du tendon d'Achille :**

Une ténotomie du tendon d'Achille est préconisée par l'équipe du Seringe (hôpital Saint Vincent De Paul. Paris) avant l'âge de 10 mois, si la réduction est non satisfaisante avec un manque de la dorsiflexion du pied, justifié par un angle tibio-calcanéen inférieur à 90° mesurer sur une radiographie de la cheville de profil. Cette

petite chirurgie est réalisée sous anesthésie générale avec mise en place d'un plâtre pour 3 semaines.

➤ **Avantage :**

- D'après les auteurs de cette méthode, cette modalité de prise en charge du pied bot donne une bonne fonction cinétique et un schéma moteur bien équilibré.
- Elle permet un bon développement de l'activité musculaire et limite l'amyotrophie.
- C'est la bonne méthode qui permet une mobilisation en traction.
- Elle respecte la maturation psychomotrice de l'enfant.

➤ **Inconvénients :**

- **Astreignante** : cette méthode représente une contrainte importante pour les familles : il s'agit d'un traitement en continu, pratiquement “ à plein temps” qui nécessite beaucoup d'assiduité et de discipline.
- **Plusieurs séances de kinésithérapie** par semaines et pluriquotidiennes par les parents pendant plusieurs semaines. Certaines équipes préconisent même une hospitalisation prolongée.
- **Traitement délicat** basé surtout sur la compétence de kinésithérapeutes spécialisés spécifiquement formés.
- Les stimulations actives précoces pour certains auteurs sont peu fiables, et peuvent stimuler la synthèse du collagène qui génère **des muscles hypertoniques**.
- Des complications cutanées possibles.
- La fausse correction de l'équin se faisant dans l'articulation médio-tarsienne.
- C'est une prise en charge qui semble présente un **coût** un peu élevé.

3.3 Techniques mixtes :

Cette technique mixte est utilisée par plusieurs équipes (R. Jones [51]. Fixsen [52]. Simons [53]. Berard [54]). Des mobilisations a un rythme de 4 à 6 fois par jours se fait en hospitalisation par les kinésithérapeutes. Un bandage étant réalisé en fin de séance qui est renouvelé 2 fois par jour. L'hospitalisation dure une à 2 semaines selon la rapidité de l'apprentissage des parents de la manière de la mobilisation à domicile. Lors du départ une consultation quotidienne est programmée pour mobilisation avec changement des bandages. Des phases d'immobilisation plâtrée de 10 jours sont effectuées par la suite. Une ténotomie du tendon d'Achille est réalisée si réduction non satisfaisante.

3.4 La ténotomie percutanée du tendon d'Achille (Ph.56) :

Elle systématique dans la technique de Ponseti qui dit que cette ténotomie diminue les risques iatrogènes de lésion du dôme astragalien ; et doit être réalisé **précocement** avant l'aggravation de la rétraction capsulaire tibo-taliènne. Elle ne semble pas entraîner d'insuffisance tricipitale si elle est réalisée à un âge précoce (Forster [55]). Elle est inconstamment pratiquée pour certains et doit être justifié par une radiographie de la cheville pour d'autres. Elle est même proscrite pour certains.

Selon Falks [64], le fait de réaliser la ténotomie d'Achille permettrait de diminuer la nécessité de recours à la libération postéro-médiale extensive. Il signale dans son étude que cette ténotomie doit être réalisée précocement avant 3 mois de vie.

Dans la technique de Ponseti, elle est réalisée à la fin du 5ème plâtre sous anesthésie locale. Dans la méthode fonctionnelle, elle commence récemment à être pratiquée relativement précoce, entre l'âge de 3 et 6 mois, sans dépasser l'âge de 10 mois, lorsque la flexion dorsale est limitée justifié par un défaut du redressement du calcaneum à la radiographie de profile de la cheville.

Technique : (Ph. 39).

- L'enfant est installé en décubitus dorsal, sous anesthésie générale,
- On place le pied en flexion dorsale maximale. On sent le tendon d'Achille tendu sous la peau.
- La lame bistouri 11 est introduit en percutané du côté médial du tendon d'Achille à 1 cm de l'insertion calcanéenne du tendon puis on tourne la lame pour sectionner le tendon de médial en latéral afin de protéger le pédicule vasculaire.
- Une sensation de « pop » est ressenti lorsque le tendon est complètement coupé.
- Un plâtre cruro-pédieux est réalisé avec le pied en flexion dorsale maximale et le genou fléchi à 90° pour une durée de 3 semaines environ





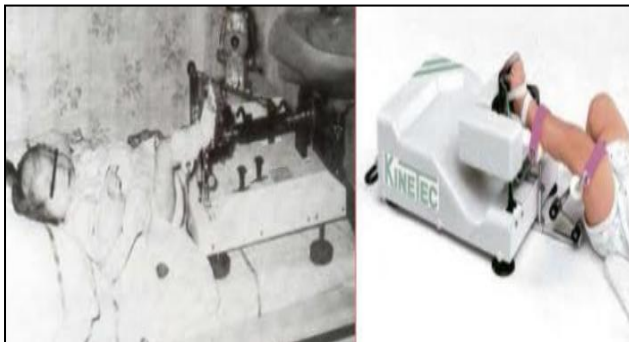
Ph. 56. Ténotomie percutanée du tendon d'Achille bilatérale. Notre service

- **A la fin de cette phase de réduction** ; quel que soit la méthode utilisée qui dure environ 2 mois et aboutit le plus souvent à une morphologie globale satisfaisante du pied, un bilan clinique et radiographique doit être établi permettant une analyse précise du résultat obtenue.

3.5. Autres techniques :

- **La mobilisation passive continue :**

Mise au point Métaizeau [47] qui la préconise après 5-6 mois, Diméglio [49] et Richards [48] l'utilisant même chez le nourrisson. Son but est de prolonger la mobilisation du pied durant plusieurs heures grâce un système motorisé (Ph.57). Cette méthode est peu supportée par les enfants et mal acceptée de la part des parents à cause de la surveillance très rigoureuse nécessaire, font que cette technique est peu répandue, malgré des très bons résultats sur l'assouplissement du pied.



Ph. 57. Mobilisation passive continue par un arthromoteur.

D. Enfant sur kinetec®

- **L'injection de toxine botulinique :**

Delgado [50] propose comme adjuvant thérapeutique à la méthode fonctionnelle qui consiste à des injections de toxine botulinique (BTX-A) mais reste à l'heure actuelle une voie de recherche.

4. Phase de consolidation du résultat :

La première étape de réduction doit être suivie obligatoirement par cette période supplémentaire qui est une partie intégrale du traitement. Seringe dit que la première phase de la prise en charge du PBVE masque souvent certains défauts résiduels [55]. En absence de cette poursuite avec un arrêt prématuré du traitement, le pied même parfaitement corrigé avec des résultats satisfaisants sur le plan clinique et radiologique est exposé à une récurrence précoce.

Morcuende [69] a montré que devant d'excellents résultats avec un taux de correction de 90% mais que la non-compliance à l'attelle constituait une cause majeure de récurrence. Sans attelle, le taux de récurrence dépasse les 80%. Ceci est à comparer avec le taux de récurrences de seulement 6% chez les familles compliantes.

Durant cette phase, qui dure en moyenne **3 à 4 mois**, les méthodes thérapeutiques orthopédiques Américaine et fonctionnelles Française poursuit pratiquement le même parcours avec deux moyens ; le maintien du pied dans des postures et la poursuite de la kinésithérapie. Certains auteurs dans cette phase de consolidation continuent à mettre des plâtres soit en prolongeant les temps de plâtres initiaux (15 jours) seules ou en intermittence avec la kinésithérapie (Harrold [59], Nather [41], Wedge [42]) et d'autres font appel à des bandages élastiques ou un strapping (Simons [51], Bensahel [44]).

1) Les attelles de posture :

Le port des attelles de postures est indispensable pour toutes les modalités thérapeutiques. Les différentes formes d'attelles préconisées sont nombreuses.

- L'attelle de Denis Browne :

C'est l'appareille de posture le plus utilisé. Elle se compose de 2 plaquettes ou sandales ou chaussures maintenant les 2 pieds, de direction réglable et reliées par une barre transversale articulée ou non. A noté que Browne [57] utilisait son attelle à l'origine pour la correction initiale de la déformation du PBVE par orientation progressive des pieds en éversion.

Des adaptations de cette attelle sont proposées par plusieurs auteurs : Ponseti préconise des sandales en cuir (Ph.58) où les talons sont bien positionnés au fond

des sandales et les serrés par la sangle dorsale pour empêcher le pied de partir en équin. L'écartement des pieds correspond à la distance biacromiale et les pieds font un angle de **70° de rotation externe** sur l'attelle, et **10°** de flexion dorsale.

Le port de l'attelle de Denis-Browne est recommandé jour et nuit pour **3 à 4 mois** avec une heure de liberté par jour pour entretenir la mobilité globale et les gesticulations physiologiques de l'enfant.

L'inconvénient majeur reproché à cette attelle est l'appareillage systématique des deux pieds même si un coté est normal qui ce rencontre dans environ 50% des cas, pour cette raison que elle est parfois mal accepter par la famille.



Ph. 58. L'attelle de Denis Browne. Notre service

- **L'attelle Clubax** : (Ph. 59) proposée par Seringe [58]. Composé d'une semelle articulée à une tige postérieure solidaire de la jambe par une embase. L'embase jambière est reliée à une autre embase fémorale par une tige externe autorisant la mobilité en flexion et limitant l'extension jusqu'à -20°. Elle laisser libre le pied normal controlatéral.
- **l'attelle thermoformée ou en Polysar**: (Ph. 60) utilisée aussi par Seringe plus souvent plus que l'attelle Clubax. Elle est fémoro pédieuse est portée jour et nuit avant l'acquisition de la marche puis diminuer en botte avec un chaussage normal.



Ph. 59. L'attelle Clubax [166]



Ph. 60. l'attelle thermoformée [2]

- **Autres types d'attelle** : l'attelle malléable en aluminium de Wedg et Alms, l'appareil de Wientroub et Khermosh, l'orthèse de Perlstein

Le maintien nocturne par appareillage peut être nécessaire pendant de nombreuses années chaque fois que les amplitudes articulaires diminuent.

2) La kinésithérapie :

Les auteurs du traitement fonctionnel [3,57] poursuivent la rééducation à raison de **3** séances par semaine jusqu'à la période de la marche où les séances s'espacent pour devenir 2 fois par semaine puis hebdomadaires.

Tandis que Ponseti se contente uniquement des stimulations et les manipulations maternelles. Actuellement même certains utilisateurs du traitement orthopédique de Ponseti préconisent cette rééducation à raison de 2 séances par semaine.

3) Strapping :

Cette ancienne méthode décrite par Jones depuis 1900. Consiste en un bandage adhésif élastique maintenant le pied en correction maximale. L'inconvénient de cette méthode que le bandage se détend dans un peu de temps et relâche la réduction.

4) Strapping et plaquette :

Le pied est immobilisé sur une plaquette rigide fixée par une bande adhésive. Les bords de la semelle mieux être arrondis avec un bord interne concave et un bord externe convexe de façon que le pied soit fixé en pronation, adduction et en flexion dorsale maximale. Ensuite le pied est fixé sur la jambe par un straping.

5) Une série des plâtres circulaires :

Le plâtre circulaire est le meilleur moyen pour maintenir la correction du PBVE. Utilisé à n'importe quel âge de l'enfant en cas d'amorce de récurrence.

5. Phase d'entretien et gestion de la récurrence :

La croissance rapide du pied altère le bon résultat morphologique initial et aggrave les petits défauts résiduels. il est donc très important de ne pas arrêter le traitement même en cas de bons résultats. La bonne observance durant cette phase à pour objectif est de détecter et gérer une récurrence des déformations.

Cette étape est la plus difficile car elle est plus longue durée que les étapes précédentes et relève du degré de la compréhension des parents surtout devant une évolution jusqu'à présent favorable.

La majorité des auteurs privilégie l'appareillage nocturne pour maintenir le pied réduit et éviter l'équin postural nocturne pendant une durée diversement appréciée selon les auteurs, uniquement jusqu'à l'âge de la marche pour Nather [58] qui dit que l'appui au sol favorise le bon positionnement du pied, jusque vers l'âge de 3 à 4 ans pour Ponseti [38] et Yamamoto [43], voire plus long temps jusqu'à 10 ans pour Hutchins [40] malgré que L'acceptabilité du traitement nocturne semble difficile au-delà de 4ans.

Ponseti prolonge l'utilisation de l'attelle de Denis-Browne jusque **3-4 ans**, mais que la nuit. Il considère qu'au terme de cet âge certain équilibre musculaire est acquis et l'absence de contention nocturne est une erreur thérapeutique majeure [60].

Seringe [58] préconise simplement une chaussure normale dans la journée et des postures anti-équin nocturnes quand la flexion dorsale est inférieure à 10°, et la poursuite d'une séance par semaine de kinésithérapie d'entretien.

➤ **Gestion d'une récurrence :**

Selon Ponseti [38], même un pied parfaitement corrigé est susceptible de récurrencer : ce qu'il survient chez 50% des patients entre 1 et 5 ans. La récurrence s'observe dans la moitié des cas, quelques mois après l'abandon des attelles et l'arrêt du suivi. Les principaux facteurs favorisants sont le mauvais suivi et milieu social défavorisé.

Avilucea [70] a mis en évidence les critères suivants d'augmentation du risque de récurrence :

- Familles monoparentales (parents divorcés),

- Absence d'assurance,

- Salaire bas.

- Bas niveau scolaire des parents.

La récurrence de la déformation nécessite souvent le recours à la chirurgie. Un traitement orthopédique supplémentaire a pour but d'assouplir le pied afin de faciliter le geste chirurgical aboutissant à des meilleurs résultats.

Selon Ponseti [38], les récurrences primaires peuvent être corrigées aisément par 2 à 3 séries de plâtres successifs (4 à 6 plâtres). En cas de 2^{ème} récurrence, il propose le transfert du muscle tibial antérieur sur le 3^{ème} cunéiforme. Il dit qu'il faut éviter de rechercher une correction chirurgicale anatomique car il n'a pas trouvé de corrélation entre la fonction et l'aspect radiographique du pied à long terme.

La chirurgie extensive selon nombreux auteurs à ne pratiquer qu'en dernier recours car ses résultats fonctionnels ne sont pas bons (la raideur, douleur lors de la marche prolongée) et aussi sur le plan esthétique (mauvaise cicatrice rétractile).

VII. Traitement chirurgical du PBVE :

Malgré les progrès des méthodes thérapeutiques orthopédiques, la chirurgie garde toujours une place importante dans la prise en charge du PBVE, du fait des rétractions tératologique (raideur congénitale) des parties molles. La chirurgie initiale du PBVE est basée toujours sur des techniques de libération des parties molles [4].

1. L'âge de l'opération :

Cette question depuis longtemps a suscité des débats passionnés.

- La chirurgie néo-natale est très difficile et les récurrences semblent fréquentes [80].
- Une chirurgie précoce entre l'âge de 2 et 6 mois est préconisé par de nombreux auteurs [59,82, 83, 84]. Selon ses auteurs la correction du pied à ces âges permettrait un meilleur remodelage ostéoarticulaire du pied durant la croissance.
- Meary [85] préconise la chirurgie à l'âge de 6 mois ;
- Seringe [81] détermine l'âge de l'intervention à 10 mois puis à 12 mois.

- Turco [5] insiste que les meilleurs résultats soient acquis sur des malades opérés après l'âge de 1 an, et que la plupart des récurrences qu'il a constatées sont survenues sur des malades opérés avant l'âge de 1 an.
- TAYTON et THOMPSON, préconisent une chirurgie tardive (entre 1 et 2 ans) en l'absence d'amélioration après un long traitement fonctionnel et orthopédique, permettant d'assouplir au maximum le pied [79].

2. Installation du malade :

- L'intervention se déroule sous anesthésie générale, intubation trachéale, complétée au mieux par une anesthésie caudale ou péridurale.
- Pour l'abord postéro-médial, l'enfant est installé en décubitus dorsal avec un coussin surélevant la fesse controlatérale afin de bien exposer la région postéro interne du pied.
- Le malade est installé en décubitus ventral dans les doubles abords postéro-externe et plantaire ou bien dans l'approche de Cincinnati [81].
- Le membre inférieur est préparé stérilement et entouré par un jersey collant stérile.
- Un garrot pneumatique placé à la racine de la cuisse, qui est gonflé juste avant l'incision pour gagner un temps opératoire exsangue suffisant.
- Le garrot pneumatique offre un confort opératoire et limite la déperdition sanguine à travers cette longue incision.



Ph. 61 : *Installation du malade. Sondage vésicale.* Notre service

3. Voies d'abord :

a. L'abord postéro médiale :

Cette incision est historiquement la première décrite dans la littérature [8], et la plus couramment utilisée. Elle s'étend de la partie postéro médiale du 1/3 distal de la jambe, elle long du bord interne du tendon d'Achille, puis recourbée sous la malléole tibiale et longe le bord médial du pied à la limite de la peau dorsale et plantaire, jusqu'à la tête du premier métatarsien (Ph. 62).



Ph 62 : la voie d'abord postéro médiale. Notre service

L'intérêt de cette voie est la large exposition plantaire et interne du cou-de-pied. Cependant, l'accès postéro-externe du cou-de-pied est non visible, la résection du nœud fibreux postéro externe étant faite à l'aveugle [81].

- Malgré la pose du garrot pneumatique l'hémostase progressive et soignée est souhaitable à l'aide d'une électrocoagulation.
- L' incision est franche peau et toute l' épaisseur de la sous peau.
- La berge antérieure est réclinée pour faire exposer toute la face interne de jambe et la berge postérieure est disséquée pour faire exposer le tendon d' Achille.

b. Incision de Cincinnati :

C' est une incision horizontale en fer à cheval, semi-circulaire, entre la base du premier métatarsien en dedans et l'articulation calcanéocuboidienne en dehors, en passant au-dessous des deux malléoles et au-dessus du talon (Fig. 60).



Fig. 60. Incision de cincinati

Elle donne le meilleur jour sur la totalité des lésions et qui laisse une cicatrice non visible sous la chaussette. Dans l'incision de Cincinati, l'allongement du tendon d'Achille est moins aisé, nécessite parfois contre incision supplémentaire plus haute à la face postérieure de la jambe.

Son principal risque est la nécrose de la coque talonnière dont sa vascularisation peut être difficilement respectée en cas de dissection trop extensive [81, 86].

c. Le double abord :

La première incision, faite sur l'enfant installé en décubitus ventral, elle est verticale, le long du bord externe du tendon d'Achille, puis elle s'infléchit sous la malléole fibulaire. Le patient est tourné en décubitus dorsale. La deuxième incision est médiale s'étend du col du premier métatarsien jusqu'à la face médiale du calcanéum.

Par ce double abord, les libérations antéro-interne et antéro-externe sont assurés de façon complète, ainsi qu'un geste calcanéo-cuboidien complémentaire peut être pratiqué [8, 81].

d. L'abord latéral complémentaire :

C'est une courte incision sur le bord externe du pied, en regard du cuboïde, peut être proposée pour réséquer un coin osseux du cuboïde, ou pour accéder à l'articulation Talo-calcanéenne antéro- latérale (fig. 61). C'est un temps latéral pour raccourcir la colonne latérale et corriger l'adduction médio-tarsienne résiduelle.

L'incision va de la pointe de la malléole latérale vers la base du 4ième métatarsien. Les tendons fibulaires sont repérés et réclinés et la partie proximale du muscle court extenseur des orteils est désinsérée du calcanéum pour accéder au cuboïde et l'articulation Talo-calcanéenne.



Fig.61 : Voie d'abord externe. Notre service

4. Techniques opératoires :

Certains auteurs préconisent une libération complète et définitive avec correction de la triple déformation [40, 84, 87, 88] et d'autres limitent la libération sur des gestes limités à des déformations et peuvent être répétés [76], pour éviter les libérations extensives, responsables de raideurs articulaires et de récurrences des déformations par les cicatrices et les fibroses.

4.1 Repérage du paquet vasculo-nerveux :

Les éléments vasculo-nerveux sont repérés par transparence sous l'aponévrose superficielle de la jambe et mis de préférence sur un lac avec le tendon du long fléchisseur propre de l'hallux.

4.2 Libération des parties molles :

La libération des parties molles derrière en avant est préconisée ce qui est logique car la correction de l'équin en premier fait disparaître automatiquement la supination. [76, 81]

Libération postérieure et postéro-externe :

Les 3 principales structures à libérer sont :

- Le **tendon d'Achille** qu'il faut allonger en Z,
- En suite vers le bas la **capsule tibio-talienne postérieure** qui doit être exposée et ouverte en totalité.

- Le NFPE qui est libéré en protégeant le nerf sural et de la veine petite saphène [81] : on sectionne le **ligament Talo-fibulaire postérieur**, le **ligament calcanééo-fibulaire** et le **réтинaculum des fibulaires**. (Ph.63).



Ph. 63. Allongement du tendon d'Achille. Notre Service



Ph. 64. Ouverture de la capsule tibio-talienne postérieure. Notre service

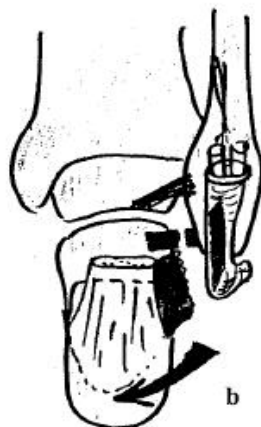
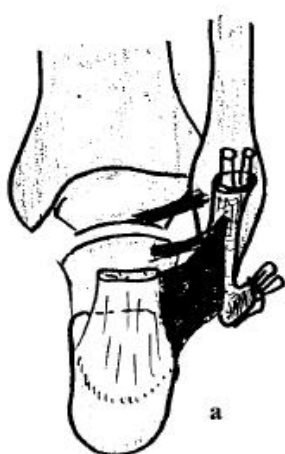


Fig. 62. Libération du NFPE [8].

- a. le ligament talo-fibulaire postérieur, le ligament calcanéo-fibulaire et le rétinaculum des fibulaires.
- b. La section du ligament talo-fibulaire postérieur et le rétinaculum des fibulaires permet la dérotation du bloc calcanéo--pédieux.
- c. La section du ligament talo-fibulaire postérieur permet un abaissement complémentaire du calcanéum.

Après ce temps postérieur la dorsiflexion du pied peut être restaurée et habituellement la supination de l'arrière pied disparaît.

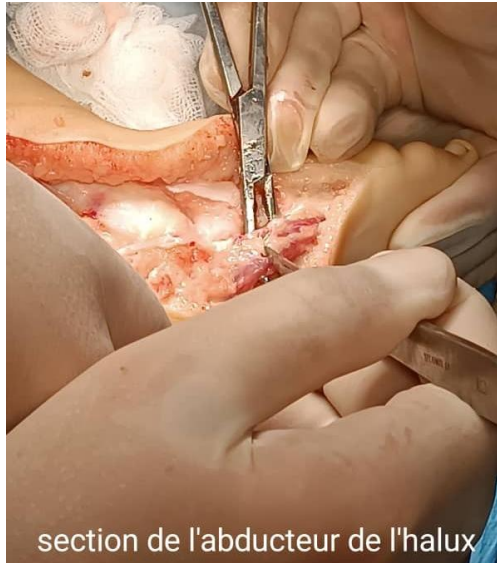
Libération antéro-interne et plantaire :

Son but est de supprimer un des principaux obstacles : le NFAI, qui se fait essentiellement par allongement en Z du **tendon jambier postérieur** (Ph. 65) et l'ouverture de l'**articulation talo-naviculaire** ce qui permettra de bien allonger l'arche interne. La libération de la plante est nécessaire pour allonger l'arche interne et permettre la correction de l'adduction médio tarsienne, réalisée par section de l'**aponévrose plantaire** (Ph. 67) et le **muscle abducteur de l'Hallux** (Ph. 66) dans sa partie proximale.

L'indication principale de la dissection et libération complète de l'aponévrose plantaire et sa section avec résection d' une pastille (Ph. 67) est l'équin de l'avant-pied (cavus) [101]. Nous avons réalisé en utilisant une technique de Steindler modifiée [217].

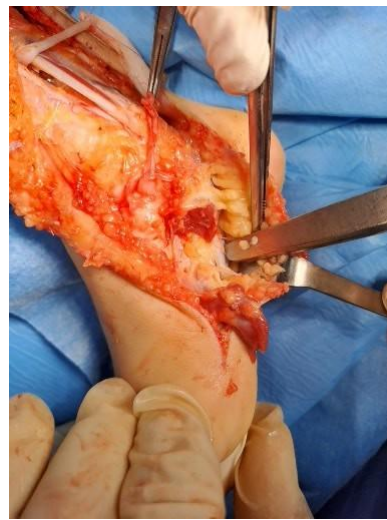


Ph. 65. Allongement en Z du tendon jambier postérieur. Notre service



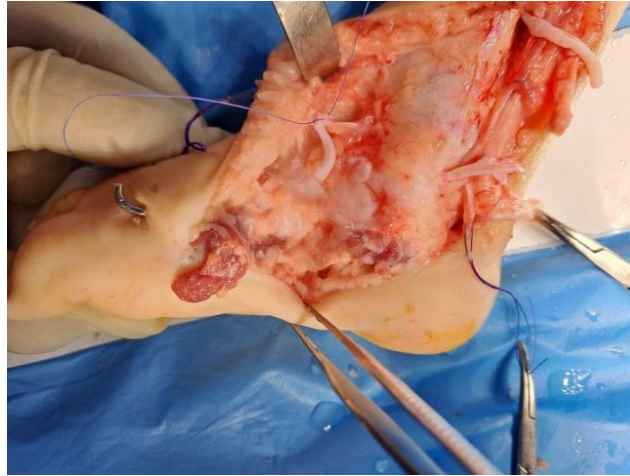
section de l'abducteur de l'halux

Ph. 66. Section du muscle abducteur de l'Hallux. Notre service



Ph. 67 : Section de l'aponévrose plantaire. Notre service

R.Seringe fait une désinsertion tu tendon distale du muscle **jambier postérieur** de l'os naviculaire en emportant une lamelle superficielle de façon à disposer un tendon plus long lors de sa réinsertion. Il allonge en Z aussi le tendon du jambier antérieur dans la majorité des cas. (Ph. 68)



Ph. 68. Le tendon du jambier antérieur allongé en Z. Notre service

Les structures ligamentaires à respecter (Fig. 63) :

Trois structures doivent être respectées et protégées qui sont ; le ligament interosseux talo-calcanéen, la capsule talo-calcanéenne interne, et le ligament annulaire interne.

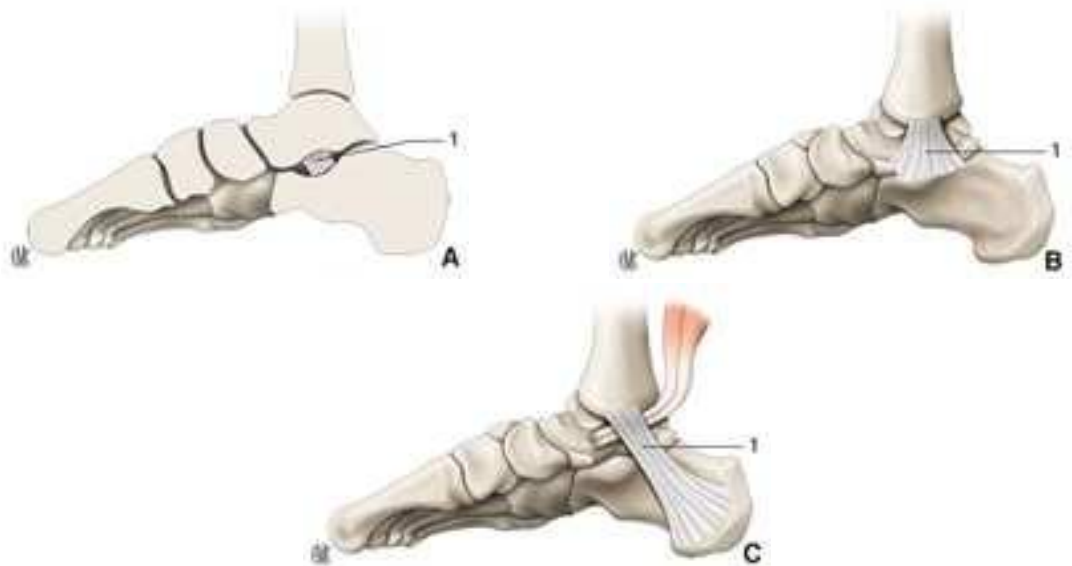


Fig. 63 : structures à préserver dans la libération des parties molles

A : ligament interosseux talo-calcanéen,

B : capsule talo-calcaneenne interne,
C : ligament annulaire interne (le rétinaculum des tendons fléchisseurs).

Concernant le **tendon jambier antérieur (JA)**, L'intérêt de son allongement n'est pas bien justifié son utilité dans la littérature. Selon METAIZEAU [48], l'allongement du JA permet d'obtenir une meilleure disparition de la supination résiduelle. LASCOMBES et WICART proposent de prévenir la supination dynamique de l'avant-pied et le défaut d'appui antéro-interne par l'allongement du JA. Il diminuerait selon WICART la fréquence des indications opératoires itératives pour récidives [89].

CAROLL [6] propose l'allongement du JA en cas de rétraction, et pour Bensahel [71], Ce geste n'est pas indiqué dans le traitement du PBVE idiopathique.

Certains auteurs (Dunn, Naughton, Garceau et Palmer) [79, 84] proposaient un transfert du JA sur le bord externe du pied. Certains auteurs insistent sur le rôle du transfert du JA sur le 3ème cunéiforme [90]. Selon eux, il s'agit d'un geste essentiel pour éviter la récurrence, et l'apparition d'une supination dynamique.

Souchet [91] a résumé la libération des parties molles et a déterminé des gestes constants et des gestes inconstants :

Les gestes constants :

- L'allongement du tendon d'Achille.
- L'ouverture des articulations tibio-tarsienne et astragalo-scaphoïdienne.
- La section du l'adducteur de l'hallux.

Les gestes sont inconstants :

- L'allongement du jambier postérieur.
- D'autres allongements tendineux.

Fixation par broche :

La broche est mise en place dans l'arche interne après avoir corrigé l'adduction et la supination du pied (fig.64). Pour réduire la sub luxation de l'os naviculaire, le pied est porter en équin et un appui manuel sur la partie dorsale de l'os naviculaire est pratiquer [92].

Une 2eme broche transplantaire supplémentaire, calcanééo-astragalo-tibiale, est parfois utilisée mais a l'inconvénient d'imposer une correction maximale de la déformation pouvant être générateur de complication cutanée ou même ischémiques [81, 92].

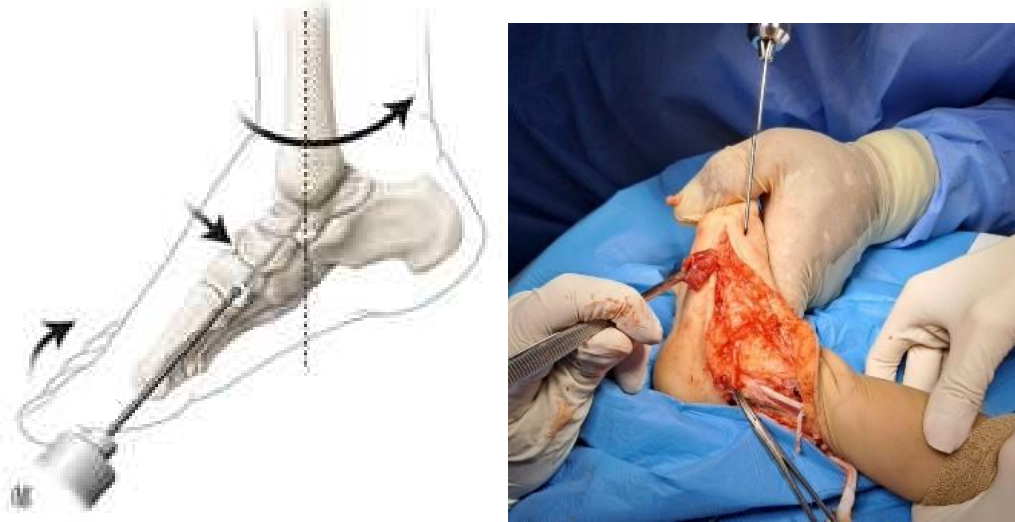


Fig.64 : Fixation par broche de l'arche interne. Notre service

Selon de nombreux auteurs l'embrochage est indiqué :

- Dans les formes sévères.
- dans les pieds invétérés (grands enfants).
- Lors de la réalisation d'une résection osseuse.

Contrôle radioscopique per opératoire de la réduction :

La correction chirurgicale obtenue ainsi que l'emplacement de la broche sont contrôlés par un cliché de profile en flexion dorsale maximale et un cliché de face en incidence dorso-plantaire pré tibial.

4.3 Gestes chirurgicales complémentaires :

S'il persiste une importante **adduction de l'avant-pied** un **raccourcissement de la colonne latérale** est indiqué. Par un abord latéral précédemment décrit la capsule de l'articulation calcanééo-cuboïdienne est ouverte et une résection un coin à base latérale au niveau de l'extrémité distale du calcanéum ou du cuboïde est pratiqué à la manière de **Litchblau** à l'aide d'une nouvelle lame de bistouri ou d'un ostéotome oscillant ou à frapper. La broche mise en place dans la colonne médiale en s'assurant une bonne congruence calcanééo-cuboïdienne suffit généralement. Parfois un embrochage de colonne latérale ou une agrafe est nécessaire pour stabiliser cette articulation.

S'il persiste un **équinisme de l'arrière-pied**, vérifier la complète libération du nœud fibreux postéro-latéral ainsi que le bon passage de la spatule entre la face latérale du talus et la malléole fibulaire.

S'il persiste une **supination de l'arrière pied**, c'est l'indication d'une **ouverture de l'articulation sous-talienn**e (Fig.65). Il faut envisager d'ouvrir les articulations sous-taliennes postérieure et antérieure seulement en cas de chirurgie itérative [102].



Fig. 65 : Ouverture de l'articulation sous talienne. Notre service

Fermeture :

- Le garrot pneumatique est lâché avant la fermeture afin de contrôler la parfaite hémostase.
- Les tendons sont suturés avec un allongement modéré.
- Suture de l'incision.

Suites opératoires :

Certains auteurs conseillent de mettre une **attelle plâtrée** postérieure creuro-pédieuse avec un genou à angle droit initiale en immobilisant le pied en légère flexion plantaire (10°) pour diminuer l'œdème post opératoire et prévenir la nécrose cutanée (Ph.69) [8]. Selon d'autres auteurs le pied est maintenu par le plâtre en position de correction maximal soit sous une attelle plâtrée ou circulaire d'emblée. Au bout d'une semaine, lorsque l'œdème a régressé, le pansement est changé et un autre plâtre circulaire creuro-pédieux (Ph. 70) est effectué sous anesthésie générale.

L'intérêt de déferer le plâtre circulaire au 8^{ème} jour pour détecter une éventuelle nécrose cutanée. [8]



**Ph.69 : Attelle plâtrée postérieure cruro pédieuse en position de correction maximal
Le genou à angle droit. Notre service**



Ph. 70. Confection du plâtre fémoro-pédieux. Le genou à angle droit. Notre service

La durée totale d'immobilisation est habituellement de 3 mois. Au bout de 6 semaines le premier plâtre est retiré, les broches sont enlevées et un plâtre de marche de 4 semaines est mis qui sera de nouveau remplacé par un 3^{ème} plâtre.

La **rééducation** est reprise par la suite à raison de deux séances par semaine.

4.4 Techniques chirurgicales des pieds bots invétérés et récidives :

Ces techniques peuvent être pratiquées seules ou en complément d'une libration des parties molles

1. Les ostéotomie de l'arche externe :

Deux types d'ostéotomies de raccourcissement de l'arche externe sont décrites permettant de raccourcir le bord latéral du pied en corrigeant l'adduction ; l'ostéotomie de soustraction du cuboïde ou dans l'extrémité distale du calcanéum selon **Lichblau** [7] et la résection arthrodèse calcanéo - cuboïdienne selon **Coleman-Evans** (Fig. 66) [7]. L'ostéotomie de soustraction du cuboïde (fig.65) est indiquée lorsqu'il n'y a pas de subluxation calcanéo cuboïdienne. L'ostéotomie d'Evans peut être indiquée en cas de très forte adduction médiotarsienne sur un pied bot invétérés ou récidivé.

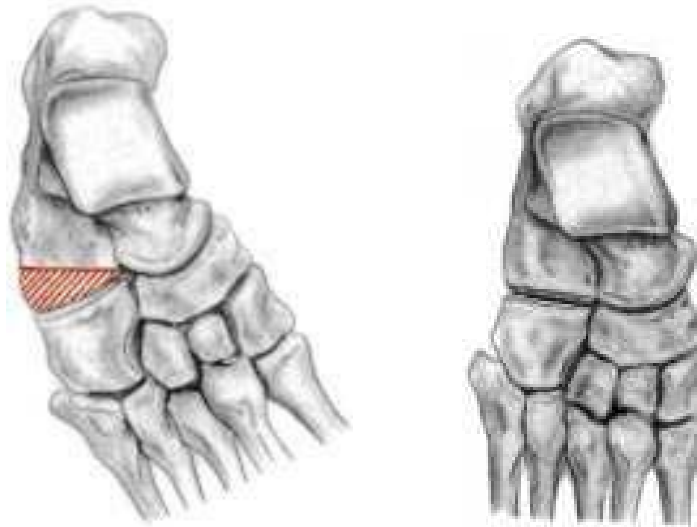


Fig. 65 : L'ostéotomie de soustraction du cuboïde selon Lichtblau. EMC

a. Schéma de la résection.

b. Correction obtenue.



Fig. 65 : Résection arthrodèse calcanéocuboidienne selon Evans. Notre service

2. Ostéotomie d'ouverture du premier cunéiforme et fermeture du cuboïde :

Peut être indiquée chez le grand enfant en cas de très forte adduction médio tarsienne sur un pied bot invétérés ou récidivé. Permettant de raccourcir le bord latéral et de réaligner le bord médial du pied en et corrigeant l'adduction.

Devant la persistance d'une importante adduction de l'avant-pied avec supination du médio-pied (déformation dite du « pied en haricot ») [215] un raccourcissement de la colonne latérale par ostéotomie de fermeture associé un allongement de l'arche médiale par ostéotomie d'ouverture du premier cunéiforme a été pratiqué [214]. Elle a concerné les pieds opérés tardivement après l'âge de 3 ans [7].

Une ostéotomie est réalisée du premier cunéiforme à la lame de bistouri ou à la scie oscillante puis au ciseau frappé (Ph.71). Interposition du coin triangulaire prélevé du cuboïde (Ph.72), une greffe autologue tibiale ou utilisation d'un greffon de fibula lyophilisé de la

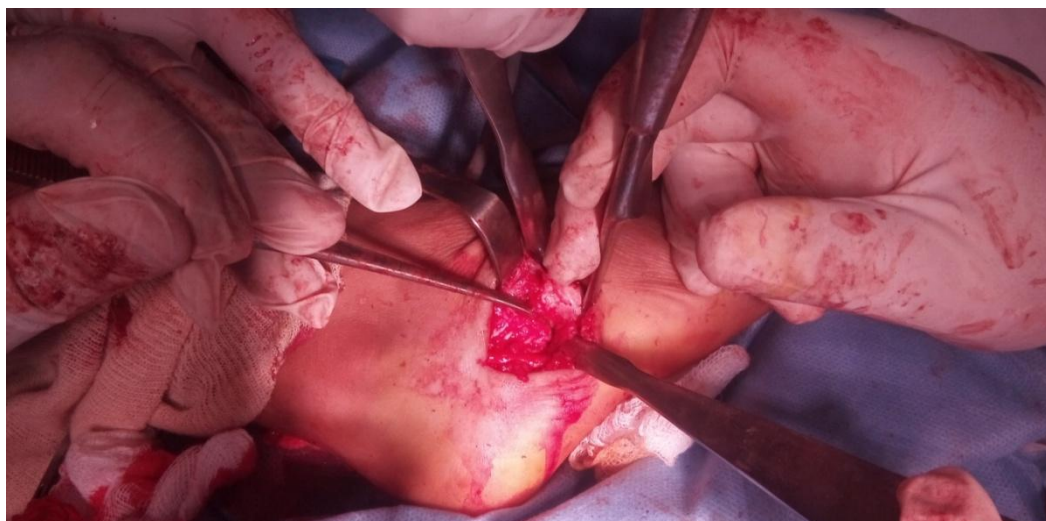
banque des tissus. Le cuboïde est ostéotomisé. On enlève un coin triangulaire à base latérale (Ph.73). Ostéosynthèse par broche ou agrafes (Fig. 66).



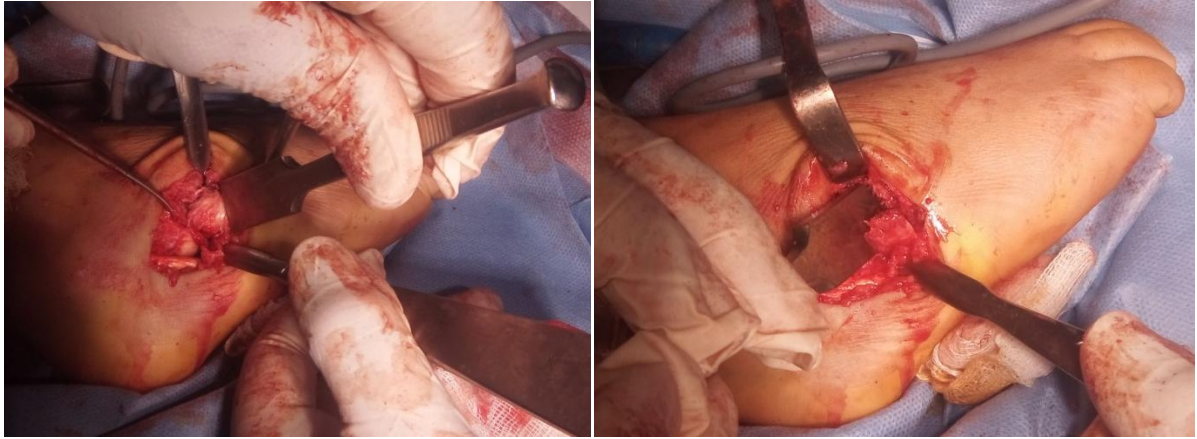
Ph.71. Voie d'abord latérale. Notre service



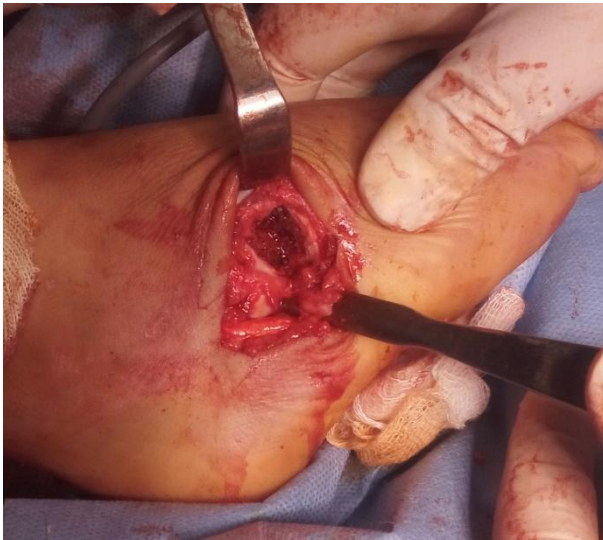
Ph.72. Repérage des tendons fibulaires. Notre service



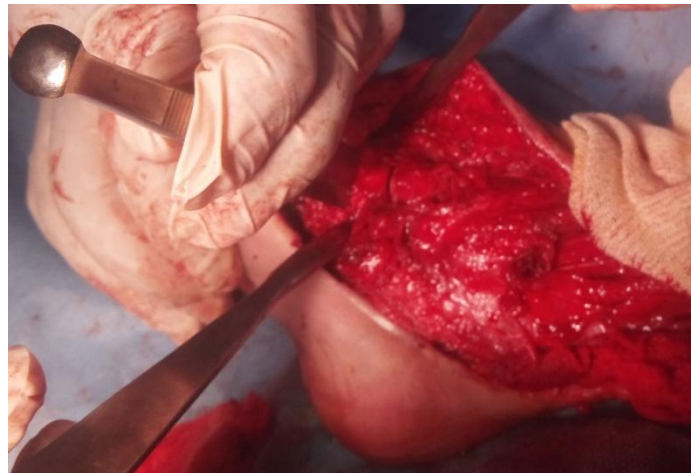
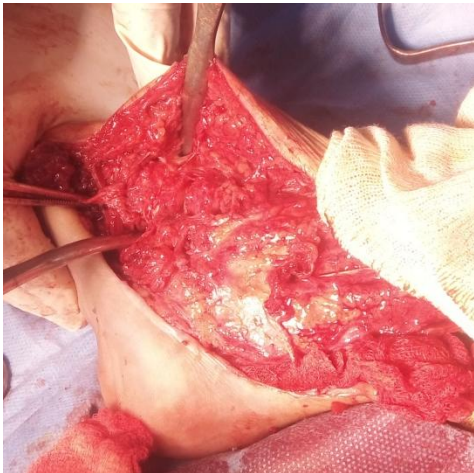
Ph.73. Exposition du cuboïde et ouverture de l' articulation calcanéocuboïdienne. Notre service

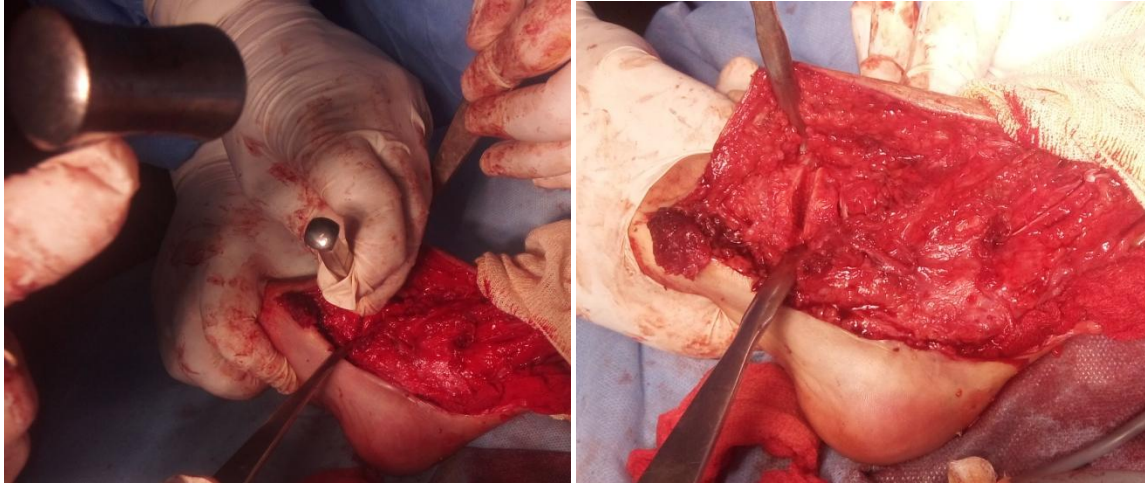


Ph.74. Le cuboïde est ostéotomisé au ciseau frappé. On enlève un coin triangulaire à base latérale

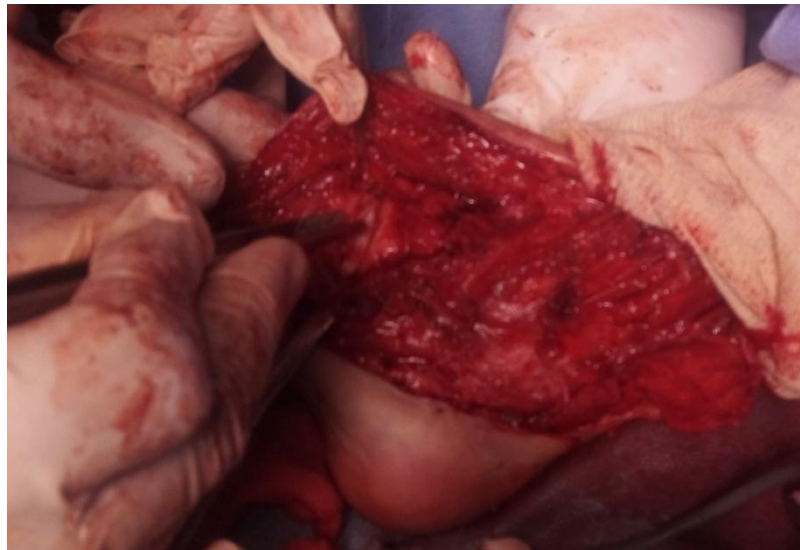


Ph.75. Le coin triangulaire à base latéral est enlevé du Le cuboïde





Ph.76. Ostéotomie d'ouverture du premier cunéiforme au ciseau frappé.



. Ph.77. Interposition du coin triangulaire prélevé du cuboïde. Notre service

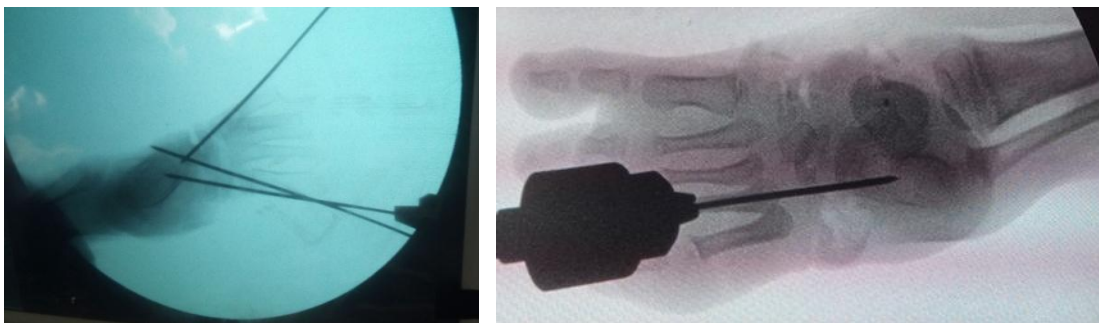


Fig.66. Control scopique per opératoire de l'Ostéosynthèse par broches. Notre service



Fig. 67 : Ostéotomie d'ouverture du premier cunéiforme et fermeture du cuboïde

Utilisation d'un greffon de fibula lyophilisé. Ostéosynthèse par agrafe. SL

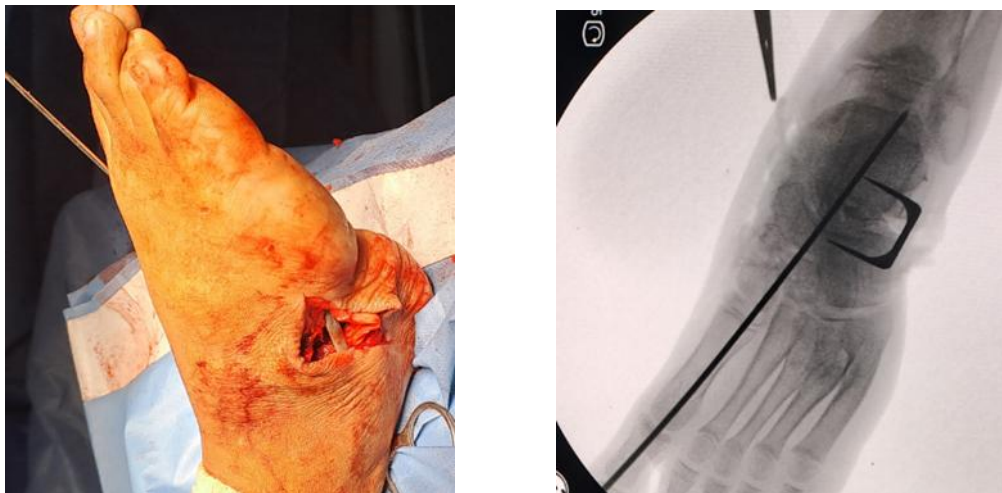


Fig.68. Stabilisation de l'ostéotomie de fermeture cuboïdienne par agrafe de Blount. Notre service

3. Résection arthrodèse calcanéo - cuboïdienne selon Evans et Ostéotomie d'ouverture du premier cunéiforme :

Comme la précédente technique elle peut être proposée chez le grand enfant en cas de très forte adduction médio tarsienne sur un pied bot invétérés ou récidivé. Permettant de raccourcir le bord latéral et de réaligner le bord médial du pied en et corrigeant l'adduction.

Une ostéotomie est réalisée du premier cunéiforme de la même manière. Interposition du coin triangulaire prélevé de l'ostéotomie de soustraction de l'arche latérale ou utilisation d'un greffon de fibula lyophilisé de la banque des tissus. Résection arthrodèse calcanéo - cuboïdienne_levant un coin triangulaire à base latérale. Ostéosynthèse par broche ou agrafes.

4. Ostéotomie calcanéenne de DWYER :

Il s'agit soit une ostéotomie de soustraction externe (fig. 69), qui a l'inconvénient de raccourcir le talon déjà moins développé dans le PBVE, soit une ostéotomie d'addition interne d'un greffon corticospongieux prélevé de la crête iliaque [85], elle est beaucoup plus logique puisqu'elle entraîne un meilleur développement postérieur du talon, mais du fait de l'addition, elle entraîne parfois des tensions cutanées sources de désunion cutanée.

Ses indications sont bien codifiées par Lamm et al [218], mais l'indication principale de cette procédure était le talon varus fixé.

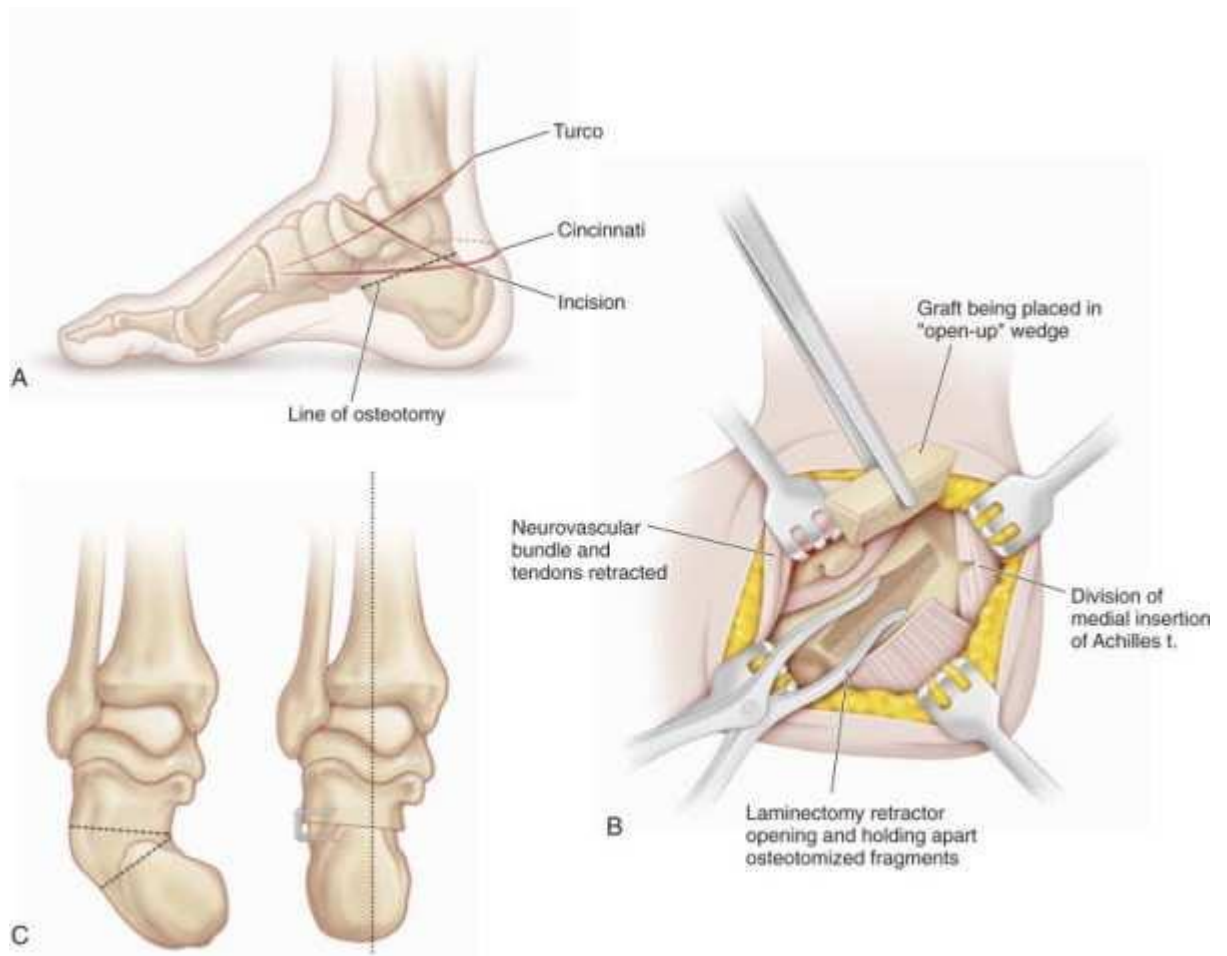


Fig.69 : Schéma montrant ostéotomie de soustraction externe de Dwyer [85]

5. Transfert musculaire :

Le transfert du tendon JA sur le bord externe du pied (cuboïde), peut être fait après l'âge de 4 ans et permet de corriger le varus de l'avant-pied [90]. Il est indiqué devant une **supination dynamique de l'avant pied**. Cela signifie que le muscle tibial antérieur est hyperactif et entraîne une adduction et une supination de l'avant-pied lors

de la marche (**signe de la touche de piano** : en charge, la tête du 1er métatarsien ne repose pas sur le sol).

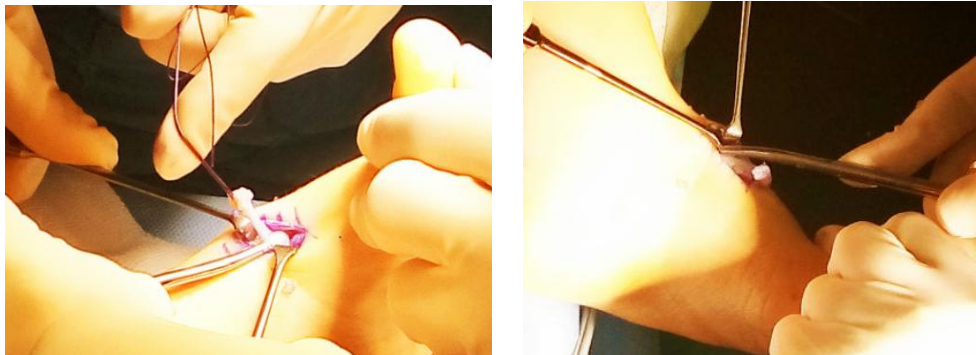
Technique :

- L'enfant est installé en décubitus dorsal sous anesthésie générale.
- Un garrot à la racine de la cuisse.
- Désinfection Iso-Bétadine dermique. Mise en place des champs.
- Repérage et tatouage de l'incision en regard du naviculaire (Ph.78).



Ph. 78. Repérage et tatouage de l' incision en regard du naviculaire. Notre service

- Le JA est prélevé en totalité du 1^{er} cunéiforme (Ph.79).
- Dissection et libération du JA.



Ph 79. Prélèvement et dissection du JA. Notre service

- Incision latérale du pied et abord du cuboïde (Ph.80).
- Le JA est fait le récupéré à la face antérieure de la cheville (Ph.81) ou le passer en sous-cutané sous l'aponévrose superficielle vers le bord externe du pied (Ph.82).
- Le JA est refixé sur le cuboïde par des points transe osseux solidarisée avec un point sur le tendon du long péronier latéral (Ph.84) ou par une ancre (Ph.83).
- L'intervention sera suivie d'une immobilisation plâtrée (Ph. 85) de six semaines.



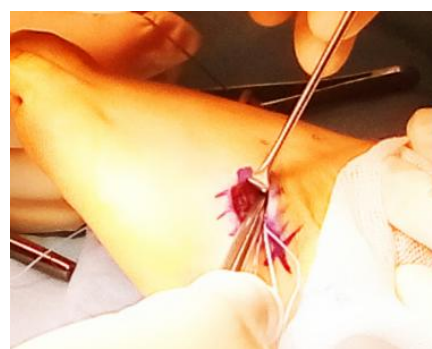
Ph 80. Incision latérale du pied et abord du cuboïde. Notre service



Ph 81. Le JA est fait le récupéré à la face antérieure de la cheville. Notre service



Ph 82. Le JA passer en sous-cutané vers le bord externe du pied. Notre service



Ph 83. Fixation du JA sur le cuboïde. Notre service



Ph. 84 Solidarisation de la fixation par un point sur le tendon du long péronier latéral. Notre service



Ph 85. L'immobilisation plâtrée. Notre service

- Dans ce même temps opératoire, une ténotomie de l'adducteur de l'hallux est également peut être réalisée lorsqu'il y a une ouverture du premier espace interdigital lors de la mise en charge.

D'après Seringe [8.81] le transfert du tendon JA sur le bord externe du pied ne supprime pas la supination dynamique, il préfère l'allongement du JA plutôt de le transférer. il conserve le transfert du JA pour les pieds paralytiques.



Fig.70 : Transfert du tendon JA sur le bord externe du pied. La fixation du tendon par une ancre d'amarrage.

Aussi le transfert du jambier postérieur (JP) sur le 3ème cunéiforme est fait par quelques auteurs [48,93].

Les transferts tendineux sont fréquemment indiqués dans la chirurgie tardive du PBVE ou dans les pieds bots secondaires (neurologique et syndromiques) [92, 94], mais ils sont rarement proposés dans le traitement initial du PBVE.

6. Ostéotomie des métatarsiens :

Les ostéotomies de correction des métatarsiens peuvent être requérir s' il existe des déformations des métatarsiens dans les pieds bots invétérés ou récidivés.

Procédure de « Jones inversé » : elle a été réalisée en cas d'hallux flexus, déformation consistant en une contracture en flexion plantaire de l'articulation métatarso-phalangienne avec une contracture en flexion dorsale de l'articulation tarso-1er métatarsien [208, 219, 220].



Ph.86. Enfant présentant un hallux flexus. A droite : Image peropératoire de l'ostéotomie de flexion plantaire du 1er métatarsien et transfert du long fléchisseur de l'hallux vers la tête du 1er métatarsien [208]

7. Tarsectomie :

Peut être proposé dans les cas des récidives multiples devant une importante adduction de l'avant-pied.

Elle est réalisée par un abord latéral. On relève le pédieux et on rugine la face dorsale du squelette du médio-pied et la face plantaire. Tarsectomie triangulaire à base latérale et dorsale. Fermeture et ostéosynthèse à l'aide de 2 agrafes (Fig.70).

Un transfert du tendon du tibial antérieur sur le cuboïde peut être associée.

Avec la correction du pied obtenue, les orteils souvent sont fixés en griffe. Une ténotomie par voie plantaire des fléchisseurs d'orteil sera ainsi nécessaire. Le pied est maintenu dans une botte plâtrée durant 6 semaines.

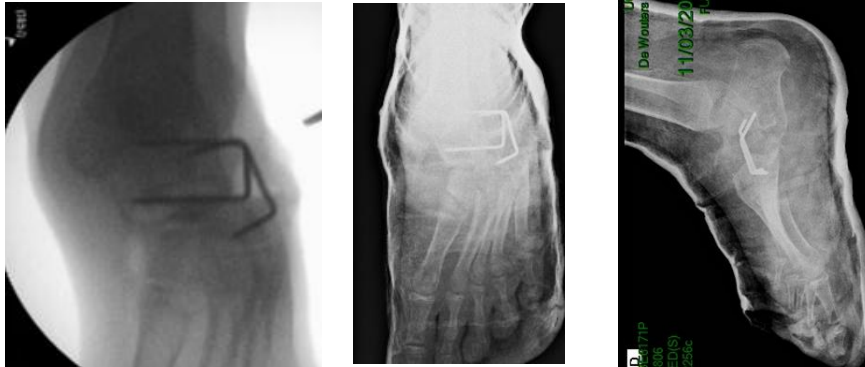


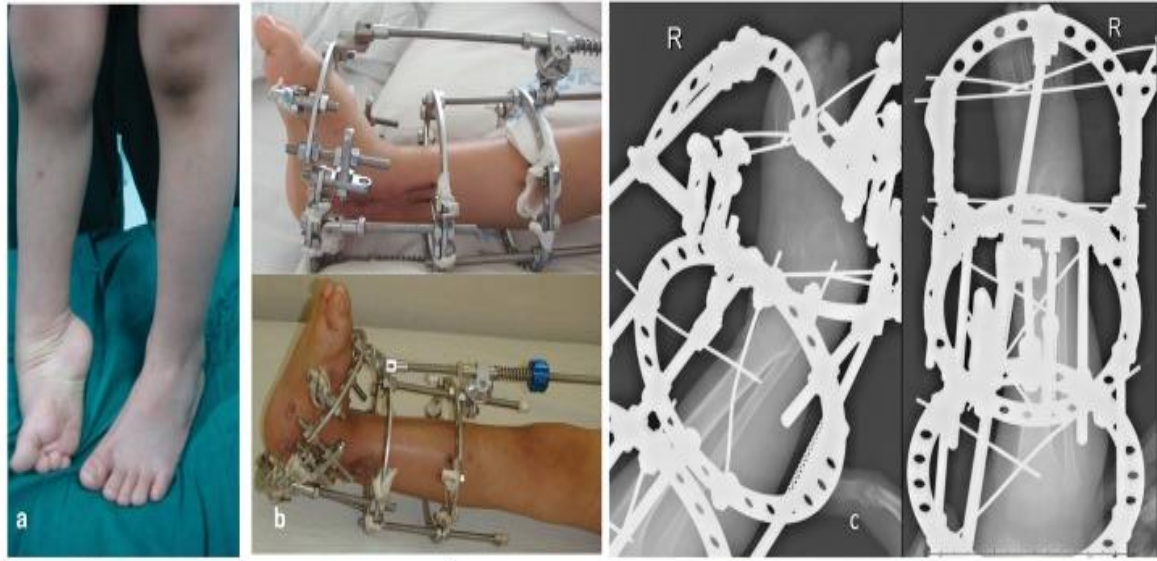
Fig.70. Tarsectomie. Saint-Luc

8. Double arthrodèse sous talienne et médio tarsienne :

Cette arthrodèse consiste à fusionner en position corrigée les articulations sous-talienne et médio tarsienne [48,95], sur deux voies d'abord, une interne à et l'autre externe. Elle est réalisée en fin de croissance au-delà de l'âge de 14 ans. Cette intervention a pour but de corriger et stabiliser essentiellement les déformations résiduelles de l'arrière-pied.

9 . La correction par appareil dé'Ilizarov (fig. 71) :

Envisagée soit après ostéotomie dans la région médio tarsienne, soit correction sans ostéotomie. Les résultats de cette méthode dans le traitement des déformations sévères du pied récidivées multi opérés ou négligées sont encourageants [96,97, 98].



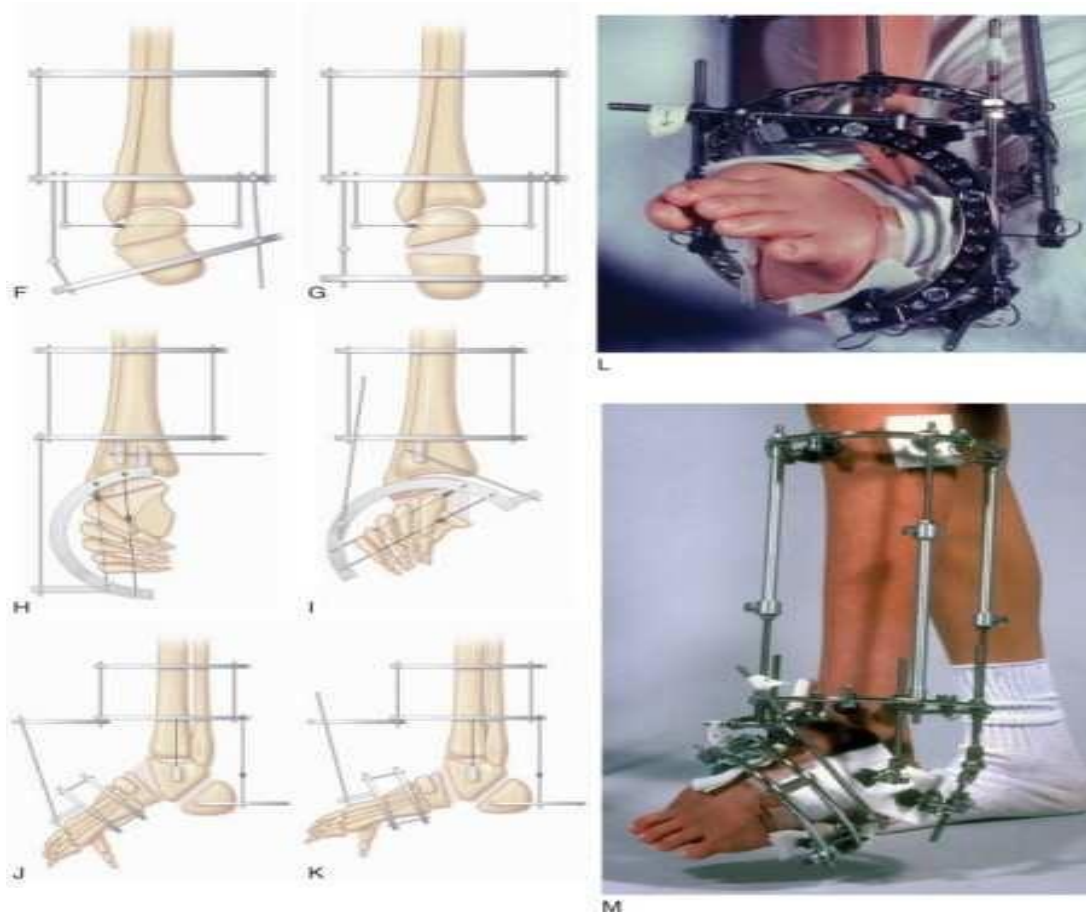


Fig. 71 : Montage type Ilizarov. [96, 98]

- F, G : correction du varus
 H, I : correction de l'adductus
 J, K: correction de l'équin

D. Tarsectomie et mise en place TSF :

Principalement utilisée comme une solution de recours dans le traitement des déformations sévères du pied bot récidivé multi opéré ou invétéré.

Tarsectomie triangulaire à base dorsale et latérale pour corriger le creux interne. Mise en place d'un cadre en U avec 2 broches à olive dans le métatarse et 2 broches dans le calcanéum ainsi qu'une broche dans le médio-pied. Après la fermeture de la voie d'abord mise en place de l'anneau proximal fixé à l'aide de 3 fiches au tibia. Mise en place des Struts.

La correction progressive par fixateur externe type TSF sera suivie d'une immobilisation plâtrée de 6 semaines, puis du port d'attelles AFO jour et nuit pendant 6 mois puis uniquement la nuit.

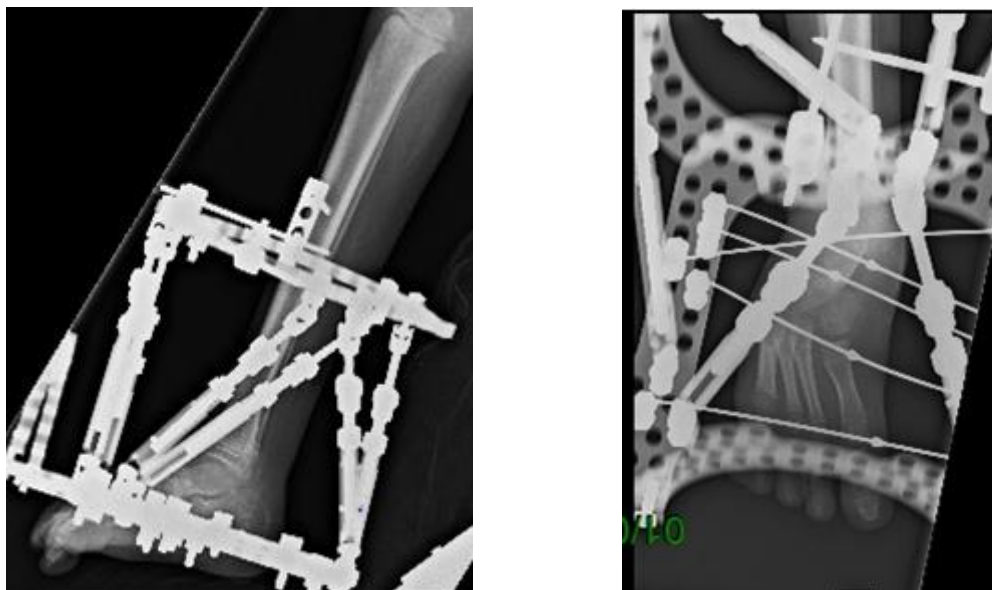


Fig.72 : Tarsectomie et mise en place TSF. Saint-luc

11. Ostéotomies du tibia :

a. Ostéotomie de dérotation externe de la jambe :

Dans le suivi du pied bot varus équin la persistance d'une torsion tibiale interne responsable d'une démarche en rotation interne marquée. Si cette torsion tibiale interne ne s'améliorant pas avec la croissance et pouvant influencer le pied, une intervention chirurgicale de dérotation tibiale externe est proposée.

Il n'y a pas de limite d'âge pour proposer une ostéotomie de dérotation tibiale externe. Quand ils ont un angle de pas interne et que cela les gêne et l'examen clinique objective que la rotation vient de la torsion tibiale (P.L Docquier)

Intervention :

- Evaluation clinique préopératoire de la torsion tibiale des deux côtés pour que la dérotation externe envisagée soit symétrique (Ph.87).



Ph 87. Evaluation clinique préopératoire de la torsion tibiale. Notre service

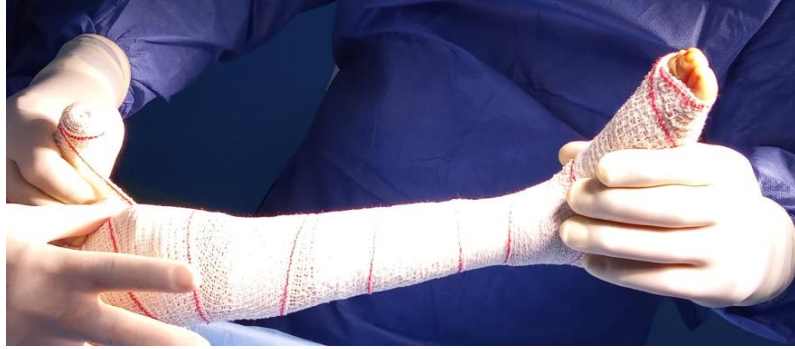


Ph 88. Photo du patient en décubitus dorsale objective effectivement la torsion tibiale gauche. Notre service

- Patient installé en décubitus dorsal. Sondage vésical et garrot pneumatique à la racine de la cuisse (Ph.89).
- Repérage et tatouage des incisions médiales sur le 1/3 moyen du tibia et latérale sur la jonction 1/3 moyen et 1/3 inférieur du péroné (Ph.90).
- On réalise d'abord l'ostéotomie du péroné ; une courte incision au niveau de la diaphyse du péroné, à l'union du tiers moyen et du tiers distal. On passe en avant des muscles péroniers. Incision longitudinale du périoste qui est décollé circonférentielle ment. Ostéotomie du péroné (au ciseau ostéotome ou par une scie de Gigli). (Ph.91, 92).



Ph 89. Patient installé en décubitus dorsal. Sondage vésical et garrot pneumatique à la racine de la cuisse. Notre service



Ph 90. Chasser le sang en proximale à l'aide d'une bande élastique. Notre service



Ph 91. Repérage et tatouage des incisions. Notre service



Ph 92. Abord endopériosté et ostéotomie du péroné. Notre service



Ph 93. Péroné ostéotomisé. Notre service

- On réalise ensuite l'ostéotomie du tibia ; Abord sur le versant interne de la crête tibiale. Ouverture longitudinale du périoste (Ph.94). La dissection sous-périostée du tibia est circonférentielle uniquement là où se fait l'ostéotomie.



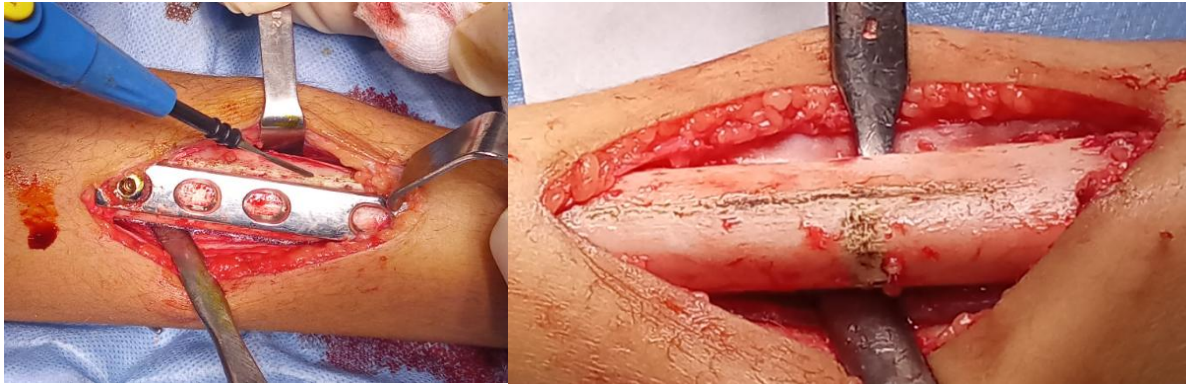
Ph 94. Abord tibial et ouverture longitudinale du périoste. Notre service

- Une plaque à 4 ou à 6 trous selon la longueur du tibia est mise en place sur le versant interne de la diaphyse tibiale et est fixée par une vis dans la moitié diaphysaire proximale (Ph.95).



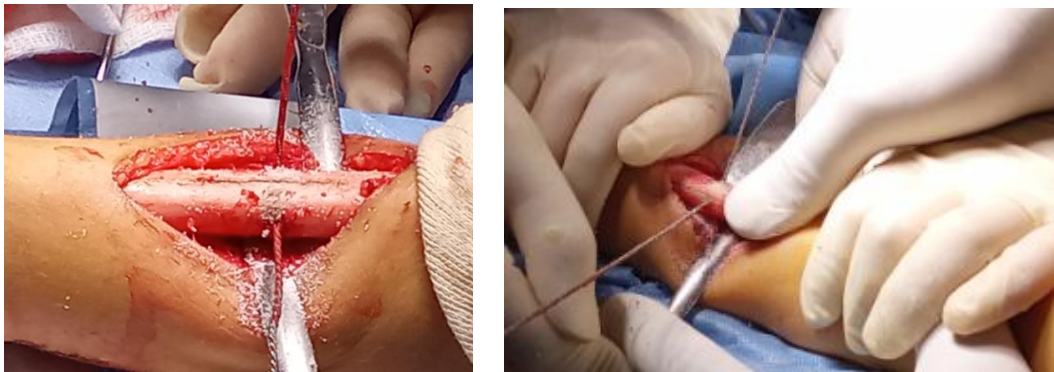
Ph 95. La plaque est mise en place sur le versant interne de la diaphyse tibiale et est fixée par une vis. Notre service

- Une ligne est ensuite réalisée à la scie (par défaut nous l'avons réalisée par le bistouri électrique parallèle à la plaque (Ph.96)) le long du bord de la plaque, au niveau de la diaphyse tibiale, afin de pouvoir évaluer la dérotation externe à réaliser.



Ph 96. La ligne réalisée par le bistouri électrique le long du bord de la plaque. Notre service

- La plaque est ensuite ôtée (Ph.97).
- L'ostéotomie du tibia est commencée à la scie de Gigli (Ph.98) et terminée au ciseau à frapper.



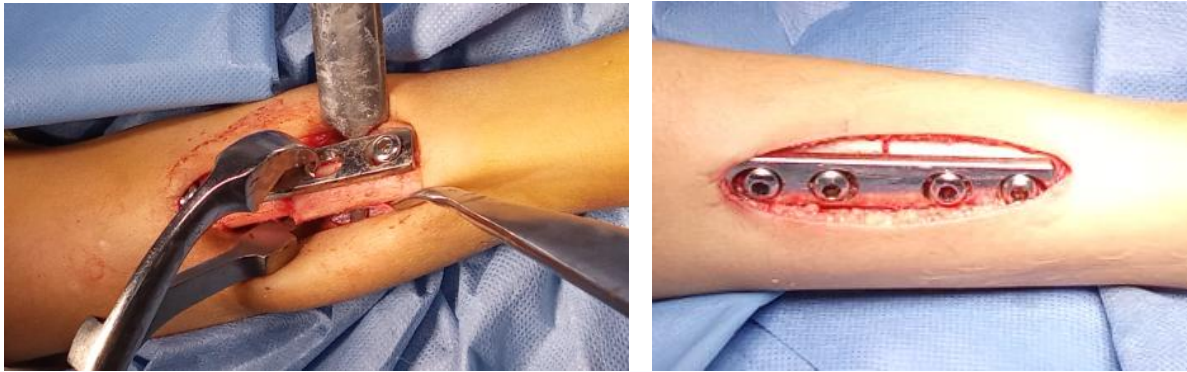
Ph 97. L'ostéotomie du tibia à la scie de Gigli. Notre service

- Une dérotation tibiale externe est réalisée. Un décalage externe de fracture tibiale réalisée de 7 à 8 mm (Ph.98) correspond un angle de dérotation de 25 à 30°.



Ph 98. Décalage externe de fracture tibiale de 7 à 8 mm. Notre service

- La plaque est à nouveau fixée au niveau du tibia proximal par la vis préalablement mise en place. La plaque est ensuite fixée au niveau du tibia distal (Ph.99). Une compression est réalisée au niveau du foyer d'ostéotomie.



Ph 99. Mise en place d'une plaque à 4 trous. Notre service

- Contrôle scopique (face et profil) de la bonne position de la plaque et des vis (Fig.73).
- Une fasciotomie est réalisée au niveau de la loge latérale à travers la cicatrice d'ostéotomie du péroné et une autre fasciotomie est réalisée au niveau de la loge antéro-externe à travers la plaie de d'ostéotomie tibiale (Ph.100).
- Fermeture sur un drain de Redon aspiratif au niveau du tibia.
- Pansement stérile.
- Confection d'une attelle plâtrée (Ph.101).

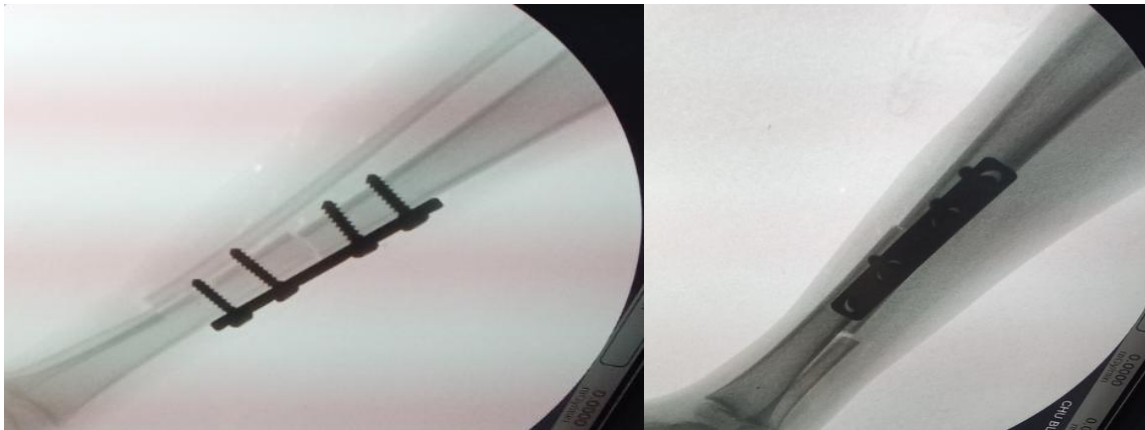
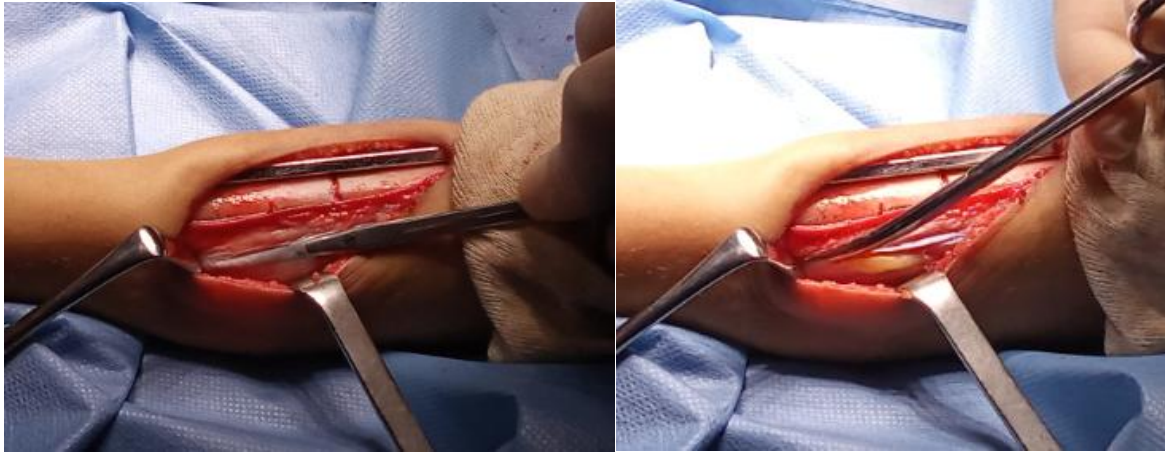
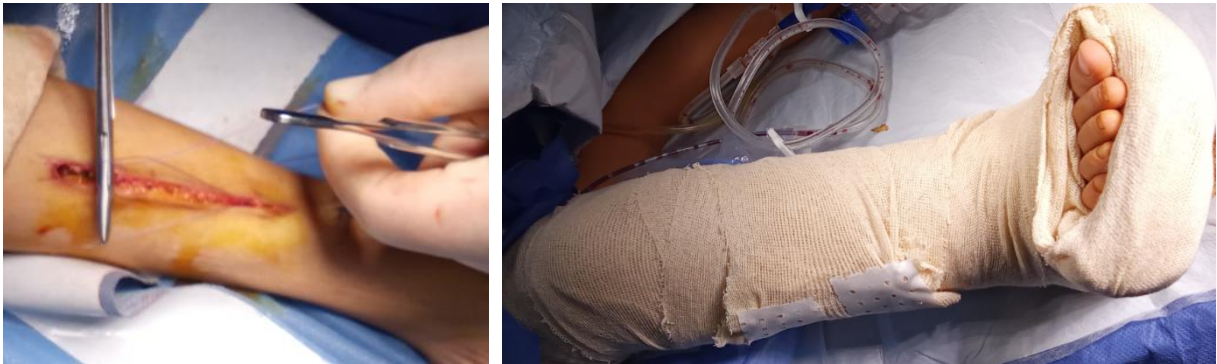


Fig.73. Contrôle scopique (face et profil) de la bonne position de la plaque et des vis. Notre service



Ph 100. fasciotomie de la loge antéro-externe de la jambe. Notre service



Ph 101. Fermeture sur un drain de Redon aspiratif. Pansement. Confection d'une attelle plâtrée. Notre service

L'ostéotomie de dérotation externe de la jambe a été nécessaire dans **05** pieds bots dont un le transfert du jambier antérieur sur le cuboïde a été associé.



Fig.74 : Radiographie de contrôle d'une ostéotomie de dérotation de la jambe consolidé. Notre service

5. 4. Suivi des patients :

- Au moment de la sortie du patient tous les conseils de la surveillance de l'état clinique et du plâtre sont bien expliqués aux parents.
- Une carte de suivi est délivrée à la sortie où il est mentionné le diagnostic, la date d'entrée, la date de la sortie, et le premier rendez-vous à la consultation.
- L'ordonnance du traitement et la prescription des pansements et les ablations des fils de sutures s'ils sont envisagés, ainsi que compte rendu d'hospitalisation sont données aux parents.
- Un suivi à des intervalles réguliers qui est établi pour chaque patient selon le type du traitement réalisé et l'état clinique, qui commence par le premier jour de consultation suivant la sortie du malade.
- les contrôles radio-cliniques sont rapprochés au début selon l'état du pansement jusqu'à l'ablation du plâtre et les matériels d'ostéosynthèses.
- Ultérieurement le suivi est préconisé tous les 3 mois ensuite tous les 6 mois et au maximum chaque année selon l'évolution du patient jusqu'à la fin de la croissance du patient.

b. Ostéotomie de dérotation interne de la jambe :

Peut être proposé parfois en fin de croissance sur des pieds bots multi opérés après détorsion abusive du squelette jambier.

c. Ostéotomie supra malléolaire :

Peut être proposé parfois aussi en fin de croissance sur des pieds bots récidivés multi opérés rigides avec la persistance de quelques défauts résiduels.

5. Indications :

L'indication chirurgicale est repoussée tant que le traitement orthopédique reste efficace [81]. Mais dès que les progrès de réduction stagnent, l'intervention devient inéluctable [99].

La libération des parties molles est la plus logique vue l'anatomie pathologie de cette déformation, et la plus recommandé dans le traitement initial du pied bot.

L'ostéotomie calcanéocuboidienne est indiquée [92] dans les pieds bots sévères invétérés, en peropératoire, devant une impossibilité de correction de l'avant-pied, malgré une libération postéro-médiale adéquate et devant une déformation sévère de l'avant-pied récidivant.

La double arthrodèse sous talienne et médio tarsienne est généralement indiquée lorsqu'il y a un enraidissement important (varus fixé invétéré ou un creux interne), en fin de croissance [81].

L'appareil d'Ilizarov *est* utilisé dans les pieds bot invétéré ou les pieds récidivés multi opéré avec des cicatrices adhérences [92].

6. Complications du traitement chirurgical :

Dans 20% des séries, le traitement chirurgical est pourvoyeur de certaines complications. Leurs connaissances poussent à les éviter si possible [86].

- **Complications précoces** : infection (Ph.102) et nécrose cutanée, syndrome des loges.



Ph.102. Infection du site opératoire. Notre service

- **Complication tardives** : les plus sévères sont les hypo corrections et les hypercorrections.

l'hypo correction avec une persistance d'un varus de l'arrière pied, une subluxation du naviculaire, un metatarsus adductus, un cavus ou un dorsal bunion (tête du 1er métatarsien) dus à la traction excessive du TA. Cette hypocorrection est secondaire à une insuffisance de libération des parties molles [81,92]. Il est donc nécessaire de libérer toutes les structures rétractées lors de la première opération.

Hypercorrection est liée une chirurgie trop extensive avec libération d'éléments qui n'étaient pas rétractés et qui ne devaient pas être sectionnés [81, 9]. Dans ces cas le pied peut devenir **plat valgus iatrogène** ou à un pied serpent in souvent très raide et mal toléré dont le

traitement est difficile.

Horizontalisation du 1er métatarse avec défaut d'appui plantaire antéro interne : Ce défaut est lié à la prédominance de contraction du muscle tibial antérieur. Il s'observe plus volontiers en cas d'insuffisance tricipitale après allongement du tendon d'Achille. Il peut être envisagé un allongement ou un transfert du tendon tibial antérieur sur le dos du pied associé ou non avec un transfert du fléchisseur de l'hallux au col du 1^{er} métatarsien pour l'abaisser [100].

La sub luxation dorsale du scaphoïde peut être suspectée devant la persistance d'un creux interne ou d'une saillie dorsale du pied [100]. Seringe [8] préconise l'allongement du JA pour prévenir ce défaut.

La récurrence de la déformation en varus équin : peut être corrigé par des plâtres (Ph.79) ou nécessite une reprise chirurgicale plus délicate.



Ph. 103. Plâtre de marche pour récurrence d'un PBVE. Notre service

Raideur articulaire

Aplatissement du dôme du talus : responsable d'un défaut de flexion dorsale voire carrément un équinisme.

Le métatarsus adductus avec supination dynamique : c'est une évolution assez fréquente, lié soit à une insuffisance des muscles péroniers, soit à l'absence de réalignement parfait de l'arche externe. Il peut bénéficier soit un traitement orthopédique essentiellement (appareillage et/ou plâtres) ou un raccourcissement de l'arche externe [100].

7. Les séquelles :

Certaines séquelles sont inévitables suite au traitement du PBVE :

- l'atrophie des muscles de la jambe.
- La longueur du pied est plus courte d'une à deux pointures de chaussure que celle du pied controlatéral. (Ph.104)



Ph. 104. La longueur du PBVE est plus courte que celle du pied controlatéral.

- La morphologie des os du tarse reste anormale, même si les amplitudes articulaires sont bonnes.
- La raideur articulaire : elle prédomine sur l'articulation talo-crurale. Elle est liée à la fibrose périarticulaire et à l'aplatissement du dôme talien [101].

7. L'évolution :

Si toutes les conditions tant orthopédiques que chirurgicales sont parfaitement réunies, plus de 80% des résultats sont bons puisque la grande majorité des malades peuvent être normalement chaussés et peuvent mener une vie sociale normale.

Le pourcentage des échecs diminuant avec l'expérience des équipes [15, 63, 68, 86, 91].

Les résultats satisfaisants se définissent par les critères morphologiques, radiologiques et fonctionnels suivants : des défauts esthétiques discrets, une faible limitation des amplitudes articulaires, et la bonne fonction musculaire : le saut à cloche-pied traduit l'efficacité du triceps, le déroulement du pas est harmonieux, l'attaque du talon et l'appui plantaire sont satisfaisants.

Malheureusement 15 % des pieds opérés conservent des défauts apparents pouvant faire justifier une réintervention [86].

Le retard de la prise en charge quel que soit orthopédique ou chirurgicale et la non observance à la rééducation et l'appareillage post opératoire ont un retentissement très important sur les résultats.

VIII. Evaluation périodique du traitement du pied bot :

1. Evaluation clinique :

L'évaluation clinique est primordiale, elle est à la fois morphologique et fonctionnelle méthodique ; elle doit être réalisée systématiquement à chaque consultation pendant toutes les consultations de suivi jusqu'en fin de croissance. (Fig. 74)

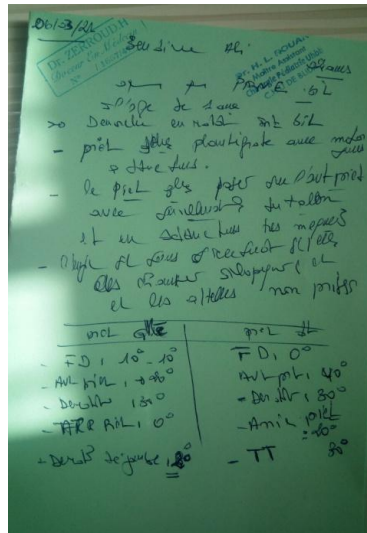


Fig. 74. Exemple de l'évaluation clinique à chaque consultation. Notre service

L'examen clinique doit comprendre :

1. La mesure précise de la réductibilité maximale des quatre attitudes vicieuses sur les trois plans de l'espace de la déformation mesurés lors le premier examen du malade (fig.75) ; **l'équin, l'adduction de l'avant-pied, le dé rotation du bloc calcanéo-pédieux, le varus de l'arrière-pied.**

Ces mesures devront être comparés avec le précédent examen de suivi et avec le check liste initiale du pied bot.

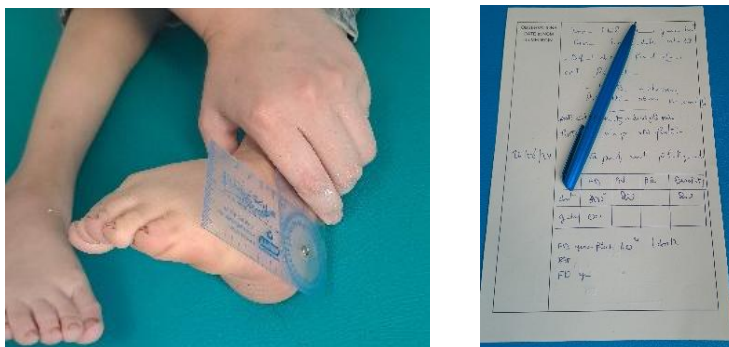


Fig. 75. La mesure de l'équin

2. La détection des défauts morphologiques du pied lorsque l'enfant marche si celle-ci est acquise, en position couchée sur le dos et sur le ventre, et debout sur un plan dur.
3. L'observation de la régularité de la démarche, la vitesse et le déroulement du pas. Une éventuelle boiterie en rapport avec une inégalité de longueur des membres inférieurs, et l'attaque du sol à la 1^{ère} phase du pas (normal par le talon, anormal par la pointe ou par le bord externe du pied).
4. La recherche des défauts d'axe comme la démarche en rotation interne (Ph.105), et localisée son origine (hanche, jambe, ou pied).



Ph. 105. Démarche en rotation interne chez un enfant traité pour PBVE. Notre service

5. La recherche d'un déséquilibre dans le plan sagittal entre le triceps sural et les releveurs du pied particulièrement le tibial antérieur et dans le plan frontal entre les muscles éverseurs (les fibulaires) et les muscles inverseurs (le tibial antérieur et postérieur).
6. L'évaluation de la force musculaire : la faiblesse musculaire du triceps est évaluée à partir l'âge de 4 ans surtout chez les patients opérés (l'allongement du tendon d'Achille affaibli le triceps sural) par le saut monopodal sur la pointe du pied. La force du muscle tibial antérieur est appréciée par la marche sur les talons.
7. Les appuis plantaires au sol sur un plan dur (Ph. 106) et sur un **podoscope** (Ph. 110). L'inspection du pied en station debout sur un plan dur va s'intéresser sur la position du pied (plantigrade, digitigrade ou équin (l'appui sur les têtes métatarsiennes) (Ph. 107) ou sur le bord latéral du pied (Ph. 108)) et la présence d'une éventuelle métatarsus adductus ou tout simplement un hallux adductus (Ph.109). L'observation des empreintes podoscopiques est un temps essentiel de l'examen clinique d'évaluation du pied bot, elle témoigne des anomalies morphologiques du pied.



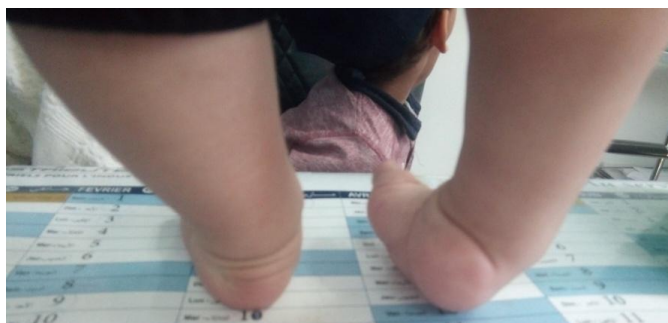
Ph. 106. L'observation des appuis plantaires au sol sur un plan dur. Notre service



Ph. 107. Hallux adductus chez un enfant traité par la méthode de Ponseti. Notre service



Ph. 108. Equin (Appui sur les têtes métatarsiennes). Notre service



Ph. 109. Appui sur le bord latéral du pied. Notre service



Ph. 110. Les appuis plantaires sur un podoscope. SL

8. La mensuration de circonférence du mollet est notée de façon comparative.
9. La mesure de la torsion tibiale est un utile après la marche pour déterminer l'origine tibiale d'une éventuelle démarche en rotation interne. (Ph.111)



Ph. 111. Torsion tibiale interne gauche chez un enfant repris pour PBVE bilatérale Notre service.

10. La notion des douleurs et le périmètre de marche.
11. Les activités sportives et habituelles.
12. La qualité esthétique de ou des cicatrices chirurgicales (Ph.112).



Ph. 112. Observation de la qualité esthétique de ou des cicatrices chirurgicales. Notre service

4. Evaluation radiologique :

Le bilan radiologique demandé avant l'âge de la marche est en position de réduction maximale et en charge (fig.76) après cet âge. Il comporte un cliché de face dorso-plantaire pré-tibiale en correction et un autre de profil strict [61].

L'interprétation des clichés comporte :

- La maturité et la condensation osseuse,
- La morphologie globale et la position et l'organisation des différents os, en particulier la position de la grosse tubérosité du calcanéum haut située en regard d'un pli cutané postérieur,
- La mesure des différents angles est (fig.76) :

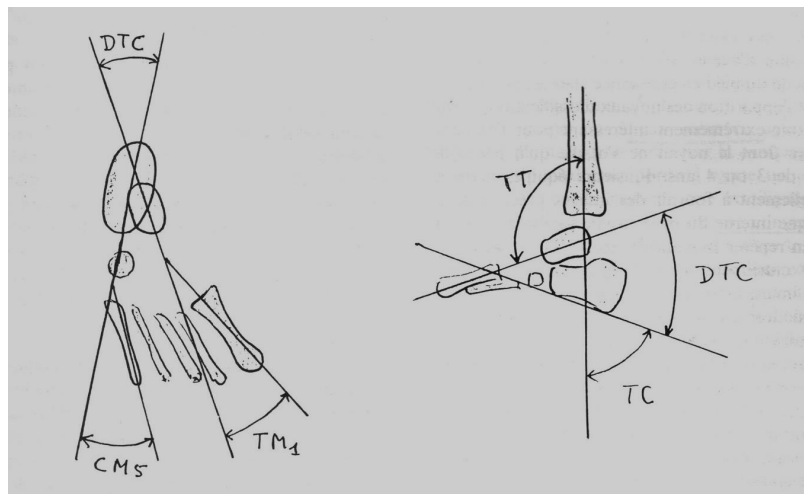


Fig. 76. Mesures angulaires sur les radios de face et de profil [61]

➤ De face, normalement :

La divergence talo-calcanéenne **DTC** (fig. 77) mesure environ **40°**,
L'angle talo- 1er métatarsien **TM1** mesure **-10°**
L'angle calcanéo-5^{ème}métatarsien **CM5** mesure **0°**.

➤ De profil :

La divergence talo-calcanéenne **DTC** mesure aussi environ **40°**,
L'angle tibio-talien **TT** mesure environ **90°**.

L'angle tibio-calcanéen **TC** c'est un angle important, elle permet un bon renseignement sur la descendante du calcanéum donc sur l'équinisme global du pied [15]. Elle doit être inférieure à **90°**.

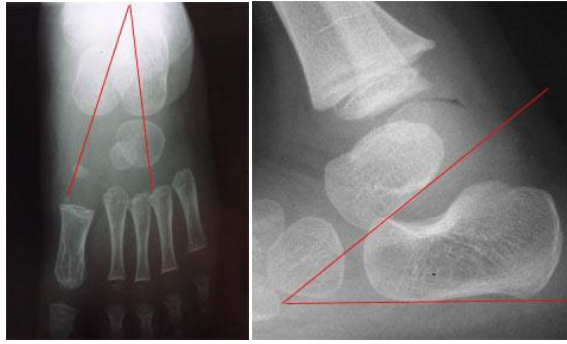


Fig. 77. Mesure de la divergence talo-calcanéenne DTC de face et de profil. Notre service



Fig. 78. Radiographie des pieds de profil en charge. Notre service



Fig. 79. Radiographie des pieds de face en charge. Notre service

IX. Evaluation finale de la prise en charge du PBVE :

L'évaluation totale de la prise en charge du PBVE opéré ou non est établit de préférence vers l'âge de 5ans. Vers cet âge la marche de l'enfant est mieux structurée et presque ressemble à celle de l'adulte.

Plusieurs grilles d'évaluation des PBVE ont été publiées dans la littérature, avec différents paramètres d'évaluation pour permettre de comparer les résultats entre équipes.

➤ **Kraspe** insiste sur 5 éléments principaux sur un score total de 100 points. :

1. La douleur
2. La raideur articulaire
3. L'appui sur le bord externe
4. Le problème de chaussage
5. La réduction du niveau d'activité physique quotidienne ou sportive ;

Pour lui ; - Le résultat est excellent pour un score > 90 ;

- Bon entre 80 et 89 ;
- Moyen entre 70 et 79 ;
- Mauvais entre 60 et 69.

➤ **Carroll** (fig. 80) tient compte des paramètres suivants sur un score total de 20 points :

- Les activités quotidiennes, la qualité de la marche, la mobilité passive, Et surtout de la morphologie globale du pied, l'inégalité de longueur des membres inférieurs. L'atrophie du mollet et la torsion fémorale.

	oui	non
1 - Inégalité de longueur (supérieur à 1/2 cm)		
2 - Alignement normal du fémur (antéversion - rétroversion)		
3 - Circonférence du poignet		
4 - Angle jambe-pied		
5 - Axe bi-malléolaire		
6 - Progression du pas en position neutre ou en rotation interne		
7 - Alignement du talon sur l'axe du tibia varus valgus		
8 - Cheville mobile supérieure à 0		
9 - 30° d'amplitude de la cheville		
10 - Mobilité de la sous-astragalienne		
11 - Bord latéral du pied droit		
12 - Articulation entre le scaphoïde et l'astragale réduit		
13 - Arche longitudinal (pas de cavus, pas de luxation en pied plat)		
14 - Avant-pied plantigrade (pas de pronation, pas de supination, pas de cal sur la plante)		
15 - Taille du pied inférieure à 1 cm ou supérieure à 1 cm		
16 - Orteil normal (pas de griffe)		
17 - Porte des chaussures normales (de même taille, sans modification)		
18 - Peut marcher sur les orteils		
19 - Peut marcher sur les talons		
20 - Peut participer à toutes les activités sans aucune restriction		

Fig. 80. La grille d' évaluation proposée par Carroll. [166]

- **Laaveg et Ponseti** proposent une évaluation surtout la morphologie et fonctionnelle.
- **Lehman** [102] (fig. 8)1 utilise une échelle de 100 points accordant 70 points à la fonction et 30 points à la morphologie.
 - Le résultat est excellent pour un score compris entre 85 et 100,
 - Bon entre 70 et 84,
 - Moyen entre 60 et 69
 - Mauvais pour un score inférieur à 59.

Catégorie	Points
1. Dorsiflexion de la cheville (amplitude passive)	
Plus de 90°	15
90°	5
Moins de 90°	
2. Articulation sous-astragalienne (amplitude passive)	
15° ou plus	10
Moins de 15°	5
Raide	0
3. Position du talon quand l'enfant se tient debout	
0-5° valgus	10
Plus de 5° valgus	0
Varus	0
4. Avant-pied (morphologie)	
Neutre	10
Moins de 5° add/abd	5
Plus de 5° add/abd	0
5. Pas	
Normal - sur la pointe des pieds	10
Ne peut marcher sur la pointe des pieds	- 4
Ne peut marcher sur les orteils	- 4
Pied pas	- 5
6. Radiographie	
Divergence 40° ou plus	5
Moins de 40°	0
Angle astragale-1 ^{er} méta 10°	5
Plus de 10°	0
7. Chaussures	
Normal	5
Normal mais avec des douleurs	2
Chaussures orthopédiques ou appareillage	0
8. Fonction	
Pas de limite	15
Limite occasionnelle	8

Limitée habituellement	0
9. Douleur	
Jamais	10
Occasionnelle	5
Habituelle	0
10. Tendon fléchisseur	
Bonne fonction	5
Fonction partielle	3
Pas de fonction	0

Fig. 81. La grille d'évaluation proposée par Lehman [102]

➤ **Seringe et Atia** [56] utilisent une grille de 100 points (fig. 82) :

- La fonction est représentée par 64 points, la morphologie par 36 points.
- La mesure de torsion tibiale, l'adduction globale du pied, l'appréciation de la force du mollet par le saut monopodal, et des mesures radiologiques sont des éléments nouveaux d'évaluations remarquables dans cette grille.
- Le résultat est très bon pour un score compris entre 85 et 100,
- Bon entre 70 et 84,
- Moyen entre 55 et 69,
- Mauvais pour un score inférieur à 55.

Catégorie	Points
1. Dorsiflexion de la cheville (amplitude passive)	
Plus de 90°	15
90°	5
Moins de 90°	
2. Articulation sous-astragalienne (amplitude passive)	
15° ou plus	10
Moins de 15°	5
Raide	0
3. Position du talon quand l'enfant se tient debout	
0-5° valgus	10
Plus de 5° valgus	0
Varus	0
4. Avant-pied (morphologie)	
Neutre	10
Moins de 5° add/abd	5
Plus de 5° add/abd	0
5. Pas	
Normal - sur la pointe des pieds	10
Ne peut marcher sur la pointe des pieds	- 4
Ne peut marcher sur les orteils	- 4
Pied plat	- 5
6. Radiographie	
Divergence 40° ou plus	5
Moins de 40°	0
Angle astragale-1 ^{er} méta 10°	5
Plus de 10°	0

<p>7. Chaussures Normal Normal mais avec des douleurs Chaussures orthopédiques ou appareillage</p> <p>8. Fonction Pas de limite Limite occasionnelle Limitée habituellement</p> <p>9. Douleur Jamais Occasionnelle Habituelle</p> <p>10. Tendon fléchisseur Bonne fonction Fonction partielle Pas de fonction</p>

Fig. 82. La grille d'évaluation proposée par Seringe et Atia [56]

- **Mac Kay** utilise un score de **180** points inclut 2/3 pour la fonction, 1/3 pour la morphologie comme la classification de Seringe et Atia. Il rajoute aux autres grilles l'axe bi-malléolaire, et la fonction du fléchisseur du gros orteil.
- **Bensahel** a utilisé une évaluation en 50 points. Les paramètres sont presque similaires à ceux de Lehman et à ceux de Seringe. 30% des points sont accordés à la morphologie, 30% à la radio et 40% à la fonction.
 - **Mignot et Butel** [75] : utilisent pour l'analyse des résultats des critères d'appréciations fonctionnelles et morphologiques et différencient simplement 3 types de résultats :

Bon résultat : lorsque la correction est totale des 5 déformations (varus, équin, adduction) et la marche est normale.

Résultat moyen : lorsqu'une seule déformation est persistée avec un discret gêne à la marche.

Mauvais résultat : c'est la persistance d'au moins 2 des 3 déformations et boiterie à la marche.
- **Ghanem et Seringe** [74] ont comparé les évaluations et proposent une grille à 100 points en tenant compte des insuffisances des autres grilles (fig. 83).

**ÉVALUATION DES RÉSULTATS DU TRAITEMENT
DU PIED BOT VARUS EQUIN**

GHANEM et SERINGE

MORPHOLOGIE (40 points)

Avant-pied (10 points)	Adduction (4 points)	> 20°	- 4	
		> 5° et < 20°	- 2	
		> -10° (hyper-correction)	- 2	
		add. orteils	- 1	
	Creux (2 points)	cambrure exagérée	- 2	
		cambrure inexistante	- 1	
		convexité	- 2	
	Supination (4 points)	majeure (ou dorsal bunion)	- 4	
		modérée	- 2	
		minime	- 1	
Arrière-pied (10 points)	Varus >5°	- 6		
	Neutre ou varus < 5°	- 4		
	Valgus > 10° (hypercorrection)	- 6		
	Translation latérale du pied	- 10		
Divers (10 points)	Adduction globale (4 points)	10° à 24°	- 2	
		25° à 40°	- 3	
		> 40°	- 4	
	Chaussage (4 points)	Chaussures orthopédiques	- 4	
		chaussures basket	- 2	
	Cicatrices (2 points)	inesthétiques	- 2	
	Radiologie (10 points)	Divergence talo-calcaneenne (2 points)	de face <15°	- 1
			de profil <15°	- 1
		Dôme talaire (2 points)	légèrement aplati	- 1
			très aplati	- 2
Subluxation talo-naviculaire (6 points)		<1/3	- 2	
		> 1/3	- 6	

FONCTION (50 points)

Passive (20 points)	Dorsiflexion pied (8 points)	< -10°	- 8	
		<0° et >-10°	- 4	
		> 0° et <10°	- 2	
	Flexion plantaire (8 points)	< 10° (avec FD>25°)	- 8	
		>10° et <30°	- 4	
		>30° et <40°	- 2	
	Mobilité sous-talienne (4 points)	enraidie	- 4	
		1/2 mobilité	- 2	
	Active (30 points)	Activités quotidiennes et sportives (8 points)	Sérieusement limitées	- 8
			Moyennement limitées	- 4
Légèrement limitées			- 2	
Douleurs (8 points)		permanente et sévère	- 8	
		modérée, aux activités quotidiennes après activité physique sérieuse	- 4	
			- 2	
Triceps sural		Marche sur la pointe impossible	- 12	
		Marche sur la pointe possible mais saut monopode impossible	- 8	
		Saut monopode sur la pointe possible mais difficile	- 4	
Long fléchisseur du I (2 points)		non fonctionnel	- 2	
	hyperactif	- 2		

SATISFACTION PERSONNELLE DU PATIENT (10 points)

Très insatisfait	- 10
Moyennement satisfait	- 5

SCORE TOTAL (100 points)

Procéder par pénalisations en retranchant des points pour chaque défaut en fonction de sa sévérité

Compris entre 85 et 100 points	EXCELLENT
Compris entre 70 et 84 points	BON
Compris entre 60 et 69 points	MOYEN
Score inférieur à 60 points	MAUVAIS

Fig. 83. La grille d'évaluation proposée par Ghanem et Seringe [74]

➤ Après avoir vue toutes ces échelles d'évaluation nous pouvons tirer quelques commentaires :

- ✓ L'aspect et la mobilité de l'arrière-pied est un paramètre fondamental. le varus témoigne une réduction imparfaite et le valgus, témoins d'une hyperextension parfois plus invalidante qu'une hypo correction.
- ✓ La mobilité de la cheville doit être appréciée par la différence entre l'amplitude de la flexion dorsale et l'amplitude de la flexion plantaire.
- ✓ Les mesures radiologiques constituent des éléments objectifs de l'évaluation.
- ✓ La force du triceps est un élément important du bilan fonctionnel, doit prendre en compte la marche sur la pointe des pieds et saut unipodal en sachant qu'il est difficile dès les biens appréciés avant l'âge de 5 ans
- ✓ La sensation de la douleur est rare. L'absence de douleur, même dans les pieds déformés, est classique. Il ne faut pas le rendre une grande importance dans l'évaluation.

X. L'insuffisance de correction ou la récurrence de la déformation :

1. Définition :

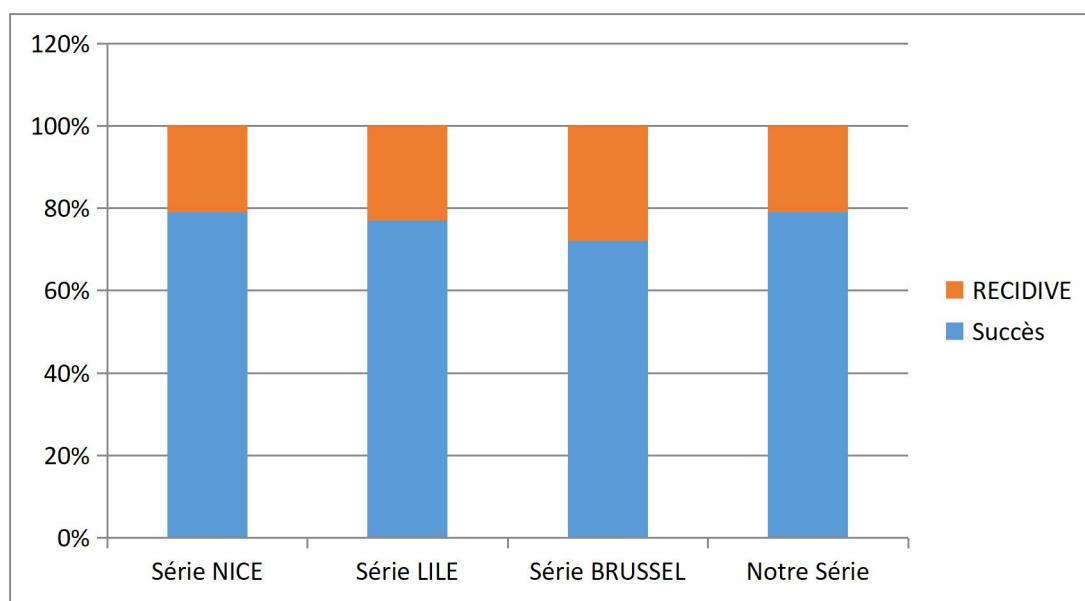
La récurrence peut être définie selon les études par : « la réapparition d'une ou plusieurs déformations morphologiques nécessitant le recours à quelconque traitement soit le recours à une série de plâtre, à une intervention chirurgicale ou la combinaison après le traitement initial ».

Radler et al. [189] a tenté de distinguer les récurrences précoces, avant l'âge de 2 ans, des récurrences tardives, après l'âge de 2 ans. Les récurrences précoces sont selon lui causées par une non – compliance aux orthèses, qui peut être combinée à une insuffisance de correction initiale. Les récurrences tardives font suite à un arrêt précoce des appareillages, ou un appareillage inadéquat.

2. Fréquence des récurrences :

L'insuffisance de correction ou la récurrence du PBVE est fréquente, au tour d'1/4 des cas [207], et pourra aller jusqu'à 30% (1/3). Chong et al. [190] rapportent un taux de récurrence entre 11% et 40%. Elle est de **21%** dans notre série. Selon Ponseti [38],

même un pied parfaitement corrigé est susceptible de récidiver : ce qu'il survient chez 50% des patients.



Graph 12 : Comparaison des Taux des récurrences dans des séries

3. L'âge des patients :

Selon Chen et al. [191], le taux de récurrence est le plus élevé entre 1,5 et 4 ans. Ponseti [38] estimait que la récurrence survient chez 50% des patients entre 1 et 5 ans et était rare après 5 - 7 ans.

L'analyse de la dispersion d'âge au sein de notre échantillon des PBVEC récidivés confirme l'observation de CHEN et estimation de Ponseti puisque qu'elle montre que 74 % des sujets recrutés ne dépassent pas l'âge de 05 ans et que les enfants entre 06 ans et 07 ne représentent que 15 % de notre population d'étude et que 11 % sont pris en charge après l'âge de 07 ans.

4. Facteurs influençant les récurrences :

- Chirurgie initiale insuffisante : Il est important de différencier la récurrence, qui signifie la récurrence de la déformation sur un pied précédemment bien corrigé, du pied bot résiduel présentant des déformations précédemment sous-corrigées [101]. Cependant, il n'est parfois pas possible de différencier la récurrence de la déformation résiduelle minimale qui a progressé de s'aggraver au fil du temps et la croissance osseuse du pied. Il a été signalé que la récurrence est le plus souvent la conséquence d'une chirurgie primaire insuffisante [209].
- La durée de suivi :

Selon Ponseti [38], La récurrence s'observe dans la moitié des cas, quelques mois après l'abandon des attelles et l'arrêt du suivi.

Les conclusions de Sangiorgio et al. [191] concordent avec l'existence d'une corrélation entre la durée de suivi et l'augmentation du taux de récurrence. Il existe également une corrélation entre la durée de suivi et la réalisation de la chirurgie. La plupart des études évaluent les effets du traitement à court terme (< 2 ans) ou à moyen terme (< 5 ans) et présentent des taux de récurrences faibles. La négligence des parents au cours de la phase de maintien de la réduction et prévenir une récurrence joue un rôle dans la diminution de La durée de suivi.

- Non – compliance aux orthèses, un arrêt précoce des appareillages, ou un appareillage inadéquat [189].

Le port prolongé de l'attelle nocturne en postopératoire, favorise l'obtention et le maintien d'un résultat final positif [186] et évite ainsi les récurrences des déformations.

- Le caractère unilatéral/bilatéral : la comparaison des taux des patients pour le caractère unilatéral/bilatéral dans les séries publiées (Graphe 09) montre que l'anomalie est bilatérale dans 50% des cas. Les taux sont presque similaires dans les séries des récurrences et les séries étudiantes tous les PBVE. Dans notre série des PBVE récurrences le taux des formes bilatérales il est un peu plus fréquence que les autres séries (59,45 % des cas) (Graph. 05), mais nous ne pouvons pas admettre ou infirmer s'il existe une corrélation entre le caractère uni ou bilatérale dans le risque de récurrence.

- Le score de gravité initial : les grades I et II Diméglio répondant davantage favorablement au traitement orthopédique, contre les grades III et IV, plus à risque de récurrence et de gestes chirurgicaux invasifs [188,193].

Dans notre étude, notre population rassemble à 90% des grades sévères et très sévères (scores de Diméglio de grade III et IV) ce qui pourrait expliquer leurs de récurrence. Néanmoins un pied de grade II n'exclut pas une récurrence mais a potentiellement plus de chance de répondre favorablement à un traitement orthopédique ou associé à une intervention mineure.

- Le niveau socioéconomique des parents :

Avilucea [70] a mis en évidence des critères parentales suivants d'augmentation du risque de récurrence :

- Familles monoparentales (parents divorcés),
- Absence d'assurance,
- Salaire bas.
- Bas niveau scolaire des parents.

Le niveau socioéconomique des parents n'a pas influencé la récurrence dans notre série, puisque 97 % des parents viennent dans un milieu urbain et 70 % des familles ont un niveau socio- économique moyen et le PBVE a récidivé.

- Sexe : certains auteurs retrouvent un risque plus de survenue la récurrence quand il s'agit d'un garçon [189]. La comparaison des taux des patients pour le sexe dans les séries publiées (Graphe 08) montre que la répartition des taux sont presque similaires dans les séries des récurrences et les séries étudiantes tous les PBVE. Nous ne pouvons pas admettre ou infirmer que les garçons ont risque de récurrence plus élevée de récurrence que les filles.
- Durée de la rééducation : La rééducation prolongée semble être un facteur protecteur contre la récurrence, plus la rééducation était prolongée après la fin du traitement initiale et plus les résultats finals étaient positifs [186].

5. Les déformations récidivées :

Un bon suivi et surveillance particulière du pied bot opéré permet de détecter une petite amorce de récurrence ce qui permet d'agir par des moyens non invasifs et les mois lourds.

Un très bon examen clinique du pied du pied bot récidivé avec des différentes mesures précises permet un inventaire toutes les attitudes vicieuses à corrigés.

Dans Les récurrences précoces selon Radler [189] il apparait souvent une limitation de la dorsiflexion, de l'abduction du l'arrière – pied ou un cavus. Les récurrences tardives apparaissent surtout une supination dynamique à la marche.

Les attitudes vicieuses les plus courantes sont les déformations de l'avant-pied et du médio-pied [210]. Tarraf et Carroll ont rapporté que l'adduction et la supination sont présentes dans 95 % des récurrences du pied bot [211].

Dans notre série la majorité des pieds (30) soit 55% ayants présentés une récurrence totale des déformations (équin, adduction, supination, varus de l'arrière-pied). Dans second rang viens la récurrence de l'adduction et la supination avec un taux de 20 %.

6. Gestion des récurrences :

La prévention de la récurrence reste un des enjeux majeurs dans la prise en charge du pied bot congénital idiopathique pour le maintien d'un pied souple, indolore fonctionnel.

La prise en charge du PBVE insuffisamment corrigé ou récidivé est très difficile et la chirurgie itérative du pied bot est complexe comme la complexité de l'anatomopathologie de ce pied, cette dernière doit être pratiquée par un orthopédiste pédiatre entraîné et particulièrement expérimenté, réalisant des gestes les moins invasifs, adaptés à la déformation résiduelle ciblée.

Le traitement de la récurrence peut faire l'objet d'un traitement conservateur ou bien d'un traitement chirurgical. Il convient de distinguer les chirurgies mineures (transfert du muscle tibial antérieur ou un allongement du tendon d'Achille), des interventions chirurgicales invasives majeures.

La récurrence de la déformation nécessite souvent le recours à la chirurgie. Un traitement orthopédique supplémentaire a pour but d'assouplir le pied afin de faciliter le geste chirurgical aboutissant à des meilleurs résultats.

➤ **La série de plâtres :**

La série de plâtres reste une option en 1ère intention et peut être suivi d'un allongement du tendon d'Achille ou d'un transfert du muscle tibial antérieur.

Selon Ponseti [38], les récurrences primaires peuvent être corrigées aisément par 2 à 3 séries de plâtres successifs. En cas de 2ème récurrence, il propose le transfert du muscle tibial antérieur. Il dit qu'il faut éviter de rechercher une correction chirurgicale anatomique car il n'a pas trouvé de corrélation entre la fonction et l'aspect radiographique du pied à long terme.

Selon Radler [189] dans les récurrences précoces avec une limitation de la dorsiflexion, de l'abduction du l'arrière – pied ou un cavus. Ce type de récurrence répond très facilement aux séries de 2- 3 plâtres.

L'efficacité de la série des plâtres, a été démontrée pour le traitement de première intention des récurrences. Cependant, en cas de rechute sévère la méthode orthopédique peut ne pas être totalement efficace [208].

Nous avons remarqué le grand intérêt des séries de reprise de série de plâtres successifs correcteurs ou d'assouplissement dès que le pied opéré commence à récidiver, soit elle corrige les attitudes vicieuses récidivées soit amènent à la chirurgie un pied avec un minimum de geste à réaliser raccourciront ainsi la durée du temps opératoire.

La série de plâtres était confectionnée chez tous nos patients porteurs les 55 pieds bots récidivés (100 %). Bien que les déformations récidivées étaient mineures et aux stades de début, la série de plâtres nous a permis de stopper l'aggravation de ses déformations et de récupérer 5 pieds bots récidivés (9,2 %) en leur évitant une reprise chirurgicale lourde pour le patient et le chirurgien traitant. La prise en charge du pied bot récidivé reste chirurgicale (91,8 %).

➤ **Transfert du jambier antérieur :**

Le transfert du tendon JA sur le bord externe du pied (cuboïde), peut être fait après l'âge de 4 ans et permet de corriger le varus de l'avant-pied [90,203]. Il est indiqué devant une supination dynamique de l'avant-pied. Cela signifie que le muscle tibial antérieur est hyperactif et entraîne une adduction et une supination de l'avant-pied lors de la marche.

D'après Seringe [8.81] le transfert du tendon JA sur le bord externe du pied ne supprime pas la supination dynamique, il préfère l'allongement du JA plutôt que le transférer. Il conserve le transfert du JA pour les pieds paralytiques.

Dans notre série le transfert du tendon JA sur le cuboïde a été réalisé seul dans **03** pieds et utilisé comme complément aux autres gestes de libération des parties molles ou des gestes osseux dans **12** pieds.

Nous avons remarqué que le transfert du jambier antérieur sur le dos du pied est un geste très important devant l'adduction résiduelle ou récidivée de l'avant-pied avec une tendance à la supination dynamique, cette technique soit elle est pratiquée seule ou associée aux autres gestes de libération ou d'ostéotomies.

➤ **La reprise de libération des parties molles :**

Nous avons constaté qu'il faut agir chirurgicalement le plus tôt possible pour garantir un bon résultat, dès que l'attitude vicieuse de la déformation devient visible et n'est pas contrôlée par les traitements conservateurs (kinésithérapie, appareillage, plâtres).

La rétraction des parties molles est l'élément de base de la déformation du pied bot, pour cette raison la libération des parties molles avec le maximum de gestes nécessaires était le geste réalisé en première intention dans la révision initiale précoce [9, 18, 19].

La **libération complète de l'articulation sous-taliènnne** est une procédure efficace pour des résultats cliniques satisfaisants et diminue l'aggravation de la configuration anatomique du pied peut être observée (telles qu'un aplatissement du talus, un os naviculaire cunéiforme, une migration dorsale du naviculaire, une irrégularité et un manque de congruence de l'articulation talo-naviculaire), qui peut être causée par la nature de la maladie elle-même, des manipulations ou des plâtres, ou les chirurgies de libérations antérieures [197,198, 199].

Dans notre série La reprise de la libération des parties molles plus ou moins élargie avec bien évidemment une libération complète de l'articulation sous-taliènnne a été pratiquée dans **32** pieds soit elle était suffisante seule ou associée à un geste osseux parmi eux 4 pieds ayant nécessités qu' ' un temps postérieur afin de corriger l' équinisme et le varus de l'arrière pied.

➤ **Raccourcissement de l'arche latéral et allongement de l'arche médial :**

Le geste osseux de soustraction latérale et d'addition médial était nécessaire dans 20% des cas et nous avons remarqué des très bons résultats cliniques et radiologiques chez nos patients.

Devant la persistance d'une importante adduction de l'avant-pied avec supination du médio-pied (déformation dite du « pied en haricot ») [215] un raccourcissement de la colonne latérale par ostéotomie de fermeture associé un allongement de l'arche médial par ostéotomie d'ouverture du premier cunéiforme a été pratiqué [214]. Elle a concerné les pieds opérés tardivement après l'âge de 3 ans [7].

Dans notre série le raccourcissement de la colonne latérale a été réalisé dans **16** pieds par une résection un coin à base latérale au niveau de l'extrémité distale du calcanéum ou au niveau du cuboïde de la manière de Litchblau dans **13** pieds ou une résection arthrolyse calcanéocuboïdienne selon Coleman-Evans dans **3** pieds dans notre série devant une très forte adduction médiotarsienne.

➤ **La tarsectomie :**

La tarsectomie garde sa place chez le grand enfant présentant pied raide avec une forte adduction, supination et creux.

Dans notre série elle était proposée et réalisée chez deux patients d'une façon bilatérale (**4 pieds**) devant une très importante adduction de l'avant-pied avec un axe du pied passé par le cinquième orteil.

➤ **L'ostéotomie de dérotation de jambe :**

Dans le suivi du pied bot varus équin la persistance d'une torsion tibiale interne responsable d'une démarche en rotation interne marquée. Si cette torsion tibiale

interne ne s'améliorant pas avec la croissance et pouvant influencer le pied, une intervention chirurgicale de dérotation tibiale externe est proposée.

L'ostéotomie de dérotation de jambe permet un confort à la marche chez les patients présentant une démarche en rotation interne marqué.

Dans notre série l'ostéotomie de dérotation externe de la jambe a été nécessaire dans **05** pieds dont un le transfert du jambier antérieur sur le cuboïde a été associé.

➤ **Les autres techniques :**

Dans notre série (n = 55) nous n'avons pas réalisé les autres techniques comme la mise en place d'un fixateur externe préconisée pour les pieds invétéré multi opéré et l'ostéotomie calcanéenne utilisée pour le varus marqué de l'arrière pied [81] et nous n'avons pas recours à la double arthrodèse [10] décrite pour les cas très invétés vus à l'âge d'adolescence.

7. Quoi faire ?

Le traitement de la récurrence du pied bot reste toujours un objet de débat [208], dépend des écoles et de l'expérience des chirurgiens. En 1999, Lehman et al. [212] ont proposé un algorithme pour le traitement de la récurrence du pied bot, suivi par un algorithme selon l'âge du patient d'Ettl et Kirschner [207] en 2009.

Plusieurs auteurs ont décrit leur algorithme de traitement en fonction de l'âge du patient, du type de déformation, de sa gravité et de sa rigidité [202, 207, 212, 216].

Nous avons constaté qu'il n'y a pas une technique idéale pour corriger une récurrence du pied bot, tous les gestes utilisés précédemment peuvent être pratiqués et parfois associés s'ils sont nécessaires. Les indications ne sont pas complètement codifiées et dans la littérature il n'existe que peu d'études rapportant les résultats de ces procédures [101, 207].

Suivant l'ancien concept d'approche « menu à la carte », la prise de décision a été prise à la fois lors de l'évaluation préopératoire et pendant la chirurgie. L'évaluation de la déformation est principalement basée sur l'examen clinique et les radiographies qui confirment la clinique et évaluent le degré de l'atteinte osseuse et articulaire [221].

On ne parvient pas toujours à réaliser les gestes programmés précédemment, l'orthopédiste expérimenté jugera les gestes nécessaires, à réaliser en fonction des rétractions et les déformations retrouvées au cours de la succession des gestes pratiqués. Des gestes programmés seront parfois annulés et d'autres gestes seront institués sans qu'ils fussent prévus (se n'est pas effectivement une chirurgie dit « à la carte »).

Si nous considérons l'âge des patients ; les enfants de moins de 5 ans les récurrences sont généralement traitées par la reprise de la libération des parties molles sans recours à un geste ostéo-articulaire avec des bons résultats.

Atar et ses collègues [202] ont rapporté les résultats des traitements effectués sur 29 pieds présentant un pied bot récidivé. Ils ont utilisé l'âge comme critère le plus important pour la planification du traitement.

En cas de récurrence de la déformation après chirurgie correctrice, l'approche n'est pas complètement codifiée et dans la littérature il n'existe que peu d'études rapportant les résultats de ces procédures [202, 207].

Plusieurs auteurs ont décrit leur algorithme de traitement en fonction de l'âge du patient, du type de déformation, de sa gravité et de sa rigidité [202, 207, 208, 212].

Schématiquement nous agissons selon l'attitude vicieuse résiduelle ou récidivée ; pour l'équinisme devons différencier une rétraction en équin qui peut être traitée simplement par les techniques de libération des tissus mous d'une déformation en équin d'origine osseuse, qui nécessite des gestes osseux ou articulaires (par exemple, l'ostéotomie cunéiforme supra malléolaire) [224].

Dans notre série de cas, tous les patients présentaient un équin dû à une contracture du complexe gastrocnémien-soléaire ayant bénéficié d'une libération postérieure et un allongement du tendon d'Achille.

Pour l'adduction et la supination de l'avant pied, qui est l'attitude vicieuse la plus retrouvée en cas de récurrence [224], conduit au soi-disant « pied en forme de haricot » [224], en fonction de degré la rétraction et l'âge de l'enfant, un allongement des parties molles médiales ou dans les cas sévères des ostéotomies de soustraction externe et d'addition interne sont réalisées.

Gordon et ses collègues [224], suggèrent que cette double ostéotomie devrait être pratiquée aux patients âgés de plus de 5 ans en raison de l'ossification partielle du cunéiforme. Lourenco et al. [225] ont rapporté les résultats positifs de cette technique pour le traitement des 39 pieds.

Pour le varus de l'arrière-pied peut être corrigée par différents types d'ostéotomie calcanéenne [222], l'ostéotomie de fermeture selon la technique originale de Dwyer est préférée par de nombreux auteurs à l'ostéotomie d'ouverture, car expose à moins de problèmes de cicatrisation et peut réduire la tension sur l'arrière-pied [223].

Nous réalisons une tarsectomie pour les pieds invétérés qui sont devenus creux, et une dérotation tibiale externe est proposée chez les patients présentant une torsion tibiale interne.

Nous avons rapporté des techniques de préservation articulaire devant l'absence de déformations dégénératives sévères. Chez les patients plus âgés présentant des déformations rigides sévères parfois multi opérés, la double arthrolyse [10, 227] ou les ostéotomies et la correction progressive par distraction par un fixateur externe TSF ou un Ilizarov guidé par un logiciel pourraient être utiles [142, 143, 151].

- Voici l'algorithme chirurgical selon les groupes d'âge d'après Ettl, Kirschner et Krauspes [207] :

Tranche d'âge	Thérapie
6 mois à 2 ans	Libération péritalaire complète avec repositionnement sous-talien exact
2 à 4 ans	Libération péritalaire complète associée à : <ul style="list-style-type: none"> a. Ostéotomie cuboïde (déformation de l'adductus) b. Transfert du tendon tibial antérieur (déformation en supination)
4–8 ans	Arthrolyse médiale et latérale avec : <ul style="list-style-type: none"> a. Ostéotomie cuboïde/cunéiforme (déformation de l'adductus) b. Transfert du tendon tibial antérieur (déformation en supination) c. Cadre d'Illizarov (déformation rigide)
Plus de 8 à 10 ans	Ostéotomie du médio-pied (déformation en creux) Cadre d'Illizarov (déformation rigide) ou Triple arthrodèse

- Nous proposons dans ce tableau suivant notre stratégie décisionnelle :

Attitude vicieuse	Geste à réaliser
Toutes les attitudes vicieuses < 5 ans	Libération des parties molles +/- ostéotomie
Adduction + supination	Libération des parties molles +/- transfert du JA
Supination dynamique	Transfert du JA
Equin +/- varus de l'arrière pied	Libération post (allongement d'Achille, capsulotomie post talo-crurale, résection du NFPE)
Adduction + supination sévère ➤ 5ans	Ostéotomies de soustraction externe et d'addition interne +/- transfert du JA
Pieds invétérés devenus creux	Tarsectomie ou Ostéotomies de soustraction externe et

	d'addition interne
Très déformés multi opéré > 10 ans	Réduction progressive par Ilizarov ou double arthrodèse
Varus de l'arrière pied >10 ans	Ostéotomie calcanéenne
Démarche en rotation interne	Ostéotomie de dérotation tibiale

Tableau IX. Tableau décisionnel

XI. Pronostic et devenir à l'âge adulte :

Le PBVE négligé jusqu'à l'âge adulte malheureusement se rencontre jusqu'à présent. Son traitement est très lourd et les résultats sont médiocres.



Ph.113. PBVE négligé jusqu'à l'âge adulte [16]



Fig.84. PBVE de l'adulte traité par arthrodèse tibio-calcanéenne [74]

Même très bien traité, un PBVE ne devient jamais normal du fait du caractère déformatif complexe des os et des articulations et il persiste toujours à l'âge adulte des différences avec l'autre pied s'il est unilatéral [16] (Docquier et al. 2006) :

- Le pied est plus court, la différence de longueur du pied en moyenne de 15mm (1 à 2 pointures) ;
- La différence de longueur des membres d'en moyenne 10 mm (0 à 20 mm) due à l'hypoplasie de la jambe et du pied ;
- Une amyotrophie de la jambe, la différence de diamètre des mollets d'en moyenne 35 mm ; [101]
- Une raideur de la cheville résiduelle : flexion dorsale et plantaire ;

Sur le pan radiologique les différences sont visibles : inclinaison postérieure de l'articulation tibio-talienne, hypoplasie de l'arrière-pied (talus et calcaneus), perte de hauteur de la trochlée talienne (flap top talus).

Les facteurs de bons résultats sont essentiellement cliniques : pied indolore, plantigrade et mobile [101]. 80 % de bons résultats du score fonctionnel de Laaveg et Ponseti (satisfaction-douleur-fonction) ;

Les séquelles qui persistent en fin de croissance (le varus, l'adduction, l'équin et l'hypercorrection) s'aggravent à l'âge adulte. Les douleurs et des raideurs du pied dues à arthrose talo-crurale sont des motifs fréquents de consultation chez l'adulte ayant traité pour un pied bot.

L'hypercorrection en pied plat valgus douloureux pose le problème de difficultés techniques et résultats médiocres.

L'arthrose de l'articulation talo-crurale peut aboutir au point de discussion sur la possibilité d'une prothèse totale de cheville [101].

Les séquelles semblent liées principalement au degré de sévérité initiale du pied selon le grade de Diméglio et à la qualité de la prise en charge initiale [101].



Ph.114. PBVE gauche très bien traité chez un adulte [166]

XII. CONCLUSION :

Le PBVE congénital est une malformation fréquente atteignant 1/1000 naissances. Son diagnostic peut être faite pendant la grossesse par l'échographie anténatale et est évidente cliniquement à naissance. Une bonne connaissance de l'anatomie pathologique de cette déformation complexe permet d'envisager une bonne stratégie thérapeutique. Sa prise en charge doit être très précoce, multidisciplinaire, prolongée et bien conduite.

La prévention de la récurrence du pied bot opéré reste un des enjeux majeurs dans la prise en charge du pied bot congénital pour le maintien d'un pied souple, indolore et fonctionnel. La prise en charge de la récurrence du pied bot reste toujours un objet de débat, dépend des écoles et de l'expérience des chirurgiens. Plusieurs auteurs ont décrit leur algorithme de traitement bien ciblé. Il n'y a pas une technique idéale, tous les gestes utilisés précédemment peuvent être pratiqués et parfois associés s'ils sont nécessaires.

L'expérience du chirurgien joue un rôle très important dans la chirurgie du pied bot et particulièrement dans les opérations de reprise, qui est une chirurgie fine et complexe, n'obéit pas toujours aux gestes préalablement planifiés, et c'est l'intelligence et la malléabilité de l'opérateur qui lui permet de donner des bons résultats allant vers une correction la plus optimale possible en vue d'un pied plantigrade, indolore et le moins déformé possible.

XIII. Recommandations :

1. Pour éviter la récurrence du pied bot il ne faut pas considérer que l'opération **un traitement final**, il doit être entretenu par un bon appareillage nocturne et

diurne (les attelles, les orthèses, et les chaussures orthopédiques) et une kinésithérapie à long cours. Le manque de ce traitement complémentaire garantira un échec et une récurrence.



Nous faisons et nous recommandons de réaliser un bon et un long **suivi clinique** et radiologique jusqu'à la puberté. Notre rythme de suivi était de 3 à 6 mois pour les patients récemment opérés et dès d'apparition d'une amorce de récurrence, puis tous les ans sans évolutivité.

2. Nous insistons sur la bonne coordination entre l'orthopédiste pédiatre, le rééducateur et l'appareilleur pour assurer une bonne cohésion de la prise en charge des PBVE.
3. Bien sensibiliser les parents et les fortement impliquer dans la prise en charge.
4. La bonne formation des orthopédiste pédiatre est très importante par la création et l'organisation des services spécialisée en orthopédie pédiatrique.

XIV. Bibliographie :

- 1- Ponseti IV. Congenital clubfoot. Fundamentals of treatment. New York: Oxford University Press; 1996 (140p).
- 2- Seringe R. Anatomie pathologique du pied bot varus équin congénital : les défauts ostéo-articulaires à la naissance. *Ann Chir* 1977;31:107-11.
- 3- McKay D. New concept and approach to clubfoot treatment, section II. *J. Pediatr. Orthop.* 1983,3, 10-21.
- 4- LASCOMBES P. Réduction chirurgicale initiale et ses résultats. In : Caruoz H, Pous G. Pied bot varus équin congénital. Cahiers d'enseignement de la Sofcor Expansion Scientifique Française. Paris. 1993, 43 : 55•63.
- 5- Turco, VJ: Resistant congenital club foot. One-stage posteromedial release with internal fixation. A follow-up report of a fifteen-year experience. *J. Bone Joint Surg. Am.* 61-A:805 – 14, 1979.
- 6- Carroll N. Pathoanatomy and surgical treatment of resistant clubfoot AAOS. *Instr Course Lect* 1988;37:93-106.
- 7- Evans D. Relapsed clubfoot. *J Bone Joint Surg Br* 1961;43:722-33.
- 8- Seringe R. Congenital equino varus clubfoot. *Acta. Orthop. Belg* 1999;65(2):127
- 9- Seringe R, Bonvin JC, Miladi L, Fassier F. Traitement chirurgical du pied bot varus équin congénital idiopathique par libération des parties molles. *RevChirOrthop* 1986;72(supplII):63-5.
- 10- Chaix O, Taussig G. La double arthrodèse dans le traitement du pied bot varus équin congénital. *RevChirOrthop* 1983;69(supplII):141-8.
- 11- Ghanem I, Zeller R, Miladi L, Seringe R. La résection distale intraarticulaire du calcanéum dans le traitement du pied bot varus équin congénital idiopathique sévère ou récidivant. *RevChirOrthop* 1995; 81:709-15.
- 12- LITCHBLAU S. A medial and lateral release operation for clubfoot. A preliminary report. *Bone Jomr Surg*, 1973,55: 1377•1384.
- 13- Laville JM, Collin JF, traitement du pied varus équin récidivé ou négligé par appareil d »Ilisarove. *Rev. Chir. Orthop.*, 1992, 78, 485-490.
- 14- Laville JM, Bussièrès F. Place de l'opération de Cahuzac dans la chirurgie itérative du pied bot varus équin. *Rev ChirOrthop* 1998;84:638-45.

-
- 15- Docquier PL, Leemrijse T, Rombouts JJ. Clinical and radiographic features of operatively treated stiff clubfeet after skeletal maturity: etiology of the deformities and how to prevent them. *Foot Ankle Int* **2006**;27(1):29-37.
- 16- Lopez A. Goldcher A. Historique de la compréhension de la biomécanique du pied nu. EMC (Elsevier Masson SAS), Podologie, 27-010-A-10, **2010**.
- 17- Bouyset M. Pathologie ostéo-articulaire du pied et de la cheville. 2004,2005 Springer 3ème édition, p 33-229.
- 18- Farabeuf L.H, Précis de manuel opératoire, Paris:4th eds Masson **1893**
- 19- Hudson A, VanLangelaan E.J., Spoor C.W, The talocrural mechanism and tibiotalar delay. *Acta Morphol Neerl-Scand* **1986**:24:296.
- 20- Manes E., Costa C.M., Innao V. La cura del piede torto congenito. *Chir Organi Mov* **1975** ; 62 : 301-304
- 21- Catterall A., Clinical assessment of clubfoot deformity. In: Simons GW. Ed. The clubfoot. New York: Springer Verlag, **1994**:92-3.
- 22- Diméglio A., Classification of clubfoot. In: Epeldegui T, ed. Update and controversies on clubfoot. Madrid: A. Madrid Vicente. Ediciones, **1993**: 88-95.
- 23- Bensahel H., Diméglio A., Souchet Ph. Final evaluation of clubfoot. *JPO* **1995** ; 4 : 137-141
- 24- Clavert J. M. pathogénie du pied bot varus équin congénital. In : Carlioz H. et Pous J. G. eds. PBVEC. Cahier d'enseignement de la SOFTCOT n° 43. Expansion scientifique française. Paris, **1993**, 33-40.
- 25- Wang J, Palmer R.M, Chung C.S. the role of major gene in club foot. *Am J Hum Genet.*, **1988**, 42: 772-776.
- 26- Cowell H.R, Wein L.K. Genetic aspects of clubfoot. *J.B.J.S.* **1980**, 62-B, 1381;
- 27- Victoria-Diaz A, Pathogenesis of idiopathic clubfoot. *Clin.Orthop*, **1984**;185:14-24.
- 28- Honien MA, Palouzzi LJ, Moore CA. Family history, maternal smoking and clubfoot :eunindication of a gene environment interaction *Am J Epidemiol* **2000** ; 152(7) :658-65
- 29- Wicart P, Chotel F Traitement conservateur du PBVEC. *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur* **2008** ; 94 :197-199
- 30- Adamsbaum C, Hamidou A, Tréguier C, Seringe R. Pieds bots congénitaux. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), radiodiagnostic-squelette normal-neuroradiologie appareillocomoteur, **2008**, 10-A : 110-31.

-
- 31- Itohara T, Sugamoto K, Shimizu N, Ohno I, Tanaka H, Nakajima Y et al. Assessment of talus deformity by three-dimensional MRI in congenital club foot. *Eur J Radiol* **2005** ;53 :78-83.
- 32- Chami M, Daoud A, Maestro M, Lagrange AS, Geoffray A. Ultrasound contribution in the analysis of the newborn and infant normal and clubfoot : a preliminary study. *Pediatr Radiol* **1996** ; 26 : 298-302.
- 33- Masse P, Le traitement du pied bot varus équin par la méthode "fonctionnelle". Cahiers d'enseignement de la SOFCOT, Le PBVE, Expansion scientifique française, n°3, 1977, 51-56.
- 34- Pous J.G., Milon E., Variations stratégiques et techniques au traitement initial. Cahier d'enseignement de la SOFCOT n°43. Paris: Expansion Scientifique française, 1993: 65-72.
- 35- Taussig G., La méthode dite fonctionnelle du traitement du PBVE. *J Réadapt Med* 1983;3 n°5:167-172.
- 36- Ponseti I.V, Treatment of congenital clubfoot *J Bone Joint Surg.* 1992,74 A, 448-454.
- 37- Karski T., Wosko I., Experience in the conservative treatment of congenital clubfoot in newborns and infants. *J Pediatr Orthop* 1989;9/134-136.
- 38- Hutchins, PM; Foster, BK; Paterson, DC; Cole, EA: Long-term results of early surgical release in club feet. *J. Bone Joint Surg.* 67-B:791 – 799, 1985
- 39- Nather A., Bose K., Conservative and surgical treatment of clubfoot., *J Pediatr Orthop* 1981;7:42-48.
- 40- Wedge J., Alms M., A method of treating clubfeet with malleable splints. *J Pediatr Orthop* 1983;3: 149-154.
- 41- Yamamoto H., Muneta T., Morita S. Non surgical treatment of congenital clubfoot with manipulation, cast, and modified Denis Browne splint. *J Pediatr Orthop* 1998;18:538-542.
- 42- Bensahel H, Guillaum A ,Csukonyi Z. Results of physical therapy for idiopathic clubfoot : a long term follow-up study. *J. Ped Orthop* , 1990, 10 :189-192.
- 43- Seringe R., Chedeville R., Le pied bot au présent. Traitement non chirurgical. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT n°4. Paris: Expansion scientifique française 1993: 41-53.
- 44- Gaubert J., Delprat J., Bardier M., Notre conduite thérapeutique du traitement orthopédique du PBVE métatarsus. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique* 1985;28:37-45.

-
- 45-Richards B.S., Wilson H., Johnston C.E., Non-operative treatment of congenital clubfoot. *Acta. Orthop.Scand.*, 1980, 51, 321-324.
- 46-Métaizeau J.P, Lemelle J.L. Continuous passive motion in the treatment of the congenital clubfoot. *Med.Orth.Tech.*, 1991, 111,194-198.
- 47-DiMéglio A., Bonnet F., Mazeau P., De Rosa V., Orthopaedic treatment and passive motion machine: consequences for the surgical treatment of clubfoot, *J PediatrOrthop* 1996;5:173-180.
- 48-Delgado M.R., Wilson H., Johnston T., Richards S., Karol L., A preliminary report of the use of botulinum toxin type A in infants with clubfoot: four case studies. *J PediatrOrthop* 2000: 20 (4):533-8.
- 49- Jones R.in Tachdjian, *The child's foot*. Philadelphia, Saunders Cie, 1985:176-186.
- 50-Fixsen J, Lloyd-Roberts G, *The foot in childhood*. Edimbourg: Churchill Livingstone 1988:36-39.
- 51-Simons G.W, Tachdjian M.O, *Treatment of clubfeet from birth to 2 years of age*. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Paris: Expansion Scientifique Française 1977:3:31-50.
- 52-Berard J., *Le traitement non opératoire du PBVE*. *Sauramps med* 1988: 203-209.
- 53-Forster et Al., *Results of percutaneous tendoachillis lengthening*. *J. Pediatr Orthop* 1996: 16:549.
- 54-Seringe R., Atia R., *PBVE idiopathique: résultats du traitement fonctionnel (269 pieds)*. *Rev Chir Orthop* 1990: 76: 490-501.
- 55-Browne D., *Talipese quino varus*. *Lancet*: 1934:2:969.
- 56-Seringe R., Herlin P., Kohler R. et Coll., *A new articulated splint for clubfoot*. In: Simons G. *Clubfoot*. New York, SpringerVerlag 1992.
- 57-Harrold A.J, Walker C.J, *Treatment and prognosis in congenital clubfoot*. *J Bone Joint Surg* 1983:65B:8-11.
- 58-Ponseti I.V., *Common errors in the treatment of congenital clubfoot*. *International Orthopaedics (SICOT)* 1997: 21: 137-141.
- 59-Seringe R, *Le PBVE congénital: étude radiologique*. *Ann. Chir. Infant.*, 1977,18, 97-114.

-
- 60- Nilgun B., Suat E., Engin S. I., Fatma U., Yakut Y. Short-term results of intensive physiotherapy in clubfoot deformity treated with the Ponseti method. *Pediatrics International*. 53(3):381-385, June 2011.
- 61- Chotel F, Parot R, Seringe R, Bérard J, Wicart P. Comparative Study: Ponseti Method versus French Physiotherapy for Initial Treatment of idiopathic Clubfoot deformity; *JPO* 2011; 31: 320-325.
- 62- Faulks S. Ponseti and French Functionnal Methods are equally effective. *Chir Orthop Relat Res* (2009) 467 : 1278-1282.
- 63- Richards BS, Faulks S, Rathjen K.E et al. A comparison of two nonoperative methods of idiopathic clubfoot correction: the Ponseti method and the french functional (physiotherapy) method. *J Bone Joint Surg Am*. 2008; 90 :2313-2321.
- 64- El Batti S. Methode fonctionnelle versus methode ponseti dans le traitement du pied bot varus equin idiopathique. Thèse pour obtenir le diplôme d'Etat de Docteur en Médecine. Faculté de Médecine de Nice. 2014.
- 65- A. Diméglio, F. Canavese, The French fonctionnal physical therapy method for the treatment of congenital clubfoot, *JPO B* 2012, 21: 28-39.
- 66- Bensahel H., Guillaume A., Csukonyi Z, Themar- Noel C., The intimacy of clubfoot: the ways of functional treatment. *J Pediatr Orthop* 1994: 3B:155-160.
- 67- Morcuende JA, Abbasi D, Dolan LA, Ponseti IV. Results of an accelerated Ponseti protocol for clubfoot. *JPO* 2005 ; 25 : 623-626.
- 68- Avilucea F, Szalay E, Bosch P, et al. Effect of cultural factors on outcome of Ponseti treatment of clubfeet in rural America. *J Bone Joint Surg*. 2009;91: 530–540
- 69- Chotel, R. Parot, A. Fassier, K. Abelin-Genevois, R. Kohler, J.Bérard, Traitement du pied bot selon la méthode de Ponseti, expérience lyonnaise de 13 ans (1999-2012). In : Cottalorda J. Monographie de la SOFOP. Sauramps Medical, Mars 2012 Montpellier, p : 253-266.
- 70- Rosalind M. O., John Norgrove P., Andrew Mayo J. Morcuende J.A. and Christopher B.D Lavy. A collaborative public health approach to clubfoot intervention in 10 low-income and middle- income countries : 2-year outcomes and lessons learnt. *JPO B* 2012 ; 21 : 361-365.
- 71- H. Bensahel, P Jehanno, J-P Delaby, C. Themar-Noël, Conservative treatment of clubfoot: the Functionnal Method and its long-term follow-up. *Act Orthop Traumatol Turc* 2006 ; 40 (2) : 181-186.
- 72- Ghanem I., Seringe R., Comparaison des méthodes d'évaluation des résultats du traitement du PBVE congénital. *Rev. Chir. Orthop* 1995.81.616-621.

-
- 73- Chotel F, Parot R, Durand JM, Hodg Kingon, Berard J. Prise en charge initiale du pied bot varus équin congénital selon la méthode de Ponseti. Rev Chir Orthop 2002; 88 ;710-7.
- 74- Bensahel h, Csukoyi Z, Desgrippes Y, Chaumien J.P, Surgery in residual clubfoot: one stage medioposterior release “à la carte”. J. Pediat. Orthop. 1987, 7: 145-48.
- 75- Dwyer FC. Osteotomy of the calcaneus for pescavus. J Bone Joint Surg. 1959;41: 80-6.
- 76- Mac Connail M, Basmajian J. Muscles and movements : chap IV . composited and consequential movement, muscles and movements p 36,51. Baltimor . Willams and Wikin co , 1969
- 77- Dunn H.K, Samuelson K.M. Flat top talus. A long term report of twenty club foot. J. Bone joint. Surg., 1963, 45 B : 67-74.
- 78- Riöppy S, Sainranen H. Neonatal operation treatment of club foot. J. Bone joint. Surg., 1983, 9, 233-240. Resistant congenital clubfoot – one stage poster medial release with internal fixation. A Preliminary report. J. Bone Surg., 1971; 53A:477-97.
- 79- Zeller R. Seringe R. Chirurgie du pied bot varus équin congénital encycl Méd chir(elsevier, Paris) Technique chirurgicale Orthopédie-traumatologie EMC 44-921,1995-podologie,1999,8p
- 80- Franke J, Hein G. Our experiences with the early operation treatment of congenital club foot. J.Ped. Orthop., 1988;8:26-30
- 81- Ghalin N, Smith R.B, Clayden D.D et al. The result of pantalar reduction in the management of congenital talipes equinovarus. J. Bone Joint.Surg., 1983, 65B : 1-7
- 82- Green Adi, Lloyd-Roberts G.D, The results of early posterior release in resistant clubfoot. J. Bone joint surg, 1985, 07-B: 588-93
- 83- Meary ; Pied bot varus équin congénital Analyse de 260 cas suivis depuis la naissance Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique 1994;80 :246
- 84- Simons G W. Complete subtalar release in club feet. J. Bone Joint Surg., 1986, 67A: 1044-1065.
- 85- Dwyer F. The treatment of relapsed clubfoot by the insertion of a wedge into the calcaneum. J. Bone joint Surg., 1963, 45-B : 67-75.
- 86- Claverty J.M, Clavert a, Buck P. La maladie amniotique: nouvelle approche de sa pathogénie. La médecine infantile 87ème année, N°2, 1980 : 197-206.
- 87- Wicart P, Barthes X, Ghanem I, Seringe R. Clubfoot posteromedial release. Advantages of tibial anterior tendon lengthening J. Pediatr. Orthop. 2002 ; 22 : 526-532

-
- 88- Isaacs et Coll. The muscles in club foot J.B.J.S, 1977, 59B: 465-472
- 89- Strach E.H. Club-foot through the centuries. Prog. Pediatric Surg. 1986;20 : 215-37.
- 90- Seringe, Wicart Chirurgie du pied bot varus équin congénital Emc technique chirurgicales. Orthopédie traumatologie 2011 ; 44-921
- 91- Metaizeau J.P, Montarnal R. The immediate effects of CPM used for treatment of talipes equinovarus. Communication 9th meeting. European pediatric orthopedic society, Athens, 30-31 mars 1990.
- 92- Carlioz H, Pous J.G. Le pied bot varus équin. In: Cahiers d'Enseignement de la SOFCOT n°3.(117 pages), Paris, Expansion Scientifique Française, 1977.
- 93- Chaix O, Taussig G. La double arthrodèse dans le traitement du pied bot varus équin congénital. Rev Chir Orthop 1983 ; 69 (suppl II) : 141-148
- 94- Cantin MA, Fassier F, Morin B, Brown K, Rosman M : The Ilizarov external fixator in severe foot deformities : preliminary results. The club foot, Ed. Springer Verlag Berlin New York , 1994 : 293-97
- 95- De La Huerta F : correction of the neglected club foot by the Ilizarov method Clin Orthop , 1994 ;301 : 89-93.
- 96- Paley D : Complex foot deformity correction using the Ilizarov circular external fixator with distraction but without osteotomy. The Club foot , Ed Springer Verlag Berlin New York , 1994 :297-321
- 97- KITE J.H. Non operative treatment of congenital club feet. Orthop. 1984: 29-197.
- 98- Moulies D, Tangery A : chirurgie orthopédie du pied, enfant et adolescent. 11ème édition. Henry IV. 34000 Montpellier.
- 1- Besse J.L, Leemrijse T, Thémar-Noël C, Tourné Y. Le pied bot varus équin : traitement chez l'enfant et devenir à l'âge adulte Revue de chirurgie orthopédique 2006, 92 : 175-192
- 2- SERINGE R, P. WICART. Traitement opératoire du pied bot varus équin congénital. livre d'orthopédie pédiatrique. Masson. Paris. 2005. ISBN : 2-294-01495-2
- 3- Eidelman M, Kotlarsky P. Treatment of relapsed, residual and neglected clubfoot: adjunctive surgery J Child Orthop 2019;13:293-303. DOI: 10.1302/1863-2548.13.190079
- 4- Karima Atarraf, Mounir Arroud, La place de la double arthrodèse dans la prise en charge du pied bot varus équin invétéré. Pan Afr Med J. 2014; 19: 212. French. Publication en ligne 2014 oct. 27

-
- 5- Henri Carlioz, Raphael Seringe. Orthopédie du nouveau-né à l'adolescent - 2e édition. ELSEVIER-MASSON. 2005
 - 6- Henri Carlioz, Rémi Kohler. Orthopédie pédiatrique : membre inférieur et bassin. ISBN : 2-294-01495-2. Paris : Masson. 2005
 - 7- Radler C, Mindler GT. Treatment of severe recurrent clubfoot. Foot Ankle Clin 2015; 20:563-586.
 - 8- Penny JN. The neglected clubfoot. Tech Orthop 2005;20:153-166.
 - 9- Jauregui JJ, Zamani S, Abawi HH, Herzenberg JE. Ankle range of motion after posterior subtalar and ankle capsulotomy for relapsed equinus in idiopathic clubfoot. J Pediatr Orthop 2017;37:199-203.
 - 10- Eidelman M, Katzman A. Treatment of complex foot deformities in children with the Taylor spatial frame. Orthopedics 2008;31:1-5.
 - 11- Eidelman M, Katzman A, Bor N, et al. Treatment of residual clubfoot deformities with the Taylor Spatial Frame using a Ponseti sequence [abstract]. EPOS Sorrento, Italy, 2007.
 - 12- Eidelman M, Keren Y, Katzman A. Correction of residual clubfoot deformities in older children using the Taylor spatial butt frame and midfoot Gigli saw osteotomy. J Pediatr Orthop 2012;32:527-533.
 - 13- Mubarak SJ, Dimeglio A. Navicular excision and cuboid closing wedge for severe cavovarus foot deformities: a salvage procedure. J Pediatr Orthop 2011;31: 551-556.
 112. Yasin ES, Amin HE, Ghani HA. A new anchoring technique for tibialis anterior tendon transfer. J PediatrOrthop B. 2019
 113. Westberry DE, Davis RB, Binkley-Vance R. In-toeing gait in children with clubfoot and the effect of tibial rotation osteotomy. J PediatrOrthop B. 2019
 115. Riganti S, Coppa V, Nasto LA, Di Stadio M. Treatment of complex foot deformities with hexapod external fixator in growing children and young adult patients. Foot Ankle Surg. 2019
 116. Liu H, Li M, Liu X, Luo C, Cao Y. Treatment of rigid congenital clubfoot with Ilizarov technique in older children. ZhongguoXiu Fu Chong JianWaiKeZaZhi. 2018
 117. Zhang Z, Zang J, Qin S. Effectiveness of Ilizarov technique in treatment of clubfoot after burns. Zhongguo Xiu Fu Chong JianWaiKeZaZhi. 2018
 118. Xiao-Jian Wang, Feng Chang, Yun-Xing Su, Ilizarov technique combined with limited adjunctive surgical procedures for correction of relapsed talipesquinovarus in children. J Pediatr Orthop B 2019.

-
119. Van Gelder J., Van Ruiten A., Visser J.A., Maathuis P. Longtermresults of the Posteromedial Release in the Treatment of Idiopathic Clubfoot. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 30(7): 700-704, October/November 2010.
120. Rampal V., Chamond C., Barthes X., Glorion C., Seringe R., Wicart P. Long-term Results of Treatment of Congenital Idiopathic Clubfoot in 187 Feet: Outcome of the Functional "French" Method, if Necessary Completed by Soft-tissue Release. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 33(1):48-54, January/February 2013.F.
121. Kenmoku T., Kamegaya M., Saisu T., Ochiai N., Iwakura N., Iwase D., Takahashi K., Takaso M. Athletic Ability of School-Age Children After Satisfactory Treatment of Congenital Clubfoot. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2013, 33(3): 321-325
122. Graf A., Hassani S., Krzak J., Long J., Caudill A., Flanagan A., Eastwood D., Kuo K., Harris G., Smith P. Long-Term Outcome Evaluation in Young Adults Following Clubfoot Surgical Release. *JPO* Juin 2010 ; 30 : 379-385.
123. Morin M., Hoopes D. M., Szalay E.A. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. Positive Communication Paradigm Decreases Early Recurrence in Clubfoot Treatment. *JPO* Mars 2014; 34:219-222.
124. Rosalind M. O., John Norgrove P., Andrew Mayo J. Morcuende J.A. and Christopher B.D Lavy. A collaborative public health approach to clubfoot intervention in 10 low-income and middle-income countries: 2-year outcomes and lessons learnt. *JPO* B 2012 ; 21 : 361-365.
125. Corinne Bronfen, Lucienne Marcucci, Guillaume Pierrard. Traitement chirurgical de déformations sévères en varus équin des pieds chez l'enfant et l'adolescent en Afrique *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*, Volume 105, Issue 2, April 2019, Pages 248-251
126. A. Baghdadli, A. Othmani, M. Sadaoui, M. Boukli Hacene. Le Traitement Chirurgical Du Pied Bot Varus Équin Congénital. *Archives de Pédiatrie*, Volume 22, Issue 5, Supplement 1, May 2015, Page 235.
127. M. Tuinsma, B. Vanwanseele, L. van Oorschot, H. J. J. Kars. Gait kinetics in children with clubfeet treated surgically or with the Ponseti method: A meta-analysis *Gait & Posture*, Volume 66, October 2018, Pages 94-100.
128. Kanwaljit S. Khas, Pulak M. Pandey, Alok R. Ray. Development of an orthosis for simultaneous three-dimensional correction of clubfoot deformity *Clinical Biomechanics*, Volume 51, January 2018, Pages 67-75.
129. Anil Agarwal, Gourav Jandial, Neeraj Gupta. Comparison of three different methods of anterior tibial tendon transfer for relapsed clubfoot: A pilot study *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, In press, corrected proof, Available online 7 September 2018.
130. Christof Radler, Gabriel T. Mindler. Treatment of Severe Recurrent Clubfoot Foot and Ankle Clinics, Volume 20, Issue 4, December 2015, Pages 563-586.

-
131. Mohamed El-Sayed. Ilizarov external fixation for management of severe relapsed clubfeet in older children *Foot and Ankle Surgery*, Volume 19, Issue 3, September 2013, Pages 177-181.
132. Harold Jacob Pieter van Bosse. Treatment of the Neglected and Relapsed Clubfoot *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery*, Volume 30, Issue 4, October 2013, Pages 513-530.
133. A. Fassier. Pied bot varus équin et autres malformations congénitales des pieds. *Journal de pédiatrie et de puériculture* (2016) 29, 310—323.
- 134- HaasbeekJF; Wright JG: A comparison of the long-term results of posterior and comprehensive release in the treatment of clubfoot. *J. Pediatr.Orthop.* 17:29 – 35, 1997.
- 135- Simons GW: Complete subtalar release in club feet. PartII –Comparison with less extensive procedures. *J. Bone Joint Surg.*67-A:1056 – 1065, 1985.
- 136- Tschopp, O; Rombouts, JJ; Rossillon, R: Comparison of postero medial and subtalar release in surgical treatment of resistant clubfoot. *Orthopedics* 25:527 – 529, 2002.
- 137- Harold Jacob Pieter van Bosse. Treatment of the Neglected and Relapsed Clubfoot *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery*, Volume 30, Issue 4, October 2013, Pages 513-530.
- 138- MignotP and Butel J.The treatment of congenital club-foot—Results of 80 cases. *Ann. Chir. Infant.* 17:45–54 .1976
- 139- Seringe R, Miladi L. Comparative evaluation of two surgical techniques with and without subtalarrelase. In: Simons G, editor. *The clubfoot. The present and a view of the future.* New York: Springer Verlag; 1994. p. 463-7.
- 140- Wicart P, Seringe R. *Ostéotomies du tarse.* EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), *Techniques chirurgicales. Orthopédie-Traumatologie*, 44-920, 2010.
- 141- Mehrafshan M, Rampal V, Seringe R, Wicart P. Recurrent club-foot deformity following previous soft-tissue release: mid-term outcome after revision surgery. *J Bone Joint Surg Br* 2009;91:949-54
- 142- NakaseT, CYasui N, Ohzono K, Shimizu N,Yoshikawa H. Treatment of relapsed idiopathic club foot by complete subtalar release combined with the Ilizarov method. *J Foot Ankle Surg.* 2006;45:337-41.
- 143- Freedman JA, Watts H, Otsuka NY. The Ilizarov method for the treatment of resistant club foot: is it an effective solution? *J Pediatr.* 2006; 26:432-7.
- 144- Laudrin P, Wicart P, Seringe R. Resection of navicular bone for severe midfoot deformity in children. *Rev ChirOrthop* 2007;93:478-85.
- 145- Graf A., Hassani S., Krzak J., Long J., Caudill A. Long-Term OutcomeEvaluation in Young Adults Following Clubfoot Surgical Release.*JPO* 2010 ; 30 : 379-385.

146- Garceau GJ, Palmer RM. Transfer of the anterior tibial tendon for recurrent club foot – A long term follow-up. J Bone Joint Surg Am 1967;49:207-31.

147- Hoffer MM, Reiswig JA, Garrett AM. The split anterior tibial tendon transfer in the treatment of spastic varushindfoot of childhood. Orthop. Clin North Am 1974;5:31.

148- Van Gelder J., Van Ruiten A., Visser J.A., Maathuis P. Longtermresults of the Posteromedial Release in the Treatment of Idiopathic Clubfoot. Journal of Pediatric Orthopaedics. 30(7): 700-704, October/November 2010.

149- Filipe G, Kaloue K. Résultats à long terme, reprises tardives séquelles. Cahier d'enseignement de la SOFOP N° 43 Expansion scientifique Française. Paris, 1993.73-86.

150- Dobbs MB, Nunley R, Schoenecker PL. Long-term follow-up of patients with clubfeet treated with extensive soft-tissue release. J Bone Joint Surg. Am 2006;88:986-96.

151- Laville JM, Collin JF. Treatment of recurrent or neglected clubfoot by Ilizarov's appliance. Rev. Chir. Orthop. 1992;78: 485-90.

152- Bensahel H, Csukonyi Z, Desgrippes Y, Chaumien J, P. Surgery in residual clubfoot : one stage medioposterior release < a la carte > .J. Ped. Orthop. 1987, 7:145-148.

153- Heyman CH, Herndon CH, Strong JM. Mobilization of the tarsometatarsal and intermetatarsal joints for the correction of resistant adduction of the fore part of the foot in congenital club-foot or metatarsus varus. J Bone Joint Surg Am 1958;40:299-310.

154- Stark J, Johanson J, Winter R. The Heyman-Herndon tarsometatarsal capsulotomy for metatarsus adductus: results in 48 feet. J Pediatr. Orthop. 1987;7:305-10.

155- Meary R, Mattei CR, Tomeno B, Paran M, Vidal J. Tarsectomie antérieure pour pied creux. Indication et résultats lointains. Rev Chir Orthop 1976.62:231-243.

156- Cole WH. The treatment of claw-foot. J Bone Joint Surg 1940; 22: 895-908.

157- Haasbeek, JF; Wright, JG: A comparison of the long-term results of posterior and comprehensive release in the treatment of clubfoot. J. Pediatr. Orthop. 17:29–35, 1997.

158- Ippolito, E; Farsetti, P; Caterini, R; Tudisco, C: Long-term comparative results in patients with congenital clubfoot treated with two different protocols. J. Bone Joint Surg. 85-A:1286 – 1294, 2003.

159- Laaveg, SJ; Ponseti, IV: Long-term results of treatment of congenital club foot. J. Bone Joint Surg. 62-A:23 – 31, 1980.

160- Simons, GW: Complete subtalar release in club feet. Part II – Comparison with less extensive procedures. J. Bone Joint Surg. 67-A:1056 – 1065, 1985.

-
- 161- Tschopp, O; Rombouts, JJ; Rossillon, R: Comparison of posteromedial and subtalar release in surgical treatment of resistant clubfoot. *Orthopedics* 25:527 – 529, 2002.
- 162- Turco, VJ: Resistant congenital club foot. One-stage posteromedial release with internal fixation. A follow-up report of a fifteen-year experience. *J. Bone Joint Surg. Am.* 61-A:805 – 14, 1979.
- 163- Wynne-Davies, R: Talipes equinovarus. A review of eighty-four cases after completion of treatment. *J. Bone Joint Surg.* 46-B:464 – 476, 1964
- 164- Morcuende JA, Dolan LA, Dietz FR, et al. Radical reduction in the rate of extensive corrective surgery for clubfoot using the Ponseti method. *Pediatrics*.2004;113:376Y380.
- 165- CRAWFORD A, MARXEN J, OSTERFELD O. The Cincinatti incision. A comprehensive approach for surgical procedures of the foot and ankle in childhood. *J Bone Joint Surg*, 1982 ; 64A • 1355 • 1358.
- 166- Nakase T, Yasui N, Ohzono K, Shimizu N, Yoshikawa H. Treatment of relapsed idiopathic club foot by complete subtalar release combined with the Ilizarov method. *J Foot Ankle Surg* 2006;45:337-41.
- 167- Freedman JA, Watts H, Otsuka NY. The Ilizarov method for the treatment of resistant club foot: is it an effective solution? *J Pediatr Orthop* 2006;26:432-7.
- 168- Kuo KN, Jansen LD. Rotatory dorsal subluxation of the navicular: a complication of clubfoot surgery. *J Pediatr Orthop* 1998;18:770-4.
- 169- Laudrin P, Wicart P, Seringe R. Resection of navicular bone for severe midfoot deformity in children. *Rev Chir Orthop* 2007;93:478-85.
- 170- Gheldere A, Docquier PL. Analytical radiography of clubfoot after tenotomy. *J Pediatr Orthop* 2008;28 (6):691-4.
- 171- Vincent-Jackson T. Treatment of club-foot by immediate straightening of the foot sequential to tenotomy. *Lancet* 1888;1:1220.
- 172- Garceau GJ, Palmer RM. Transfer of the anterior tibial tendon for recurrent club foot – A long term follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 1967;49:207-31.
- 173- Hoffer MM, Reiswig JA, Garrett AM. The split anterior tibial tendon transfer in the treatment of spastic varus hindfoot of childhood. *Orthop Clin North Am* 1974; 5: 31.
- 174- Legaspi J, Li YH, Chow W, Leong JC. Talectomy in patients with recurrent deformity in club foot. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Br* 2001;83:384-7.

175- Lapidus PW. Dorsal bunion: its mechanics and operative correction. J Bone Joint Surg Am 1940;22:627-37.

176- Bohn M , The embryology origin of clubfoot J ; Bonne Joint Surg, 1929, 11, 229-259.

177- Irani R, Sherman M. The pathological anatomy of idiopathic clubfoot. J bone joint surg. 1963, 45-A, 45-52.

178- Metaizeau J. Rumeau F. Beltramo F. Application de l'informatique à l'étude du traitement chirurgical du PBVE. RevuChir. Orthop. 1987,73,491-500.

179. Halanski M., Davison J., Huang J-C.,Walker, Cameron G.,Walsh, S., Crawford H. Ponseti Method Compared with SurgicalTreatment of Clubfoot: A Prospective Comparison.The Journal of Bone and Joint Surgery-American Fev2010;92: 270-278

180. Evgenia Manousaki, Anna-Clara Esbjörnsson, Louise Mattsson. Correlations between the Gait Profile Score and standard clinical outcome measures in children with idiopathic clubfoot Gait& Posture, Volume 71, June 2019, Pages 50-55

181. H. Van Schelven. S Moerman. M. Van Der Steen. Arnold T Besselaar. Prognostic factors for recurrent idiopathic clubfoot deformity: a systematic literature review and meta-analysis. Oct 2021

182. Parker SE, Mai CT, Strickland MJ, Olney RS, Rickard R, Marengo L, et al. Multistate study of the epidemiology of clubfoot. Birth Defects Res Part A Clin Mol Teratol. nov 2009;85(11):897- 904.

183. Wang H, Barisic I, Loane M, Addor MC, Bailey LM, Gatt M, et al. Congenital clubfoot in Europe: A population-based study. Am J Med Genet A. 2019; 179 (4):595- 601.

184. Monsia A et al. Chirurgie du pied-bot varus équin congénital au centre pour handicapes physiques Don Orione de Cote-d'Ivoire. Annales de chirurgie plastique esthétique 53 (2008) 41-45.

185. H DAHMANI. Prise en charge chirurgicale du pied bot varus équin congénital chez l'enfant (2009-2010): Expérience du service d'orthopédie traumatologie pédiatrique au CHU de Marrakech. THESE.2012

186. El BATTI S. Méthode fonctionnelle versus méthode Ponseti dans le traitement du pied bot varus équin idiopathique. Thèse. Faculté de Médecine de Nice. 2014.

187. S. SIMOLIEN. Université de Lille faculté de médecine. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en médecine. Le pied bot varus équin congénital idiopathique traitement selon la méthode Ponseti et son suivi au sein du service de chirurgie pédiatrique de l'institut CALOT.2022.

-
188. Elgohary HSA, Abulsaad M. Traditional and accelerated Ponseti technique: a comparative study. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* juill 2015;25(5):949- 53.
189. Radler C. The Treatment of Recurrent Congenital Clubfoot. *Foot Ankle Clin.* déc 2021;26(4):619- 37.
190. Chong DY, Finberg NS, Conklin MJ, Doyle JS, Khoury JG, Gilbert SR. Prospective evaluation of the use of Mitchell shoes and dynamic abduction brace for idiopathic clubfeet. *J Pediatr Orthop B.* nov 2014;23 (6):501- 4.
191. Chen W, Pu F, Yang Y, Yao J, Wang L, Liu H, et al. Correcting Congenital Talipes Equinovarus in Children Using Three Different Corrective Methods: A Consort Study. *Medicine (Baltimore).* juill 2015;94(28):e1004.
192. Sangiorgio SN, Ebramzadeh E, Morgan RD, Zionts LE. The Timing and Relevance of Relapsed Deformity in Patients With Idiopathic Clubfoot. *J Am Acad Orthop Surg.* juill 2017;25(7):536- 45.
193. Van Mulken JM, Bulstra SK, Hoefnagels NH. Evaluation of the treatment of clubfeet with the Dimeglio score *J .Pediatr Orthop* 2001 ; 21 : 642.
194. Li L, Zhang L, Wang E. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* Comparison of long-term results between muscle-strength balancing procedure and McKay procedure in treating congenital clubfoot]. 2007 Oct;21(10):1108-12. PMID: 17990780 Chinese.
195. Kaewpornasawan K, Khuntisuk S, Jatunarat R. Comparison of modified posteromedial release and complete subtalar release in resistant congenital clubfoot: a randomized controlled trial. *J Med Assoc Thai.* 2007 May;90(5):936-41. PMID: 17596049 Clinical Trial.
196. Karakurt L, Belhan O, Varol T, Yilmaz E, Serin E. *Eklemler Hastalıkları Cerrahisi .* Comparaison des résultats à moyen terme de la libération complète sous-talienne par les incisions de Cincinnati et postéro-médiales du pied bot. 2009;20(1):32-40. PMID: 19522689 Turc.
197. Karakurt L, Yilmaz E, Inci M, Serin E, Oztürk M. Premiers résultats de la libération complète sous-talienne dans la déformation congénitale du pied bot]. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2003; 37 (1):53-62. PMID: 12655196 Turc
198. Kalenderer O, Reisoglu A, Turgut A, Agus H. Évaluation des résultats cliniques et radiographiques de la libération complète sous-talienne dans le traitement du pied bot. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2008 nov-déc;98(6):451-6. doi: 10.7547/0980451. PMID: 1901785
199. Simons GW. La libération complète du sous-talon dans les pieds bots. *Orthop Clin North Am.* 1987 oct;18 (4):667-88. PMID: 3313168.
200. Pinto JA, Hernandes . Anomalies radiographiques du talus chez les patients atteints de pied bot après libération chirurgicale à l'aide de la technique MCKAY. *A. Rev Bras Ortop.* 8 déc. 2015 ;46 (3):293-8. PMID: 27047821.

-
201. Kolb A, Willegger M, Schuh R, Kaider A, Chiari C, Windhager R. L'impact des différents types de déformation du talus après traitement des pieds bots. *Int Orthop*. 2017.;41 (1):93-99. doi: 10.1007/s00264-016-3301-5.
202. Atar D, Lehman WB, Grant AD, Strongwater A. Chirurgie de révision des pieds bots. *Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst*. 1990 Automne;50 (2):149-59.PMID: 2175661
203. Farsetti P, Caterini R, Mancini F, Potenza V, Ippolito E. Transfert du tendon tibial antérieur dans le pied bot congénital récidivant : étude de suivi à long terme de deux séries traitées avec un protocole différent. *J Pediatr Orthop*. 2006 janv.-févr.;26(1):83-90.
204. Meyer Z, Zide JR, Cherkashin A, Samchukov M, Bohl DD, Riccio AI. Revue narrative de la prise en charge par fixateur annulaire des déformations récurrentes du pied bot. *Ann Transl Med*. Juillet 2021;9(13):1104.
205. Wen XD, Liang XJ, Zhang Y, Liang JQ, Liu PL, Chang X, Yang XA, Zhao HM. Correction progressive par distraction d'Ilizarov pour déformation sévère en varus du tibia distal résultant d'une fracture épiphysaire : rapport de cas et revue de la littérature. *J Foot Ankle Surg*. 2021 Jan-Fév; 60(1):204-208.
206. Cohen-Sobel E, Caselli M, Giorgini R, Giorgini T, Stummer S Suivi à long terme de la chirurgie du pied bot : analyse de 44 patients. *J Foot Ankle Surg*. 1993 juil.-août;32(4):411-23.PMID: 8251997
207. Ettl V, Kirschner S, Krauspe R, Raab P. Résultats à mi-parcours après chirurgie de révision des pieds bots. *Int Orthop*. 2009 avr.;33 (2):515-20.
208. Marinelli M, Falcioni D, Gigante AP, Coppa V. Récidive du pied bot traité chirurgicalement : approche thérapeutique et résultats à moyen terme de la chirurgie de révision. *Acta Biomed*. 31 août 2022 ; 93 (4):e2022265.
209. Vizkelety T, Szepesi K. Réintervention dans le traitement du pied bot. *J Ped Orthop*. 1989;9:144–147.
210. Sambandam SN, Gul A. Radiographie de stress dans l'évaluation de la déformation résiduelle du pied bot après libération postéro-médiale des tissus mous. *Int Orthop*. 2006 ; 30 : 210–214.
211. Tarraf YN, Carroll NC. Analyse des composantes de la déformation résiduelle des pieds bots se présentant pour une ré opération. *J. Pediatr Orthop*. 1992; 12: 207–216.
212. Lehman WB, Atar D, Bash J, et al. Résultats de la libération complète du pied bot des tissus mous associée à une fusion calcanéo-cuboïdienne dans le groupe d'âge de 4 à 8 ans après l'échec de la libération du pied bot. *J Pediatr Orthop Part B*. 1999;3(8):181–186.

-
213. Pohl M, Nicol RO. Ostéotomie cunéiforme médiale transcunéiforme et en coin d'ouverture avec ostéotomie cuboïde en coin de fermeture dans le pied bot récidivant. *J Pediatric Orthop*. 2003;23:70.
214. Simons GW. Radiographie analytique des pieds bots. *J Bone Joint Surg Br*. 1977;59:485–489.
215. Mchale KA, Lenhart MK. Traitement de la déformation résiduelle du pied bot – le pied « en forme de haricot » – par ostéotomie cunéiforme médiale en coin d'ouverture et ostéotomie cuboïde en coin de fermeture. *Revue clinique et corrélations cadavériques. J Pediatr Orthop*. 1991;11(3):374–81.
216. Ceccarelli F, Pedrazzini A, Carolla A, Giannini S. Dans : Il trattamento chirurgico a « cielo aperto » degli esiti di piede torto congenito equino-varo-supinato. Dans *Il Piede Pediatrico*. Guelfi M, Ceccarelli F, Vittore D, éditeurs. Timeo Editore : Bologne ; 2010. p. 125-134
217. Krause FG, Guyton GP. Dans : Pes Cavus. Dans *Mann's Surgery of the Foot and Ankle*. Coughlin M. J, Mann R. A, Saltzman C. L, éditeurs. Philadelphia : Elsevier Saunders ; 2014. pp. 1361–1383.
218. Lamm BM, Gesheff MG, Salton HL, Dupuis TW, Zeni F. Planification préopératoire et technique peropératoire pour un réalignement précis de l'ostéotomie calcanéenne de Dwyer. *J Foot and Ankle Surg*. 2012 ; 51(6) : 743–748.
219. Lapidus PW. Oignon dorsal : sa mécanique et sa correction opératoire. *J Bone Joint Surg A*. 1940;22(3):627–637. [Google Scholar]
220. Ohly NE, Macnicol MF. Hallux flexus : revue de l'opinion actuelle sur l'étiologie et la prise en charge. *Curr Orthop*. 2005 ; 19(6) : 461–466
221. Joseph B, Bhatia M, Nair NS. Relation talo-calcanéenne dans le pied bot. *J Pediatr Orthop*. 2001;21(1):60–64.
222. Tennant JN, Carmont M, Phisitkul P. Ostéotomie du calcanéum. *Revue actuelle en médecine musculo-squelettique*. 2014 ; 7(4) : 271–276.
223. Ricco AL, Richards BS, Herring JA. Dans: Troubles du pied. Dans *Tachdjian's Pediatric Orthopaedics : From the Texas Scottish Rite Hospital for Children*. Herring J. A, Tachdjian M. O, éditeurs. Elsevier Saunders : Dallas, Texas ; 2013. pp. 761–883
224. Handelsman JE, Weinberg J. Ostéotomie cunéiforme supramalléolaire : une méthode de correction de l'équinisme fixe et des déformations associées chez les enfants. *Pied*. 2005;15(1):33–39.

225. Lourenco AF, Dias LS, Zoellick DM, Sodre H. Traitement de la déformation résiduelle en adduction du pied bot : la double ostéotomie. J Pediatr Orthop. 2001;21:713–8.

226. Gordon JE, Luhmann SJ, Dobbs MB, et al. Ostéotomie combinée du médio-pied pour adduction sévère de l'avant-pied. J Pediatr Orthop. 2003;23(1):74–8.

227. Karima Atarraf, Mounir Arroud , Lamiae Chater. La place de la double arthrodèse dans la prise en charge du pied bot varus équin invétéré Afifi Pan Afr Med J. 27 oct. 2014 ; 19 :212.

228. Masrouha K, Chu A, Lehman W. Ann Transl Med Revue narrative de la prise en charge d'un pied bot récidivant. Juillet 2021;9(13):1102. est-ce que je: 10.21037/atm-20-7730.PMID: 34423014.

229. Anastasia M, Pramantha B, Kholinne E, Anestessia. Le transfert du tendon tibial antérieur à l'aide d'une ancre de suture offre une excellente alternative de traitement pour le pied bot récidivant : un rapport de cas. IJ.Int J Surg Case Rep. 2023 mai ;106:108270.

