

ALAN C. BURTON

**PHYSIOLOGIE
ET BIOPHYSIQUE
DE LA CIRCULATION**

2^e ÉDITION



MASSON ET CIE



B.61-185 EX.1

B. 61 - 185
EX.1

PHYSIOLOGIE ET BIOPHYSIQUE DE LA CIRCULATION

PAR

ALAN C. BURTON

Professor and former Chairman of the Department of Biophysics,
Medical School University of Western Ontario, London, Ontario, Canada

Traduit de l'anglais

par Jean GONTIER

Professeur de Physiologie à la Faculté de Médecine,
Université de Montréal, Montréal, Canada

Deuxième édition
revue et augmentée

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS-VI^e

1975

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. — <i>Principes de la physiologie circulatoire</i>	1
Le comité céleste d'organisation de la circulation des mammifères	1
But (fonction) de la circulation	2
Besoins en oxygène des différentes cellules et des différents tissus	3
Etendue et variabilité des besoins tissulaires	4
Les priorités dans la circulation	6
Possibilités de contrôle de la circulation	7
Problème du contrôle de la circulation	10
Conclusions	11

PREMIÈRE PARTIE

LIQUIDE CIRCULANT : LE SANG

2. — <i>Composition du sang</i>	13
Limites du chapitre	13
Fractions du sang, plasma, cellules et sérum	13
Séparation des cellules et du plasma, sédimentation et centrifugation	14
Hématocrite	15
Numérotation des globules rouges et volume corpusculaire moyen	16
Autres éléments cellulaires du sang, numération des globules blancs	17
Composition du plasma	18
3. — <i>Erythrocytes</i>	22
Raisons de la forme du globule rouge	24
Transformations disque-sphère	24
Variations de la forme du globule rouge	25
Gonflement osmotique du globule rouge et hémolyse	25
Hémolyse « in vivo » : hémolysines	26
Tests de fragilité globulaire	27
Cytochimie de la membrane du globule rouge	27
Contenu du globule rouge	28
Métabolisme du globule rouge	29
4. — <i>Homéostasie de la composition du sang : hémostase, coagulation, agglutination</i>	31
Constance du liquide circulant	31
Durée de vie du globule rouge	31

Méthodes de mesure de la durée de vie des globules rouges	32
Hémostase. Temps de saignement et temps de coagulation	36
Mécanisme de la coagulation	36
Nomenclature de la coagulation	38
Agglutination des globules rouges, groupes sanguins et transfusion sanguine	39
5. — <i>Viscosité et mode d'écoulement du sang</i>	42
Écoulement laminaire	42
Coefficient de viscosité	43
Mesure de viscosité. Viscosimètres	43
Viscosité relative	44
Viscosité du sang et hématocrite	44
Hématocrite optimal pour le transport	46
Anomalies de la viscosité sanguine	47
Mouvements des globules rouges pendant l'écoulement du sang	49
Importance de la flexibilité des globules rouges	49
Circulation capillaire	50
Résumé	53
<i>DEUXIÈME PARTIE</i>	
LIT VASCULAIRE	
6. — <i>Disposition des vaisseaux</i>	55
Introduction	55
Voies reliant le système artériel au système veineux	55
Éléments en série dans chaque voie	57
Volume du sang dans les différents vaisseaux	58
Distensibilité du lit vasculaire	59
Vitesse moyenne de débit dans le lit vasculaire	60
Vitesse moyenne, temps de circulation et débit dans les capillaires	61
Mesure et signification du temps de circulation	61
Architecture du lit vasculaire terminal	65
Shunts anastomoses artério-veineuses	66
Sinusoïdes et autres compartiments vasculaires; étude par « dilution d'un indicateur » et courbes de lavage	67
7. — <i>Fonctions des parois des vaisseaux sanguins</i>	69
Introduction	69
Variétés de taille et structure des vaisseaux sanguins	69
Elasticité des vaisseaux sanguins	72
Raisons de l'aspect du diagramme d'élasticité des artères	74
Effet de l'âge sur l'élasticité des artères	75
Tension totale des parois des vaisseaux sanguins	76
Instabilité des petits vaisseaux sanguins soumis à l'action du tonus vaso-moteur	77
Fermeture critique des vaisseaux	79
Relation entre la pression et le débit dans les lits vasculaires	80
Importance du niveau de la pression sanguine transmurale	81
Résumé	81
8. — <i>Muscle lisse vasculaire</i>	83
Importance du muscle lisse vasculaire	83
Morphogénie du muscle lisse vasculaire	83
Cellules musculaires lisses	84
Mécanisme de la contraction	85

Ions et muscle lisse vasculaire. Electrophysiologie	86
Tonus « myogène » et tonus « neurogène »	86
Effet de l'extension sur la réponse	87
Métabolisme (consommation d'oxygène) du MLV	89
Méthodes de mesures de la tension active	90
Transmission de la force à la paroi	91
Résumé	93
9. — Pressions transmurales, gradients de pression et résistance au débit dans le lit vasculaire..	95
Pression d'un fluide	95
Manomètres	95
Pressions systolique et diastolique et pression moyenne	97
Pressions moyennes transmurales des différentes catégories de vaisseaux sanguins	98
Résistance au débit : définition	99
Relation entre la chute de pression et la résistance	100
Résistance calculée à partir de la loi de Poiseuille	101
Interprétation de la résistance au débit	101
Analyse hémodynamique : exemple de la fistule artério-veineuse	103
 TROISIÈME PARTIE 	
ÉNERGÉTIQUE DE LA CIRCULATION	
10. — Energie totale de fluide, énergie potentielle de gravitations, effets de la posture	107
Energie totale de fluide	107
Hydrostatique	108
Effet de la posture sur les pressions transmurales	109
Expériences sur table basculante, hypotension posturale, évanouissement	111
Action de la pompe musculaire	112
Effets de l'accélération. « Blackout » sous l'effet de G	113
G zéro (ou absence de pesanteur) et médecine spatiale	114
Résumé	115
11. — Energie cinétique de la circulation	116
Energie cinétique et énergie totale de fluide	116
Importance relative de l'énergie de pression et de l'énergie cinétique	117
Perturbation apportée à la mesure des pressions vasculaires par l'énergie cinétique	118
Energie cinétique et rétrécissement pathologique artériel	119
Principe de Bernoulli, plaques d'athérome et thrombose coronaire	119
Écoulement laminaire et écoulement turbulent	120
Dilatation artérielle post-sténosique	122
Cisaillement de la bordure endothéliale	121
Bruits de Korotkov : mesure indirecte de la pression artérielle	125
12. — Dissipation d'énergie dans la circulation, travail du cœur	129
Production de chaleur dans la circulation	129
Mesure de la dissipation de l'énergie dans la circulation	129
Quantité d'énergie dissipée et puissance du cœur	131
Travail statique et dynamique du muscle cardiaque	132
Charge totale et rendement du cœur	133
Production de pression dans le ventricule, forme et volume du cœur	134
Résumé	136

QUATRIÈME PARTIE

PHYSIOLOGIE DU CŒUR

13. — <i>Origine et propagation des battements cardiaques; électrophysiologie du cœur</i>	137
Caractère rythmique intrinsèque des tissus cardiaques	137
Facteurs qui déterminent le rythme de l'entraîneur	139
Activité électrique des cellules de l'entraîneur	139
Système de conduction	140
Activité électrique des fibres musculaires cardiaques	141
Propagation de la dépolarisation dans les ventricules	141
Notion de dipole équivalent	
14. — <i>Electrocardiogramme et troubles du rythme</i>	144
Dérivations électrocardiographiques standard	144
Electrocardiogramme normal	146
Morphologie du complexe QRST	147
Axe électrique moyen	148
Vectocardiographie	148
Blocs cardiaques	150
Flutter et fibrillation. Arythmies	150
Mécanisme physiologique de la fibrillation: théorie circulaire	151
Limites de l'électrocardiographie	151
Science pure ou ornithologie	152
15. — <i>Révolution cardiaque, bruits du cœur et souffles</i>	153
Caractéristiques générales de la pompe cardiaque	153
Phases de la révolution cardiaque	154
Insuffisance valvulaire: régurgitation	157
Synchronisme et asynchronisme pour le cœur droit et le cœur gauche	157
Systole et diastole	158
Origine des bruits circulatoires	158
Vibrations du cœur ou bruits du cœur?	159
Détails des bruits du cœur	159
Phonocathéters	162
16. — <i>Loi du cœur</i>	164
Loi du cœur de Starling	164
Preuve expérimentale de la loi de Starling	164
Explication de la loi	165
Loi de Starling sur l'animal intact	166
Deux pompes en série	167
Limites de la loi de Starling: décompensation cardiaque et insuffisance cardiaque	168
Résumé poétique	169
17. — <i>Circulation coronaire et métabolisme du muscle cardiaque</i>	170
Vascularisation coronaire artérielle	170
Modifications du débit artériel coronaire au cours du cycle cardiaque	172
Facteurs chimiques; autorégulation du débit coronaire	172
Influences nerveuses	173
Spasme coronaire et « réflexes intercoronaires »	174
Effet hormonal	174
Métabolisme du muscle cardiaque	175

Aspects qualitatifs du métabolisme cardiaque	175
Perturbations du métabolisme cardiaque	176
Tentatives d'amélioration de la circulation coronaire	176
18. — Interprétation du pouls	177
Introduction	177
Pouls aortique	177
Pression différentielle	178
Tracés pulsatiles pathologiques	179
Modifications du pouls au cours de la progression de l'onde pulsatile	180
Pouls veineux	183
Mesure de la fréquence du pouls	183
19. — Débit cardiaque et mécanique cardiaque	185
Principe de Fick	185
Erreurs d'échantillonnage	186
Méthode de dilution d'un indicateur par injection lente ou continue	186
Erreurs de base dans l'application de la méthode de Fick à un débit non continu	187
Méthode de dilution d'un indicateur par injection rapide	188
Rapport du volume systolique au volume télédiastolique	189
Différentes méthodes de mesure du débit cardiaque : précision et corrélation	190
Autres méthodes de mesure du volume systolique ou du débit cardiaque	190
Mécanique du myocarde	191
Résultats des mesures du débit cardiaque : index cardiaque	192
Différences possibles du débit cardiaque mesuré en différents endroits	194

CINQUIÈME PARTIE

RÉGULATION DE LA CIRCULATION

20. — Mécanismes de contrôle de l'homéostasie. Contrôle dominants	197
Cybernétique	197
Composants essentiels d'un système de contrôle de l'homéostasie	198
Variables contrôlées de la régulation circulatoire	199
Nature des contrôles dominants	200
21. — Homéostasie de la pression artérielle. Réflexes du sinus carotidien et de la crosse aortique.	201
Historique	201
Baro-récepteurs	202
Zones afférentes et centre vaso-moteur	205
Zones efférentes et mécanisme effecteur du réflexe	206
Importance relative des systèmes effecteurs cardiaque et périphérique	209
Influence des centres plus élevés : régulation thermique, émotions, réponse à la frayeur	209
Importance de l'action tampon du réflexe	212
22. — Autres réflexes cardio-vasculaires	214
Réflexe de Bainbridge	214
Réflexes ayant leur origine dans les récepteurs des oreillettes et des ventricules	215
Réflexes ayant leur origine dans la distension des poumons : « ischémie sélective »	217
Réflexes locaux ayant leur origine dans le système veineux périphérique	217
Réflexes locaux à partir des terminaisons sensibles (réflexes d'axone ou réflexes de Loven)	220
Réflexes généraux ayant leur origine dans les afférents somatiques	221

23. — <i>Mécanisme de contrôle des vaisseaux sanguins périphériques</i>	222
Mécanismes effecteurs	222
Adrénaline et noradrénaline	225
Activité rythmique du système sympathique vaso-constricteur chez l'homme	226
Vaso-dilatation active	227
Diminution du pouvoir de réaction vasculaire au cours du choc hémorragique	228
Agents de protection contre le choc	231
Sensibilisation après énérvation	232
24. — <i>Contrôle circulatoire autonome local : autorégulation, hyperhémie réactionnelle</i>	234
Autorégulation	234
Hyperhémie réactionnelle des vaisseaux des muscles	235
Hyperhémie réactionnelle	238
Hyperhémie à l'exercice dans le muscle	238
Réaction de chasse de Lewis et contrôle local autonome des vaisseaux des doigts	239
Changement de la circulation à la naissance. Contrôle du canal artériel	240
Conclusion	242
