
Contenido

Prólogo	XVII
1. Fisiología animal. Naturaleza del tema	1
1.1. Introducción	2
1.2. Relación entre estructura y función	3
1.3. Regulación y homeostasis	3
1.4. Adaptación	7
1.5. Sistemas de control. Análisis de sistemas	8
1.5.1. Tipos de sistemas	9
1.5.2. Principios básicos de los sistemas de control	10
1.5.3. Estímulos, cajas negras y cajas blancas	13
1.6. Tolerancia y resistencia	13

SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL NEUROFISIOLOGÍA

2. Organización general del sistema nervioso	17
2.1. Introducción	18
2.2. Características del sistema nervioso	19
2.3. Organización del sistema nervioso	19
2.4. Neurona. Morfología	20
2.4.1. Fibras mielínicas y amielínicas	21
2.4.2. Propiedades fundamentales de las neuronas	22
2.4.3. Características funcionales más destacadas de las neuronas	22
2.4.4. Sustancia blanca y sustancia gris	24
2.5. Asociaciones neuronales	24
2.6. Elementos celulares no neuronales del sistema nervioso	25
2.6.1. Papel fisiológico	26
2.6.2. Células gliales del sistema nervioso central	27
2.6.3. Células gliales del sistema nervioso periférico	29
2.7. Sistema nervioso central	30
2.8. Sistema nervioso periférico	38

3. Excitabilidad celular. Potencial de membrana en reposo	43
3.1. Introducción. Propiedades de las membranas	44
3.2. Repaso histórico	44
3.3. Las células nerviosas y sus iones	45
3.4. Equilibrios y potenciales de reposo	47
3.5. Potenciales de difusión y de equilibrio	48
3.5.1. Equilibrio electroquímico. Ecuación de Nernst	49
3.6. Bases iónicas del potencial de reposo	50
3.7. Papel del sodio y otros iones	54
3.8. Hipótesis de campo constante	54
3.9. Modelo eléctrico. Canales iónicos	56
4. Potencial de acción. Génesis y transmisión	61
4.1. Potenciales graduados	62
4.2. Potencial de acción	65
4.3. Bases iónicas del potencial de acción	67
4.4. Canales de Na ⁺ y K ⁺ en la membrana axonal	69
4.5. Características del potencial de acción	72
4.6. Conducción del potencial de acción	76
5. Sinapsis	81
5.1. Introducción	82
5.2. Sinapsis eléctrica	82
5.3. Sinapsis química	84
5.3.1. Estructura de la sinapsis química	84
5.3.2. Mecanismo de neurotransmisión	85
5.4. Integración sináptica	89
5.5. Sinapsis inhibitorias	91
5.6. Propiedades de la transmisión sináptica química	92
5.7. Neurotransmisores	93
5.8. Circuitos neuronales	97
SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO	
DIVISIÓN AFERENTE	
6. Generalidades de la fisiología sensorial	101
6.1. Introducción	102
6.2. Concepto de receptor sensorial	103
6.3. Clasificación estructural y funcional	104
6.4. Transducción de los estímulos sensoriales	109
6.5. Producción del potencial generador	111
6.6. Propiedades del potencial generador	112
6.7. Codificación de la intensidad del estímulo	113
6.8. Adaptación de los receptores	118
6.9. Control central de la recepción sensorial	121

7. Sistema sensorial somatovisceral	123
7.1. Introducción	124
7.2. Receptores de temperatura	125
7.3. Receptores de dolor	128
7.4. Mecanorreceptores cutáneos	129
7.4.1. Mecanorreceptores cutáneos de adaptación rápida	130
7.4.2. Mecanorreceptores cutáneos de adaptación lenta	132
7.5. Discriminación táctil	133
7.6. Circuitos de la médula espinal	133
7.7. Vías ascendentes	135
7.8. Corteza somatosensorial o somestésica	136
7.9. Área sensorial somática I	137
7.10. Área sensorial somática II	139
8. Sentido del equilibrio	141
8.1. Introducción	142
8.2. Hipótesis de excitación del mecanorreceptor	143
8.3. Sentido del equilibrio en invertebrados	144
8.4. Células pilosas de los vertebrados	146
8.5. Transducción en células pilosas	149
8.6. Sentido del equilibrio en vertebrados	150
8.7. Sistema vestibular	151
8.8. Canales semicirculares	152
8.9. Sáculo y utrículo	156
8.10. Vías nerviosas	157
9. Fonorrecepción. Fisiología de la audición	159
9.1. Introducción	160
9.2. Naturaleza del sonido. Ondas sonoras	160
9.3. Fonorreceptores	165
9.4. Oído de los vertebrados	165
9.5. Fenómenos mecánicos. Transmisión del sonido en el oído	169
9.6. Transducción. Teoría de la resonancia	170
9.7. Fenómenos eléctricos. Producción del potencial generador	170
9.8. Organización tonotópica de la membrana basilar	174
9.9. Vías auditivas	175
9.10. Preparación central del estímulo del sonido	177
10. Fotorrecepción. Fisiología de la visión	179
10.1. Introducción	180
10.2. Anatomía del ojo. Estructura general	181
10.3. Refracción	183
10.3.1. Índice de refracción de un sistema transparente	183
10.3.2. Enfoque de los rayos luminosos a través de una lente	184

10.3.3.	Poder de refracción	184
10.4.	Formación de la imagen	186
10.4.1.	Acomodación	186
10.4.2.	Profundidad de foco	190
10.4.3.	Agudeza visual	191
10.4.4.	Defectos o errores de refracción	193
10.5.	Estructura funcional de la retina	194
10.5.1.	Estructura funcional de los fotorreceptores	196
10.5.2.	Fotopigmentos. Generación del potencial receptor	197
10.5.3.	Proceso bioquímico de fototransducción	199
10.5.4.	Condiciones para la excitación retiniana	200
10.6.	Adaptación a la oscuridad	203
10.7.	Visión de los colores	203
10.8.	Vías ópticas	205
10.9.	Procesamiento en la corteza	207

11.	Sentidos químicos: gusto y olfato	209
11.1.	Introducción	210
11.2.	Quimiorreceptores de contacto. Gusto	210
11.3.	Papilas gustativas y sus receptores	210
11.4.	Mecanismo de transducción gustativa	211
11.5.	Codificación de los estímulos gustativos	214
11.6.	Olfato	214
11.7.	Receptores olfativos	214
11.8.	Transducción olfativa	217
11.9.	Codificación del estímulo olfativo	218
11.10.	Vías olfativas	219

SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO

DIVISIÓN EFERENTE

12.	Sistema nervioso autónomo	223
12.1.	Introducción	224
12.2.	Organización del sistema nervioso autónomo	226
12.3.	Sistema nervioso simpático	227
12.4.	Sistema nervioso parasimpático	231
12.5.	Funcionamiento del sistema nervioso autónomo	231
12.6.	Neurotransmisión en el sistema nervioso autónomo	234
12.7.	Tipos de receptores autónomos	235
12.8.	Transmisión colinérgica	237
12.9.	Transmisión adrenérgica	239
13.	Sistemas motores. Sentido muscular y cinestesia	243
13.1.	Introducción	244
13.2.	Organización de los sistemas motores	244
13.3.	Sentido muscular, propiocepción y cinestesia	246

13.4.	Propioceptores musculares	247
13.4.1.	Huso muscular	247
13.4.2.	Órgano tendinoso de Golgi (OTG)	252
13.5.	Receptores articulares	253
13.6.	Control motor por la médula espinal	255
13.7.	Reflejos espinales	255
13.7.1.	Reflejo miotático o de estiramiento	255
13.7.2.	Reflejo miotático inverso	257
13.7.3.	Reflejo flexor o de retirada	257
13.7.4.	Reflejo de marcha	258
13.8.	Control motor por el tronco encefálico	258
13.9.	Organización de las vías motoras descendentes	260
13.10.	Regulación cerebelosa de la postura y el movimiento	262
13.10.1.	Organización funcional del cerebelo	262
13.10.2.	Naturaleza del control cerebeloso	265
13.10.3.	Enfermedades del cerebelo	265
13.11.	Ganglios basales	266
13.11.1.	Papel de los ganglios basales en la motilidad	267
13.11.2.	Enfermedades de los ganglios basales	268
13.12.	Áreas motoras corticales	268
13.12.1.	Control cortical de los movimientos voluntarios	270
14.	Efectores	271
14.1.	Introducción. Clasificación de los músculos	272
14.2.	Músculo esquelético	272
14.3.	Tejido muscular	273
14.3.1.	Estructura de una célula muscular	275
14.3.2.	Estructura de las miofibrillas	275
14.3.3.	Ultraestructura	277
14.4.	Unidades motoras	281
14.4.1.	Placa neuromuscular y proceso de excitación	283
14.5.	Proceso de contracción muscular	284
14.6.	Bases moleculares de la contracción. Ciclo de los puentes cruzados	284
14.6.1.	Resumen	287
14.7.	Acoplamiento excitación-contracción	287
14.8.	Control interno de la función muscular	289
14.9.	Propiedades mecánicas del músculo	292
14.10.	Relación entre fuerza de contracción y longitud del músculo	294
14.10.1.	Relación entre fuerza de contracción y longitud del sarcómero	295
14.10.2.	Relación entre velocidad y longitud	296
14.11.	Energía para la contracción. Metabolismo	297
14.11.1.	Fosforilación directa	297
14.11.2.	Glucólisis anaerobia	298
14.11.3.	Fosforilación oxidativa	299
14.11.4.	Contribución de los distintos sistemas al trabajo muscular	299
14.12.	Tipos de fibras musculares	300
14.13.	Músculo cardíaco	302
14.14.	Músculo liso	304
14.14.1.	Regulación de la contracción en el músculo liso	307

15. Sistemas de integración central	311
15.1. Introducción	312
15.2. Hipotálamo	313
15.2.1. Núcleos hipotalámicos	314
15.2.2. Control de las respuestas del sistema nervioso autónomo	316
15.2.3. Manifestaciones de los estados emocionales	317
15.3. Telencéfalo	319
15.4. Estados emocionales	320
15.4.1. Relación entre el estado cognitivo y fisiológico	321
15.5. Sistema límbico	322
15.5.1. Anatomía del sistema límbico	324
15.5.2. Funciones del sistema límbico	325
15.6. Sistema reticular activador ascendente	328
15.7. Electroencefalograma (E.E.G.)	330
15.7.1. Potenciales evocados	331
15.7.2. Estados de consciencia	331
15.7.3. Atención	334

SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL

FISIOLOGÍA ENDOCRINA

16. Principios generales de la fisiología endocrina	337
16.1. Necesidad de los sistemas de control	338
16.2. Coordinación entre los sistemas nervioso y endocrino	338
16.3. Sistema endocrino	341
16.3.1. Concepto de hormona	341
16.4. Métodos de comunicación entre las células	341
16.5. Efectos generales de la acción hormonal	346
16.6. Naturaleza química de las hormonas	347
16.7. Metabolismo hormonal. síntesis, almacenamiento y transporte	347
16.7.1. Mecanismos de degradación y transformación periférica	349
16.8. Regulación de la actividad endocrina	349
16.8.1. Regulación de la secreción de las hormonas	350
16.8.2. Modulación de la respuesta del tejido diana	353
16.8.3. Modulación de los receptores hormonales	353
16.8.4. Otras propiedades que intervienen en la regulación de la actividad endocrina	354
16.9. Mecanismos de acción hormonal	356
16.9.1. Interacción con receptores intracelulares	357
16.9.2. Interacción con receptores de membrana. segundos mensajeros	358
16.9.3. Receptor tipo tirosina-cinasa	364
17. Eje hipotálamo-hipófisis. Integración neuroendocrina	367
17.1. Introducción	368
17.2. Hipotálamo e hipófisis. Bases estructurales	369

17.3.	Hormonas hipotalámicas	373
17.4.	Adenohipófisis o hipófisis anterior	374
17.5.	Control de la secreción de las hormonas adenohipofisarias	376
17.6.	Hormona del crecimiento o somatotropina (GH)	378
17.7.	Hormona estimulante de los melanocitos (MSH)	382
17.8.	Prolactina	383
17.8.1.	Acciones de la prolactina	383
17.8.2.	Regulación de la secreción	384
17.9.	Neurohipófisis	384
17.9.1.	Oxitocina	386
17.9.2.	Hormona antidiurética. ADH	386
18.	Epífisis o glándula pineal	389
18.1.	Introducción	390
18.2.	Epífisis o glándula pineal. Anatomía funcional	390
18.3.	Síntesis y secreción de la melatonina	393
18.4.	Regulación neural de la actividad pineal	394
18.5.	Factores internos y externos que modulan la secreción de la melatonina	395
18.6.	Efectos de la melatonina	396
19.	La glándula tiroides. Hormonas tiroideas	399
19.1.	Introducción	400
19.2.	Anatomía funcional de la glándula tiroides	400
19.3.	Síntesis de hormonas tiroideas	402
19.4.	Secreción de las hormonas tiroideas	406
19.5.	Transporte en la sangre de las hormonas tiroideas	407
19.6.	Efectos fisiológicos de las hormonas tiroideas	408
19.7.	Tasa circulante de las hormonas tiroideas	410
19.8.	Fisiopatología de las hormonas tiroideas	412
20.	Control endocrino de la calcemia	415
20.1.	Introducción	416
20.2.	Homeostasis del calcio. Hormonas que controlan la calcemia	418
20.3.	Paratohormona	419
20.3.1.	Mecanismos	420
20.4.	Calcitonina	421
20.5.	Vitamina D	422
21.	Función endocrina del páncreas. Control endocrino del combustible metabólico	427
21.1.	Introducción	428
21.2.	La insulina	429
21.3.	Mecanismo de acción de la insulina	430

21.4.	Control de la glucemia	432
21.4.1.	Control de la glucemia por la insulina	433
21.5.	Control de la secreción de insulina	434
21.6.	Fisiopatología de la insulina	435
21.7.	Glucagón	436
21.8.	Regulación de la secreción de glucagón	438
21.9.	Control de la glucemia	438
21.10.	Somatostatina	438
22.	Hormonas de las glándulas suprarrenales	441
22.1.	Introducción	442
22.2.	Anatomía funcional de la glándula suprarrenal	442
22.3.	Médula suprarrenal	443
22.4.	Síntesis de las catecolaminas	446
22.5.	Control de la secreción de las catecolaminas	448
22.6.	Efectos globales en el organismo	449
22.7.	Adrenorreceptores	450
22.8.	Hormonas de la corteza adrenal	452
22.8.1.	Mineralocorticoides	454
22.8.2.	Glucocorticoides	455
22.8.3.	Esteroides sexuales de la corteza adrenal	459
22.9.	Glándulas adrenales y respuesta al estrés	460
23.	Función endocrina gonadal	463
23.1.	Introducción	464
23.2.	Anatomía funcional del aparato reproductor masculino	464
23.3.	Función endocrina testicular. Andrógenos	467
23.3.1.	Control de la secreción de la testosterona	468
23.4.	Anatomía funcional del aparato reproductor femenino	472
23.5.	Función endocrina del ovario	473
23.6.	Efectos de los estrógenos y de la progesterona	475
23.7.	Secreción de las hormonas ováricas	477
23.8.	Ciclo menstrual y su regulación endocrina	477
23.9.	Sexualidad y embarazo	481
23.9.1.	Impulso y respuesta sexual	481
23.9.2.	Coito y orgasmo	483
23.9.3.	Embarazo	487
23.10.	Lactancia	489
FUNCIONES VEGETATIVAS		
24.	Organización general del sistema circulatorio	493
24.1.	Introducción. Sistema circulatorio	494
24.2.	Sistema cardiovascular de mamíferos	498
24.3.	Circuitos del sistema cardiovascular	500

25. Automatismo cardíaco	503
25.1. Corazón	504
25.2. Fisiología del miocardio	507
25.3. Sistema de excitación y conducción del corazón	510
25.4. Velocidad de conducción	510
25.5. Autorritmicidad cardíaca	513
25.6. Marcapasos latentes	514
25.7. Potenciales de acción del corazón	515
25.8. Contracción de las fibras miocárdicas	517
25.8.1. Acoplamiento entre excitación y contracción	517
25.9. Periodos refractarios	518
26. Fenómenos eléctricos del corazón: ECG	521
26.1. Electrocardiograma	522
26.2. Derivaciones electrocardiográficas	522
26.2.1. Derivaciones bipolares de los miembros	522
26.2.2. Componentes del ECG	524
26.2.3. Derivaciones monopolares de los miembros	527
26.2.4. Derivaciones monopolares precordiales	528
26.3. Determinación del eje eléctrico del corazón	530
26.4. Electrocardiografía	531
26.4.1. Electrocardiograma estándar de 12 derivaciones	531
26.4.2. Diagnóstico electrocardiográfico	531
26.4.3. Trastornos del ritmo. Arritmias	533
26.4.4. Trastornos de la conducción	533
27. Ciclo cardíaco	535
27.1. Actividad mecánica del corazón	536
27.2. Ciclo cardíaco	536
27.2.1. Ciclo cardíaco auricular	536
27.2.2. Ciclo cardíaco ventricular	538
27.3. Curva presión-volumen	540
27.4. Trabajo cardíaco	541
27.5. Suministro de nutrientes al corazón	542
28. Sistema vascular. Hemodinámica	545
28.1. Vasos sanguíneos y sus características	546
28.2. Hemodinámica	549
28.2.1. Ecuación de poiseuille. Flujo, resistencia y presión	551
28.2.2. Resistencia en serie y en paralelo	552
28.2.3. Velocidad laminar	553
28.3. Flujo laminar y turbulento	554
28.4. Presiones en el sistema cardiovascular	555

28.5.	Sistema arterial. Pulso de presión	556
28.6.	Flujo en tubos distensibles	558
28.7.	Microcirculación. Circulación capilar	562
28.8.	Intercambio transcápilar	564
28.9.	Sistema venoso	567
29.	Regulación de la función circulatoria	571
29.1.	Regulación de la función circulatoria	572
29.1.1.	Mecanismos reguladores generales y locales	573
29.2.	Centros nerviosos de control cardiovascular	575
29.3.	Regulación de la presión arterial	577
29.4.	Barorreceptores aórticos y carotídeos	578
29.5.	Receptores cardíacos de baja presión	580
29.6.	Quimiorreceptores	582
29.7.	Control del flujo sanguíneo	583
29.7.1.	Regulación local	584
29.7.2.	Control humoral	585
29.7.3.	Control nervioso	587
29.8.	Respuestas corticohipotalámicas integradoras	587
30.	Regulación de la función cardíaca	589
30.1.	Regulación de la función cardíaca	590
30.2.	Regulación de la frecuencia cardíaca	591
30.2.1.	Regulación extrínseca de la frecuencia cardíaca	591
30.2.2.	Regulación intrínseca de la frecuencia cardíaca	595
30.3.	Regulación del volumen sistólico	595
30.3.1.	Control intrínseco del volumen sistólico	596
30.3.2.	Control extrínseco del volumen sistólico	598
31.	Sistema digestivo	601
31.1.	Introducción	602
31.2.	Tracto gastrointestinal	602
31.2.1.	Estructura de la pared del digestivo	602
31.2.2.	Sistema nervioso intrínseco	605
31.2.3.	Inervación extrínseca	605
31.3.	Cavidad bucal, faringe y esófago	607
31.3.1.	Glándulas salivales	609
31.3.2.	Composición de la saliva	611
31.3.3.	Funciones de la saliva	612
31.3.4.	Regulación de la secreción de la saliva	612
31.4.	Deglución	615
31.5.	Estómago. Digestión gástrica	618
31.5.1.	Glándulas gástricas	618
31.5.2.	Función mecánica en el estómago y el tracto gastro intestinal	620

31.5.3.	Secreción gástrica	623
31.5.4.	Protección de la mucosa frente a la autodigestión	625
31.5.5.	Regulación de la secreción gástrica	625
31.5.6.	Digestión enzimática en el estómago	629
31.6.	Páncreas y la secreción pancreática	629
31.6.1.	Composición del jugo pancreático	631
31.6.2.	Mecanismos de secreción de jugo pancreático	633
31.6.3.	Secreción de jugo pancreático	634
31.7.	Hígado. Bilis	635
31.7.1.	Formación de la bilis	637
31.7.2.	Regulación de la secreción biliar	638
31.8.	Funciones del intestino delgado	639
31.9.	Funciones del intestino grueso	642
32.	Digestión y absorción	645
32.1.	Digestión y absorción	646
32.2.	Bases estructurales para la absorción	648
32.3.	Vías de absorción	650
32.4.	Digestión y absorción de hidratos de carbono	650
32.4.1.	Absorción de azúcares	652
32.5.	Digestión de proteínas. Absorción de aminoácidos	653
32.5.1.	Absorción de aminoácidos	655
32.6.	Digestión y absorción de lípidos	656
32.7.	Absorción de calcio y hierro	661
32.8.	Absorción de vitaminas	662
32.9.	Absorción de agua y electrolitos	663
33.	La función respiratoria	665
33.1.	Introducción. Conceptos generales	666
33.2.	La función respiratoria	667
33.3.	Tipos respiratorios	668
33.4.	Bases estructurales de la respiración pulmonar	669
33.5.	Mecánica respiratoria	672
33.5.1.	Músculos reguladores	673
33.5.2.	Músculos auxiliares	675
33.5.3.	Volúmenes y capacidades pulmonares	676
33.5.4.	Volúmenes y capacidades pulmonares	677
33.5.5.	Presiones intratorácica e intrapulmonar	681
33.5.6.	Curva presión-volumen durante la respiración	682
33.5.7.	Distensibilidad	682
33.6.	Gasto respiratorio. Relación entre ventilación y perfusión	685
33.6.1.	Espacio muerto fisiológico	685
33.6.2.	Ventilación alveolar	686
33.6.3.	Relación entre ventilación y perfusión	687
33.6.4.	Variaciones regionales de la ventilación y la perfusión sanguínea	688
33.6.5.	Composición de la mezcla de gases alveolar	689

33.6.6.	Intercambio gaseoso en los alvéolos	689
33.6.7.	Difusión de O ₂ y CO ₂	691
33.7.	Control nervioso de la respiración	692
33.7.1.	Centros respiratorios	693
33.7.2.	Centros respiratorios bulbares	695
33.7.3.	Ritmo respiratorio	696
33.7.4.	Regulación nerviosa de los centros respiratorios	697
33.7.5.	Influencias de los centros nerviosos superiores	698
33.7.6.	Regulación química del centro respiratorio	698
33.7.7.	Quimiorreceptores periféricos	700
33.7.8.	Quimiorreceptores centrales	701
33.7.9.	Regulación respiratoria en el ejercicio físico	701
33.8.	Transporte sanguíneo de gases respiratorios	702
33.8.1.	Transporte de oxígeno	704
33.8.2.	Curvas de disociación oxígeno-hemoglobina	705
33.8.3.	Factores que modifican la curva de disociación	706
33.8.4.	Transporte de CO ₂ por la sangre	707
33.8.5.	Curva de disociación del CO ₂	709
34.	La función excretora	711
34.1.	Introducción	712
34.2.	Productos nitrogenados de desecho	712
34.3.	Tipos de órganos excretores	713
34.4.	Bases estructurales del riñón de mamífero	716
34.5.	Formación de orina por la nefrona	719
34.6.	Función glomerular	719
34.6.1.	Tasa de filtración glomerular	720
34.6.2.	Regulación de la filtración glomerular	722
34.7.	Reabsorción tubular	724
34.7.1.	Reabsorción de azúcares, aminoácidos y proteínas	724
34.7.2.	Reabsorción de urea	725
34.7.3.	Absorción de agua y electrolitos	726
34.8.	Secreción tubular de sustancias orgánicas	728
34.9.	Aclaramiento plasmático renal	729
34.10.	Aumento de la osmolaridad descendente	730
34.10.1.	Permeabilidad del túbulo distal y colector	731
34.10.2.	Concentración y dilución de la orina	733
34.10.3.	Multiplicación por contracorriente	733
34.10.4.	Contribución de la urea al gradiente osmótico	734
34.11.	Funciones reguladoras del riñón	736
34.11.1.	Osmolaridad	737
34.11.2.	Variaciones en el volumen o la presión sanguínea	738
34.11.3.	Volumen extracelular	739
	Índice analítico	745