

MICHEL RIEUTORT

Physiologie animale

Les cellules dans l'organisme

2^e édition de l'Abrégé
Physiologie animale. Tome 1

SV
S

Enseignement
des
Sciences de la Vie

MASSON



TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	XIII
A propos de la seconde édition	XV
INTRODUCTION. Cellules, organisme et régulations physiologiques	1
I. Cellules et organisme	1
A. La cellule, unité fondamentale de la vie	1
B. Les amibes acrasiales	1
C. Sociétés de cellules et différenciations cellulaires	3
II. La notion d'homéostasie	4
A. Équilibres statiques et dynamiques	4
B. L'homéostasie	5
III. Les régulations physiologiques	6

PREMIÈRE PARTIE

LE PLASMALEMME ET SON ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT

1. Le plasmalemme	11
I. Composition du plasmalemme	12
A. Approche expérimentale	12
1. Choix du matériel	12
2. Obtention des membranes	12
3. Limites de ce matériel	13
B. Les lipides membranaires	14
1. Les phosphoglycérides (ou glycérophosphatides)	15
2. Les sphingolipides	18
3. Les stéroïdes	19
4. Proportion des divers lipides membranaires	20
C. Les protéines membranaires	20
1. Propriétés générales des protéines	21
2. Quelques méthodes d'étude des protéines membranaires	24
3. Les protéines majeures de la membrane des hématies humaines	25

II. Architecture du plasmalemme	28
A. Élaboration des premiers modèles membranaires	28
B. Techniques d'approche contemporaines	32
1. Cryofracture et cryodécapage (<i>freeze fracturing et freeze etching</i>) ...	32
2. Réalisation de liposomes	34
3. Démonstration de la fluidité membranaire	35
C. Le modèle de membrane en mosaïque fluide (Modèle de Singer et Nicolson, 1972)	39
1. Fluidité membranaire	41
2. Asymétrie membranaire	42
3. Agrégats supra-moléculaires	42
III. Biogenèse et renouvellement du plasmalemme	43
A. Sites de la synthèse des constituants membranaires	43
B. Renouvellement	46
1. Protéines	46
2. Lipides	47
2. Les échanges de matière entre la cellule et son environnement	49
I. Échanges passifs à travers le plasmalemme	49
A. Échanges d'eau : diffusion simple et écoulement massif	50
1. Interactions de la molécule d'eau avec les molécules voisines	50
2. Méthodes d'étude du transfert d'eau à travers les membranes	51
3. Diffusion simple de l'eau	54
4. Diffusion massive de l'eau, due à l'existence d'un gradient de potentiel hydrique	58
B. Échanges de solutés neutres	66
1. Diffusion simple dans la bicouche lipidique	66
2. Diffusion facilitée par transporteurs	68
C. Échanges d'électrolytes	74
1. Potentiel électrochimique et potentiel d'équilibre d'un ion	75
2. Potentiel de repos d'une membrane	78
3. Données expérimentales	79
4. Équilibre de Donnan	81
II. Échanges membranaires actifs, par transporteurs	83
A. L'ATPase Na^+/K^+ membranaire (« pompe Na^+/K^+ »)	85
1. Quelques méthodes d'étude	85
2. Structure et propriétés de l'ATPase Na^+/K^+ du plasmalemme (ATPase de type P)	86
B. Autres transporteurs d'ions ATP-dépendants	89
III. Échanges actifs par endocytose et par exocytose	89
A. Mécanisme général	89
B. Endocytose	90
1. Pinocytose (<i>microscopie électronique</i>)	90
2. Endocytose par récepteurs	91
3. Phagocytose (<i>microscopie optique et électronique</i>)	91
C. Exocytose	93

3. Spécialisations du plasmalemme. Contacts intercellulaires.	
Relations avec le cytosquelette. Relations avec la matrice	95
I. Contacts intercellulaires	95
A. Jonctions serrées (zonula occludens)	98
B. Jonctions adhérentes (zonula adherens et desmosomes)	98
C. Jonctions lacunaires	101
D. Contacts intercellulaires non jonctionnels	101
II. Relations entre les protéines membranaires et le cytosquelette	102
A. Le cytosquelette, commun à toutes les cellules	102
1. Définition	102
2. Techniques d'étude	103
3. Le réseau cytosquelettique	106
B. Quelques cas particuliers de relations du cytosquelette et du plasmalemme	110
1. Membrane des hématies	110
2. Microvillosités	111
3. Cils et flagelles	113
III. Relations entre les protéines membranaires	
et la matrice extracellulaire	114
A. Matrice extracellulaire	114
B. Protéines membranaires impliquées	116
1. Protéines de la famille des intégrines	116
2. Autres protéines transmembranaires	119
3. Récepteurs membranaires	119

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DE QUELQUES CELLULES SPÉCIALISÉES

4. Neurones et conduction rapide des informations	123
I. Structure, environnement et physiologie du neurone	123
A. Le système nerveux	123
1. Définition	123
2. Phylogénèse	124
B. Structure des neurones	125
1. Les techniques d'étude structurale	125
2. Le corps cellulaire (péricaryon)	127
3. L'axone	128
4. Les dendrites	128
5. Diversité des types de neurones	128
C. Physiologie des neurones	128
1. Besoins énergétiques des neurones	128
2. Transports axoplasmiques	129
3. L'influx nerveux ou signal nerveux	131
D. Les cellules gliales	131

II. Le potentiel d'action et sa genèse	133
A. Approche expérimentale	133
1. <i>Électrophysiologie</i>	133
2. <i>Utilisation d'isotopes radioactifs</i>	135
3. <i>Méthodes optiques</i>	137
4. <i>Autres techniques</i>	137
B. Caractéristiques électriques des membranes	137
1. <i>Résistance membranaire (R_m)</i>	137
2. <i>Conductance membranaire (G_m)</i>	137
3. <i>Capacité membranaire</i>	139
C. Caractéristiques d'un potentiel d'action	139
1. <i>Étude électrophysiologique de l'axone</i>	139
2. <i>Étude électrophysiologique d'un nerf</i>	140
D. La genèse du potentiel d'action nerveux	141
1. <i>Conductances spécifiques au Na^+ et au K^+</i>	141
2. <i>Canaux ioniques</i>	147
3. <i>Reconstitution d'un potentiel d'action</i>	150
III. Propagation du signal nerveux	151
A. L'axone n'est pas un simple conducteur	151
B. Courants locaux accompagnant le potentiel d'action	153
C. Vitesse de propagation	153
D. La propagation saltatoire du signal nerveux	155
5. Fibre musculaire et contraction	157
I. La fibre musculaire striée squelettique	158
A. Ultrastructure de la fibre musculaire striée squelettique	158
1. <i>Présentation générale</i>	158
2. <i>Le sarcolemme</i>	158
3. <i>Les myofibrilles</i>	159
4. <i>Système transverse et réticulum sarcoplasmique</i>	160
B. Les bases moléculaires de la contraction	162
1. <i>Les protéines motrices</i>	163
2. <i>Les protéines régulatrices</i>	165
3. <i>Autres protéines cytosquelettiques musculaires</i>	167
4. <i>Déplacements moléculaires et contraction musculaire</i>	168
C. Aspects énergétiques de la contraction	169
1. <i>Besoins énergétiques immédiats</i>	169
2. <i>Approvisionnement énergétique lors des contractions</i>	170
D. De l'excitation à la contraction : le couplage électromécanique	171
1. <i>La plaque motrice</i>	171
2. <i>L'acétylcholine, transmetteur de la jonction neuro-musculaire</i>	172
3. <i>Potentiels post-synaptiques excitateurs et potentiel musculaire</i>	179

II. Autres cellules musculaires	184
A. Cellules du myocarde	184
B. Fibres musculaires lisses	184
6. Cellules sécrétrices et sécrétion	187
I. La cellule acineuse du pancréas exocrine	189
A. Présentation générale	189
1. Localisation	189
2. Fonction spécifique	189
3. Polarité cellulaire	189
4. Intérêt de ce type cellulaire	190
B. Cycle sécrétoire	190
1. Méthodes d'approche	190
2. Étapes de la sécrétion	192
C. Contrôle de la libération des enzymes	195
1. Approche expérimentale	195
2. Principaux mécanismes régulateurs de la sécrétion des cellules acineuses du pancréas	197
II. La cellule B du pancréas endocrine	199
A. Localisation dans les îlots de Langerhans	199
B. Ultrastructure de la cellule B	201
C. L'insuline	202
1. Nature et fonction	202
2. Synthèse et stockage	202
D. Libération de l'insuline	203
1. Les stimulants de la cellule B	203
2. Approche expérimentale	204
3. Reconnaissance du stimulus glucose par la cellule B	204
4. Activité électrique de la cellule B et mouvements ioniques	206
5. Translocation des granules et exocytose	210
III. D'autres aspects de la physiologie des cellules sécrétrices	212
A. Les types sécrétoires	212
1. Modalités de la sécrétion	212
2. Nature de la sécrétion	213
B. Cellules sécrétant des dérivés d'acides aminés	214
1. Les cellules folliculaires de la thyroïde	214
2. Les cellules de la médullo-surrénale	218
C. Cellules sécrétant un mucus glycoprotéique	219
D. Cellules stéroïdogènes	220
1. Structure cellulaire	222
2. Fonctionnement	222

TROISIÈME PARTIE

COMMUNICATIONS CELLULAIRES ET NIVEAUX D'INTÉGRATION

7. Les échanges de signaux entre cellules	229
I. Communications directes, par jonctions lacunaires (<i>gap junctions</i>)	229
A. Couplage électrique	230
B. Couplage chimique	231
1. <i>Approche expérimentale</i>	231
2. <i>La perméabilité des jonctions lacunaires</i>	232
C. Importance physiologique des jonctions lacunaires	234
II. Communications indirectes	234
A. Juxtacrinie	234
B. Paracrinie	235
1. <i>Communication par des cytokines</i>	235
2. <i>Communication par des neurotransmetteurs (= neurocrinie)</i>	237
C. Communication entre cellules éloignées par des hormones (endocrinie)	248
1. <i>Le concept d'hormone et l'endocrinologie</i>	248
2. <i>Les limites de la définition des hormones</i>	249
3. <i>Les cellules de la série APUD et la neuroendocrinologie</i>	252
4. <i>Principales hormones des Vertébrés</i>	255
8. La transduction des signaux chimiques	259
I. Récepteurs spécifiques aux molécules informatives	259
A. Nécessité des récepteurs, leurs caractéristiques	259
B. Approche expérimentale	260
1. <i>Données théoriques</i>	260
2. <i>Principe des mesures expérimentales</i>	260
3. <i>Repérage topographique des récepteurs</i>	262
4. <i>Nature des récepteurs</i>	263
C. Récepteurs intracellulaires	264
D. Récepteurs membranaires	265
1. <i>Mise en évidence</i>	267
2. <i>Différentes catégories de récepteurs membranaires</i>	267
E. Régulation du nombre des récepteurs	268
II. Transduction et amplification du signal au niveau de la membrane	269
A. Transduction directe	269
B. Transduction par l'intermédiaire de protéines G	271
1. <i>La découverte des protéines G</i>	272
2. <i>Diversité des protéines G</i>	273
C. La transduction fait intervenir des seconds messagers	276
1. <i>La découverte de l'AMPc</i>	276
2. <i>Mécanisme d'action de l'AMPc, second messenger</i>	278
3. <i>Les autres seconds messagers</i>	281
4. <i>Fluidité membranaire et mobilité du complexe de transduction</i>	288
III. Transduction du signal au niveau nucléaire	288
<i>Conclusion</i>	291

9. L'intégration des signaux	295
I. L'intÉgration des signaux au niveau cellulaire	295
A. Les neurones sensoriels	295
B. Le motoneurone de la moelle épinière	296
1. Entrée des signaux	296
2. Sortie des signaux	298
C. Intégration de signaux par une cellule non nerveuse	298
II. Les intÉgrations nerveuses	301
A. Motoneurones et cellules de Renshaw	301
B. Contrôle nerveux de la contraction musculaire	302
1. L'innervation du muscle	302
2. Les voies réflexes	302
3. Intégrations aux niveaux supérieurs	304
C. Organisation du système visuel d'un Mammifère	304
1. Approche, expérimentale	305
2. Étage rétinien	305
3. Corps genouillé latéral (4 ^e ordre)	308
4. Cortex visuel	309
III. L'intégration des contrôles nerveux et endocrines : le système hypothalamo-hypophysaire des vertébrés	309
A. Anatomie du système hypothalamo-hypophysaire des Vertébrés	311
B. Une boucle de régulation neuroendocrine, le contrôle de l'éjection du lait ..	314
Quelques lectures conseillées et principales références	317
Ouvrages généraux	317
Chapitre 1	317
Chapitre 2	317
Chapitre 3	318
Chapitre 4	318
Chapitre 5	319
Chapitre 6	319
Chapitre 7	320
Chapitre 8	320
Chapitre 9	320
Sigles et abréviations utiles	321
Index	323