



Contenido

1 Evolución del pensamiento fisiológico

G. Corbellini, S. Canali

De la teoría humoral a la concepción mecanicista	1
Comienzos de la fisiología como ciencia experimental del ser vivo	3
Triunfo de la fisiología en el el siglo XIX	5
Desafíos metodológicos y conceptuales de la investigación fisiológica en el siglo XX	12
Regulaciones cardiovasculares y función renal	12
Bioquímica y control de la respiración	13
Fisiología de los sistemas amortiguadores y holismo quimicofísico	13
Funciones endocrinas: la nueva ciencia de la endocrinología	14
De la fisiología del sistema nervioso a las neurociencias	16

Primeras localizaciones de las funciones cerebrales	16
Doctrina de la neurona y estudio de la transmisión nerviosa	19
Modelos de la integración funcional del sistema nervioso	20
Fisiología de la plasticidad nerviosa	23
Frontera quimicofísica y molecular de la integración fisiológica: la membrana celular	26
Epílogo	27
Conceptos clave	28
Lecturas recomendadas	28
<i>Recuadro 1-1. Historia y enseñanza de la biomedicina</i>	<i>3</i>
<i>Recuadro 1-2. Método experimental y estudio del ser viviente</i>	<i>6</i>
<i>Recuadro 1-3. Concepto fisiológico de la enfermedad</i>	<i>22</i>
<i>Recuadro 1-4. Más allá de la homeostasis</i>	<i>25</i>

PRIMERA PARTE

FISIOLOGÍA CELULAR

SECCIÓN I

PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE LA CÉLULA

2 La célula como sistema biológico integrado

R. Fesce

La célula es un sistema complejo en equilibrio dinámico	33
Las funciones diversas de la célula	35
Propiedades del sistema biológico	35
La célula como sistema termodinámico	36

Velocidad de los procesos	36
Direccionalidad de los procesos	37
La célula como sistema químico y electroquímico	37
Intercambios a través de las membranas, homeostasis y sistemas de transporte	38
Procesos pasivos y activos	39
Aspectos homeostáticos y dinámicos	48
Procesos regulados	48
Homeostasis y cambio	48
Posibles destinos de la célula	49
Ciclo celular	49
Aparato de regulación del ciclo celular	49
Patrimonio genético, diferenciación y memoria celular	50

Proteómica	50
Determinación celular	51
Bifurcaciones y reversibilidad de las elecciones	52
Regulación de las funciones de la célula	52
Mecanismos de regulación de las actividades celulares	52
Modulación funcional	53
Activación de cadenas bioquímicoenzimáticas	56
Regulación de la expresión génica	58
Regulación externa de las funciones celulares	58
Célula, cibernética e información	59
Conceptos clave	59
Lecturas recomendadas	60
<i>Recuadro 2-1.</i> Desorden, entropía y procesos pasivos y activos	34
<i>Recuadro 2-2.</i> Procesos celulares fundamentales y sus regulaciones	36
<i>Recuadro 2-3.</i> Enlaces, conformaciones, energía y trabajo	38
<i>Recuadro 2-4.</i> Proteínas G triméricas y monoméricas	54
<i>Recuadro 2-5.</i> Breve glosario de fisiología celular	58

3 Canales iónicos y potencial de membrana

C. Grassi

Polarización de la membrana celular	61
Medición de la polarización de la membrana celular	61
Diferencia de potencial	61
Electrogénesis	61
Canales iónicos	62
Selectividad de los canales iónicos	63
Canales iónicos pasivos y de acceso variable	63
Estados funcionales de los canales iónicos de acceso variable	64
Regulación de la abertura de los canales de acceso variable	69
Canales dependientes de voltaje	69
Potencial de membrana en reposo	76
Función del ion potasio	77
Equilibrio electroquímico	77
Función del ion sodio	78
Acción de la bomba de sodio-potasio	79
Canal pasivo del cloro	80
Factores que determinan el potencial de membrana en reposo	80
Flujo de iones	80
Conceptos clave	80
Lecturas recomendadas	81

<i>Recuadro 3-1.</i> Alteraciones de los canales iónicos	65
<i>Recuadro 3-2.</i> Técnica de exploración segmentaria	67
<i>Recuadro 3-3.</i> Venenos y toxinas que bloquean los canales del sodio	70
<i>Recuadro 3-4.</i> Mutaciones de los canales del sodio dependientes de voltaje	71
<i>Recuadro 3-5.</i> Diabetes y canales del potasio sensibles al ATP	72
<i>Recuadro 3-6.</i> Mutaciones de los canales del potasio dependientes de voltaje	74
<i>Recuadro 3-7.</i> Mutaciones de los canales del calcio dependientes de voltaje	74
<i>Recuadro 3-8.</i> Hipertermia maligna y canales del calcio activados por ligandos	75
<i>Recuadro 3-9.</i> Mutaciones de los canales del cloro dependientes de voltaje	76
<i>Recuadro 3-10.</i> Fibrosis quística y canales del cloro dependientes de voltaje	76

SECCIÓN II

PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE LAS CÉLULAS NERVIOSAS

4 Potencial de acción: génesis y propagación

A. Malgaroli

Actividad eléctrica de las células excitables	85
Excitabilidad celular	85
Emisión de impulsos eléctricos	85
Potenciales graduados y potenciales de acción	88
Características de los potenciales de acción	88
Ley del "todo o nada"	90
Periodo refractario	90
Bases iónicas del potencial de acción	91
Naturaleza iónica del potencial de acción	92
Variaciones de conductancia durante el potencial de acción	93
Conductancias iónicas	95
Canales del sodio dependientes de voltaje	96
Estructura	96
Relación entre estructura y función	96
Propagación de los potenciales en las fibras nerviosas	99
Propiedad pasiva de la membrana	100
Propagación de los potenciales en las prolongaciones neurales	102
Función de la mielina	103
Conceptos clave	104
Lecturas recomendadas	104

Recuadro 4-1. Historia del potencial de acción 86
Recuadro 4-2. Periodo refractario 91
Recuadro 4-3. Modelo de Hodgkin y Huxley 97
Recuadro 4-4. Esclerosis múltiple y canales del sodio dependientes de voltaje 103
Recuadro 4-5. Neuropatía y bloqueo de conducción 103

5 Transmisión sináptica: generalidades, mecanismos e integración

E. Cherubini

Sinapsis eléctricas 105
 Sinapsis químicas 108
 Transmisión sináptica en la unión neuromuscular 108
 Amplitud de los potenciales de placa 109
 Corrientes sinápticas 109
 Cuantos 110
 Transmisión sináptica del sistema nervioso central .. 112
 Criterios para identificar un neurotransmisor 112
 Neurotransmisores 114
 Acetilcolina 114
 Aminas biógenas 115
 Histamina 117
 Aminoácidos 117
 Trifosfato de adenosina 122
 Neuropéptidos 123
 Propiedades integradoras de las sinapsis 123
 Conceptos clave 124
 Lecturas recomendadas 125

Recuadro 5-1. Los experimentos de Otto Loewi 106
Recuadro 5-2. La dopamina desacopla las células horizontales de la retina 107
Recuadro 5-3. Alteraciones de la transmisión química en la placa neuromuscular ... 113
Recuadro 5-4. Proyecciones dopaminérgicas del sistema nervioso central 116
Recuadro 5-5. Acción excitatoria del ácido γ -aminobutírico 118
Recuadro 5-6. La liberación excesiva de glutamato produce la muerte celular 122

6 Transmisión sináptica: liberación de los neurotransmisores

F. Benfenati, R. Fesce

Sinapsis 126
 Sinapsis eléctricas y químicas 126
 Especialización de la sinapsis química 127

Neurotransmisores y secreción 128
 Liberación cuántica 128
 Hipótesis vesicular 129
 Transmisión e integración sinápticas 130
 Secreción de neurotransmisores y exocitosis sináptica 132
 Neurotransmisores clásicos y neuropéptidos 132
 Proteínas de las vesículas sinápticas 132
 Secreción de los neurotransmisores clásicos 133
 Ciclo del neurotransmisor 135
 Transportadores de la membrana plasmática 135
 Transportadores vesiculares 135
 Ciclo de las vesículas sinápticas 136
 Fases del proceso de exocitosis 136
 Liberación del citoesqueleto 136
 Canalización a las zonas activas 136
 Fijación al plasmalema 137
 Hemifusión 137
 Fusión con la membrana presináptica 138
 Tipos de interacciones de membrana durante la liberación del transmisor 138
 Reciclamiento endocitótico 142
 Mecanismos de endocitosis 142
 Destino de las vesículas reconstruidas 143
 Destino del neurotransmisor liberado 143
 Conceptos clave 143
 Lecturas recomendadas 145

Recuadro 6-1. Estadística y cinética cuántica 131
Recuadro 6-2. Procesos de exocitosis y endocitosis .. 133
Recuadro 6-3. Mecanismo molecular de la fusión neurosecretora 139

7 Transmisión sináptica: receptores de los neurotransmisores

E. Cherubini

Receptores ionotrópicos 146
 Receptores ionotrópicos de la acetilcolina 146
 Receptores nicotínicos periféricos de la acetilcolina 146
 Receptores nicotínicos centrales de la acetilcolina 148
 Receptores ionotrópicos del ácido γ -aminobutírico. 149
 Receptores ionotrópicos de la glicina 150
 Receptores ionotrópicos del glutamato 151
 Receptores AMPA 154
 Receptores de cainato 154
 Receptores NMDA 156
 Otros receptores ionotrópicos 159
 Receptores metabotrópicos 161
 Receptores metabotrópicos de la acetilcolina 163
 Receptores metabotrópicos del ácido γ -aminobutírico 164

Receptores metabotrópicos del glutamato	164
Receptores adrenérgicos	167
Receptores de la dopamina	167
Receptores de la serotonina	169
Receptores purinérgicos	170
Conceptos clave	173
Lecturas recomendadas	173
<i>Recuadro 7-1.</i> Hipersensibilidad por desnervación	148
<i>Recuadro 7-2.</i> Mutaciones de canales iónicos activados por acetilcolina	151
<i>Recuadro 7-3.</i> Inhibición tónica	153
<i>Recuadro 7-4.</i> Mutaciones de los canales activados por la glicina	154
<i>Recuadro 7-5.</i> El receptor GABA _A es el objetivo de numerosas sustancias neuroactivas	155
<i>Recuadro 7-6.</i> Plasticidad a corto y largo plazos de los receptores GABA _A	158
<i>Recuadro 7-7.</i> El ácido caínico induce crisis convulsivas	159
<i>Recuadro 7-8.</i> Modificaciones del receptor NMDA en el curso del desarrollo posnatal ..	160
<i>Recuadro 7-9.</i> Función de los canales iónicos activados por glutamato en la neurodegeneración y la isquemia. ...	163
<i>Recuadro 7-10.</i> Los receptores GABA _B intervienen en la génesis de las crisis de pequeño mal o ausencia	168
<i>Recuadro 7-11.</i> Función de las vías dopaminérgicas en el sistema nervioso central	170
<i>Recuadro 7-12.</i> Receptores de serotonina y noradrenérgicos en la psicosis maniacodepresiva	171
<i>Recuadro 7-13.</i> Consumo y abuso de nicotina	172

8 Plasticidad sináptica

A. Malgaroli

Sinaptogénesis y formación de los circuitos neuronales	174
Conos de crecimiento y búsqueda del objetivo por parte de los axones	176
Mecanismo de activación del crecimiento	177
Proceso de integración	177
Proceso de depuración de las conexiones	178
Reconocimiento del objetivo y sinaptogénesis	178
Sinapsis neuromuscular	179
Sinapsis centrales	179
Reorganización fina de los circuitos neuronales	182
Mecanismos de competencia intersinápticos	182
Ley de Hebb	182
Periodo crítico	184

Procesos de plasticidad sináptica de breve y largo plazos	185
<i>Potenciación y depresión de largo plazo</i>	185
Proceso de inducción	187
Mecanismos de expresión y mantenimiento de la potenciación de largo plazo	188
Conceptos clave	191
Lecturas recomendadas	191

<i>Recuadro 8-1.</i> Dinámica de las sinapsis <i>in vivo</i> y microscopia de dos fotones	175
<i>Recuadro 8-2.</i> Breve historia de la potenciación de largo plazo	186

Recuadros fisiopatológicos de las secciones I y II
F. Eusebi

SECCIÓN III

PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE LAS CÉLULAS MUSCULARES

9 Contracción muscular

G. Cecchi

Músculo esquelético	195
Estructura del sarcómero	196
Filamentos delgados: actina	197
Filamentos gruesos: miosina	199
Otras proteínas presentes en el sarcómero	200
Propiedades mecánicas del músculo	202
Condición isométrica	202
Condición isotónica	203
Condición isocinética	203
Características de la contracción isométrica	203
Características de la contracción isotónica	205
Modelo de tres elementos	209
Mecanismo contráctil	210
Energética muscular	216
Fuentes energéticas	216
Producción de calor	218
Tipos de fibras musculares	218
Acoplamiento excitación-contracción	218
Contractura de potasio	219
Aumento de la concentración de calcio	220
Regulación de la contracción	221
Fatiga	222
Músculo liso	223
Tipología de los músculos lisos	224
Diferencias estructurales	224
Diferencias funcionales	225
Actividad eléctrica y mecánica	225
Curva de tensión-longitud	225

Relación fuerza-velocidad	226	<i>Recuadro 9-1.</i> Difracción de rayos X.....	198
Regulación y control de la contracción.....	226	<i>Recuadro 9-2.</i> Modelo de Huxley.....	212
Conceptos clave	231	<i>Recuadro 9-3.</i> Pruebas de motilidad <i>in vitro</i>	215
Lecturas recomendadas	231		

SEGUNDA PARTE

FISIOLOGÍA DE ÓRGANOS Y SISTEMAS

10 Homeostasis y sistemas fisiológicos de regulación y control

F. Conti

Concepto de homeostasis.....	235	Transporte axónico.....	251
Sistemas de control en fisiología.....	237	Tipos de neuronas.....	253
Sistemas de control	237	Teoría neuronal.....	255
Conceptos de la teoría de los sistemas	237	Niveles organizativos del sistema nervioso.....	258
Sistemas de control fisiológicos	239	Células gliales	259
Sistemas de control fisiológico de retroalimentación	240	Astrocitos	259
Sistemas de control fisiológico de retroalimentación negativa	240	Oligodendrocitos	266
Mecanismos de los sistemas de control fisiológico de retroalimentación negativa.....	242	Células de Schwann	267
Heterogeneidad de los circuitos de retroalimentación negativa	243	Células de la microglia.....	269
Interacciones entre mecanismos homeostáticos	244	Microambiente neuronal	270
Homeostasis y control adaptativo.....	244	Líquido cefalorraquídeo.....	272
Conceptos clave	245	Composición del líquido cefalorraquídeo.....	272
Lecturas recomendadas	245	Secreción del líquido cefalorraquídeo por los plexos coroideos	272
<i>Recuadro 10-1.</i> Claude Bernard	236	Difusión y resorción del líquido cefalorraquídeo	272
<i>Recuadro 10-2.</i> El origen de un concepto clave para la fisiología	236	Relaciones entre los líquidos cefalorraquídeo y extracelular	274
<i>Recuadro 10-3.</i> Walter B. Cannon	237	Barrera hematoencefálica	274
<i>Recuadro 10-4.</i> Homeostasis y estado estacionario... ..	238	Constituyentes de la barrera hematoencefálica ..	275
<i>Recuadro 10-5.</i> Apéndice matemático.....	242	Distribución de la barrera hematoencefálica	276
		Conceptos clave	276
		Lecturas recomendadas	277
		<i>Recuadro 11-1.</i> Sir Charles Scott Sherrington	249
		<i>Recuadro 11-2.</i> La introducción del término sinapsis	251
		<i>Recuadro 11-3.</i> Espinas dendríticas.....	252
		<i>Recuadro 11-4.</i> Transporte axónico y estudio de las conexiones del sistema nervioso	254
		<i>Recuadro 11-5.</i> De la teoría celular a la teoría neuronal	256
		<i>Recuadro 11-6.</i> Degeneración walleriana	257
		<i>Recuadro 11-7.</i> Nervenkitz, neuroglia e identificación de las células gliales	259
		<i>Recuadro 11-8.</i> Células estaminales nerviosas.....	261
		<i>Recuadro 11-9.</i> Astrocitos radiales durante el desarrollo	262
		<i>Recuadro 11-10.</i> Astrocitos y lesiones del sistema nervioso central: la gliosis.....	263
		<i>Recuadro 11-11.</i> Transportadores de glutamato y enfermedades neuropsiquiátricas	266

SECCIÓN I

SISTEMA NERVIOSO

11 Sistema nervioso: componentes y organización

F. Conti

Células del sistema nervioso	250
Neuronas	250
Dominios funcionales.....	250

Recuadro 11-12. Enfermedades genéticas de la mielina 268

Recuadro 11-13. El número de láminas mielínicas depende de la comunicación entre axones y células gliales. 270

Recuadro 11-14. Meninges y difusión de sustancias entre los líquidos cefalorraquídeo y extracelular 271

Recuadro 11-15. Edema cerebral 274

Recuadro 11-16. Ondas de calcio 275

Recuadro 11-17. Alteración de la barrera hematoencefálica. 276

12 Circulación cerebral

C. Franzini, G. Zoccoli

Premisas anatómicas 278

Regulación de la circulación cerebral 281

 Acoplamiento flujo-metabolismo. 281

 Autorregulación 282

 Mecanismos de autorregulación. 283

Regulación química 283

 Anhídrido carbónico. 283

 Oxígeno 285

Microcirculación cerebral y barrera hematoencefálica 285

Conceptos clave 287

 Lecturas recomendadas 288

Recuadro 12-1. Fisiopatología de la hemicrania vascular 281

Recuadro 12-2. Monóxido de nitrógeno 282

Recuadro 12-3. Técnicas de estudio de la circulación cerebral. 284

13 Organización funcional de la corteza cerebral

F. Conti

El problema de la fisiología de la corteza cerebral. 289

Bases neurobiológicas de las funciones corticales 290

 Laminación y arquitectura de la corteza cerebral. ... 290

 Tipos celulares. 294

 Neuronas piramidales. 294

 Neuronas no piramidales. 295

Conexiones de la corteza cerebral 296

 Conexiones aferentes 296

 Conexiones eferentes 303

 Conexiones corticocorticales. 305

Organización intrínseca de la corteza cerebral 305

 Columnas 305

 Circuitos intracorticales 307

Integración cortical: organización jerárquica y sistemas distributivos. 309

 Áreas asociativas de la corteza cerebral 309

 Organización de las conexiones corticocorticales 312

Actividad eléctrica de la corteza cerebral. 315

 Naturaleza y origen de las ondas electroencefalográficas. 318

Conceptos clave 320

 Lecturas recomendadas 322

Recuadro 13-1. ¿Qué es un área cortical? 290

Recuadro 13-2. Origen, desarrollo y límites de la citoarquitectura 292

Recuadro 13-3. Núcleos intralaminares y de la línea media, núcleos talámicos de proyección difusa y núcleos inespecíficos. 297

Recuadro 13-4. Los axones serotoninérgicos son el blanco del éxtasis 299

Recuadro 13-5. “Una enfermedad singular de la corteza cerebral” 302

Recuadro 13-6. Organización columnar, flujo intracortical de la información y papel de la inhibición GABAérgica 308

Recuadro 13-7. Concepto de área asociativa 309

Recuadro 13-8. Modificabilidad de los mapas corticales. 314

Recuadro 13-9. Electroencefalografía 316

Recuadro 13-10. Magnetoencefalografía 317

Recuadro 13-11. Muerte cerebral. 318

Recuadro 13-12. Integración de señales bioelectromagnéticas y datos de imágenes funcionales 319

Recuadro 13-13. Potenciales evocados 319

14 Sueño

G. Tononi, C. Cirelli

Estudio del sueño. 323

 Registros electrofisiológicos 323

Estadios del sueño 323

 Estadio 1. 323

 Estadio 2. 324

 Estadios 3 y 4 326

Ciclo NMOR-MOR. 326

Correlatos nerviosos del sueño y la vigilia 327

 Actividad nerviosa espontánea. 327

 Metabolismo cerebral. 330

 Capacidad de respuesta a los estímulos 331

 Modificaciones moleculares 332

Centros nerviosos que regulan el sueño y la vigilia. 333

 Sistema activador reticular y vigilia 333

Acetilcolina, histamina, glutamato y activación EEG	333
Noradrenalina y activación génica	335
Serotonina, dopamina e hipocretina	335
Sistema hipotalámico del sueño	336
Sistema generador del sueño MOR	336
Reloj circadiano supraquiasmático	336
Regulación del sueño	337
Funciones del sueño	339
Sueño y recuperación cerebral	339
Sueño y memoria	340
Sueño y homeostasis sináptica	344
Conceptos clave	345
Lecturas recomendadas	346
<i>Recuadro 14-1.</i> Monitoreo del sueño humano mediante polisomnografía	325
<i>Recuadro 14-2.</i> Definición y cuantificación del sueño	325
<i>Recuadro 14-3.</i> Forma de medir la somnolencia diurna	326
<i>Recuadro 14-4.</i> Modificaciones del sueño en el curso de la vida	327
<i>Recuadro 14-5.</i> Fisiología vegetativa del sueño	328
<i>Recuadro 14-6.</i> Algunas etapas fundamentales de la investigación del sueño	334
<i>Recuadro 14-7.</i> Bases moleculares del marcapaso circadiano	338
<i>Recuadro 14-8.</i> Filogénesis del sueño	341
<i>Recuadro 14-9.</i> Privación del sueño	343

15 Fisiología general de la sensibilidad

F. Benedetti

Fisiología objetiva y subjetiva	347
Clasificación de los sistemas sensoriales	348
Clasificación de los receptores sensoriales	349
Clase I	349
Clase II	350
Clase III	350
Proceso de transducción	350
Codificación	351
Modalidad	351
Intensidad	351
Duración	351
Localización	352
Principios organizativos comunes a los diferentes sistemas sensoriales	354
Conceptos clave	355
Lecturas recomendadas	355
<i>Recuadro 15-1.</i> Entre filosofía y ciencia	348
<i>Recuadro 15-2.</i> Nociones de psicofísica	353

16 Somestesia

F. Benedetti

Mecanocepción y propiocepción	356
Receptores y fibras aferentes primarias	357
Mecanoceptores	357
Propioceptores	359
Vías ascendentes	359
Integración de la información en el tálamo y la corteza cerebral	360
Organización somatotópica	361
Campos receptivos	362
Agudeza táctil	362
Áreas somatosensoriales	363
Termocepción	364
Interocepción	366
Conceptos clave	366
Lecturas recomendadas	366
<i>Recuadro 16-1.</i> Homúnculo plástico	365

17 Dolor

F. Benedetti

Clasificación del dolor	367
Vías del dolor	368
Nociceptores	368
Fibras aferentes primarias	368
Astas posteriores de la médula espinal	370
Vías ascendentes	372
Del tálamo a la corteza cerebral	373
Significado clínico del sistema nociceptivo lateral y medial	374
Sistemas inhibitorios descendentes	375
Nociones de medicina y terapia del dolor	377
Conceptos clave	377
Lecturas recomendadas	378
<i>Recuadro 17-1.</i> Inhibición del dolor en la vida cotidiana	374

18 Fisiología de la visión

P.P. Battaglini

Medios ópticos	381
Córnea	381
Cristalino	381
Humor vítreo	383
Humor acuoso y tensión endocular	384
Producción del humor acuoso	384
Circulación del humor acuoso	384
Regulación de la producción y eliminación	385

21 Olfato y gusto

A. Menini

Olfato	445
Epitelio olfatorio	445
Receptores olfatorios	445
Transducción de los estímulos olfatorios	448
Adaptación	448
Bulbo olfatorio	448
Corteza olfatoria	449
Gusto	451
Papilas, yemas y células gustativas	451
Receptores gustativos y transducción de los estímulos	452
Amargo	452
Dulce	453
Umami	454
Salado	454
Ácido	454
Inervación de las células gustativas	454
Vías centrales del sistema gustativo	455
Conceptos clave	455
Lecturas recomendadas	455
<i>Recuadro 21-1. Premio Nobel 2004</i>	446
<i>Recuadro 21-2. Disfunciones olfatorias</i>	449
<i>Recuadro 21-3. Enfermedades neurodegenerativas y olfato</i>	451
<i>Recuadro 21-4. Disfunciones gustativas</i>	452

22 Organización general de los sistemas motores

F. Lacquaniti

Organización de los sistemas motores	456
Sistema motor periférico	456
Músculos y unidades motoras	456
Fibras aferentes sensoriales musculares	457
Sistema motor central	457
Médula espinal	458
Tronco del encéfalo	458
Cerebelo	458
Telencéfalo	458
Control del movimiento	459
Movimientos reflejos	459
Reflejo de estiramiento	459
Reflejo flexor (o nociceptivo)	460
Reflejo vestibuloocular	460
Adaptabilidad del reflejo	460
Movimientos voluntarios	460
Leyes de control de los movimientos voluntarios	460
Anticipación motora y modelos internos del movimiento	462

Conceptos clave	462
Lecturas recomendadas	463

23 Médula espinal: fondo de motoneuronas y reflejos espinales

G. Luppino, D. Manzoni

Organización general de la médula espinal	465
Subdivisiones anatómicas	465
Vías descendentes	465
Interneuronas espinales	466
Motoneuronas espinales	468
Reflejos espinales	469
Actividad refleja y contexto motor	470
Reflejo miotático	472
Acciones segmentarias de las aferencias fusales	473
Control central de los husos neuromusculares: motoneurona gamma	477
Reflejo miotático, movimiento y postura	478
Órganos tendinosos de Golgi y reflejo miotático inverso	479
Circuito inhibitorio recurrente de Renshaw	480
Reflejos originados por los mecanorreceptores cutáneos	481
Reflejo flexor	482
Choque espinal	483
Conceptos clave	484
Lecturas recomendadas	485
<i>Recuadro 23-1. El reflejo miotático en el diagnóstico neurológico</i>	475

24 Vías descendentes motoras

G. Luppino

Vías descendentes motoras	486
Vías descendentes del tronco encefálico	487
Sistema de las vías mediales	488
Vías vestibuloespinales	488
Vías reticuloespinales	489
Vías tectoespinales	489
Sistema de las vías laterales	489
Vías corticodescendentes	489
Vía piramidal	490
Funciones motoras de la vía piramidal	492
Naturaleza de los comandos motores descendentes	494
Vía directa a los núcleos del tronco encefálico	497
Vías corticorrúbricas	497
Vías corticoreticulares	497
Lesión de la vía descendente motora	497

Reinterpretación de la organización de la vía corticodescendente	499
Conceptos clave	500
Lecturas recomendadas	501

<i>Recuadro 24-1.</i> Lesiones de las vías corticodescendentes motoras	495
--	-----

25 Control de la postura y el equilibrio

D. Manzoni

Estrategias posturales	503
Tono postural	503
Mecanismos segmentarios y suprasegmentarios.	504
Vías vestibuloespinales	504
Sistemas reticulares y monoaminérgicos	506
Influencias del cerebelo sobre el tono postural.	507
Control de la orientación del cuerpo	508
Integración multisensorial	509
Reflejos visuales	511
Reflejos somatosensoriales	512
Reflejos vestibulares que actúan sobre las extremidades	513
Interacción de los reflejos vestibulares y cervicales que actúan sobre las extremidades	515
Mecanismos neurofisiológicos de los reflejos vestibulares y cervicales	515
Organización espacial de los reflejos vestibulares y cervicales	516
Control de la orientación de la cabeza	516
Reflejos vestibulocervicales	517
Reflejos cervicocervicales	518
Mantenimiento del equilibrio	518
Movimiento voluntario y ajustes de la postura.	520
Conceptos clave	521
Lecturas recomendadas	522

<i>Recuadro 25-1.</i> Manifestaciones patológicas asociadas a alteraciones del tono postural	508
--	-----

<i>Recuadro 25-2.</i> Lesiones corticales y ajustes de la postura	519
---	-----

26 Locomoción

F. Lacquaniti, G. Bosco

Biomecánica de la caminata	523
Baricentro corporal	523
Características de los movimientos de los miembros inferiores	524
Control nervioso de la locomoción	526
Circuitos espinales y generación del esquema del paso	526
Integración espinal de las señales aferentes	527

Control supraespinal de la deambulación	529
Una visión de conjunto	532
Conceptos clave	533
Lecturas recomendadas	533

<i>Recuadro 26-1.</i> Lesiones espinales, plasticidad y aspectos de rehabilitación	528
--	-----

<i>Recuadro 26-2.</i> Perturbaciones de la ambulación en algunas enfermedades neurológicas	531
--	-----

27 Movimientos oculares

C. Maioli

Significado funcional de los movimientos oculares	534
Estabilización visual	534
Desplazamiento de la mirada	534
Características generales de los movimientos oculares	535
Acción de los músculos extraoculares	535
Señales del comando motor de los músculos extraoculares	536
Integrador neuronal	537
Base neurofisiológica para el origen de los movimientos conjugados	539
Movimientos oculares de estabilización visual	539
Reflejo vestibuloocular	539
Reflejo optocinético	539
Nistagmo	540
Vías centrales del reflejo vestibuloocular	541
Conductos semicirculares horizontales	541
Conductos semicirculares verticales	542
Vías centrales del reflejo optocinético	543
Vía subcortical	543
Vía cortical	543
Sistema sacádico	543
Circuito de control sacádico en el tronco del encéfalo	545
Componente horizontal de los movimientos sacádicos	545
Componente vertical de los movimientos sacádicos	545
Colículo superior	546
Selección de los objetivos visuales por parte de la corteza cerebral	547
Campos oculares frontales	547
Corteza parietal posterior	548
Otras áreas corticales	548
Movimientos lentos de seguimiento	549
Vías nerviosas centrales	549
Movimientos de vergencia	549
Activación del sistema de vergencia	551
Conceptos clave	551
Lecturas recomendadas	552

Recuadro 27-1. Vivir sin un mecanismo para mantener el equilibrio 541
Recuadro 27-2. Nistagmo patológico..... 544

28 Cerebelo

F. Tempia

Elaboración de las señales en el cerebelo..... 553
 Propiedades electrofisiológicas de la célula de Purkinje 556
 Señales provenientes de la vía de las fibras musgosas 556
 Señales provenientes de la vía de las fibras trepadoras 557
 Función de las interneuronas inhibitorias..... 557
 Células de Golgi 558
 Células estrelladas y células de canasta 558
 Principios de elaboración de las señales en una microzona de corteza cerebelosa..... 558
 Plasticidad sináptica cerebelosa y aprendizaje motor 560
 Ejemplo de la calibración de los reflejos 563
 Subdivisión anatomofuncional del cerebelo 564
 Vestibulocerebelo: equilibrio del cuerpo y estabilización ocular..... 565
 Neuronas del núcleo vestibular medial..... 565
 Neuronas del núcleo vestibular lateral 565
 Espinocerebelo: ejecución de los movimientos 565
 Cerebrocerebelo: programación de los movimientos 568
 Papel del cerebrocerebelo en la programación motora..... 568
 Conceptos clave 569
 Lecturas recomendadas 569

Recuadro 28-1. Síntomas motores en los pacientes afectados por lesiones cerebelosas... 554
Recuadro 28-2. ¿Puede una sinapsis inhibitoria producir excitación?..... 555
Recuadro 28-3. Sincronización de las neuronas olivares 561
Recuadro 28-4. Depresión a largo plazo de la sinapsis entre la fibra paralela y la célula de Purkinje 562

29 Núcleos de la base

E. Scarnati

Organización de los circuitos paralelos 571
 Circuito motor..... 572
 Circuito oculomotor..... 572
 Circuito entre la corteza prefrontal dorsolateral y el núcleo caudado 573

Circuito entre la corteza orbitofrontal lateral y el núcleo caudado 573
 Circuito entre la corteza cingulada anterior y el estriado ventral 574
 Neurofisiología de las neuronas de los núcleos de la base..... 574
 Estriado..... 575
 Sustancia negra 579
 Globo pálido..... 581
 Núcleo pedunculopontino del tegmento..... 584
 Conceptos clave 585
 Lecturas recomendadas..... 585

Recuadro 29-1. Breve historia de los núcleos de la base 571
Recuadro 29-2. Alteraciones del estriado y trastornos motores y psíquicos 581
Recuadro 29-3. Alteraciones de la sustancia negra y trastornos motores..... 582
Recuadro 29-4. Alteraciones del núcleo subtalámico y trastornos motores..... 582
Recuadro 29-5. Posibles alteraciones del circuito motor en algunas afecciones de los núcleos de la base 583
Recuadro 29-6. Alteraciones del globo pálido y trastornos motores..... 584

30 Control cortical del movimiento

R. Caminiti, A. Battaglia-Mayer, V. Gallese

Control del comportamiento cognitivo-motor 586
 Sistema parietofrontal..... 587
 Área motora primaria 588
 Naturaleza distribuida de la activación..... 590
 Codificación de los parámetros del movimiento... 591
 Correlaciones entre actividades celulares y fuerza en el área motora primaria 592
 Correlaciones entre actividad celular y dirección del movimiento..... 594
 Codificación de la trayectoria del movimiento 596
 Codificación multiparamétrica del movimiento 597
 Áreas premotoras de la corteza cerebral 597
 Área premotora dorsal..... 597
 Áreas de la circunvolución del cíngulo y el control del resultado y de las consecuencias de un movimiento 599
 Áreas motoras suplementarias 599
 Área premotora ventral 601
 Áreas asociativas de la corteza parietal..... 604
 Propiedades topográficas..... 605
 Propiedades visuales..... 605
 Propiedades oculomotoras..... 606

Influencia de la atención selectiva	606
Influencia de la posición del ojo	607
Estabilidad del mundo visual durante los movimientos de los ojos	607
Influencia de la relevancia de los estímulos visuales	611
Neuronas de alcance	611
Papel de la corteza parietal en la coordinación ojo-mano durante el alcance	613
Correcciones de las trayectorias del movimiento de la mano	614
Conceptos clave	614
Lecturas recomendadas	615
<i>Recuadro 30-1.</i> Áreas del sistema parietofrontal	590
<i>Recuadro 30-2.</i> Anatomía del área motora primaria	592
<i>Recuadro 30-3.</i> Etapas históricas en el estudio de la corteza frontal	593
<i>Recuadro 30-4.</i> Codificación cortical de los aspectos estáticos y dinámicos de la fuerza	594
<i>Recuadro 30-5.</i> ¿Cómo se codifica la dirección del movimiento cuando su origen cambia?	596
<i>Recuadro 30-6.</i> Áreas de la corteza premotora	597
<i>Recuadro 30-7.</i> Organización topográfica del área premotora dorsal	597
<i>Recuadro 30-8.</i> Áreas de la corteza parietal	604
<i>Recuadro 30-9.</i> Síndrome del lóbulo parietal	607

31 Conciencia

G. Tononi, M. Massimini

Hechos y paradojas concernientes a la relación entre cerebro y conciencia	618
Teoría de la información integrada	619
Conciencia como capacidad de integrar información	619
Información	619
Integración	619
Conciencia, información integrada y cerebro	620
Sistema talamocortical	620
Cerebelo	621
Sistemas activadores	622
Vías sensoriales	623
Vías motoras	623
Ganglios de la base y circuitos corticosubcorticales	623
Circuitos intracorticales	625
Desconexiones anatómicas y funcionales	625
Sueño sin sueños	625
Tiempos de la conciencia	626
Implicaciones	627

Conceptos clave	628
Lecturas recomendadas	628

<i>Recuadro 31-1.</i> Rivalidad binocular y correlatos nerviosos de la conciencia	624
--	-----

32 Dominancia hemisférica y cuerpo calloso

G. Tassinari

Asimetrías cerebrales	629
Asimetrías estructurales	630
Diferencias microscópicas	631
Diferencias neuroquímicas	631
Asimetrías funcionales	632
Conexiones y desconexiones entre los hemisferios cerebrales	633
Efectos de la desconexión hemisférica	633
Integración simple	635
Integración compleja	635
Demostraciones de asimetría hemisférica en sujetos normales	635
Sistema visual	638
Sistema auditivo	638
Sistema somatosensorial	639
Naturaleza y origen de la especialización hemisférica	639
Preferencia manual	639
Conceptos clave	641
Lecturas recomendadas	642

<i>Recuadro 32-1.</i> Funciones cognitivas complejas y cerebros divididos	636
--	-----

<i>Recuadro 32-2.</i> Asimetrías en la representación perceptiva y abstracta	640
---	-----

33 Aprendizaje y memoria

P.G. Montarolo

Definiciones	643
Clasificaciones de la memoria	644
Memoria a corto y largo plazos	644
Memoria no declarativa	645
Aprendizaje no asociativo	645
Aprendizaje asociativo	646
Estructuras nerviosas participantes	648
Memoria declarativa	650
Estructuras nerviosas participantes: estudios en el ser humano	650
Estructuras nerviosas participantes: estudios en animales	653
Memoria espacial e hipocampo	654

Conceptos clave	657
Lecturas recomendadas	658
<i>Recuadro 33-1.</i> Conductismo y cognitivismo	644
<i>Recuadro 33-2.</i> Amnesia y estudio de la memoria	645
<i>Recuadro 33-3.</i> Condicionamiento aversivo	649
<i>Recuadro 33-4.</i> El caso de H.M.	651
<i>Recuadro 33-5.</i> Estudio de la memoria espacial	655

34 Lenguaje

G. Tassinari

Procesos de producción del lenguaje	659
Fonación	659
Fonética	660
Signos de psicolingüística	662
Organización nerviosa del lenguaje	662
Localización de los componentes del lenguaje	664
Nivel fonológico	664
Nivel semántico	665
Nivel morfosintáxico	666
Lenguaje y dominancia hemisférica	666
Función especial del área de Broca	667
Desarrollo del lenguaje en la especie humana	668
Lenguaje escrito	669
Conceptos clave	670
Lecturas recomendadas	670
<i>Recuadro 34-1.</i> Antecedentes animales del lenguaje	661
<i>Recuadro 34-2.</i> Esquema clásico de las afasias	663
<i>Recuadro 34-3.</i> Segunda lengua	667
<i>Recuadro 34-4.</i> Disfonía-disartria-balbuceo	669

35 Sistema nervioso vegetativo: organización, funciones y mecanismos de control

R. Giuffrida (en colaboración con F. Laureanti)

Organización anatomofuncional	671
Funciones del sistema nervioso vegetativo	672
Modalidad de acción	672
Sistema simpático	673
Neuronas preganglionares	673
Ganglios simpáticos	673
Fibras posganglionares	674
Inervación simpática de los órganos	674
Sistema parasimpático	676
Parasimpático craneal	677
Parasimpático sacro	678
Fibras viscerales aferentes	678

Aferencias viscerales asociadas al sistema simpático	679
Aferencias viscerales asociadas al sistema parasimpático	679
Neurotransmisores del sistema nervioso	
vegetativo	681
Acetilcolina	683
Noradrenalina	686
Médula suprarrenal	689
Funciones integradas	690
Ojo	690
Diámetro pupilar	690
Convexidad del cristalino	690
Aparato cardiocirculatorio	691
Corazón	691
Regulación del calibre de los vasos sanguíneos	692
Regulación cardiovascular refleja	694
Aparato digestivo	694
Glándulas salivales	694
Tubo digestivo	694
Defecación	695
Control de la vejiga	696
Control de las funciones sexuales	697
Erección	697
Eyaculación	699
Mecanismos de control superior	699
Núcleo del tracto solitario	700
Hipotálamo	700
Sistema límbico	700
Conceptos clave	701
Lecturas recomendadas	702

<i>Recuadro 35-1.</i> Acciones farmacológicas sobre el sistema nervioso vegetativo: acciones colinérgicas	682
<i>Recuadro 35-2.</i> Acciones farmacológicas sobre el sistema nervioso vegetativo: acciones adrenérgicas	688

36 Interacciones entre el sistema nervioso y el sistema inmunitario

N. Belluardo

Influencias del sistema nervioso sobre el sistema inmunitario	703
Regulación nerviosa directa	703
Noradrenalina	703
Regulación humoral	704
Activación del eje hipotálamo-hipófisis-suprarrenal	704
Papel de los glucocorticoides	705

Otras hormonas del eje hipotálamo-hipófisis-suprarrenal con acción sobre el sistema inmunitario	706
Influencias del sistema inmunitario sobre el sistema nervioso.....	707
Efectos de las citocinas sobre el eje hipotálamo-hipófisis-suprarrenal	707
Vía nerviosa.....	707
Vía humoral.....	708
Significado de las respuestas neuroendocrinas a las infecciones	711
Conceptos clave	711
Lecturas recomendadas.....	711
<i>Recuadro 36-1.</i> Primeras pruebas experimentales de la existencia de una interacción entre el sistema nervioso y el sistema inmunitario	706
<i>Recuadro 36-2.</i> Estrés y respuesta inmunitaria	708
<i>Recuadro 36-3.</i> Papel de la interacción entre el SN y el SI en el mantenimiento de la homeostasis: el caso de la fiebre.....	709

SECCIÓN II

SISTEMA ENDOCRINO

37 Principios generales de fisiología endocrina

A. Colantuoni (en colaboración con F. Santangelo)

Hormonas	716
Clasificación.....	716
Biosíntesis	717
Secreción	719
Transporte sanguíneo	719
Mecanismo de acción.....	722
Enlace hormona-receptor	722
Receptores de hormonas proteínicas.....	723
Receptores de hormonas tiroideas y esteroideas	726
Catabolismo.....	727
Regulación de la secreción hormonal.....	727
Secreción circadiana de hormonas	729
Conceptos clave	730
Lecturas recomendadas.....	730
<i>Recuadro 37-1.</i> Datos históricos sobre el sistema endocrino y las hormonas.....	718
<i>Recuadro 37-2.</i> Prostaglandinas	720
<i>Recuadro 37-3.</i> Determinación de la concentración sanguínea de las hormonas.....	722
<i>Recuadro 37-4.</i> Rosalin Sussman Yalow	727

38 Eje hipotálamo-hipofisario y control de las funciones endocrinas

A. Colantuoni (en colaboración con F. Santangelo)

Anatomía funcional del hipotálamo y la hipófisis	731
Hipotálamo	731
Células neuroendocrinas	732
Sistema portal hipotálamo-hipofisario	733
Hipófisis	733
Adenohipófisis	735
Neurohipófisis	735
Eje hipotálamo-hipófisis-tiroideas.....	736
Biosíntesis de las hormonas tiroideas.....	736
Yoduro	737
Formación de yodotirosinas y tironinas	739
Secreción.....	739
Transporte sanguíneo	739
Interacción con las células objetivo.....	740
Catabolismo.....	741
Efectos biológicos	741
Activación del metabolismo celular.....	741
Aumento de la termogénesis.....	741
Maduración de los tejidos	742
Efectos sobre el músculo cardíaco	742
Otros efectos.....	742
Mecanismo de acción.....	742
Regulación de la secreción	743
Eje hipotálamo-hipófisis-suprarrenal	745
Características bioquímicas.....	745
Glucocorticoides y mineralocorticoides	746
Biosíntesis.....	746
Transporte	746
Catabolismo	747
Efectos biológicos	747
Mecanismo de acción.....	751
Eje hipotálamo-hipofisario y regulación de la prolactina.....	752
Biosíntesis	752
Efectos biológicos	753
Mecanismo de acción.....	753
Regulación de la secreción	754
Hormonas neurohipofisarias	755
Biosíntesis	756
Vasopresina	757
Efectos biológicos	757
Mecanismos de acción	757
Regulación de la secreción.....	757
Oxitocina: efectos biológicos y mecanismos de acción	759
Contracción del miometrio uterino	759
Eyección de leche	759
Efectos sobre la conducta	760
Otros efectos.....	761

Conceptos clave	761
Lecturas recomendadas	762
<i>Recuadro 38-1.</i> La larga historia del descubrimiento de la tiroxina	738
<i>Recuadro 38-2.</i> Edward Calvin Kendall	740
<i>Recuadro 38-3.</i> Theodor Kocher	740
<i>Recuadro 38-4.</i> Hipertiroidismo e hipotiroidismo: variaciones inducidas por las hormonas tiroideas	743
<i>Recuadro 38-5.</i> Síndrome de Cushing	748
<i>Recuadro 38-6.</i> Philip Showalter Hench	749
<i>Recuadro 38-7.</i> Tadeus Reichstein	751
<i>Recuadro 38-8.</i> Hiperaldosteronismo	753
<i>Recuadro 38-9.</i> Insuficiencia suprarrenal	753

39 Regulación endocrina del crecimiento y el desarrollo

A. Colantuoni (en colaboración con F. Santangelo)

Regulación del crecimiento	763
Crecimiento en el humano	763
Efectos hormonales	764
Hormona del crecimiento	764
Biosíntesis y catabolismo	764
Efectos biológicos	765
Efectos directos	765
Efectos indirectos	767
Efectos en el metabolismo	768
Mecanismo de acción	768
Regulación de la secreción	769
Conceptos clave	772
Lecturas recomendadas	772
<i>Recuadro 39-1.</i> Estatura baja	768
<i>Recuadro 39-2.</i> Enanismo hipofisario	768
<i>Recuadro 39-3.</i> Pierre Marie y la acromegalia	771

SECCIÓN III SANGRE Y SISTEMA CARDIOVASCULAR

40 Sangre y hemostasia

P. D'Ascanio (en colaboración con U. Faraguna)

Sangre	775
Función de la sangre	775
Funciones de transporte	776
Funciones de regulación de la homeostasis corporal	776
Características de la sangre	776
Volemia	776

Peso específico	777
Viscosidad	777
Presiones osmótica y oncótica	777
pH	777
Componentes de la sangre	778
Plasma	778
Proteínas	778
Glóbulos rojos	781
Glóbulos blancos	790
Hemostasia	795
Fase vascular	796
Fase plaquetaria	797
Características de las plaquetas	797
Papel del endotelio	799
Respuesta plaquetaria	799
Fase de la coagulación	805
Factores de la coagulación	805
Mecanismos de la coagulación	807
Control de la coagulación	812
Fase fibrinolítica	814
Activadores del plasminógeno	814
Plasminógeno	814
Plasmina	814
Inhibidores	814
Balanza hemostática endotelial	815
Actividad antitrombótica	816
Actividades protrombóticas	816
Conceptos clave	817
Lecturas recomendadas	818

<i>Recuadro 40-1.</i> ¿Cómo se mide el hematócrito?	776
<i>Recuadro 40-2.</i> Frotis de sangre	777
<i>Recuadro 40-3.</i> Déficit enzimático del metabolismo eritrocitario: el favismo	782
<i>Recuadro 40-4.</i> Análisis de la sangre	786
<i>Recuadro 40-5.</i> Índices bioquímicos de hierro en el organismo	791
<i>Recuadro 40-6.</i> Balance homeostático de los niveles marciales	792
<i>Recuadro 40-7.</i> Uso de la sangre y de los hemocomponentes y transfusión autóloga	795
<i>Recuadro 40-8.</i> Autoanticuerpos y enfermedades autoinmunitarias	796
<i>Recuadro 40-9.</i> Angiogénesis	797
<i>Recuadro 40-10.</i> Alteraciones de la hemostasia	798
<i>Recuadro 40-11.</i> Anticoagulantes	808

41 Actividad eléctrica del corazón

R. Fesce

Características de la actividad eléctrica de las células cardiacas	819
Potencial de acción de las células cardiacas	820

Fases del potencial de acción	820	Propiedad mecánica de las células musculares	
Refractariedad	824	cardiacas	851
Velocidad de conducción en las fibras		Relación tensión-longitud	851
cardiacas	825	Ciclo contracción-relajación	852
Propiedades fundamentales de la actividad cardíaca		Ciclo cardíaco	853
y su regulación	826	Diástole	855
Cronotropismo	826	Presístole	856
Batmotropismo	827	Sístole	856
Dromotropismo	827	Contractilidad y trabajo del corazón durante	
Inotropismo	828	el ciclo cardíaco	857
Actividad eléctrica de los diferentes tipos de		Contractilidad	859
células cardíacas	828	Relación presión-volumen	861
Electrocardiograma	828	Índice de contractilidad cardíaca	862
Recorrido de la onda de variación del potencial	830	Presión capilar pulmonar	862
Factores fisiológicos y patológicos que influyen		Aumento de la presión ventricular durante	
en la actividad eléctrica cardíaca	834	la sístole isovolumétrica	862
Modulación nerviosa	834	Fracción de eyección	863
Estimulación de los receptores		Métodos ecocardiográficos	863
adrenérgicos	835	Velocidad de variación de la circunferencia	863
Estimulación de los receptores		Medida de las presiones y de los volúmenes	864
muscarínicos	835	Ruidos cardíacos	864
Estimulación del nervio vago	835	Primer ruido	867
Actividad automática fuera del nodo		Segundo ruido	867
sinoauricular	836	Tercer ruido	867
Impulsos prematuros	837	Cuarto ruido	867
Alteraciones de conducción	840	Pulsos arterial y venoso	867
Mecanismos de reentrada	842	Pulso arterial	867
Fibrilación	843	Pulso venoso	868
Fibrilación auricular	843	Gasto cardíaco y su regulación	868
Fibrilación ventricular	843	Medición del gasto cardíaco	868
Conceptos clave	844	Principio de Fick	868
Lecturas recomendadas	846	Técnica de la dilución del indicador	869
<i>Recuadro 41-1.</i> Corrientes iónicas durante el		Termodilución	870
potencial de acción cardíaco	822	Técnicas angiográficas	870
<i>Recuadro 41-2.</i> La electrofisiología cardíaca y el		Técnicas ecodoppler	870
electrocardiograma	830	Regulación del gasto cardíaco	870
<i>Recuadro 41-3.</i> Modalidad de registros del		Gasto sistólico	870
electrocardiograma	834	Frecuencia cardíaca	874
<i>Recuadro 41-4.</i> El eje cardíaco	836	Metabolismo cardíaco	878
<i>Recuadro 41-5.</i> Informaciones provistas por el		Conceptos clave	881
electrocardiograma	838	Lecturas recomendadas	882
<i>Recuadro 41-6.</i> ECG e isquemia miocárdica	840	<i>Recuadro 42-1.</i> Tensión pasiva y titina	852
<i>Recuadro 41-7.</i> Arritmias asociadas al infarto		<i>Recuadro 42-2.</i> Tensión y estrés de pared	857
del miocardio	842	<i>Recuadro 42-3.</i> Insuficiencia ventricular	
<i>Recuadro 41-8.</i> Taquicardia paroxística		izquierda	860
supraventricular	843	<i>Recuadro 42-4.</i> Contracción isovolumétrica	864
		<i>Recuadro 42-5.</i> Descompensación cardíaca:	
		distensión ventricular contra	
		tensión de la pared	865
		<i>Recuadro 42-6.</i> Ecocardiografía	866
		<i>Recuadro 42-7.</i> Ritmos de galope	868
		<i>Recuadro 42-8.</i> Un modelo simplificado para el	
		sistema cardiovascular	871
42 Actividad mecánica del corazón			
A. Colantuoni, G. Cecchi			
Células musculares cardíacas	847		
Potencial de acción cardíaco	849		
Acoplamiento excitación-contracción	849		

Recuadro 42-9. Corazón trasplantado..... 875
Recuadro 42-10. Otras técnicas de estudio de la
función cardíaca *in vivo*..... 879

43 Principios de hemodinámica y hemorreología

A. Colantuoni

Principios de hemodinámica..... 883
Flujo sanguíneo..... 884
Cálculo de la resistencia y de la conductancia..... 884
Ley de Hagen-Poiseuille..... 884
Viscosidad..... 886
Viscosidad del agua..... 886
Viscosidad de la sangre..... 887
Energía total..... 888
Conversiones de energía..... 888
Fuerza gravitacional..... 889
Interrupciones de actividad..... 890
Hemorreología..... 891
Determinantes de la viscosidad sanguínea..... 891
Número y deformabilidad de las células..... 892
Diámetro de los vasos..... 892
Velocidad del flujo..... 894
Viscosidad sanguínea en los capilares..... 895
Variaciones del pH..... 896
Hematócrito..... 896
Resistencia interna..... 896
Concentración del fibrinógeno..... 896
Conceptos clave..... 896
Lecturas recomendadas..... 897

Recuadro 43-1. Resistencia periférica total..... 885
Recuadro 43-2. Jean-Louis Marie Poiseuille..... 886
Recuadro 43-3. Daniel Bernoulli..... 889
Recuadro 43-4. Viscosidad, hematócrito
y pequeños vasos..... 893
Recuadro 43-5. Medición de la viscosidad..... 895

44 Sistema circulatorio

A. Colantuoni

Sistema arterial..... 898
Elasticidad de las arterias..... 899
Presión arterial..... 899
Curvas presoras periféricas..... 903
Microcirculación..... 903
Organización morfofuncional..... 904
Arteriolas terminales..... 904
Vénulas..... 906
Vasos linfáticos..... 906
Intercambios microvasculares..... 906
Difusión..... 906

Filtración..... 907
Proceso de filtración-absorción y función
de la vasomotilidad arteriolar..... 908
Mecanismos de regulación de la perfusión
tisular..... 909
Regulación de la microcirculación..... 910
Estimulación presora..... 910
Estimulación nerviosa..... 910
Estimulación hormonal..... 912
Estimulación metabólica local..... 913
Estimulación de origen endotelial..... 914
Estimulación dependiente del flujo..... 915
Sistema venoso..... 915
Organización morfofuncional..... 915
Hemodinámica del sistema venoso..... 917
Función del sistema simpático..... 918
Mecanismos del retorno venoso..... 918
Conceptos clave..... 920
Lecturas recomendadas..... 920

Recuadro 44-1. Módulo de elasticidad..... 899
Recuadro 44-2. Elasticidad..... 900
Recuadro 44-3. Medición de la presión arterial..... 902
Recuadro 44-4. Bifurcaciones terminales..... 905
Recuadro 44-5. Linfedema..... 907
Recuadro 44-6. Schack August Steenberg Krogh:
al descubrimiento del reclutamiento
de los capilares musculares..... 911
Recuadro 44-7. William Harvey: de Padua
a Londres, al descubrimiento
de la gran circulación..... 916
Recuadro 44-8. Venas varicosas..... 918
Recuadro 44-9. Presión venosa central e
insuficiencia cardíaca derecha..... 918

45 Circulación regional

G. Vacca

Circulación coronaria..... 922
Flujo sanguíneo coronario..... 924
Variaciones del flujo sanguíneo coronario
durante el ciclo cardíaco..... 924
Mecanismos de regulación del flujo
sanguíneo coronario..... 925
Reserva coronaria..... 932
Circulación muscular..... 932
Flujo sanguíneo muscular..... 933
Mecanismos de regulación del flujo
sanguíneo muscular..... 933
Circulación cutánea..... 936
Flujo sanguíneo cutáneo..... 937
Mecanismos de regulación del flujo
sanguíneo cutáneo..... 937
Flujo sanguíneo cutáneo y termorregulación..... 938

Circulación esplácnica.....	939	Espirometría	959
Circulación intestinal.....	940	Capacidad pulmonar.....	960
Flujo sanguíneo intestinal.....	941	Ventilación pulmonar y alveolar.....	966
Circulación hepática.....	944	Cavidad pleural.....	967
Flujo sanguíneo hepático.....	945	Fuerzas aspirativas del líquido pleural.....	968
Conceptos clave.....	945	Neumotórax.....	968
Lecturas recomendadas.....	946	Derrame líquido de origen inflamatorio.....	969
<i>Recuadro 45-1.</i> Principios de flujometría electromagnética.....	924	Resistencias mecánicas a la respiración.....	969
<i>Recuadro 45-2.</i> Medición de la presión tisular miocárdica.....	925	Resistencias elásticas.....	969
<i>Recuadro 45-3.</i> Estudio del control nervioso reflejo.....	927	Presiones en el aparato respiratorio.....	969
<i>Recuadro 45-4.</i> Principios de hemodinámica de las estenosis de los vasos coronarios principales.....	929	Relación presión/volumen del pulmón.....	969
<i>Recuadro 45-5.</i> Arteriopatías periféricas y claudicación intermitente.....	938	Relación presión/volumen de la cavidad torácica.....	974
<i>Recuadro 45-6.</i> Enfermedad de Raynaud.....	939	Diferencias de comportamiento entre caja torácica y pulmón.....	975
<i>Recuadro 45-7.</i> Una forma particular de edema: la ascitis.....	944	Relación presión/volumen del sistema toracopulmonar.....	975
		Resistencias no elásticas (viscosas e inerciales).....	978
		Resistencias al paso del aire en las vías aéreas.....	979
		Distribución de las resistencias de las vías aéreas.....	980
		Factores determinantes de la resistencia de las vías aéreas.....	981
		Ciclo respiratorio.....	982
		Variaciones de las presiones endoalveolar y endopleural en el ciclo respiratorio en reposo.....	983
		Fase previa a la inspiración.....	985
		Inspiración.....	985
		Final de la inspiración.....	985
		Espiración.....	985
		Relación presión/volumen (dinámica) del ciclo respiratorio.....	985
		Ciclo respiratorio en reposo.....	985
		Ciclo respiratorio durante la hiperventilación.....	986
		Trabajo respiratorio.....	987
		Relación flujo/volumen del ciclo respiratorio.....	988
		Reducción de la presión transmural.....	990
		Causas de la distribución heterogénea del volumen y de la ventilación alveolar.....	991
		Optimización de la frecuencia respiratoria con el volumen corriente.....	991
		Conceptos clave.....	992
		Lecturas recomendadas.....	994
		<i>Recuadro 47-1.</i> Costillas, vísceras y respiración.....	959
		<i>Recuadro 47-2.</i> Variabilidad biológica en fisiología respiratoria.....	961
		<i>Recuadro 47-3.</i> Volumen y ventilación pulmonar.....	962
		<i>Recuadro 47-4.</i> Pletismografía corporal.....	964
		<i>Recuadro 47-5.</i> Síndromes restrictivos y obstructivos.....	965
SECCIÓN IV			
APARATO RESPIRATORIO			
46 Introducción a la fisiología de la respiración y referencias morfológicas			
A. Federici			
Árbol respiratorio.....	949		
Zona de conducción.....	950		
Función de defensa de la zona de conducción y de las vías aéreas iniciales.....	951		
Zona respiratoria.....	951		
Circulación bronquial y pulmonar.....	952		
Superficie de intercambio entre aire y sangre.....	952		
Funciones no respiratorias del pulmón.....	953		
Aspectos bioquímicos y metabólicos.....	953		
Aspectos circulatorios.....	954		
Conceptos clave.....	955		
Lecturas recomendadas.....	956		
47 Mecánica de la respiración			
A. Veicsteinas, A. Federici			
Caja torácica.....	957		
Inspiración.....	957		
Espiración.....	959		

Recuadro 47-6. Medición del espacio muerto alveolar y anatómico 966
Recuadro 47-7. Presiones transmurales 970
Recuadro 47-8. Tensión superficial, factor tensoactivo y ley de Laplace 972
Recuadro 47-9. Ley de Poiseuille 981
Recuadro 47-10. Ley de Ohm 981

48 Gases respiratorios: intercambios y transporte

F. Vitiello, A. Veicsteinas

Intercambios gaseosos alveolocapilares 995
 Leyes y propiedades fundamentales de los gases 995
 Composición del aire y de los gases en las diversas zonas de los pulmones 996
 Aire inhalado 996
 Aire alveolar 997
 Aire espirado 998
 Vapor acuoso en las vías aéreas y en el espacio alveolar 998
 Medida de los gases alveolares 998
 Intercambios gaseosos a nivel pulmonar:
 la membrana alveolocapilar 999
 Gradiente de presión 1000
 Función del espesor de la membrana alveolocapilar 1001
 Función del área de la superficie de intercambio 1001
 Coeficiente de difusión de los gases 1001
 Difusión de oxígeno y anhídrido carbónico a través de la membrana alveolocapilar 1001
 Perfusión y difusión limitantes, el paso de los gases desde los alveolos a la sangre 1003
 Transporte de los gases en la sangre 1004
 Transporte de los gases en solución física 1004
 Transporte del oxígeno 1005
 Hemoglobina 1005
 Unión del oxígeno con la hemoglobina 1006
 Transporte del anhídrido carbónico 1009
 Transporte en solución física 1010
 Transporte como ion bicarbonato 1010
 Transporte como compuesto carbamínico 1011
 Respiración tisular 1013
 Relación ventilación/perfusión 1015
 Intercambios gaseosos y presiones parciales con relación ventilación/perfusión normal 1018
 Intercambios gaseosos y presiones parciales con relación ventilación/perfusión igual a cero 1018
 Intercambios gaseosos y presiones parciales con relación ventilación/perfusión infinito 1018
 Relación ventilación/perfusión en el pulmón normal 1020

Conceptos clave 1024
 Lecturas recomendadas 1025

Recuadro 48-1. Suministro de oxígeno en clínica 998
Recuadro 48-2. Ley de Fick 1001
Recuadro 48-3. Carboxihemoglobina 1006
Recuadro 48-4. Mioglobina 1009
Recuadro 48-5. Hipercapnia en clínica 1012
Recuadro 48-6. Consumo de oxígeno y ventilación pulmonar 1014
Recuadro 48-7. La escuela italiana de fisiología respiratoria: Angelo Mosso y Rodolfo Margaria 1016
Recuadro 48-8. Hipoxia 1022

49 Control químico y nervioso de la respiración

F. Vitiello

Control nervioso de la respiración 1026
 Circuito respiratorio troncoencefálico 1027
 Clases de neuronas respiratorias 1027
 Generación del ritmo respiratorio 1029
 Modelos interpretativos 1029
 Esquemas motores 1031
 Control ejercido por los centros pontinos 1031
 Centro apnéustico 1032
 Centro neumotáxico 1032
 Trastornos del ritmo respiratorio 1032
 Control químico de la respiración 1032
 Quimioceptores centrales 1033
 Quimioceptores periféricos 1036
 Influencias no químicas en la ventilación 1036
 Sistemas de retroalimentación 1037
 Estiramiento 1037
 Estímulos irritantes 1037
 Variaciones de la perfusión pulmonar 1038
 Sistema sin retroalimentación 1038
 Aferencias desde los centros nerviosos superiores 1038
 Aferencias de la mucosa bronquial 1038
 Aferencias transportadas por las fibras C 1038
 Aferencias de baroceptores 1038
 Dolor 1039
 Receptores para calor y frío, periféricos y centrales 1039
 Influencias hormonales 1039
 Sueño y ventilación 1040
 Conceptos clave 1041
 Lecturas recomendadas 1041

Recuadro 49-1. Neurotransmisores de los centros de ritmogénesis 1031
Recuadro 49-2. Trastornos de la ritmogénesis 1033

<i>Recuadro 49-3.</i> Hiperventilación y síndromes hiperventilatorios	1037
<i>Recuadro 49-4.</i> Reflejo de Hering-Breuer	1038
<i>Recuadro 49-5.</i> Tos	1040

SECCIÓN V

SISTEMA DIGESTIVO Y NUTRICIÓN HUMANA

50 Sistema nervioso entérico: características estructurales y funcionales

C. Sternini, R. De Giorgio

Evolución del concepto de sistema nervioso entérico.	1045
Organización general del sistema nervioso entérico.	1046
Plexos	1046
Plexos ganglionares.	1046
Plexos aganglionares.	1047
Neuronas entéricas.	1047
Clasificación morfológica.	1047
Clasificación funcional.	1048
Distribución porcentual de las neuronas.	1055
Mecanismos de transmisión neuronal.	1056
Código químico.	1057
Transmisión pluriquímica.	1057
Peristalsis	1057
Equilibrio entre absorción y secreción de agua y electrolitos	1057
Receptores de neurotransmisores y de neuromoduladores expresados por las neuronas entéricas	1058
Conceptos clave	1060
Lecturas recomendadas	1061

<i>Recuadro 50-1.</i> Menciones históricas sobre el sistema nervioso entérico	1046
<i>Recuadro 50-2.</i> Inmunohistoquímica: un método de gran utilidad para el estudio de las neuronas entéricas.	1049
<i>Recuadro 50-3.</i> Neuropatología del sistema nervioso entérico.	1053

51 Motilidad del sistema gastrointestinal

V. Ricci

Actividad muscular	1062
Modulación nerviosa	1062
Contracción y relajación	1063
Ondas eléctricas lentas.	1063
Frecuencia.	1064

Inervación extrínseca	1064
Eferencias parasimpáticas	1064
Eferencias simpáticas	1065
Funciones motoras.	1065
Tipos de motilidad	1066
Íleo fisiológico	1068
Esfínteres	1068
Masticación y deglución	1070
Motilidad esofágica	1073
Motilidad gástrica	1074
Depósito gástrico	1074
Modulación nerviosa	1074
Relajación	1075
Bomba antral.	1075
Potenciales de acción	1075
Contracción en anillo	1076
Potencial de acción en el antro terminal y en el píloro	1077
Vaciamiento gástrico	1077
Velocidad de vaciamiento	1077
Motilidad del intestino delgado.	1079
Organización morfofuncional del intestino delgado.	1079
Tipos de motilidad.	1079
Motilidad interdigestiva y complejo motor migratorio.	1079
Motilidad digestiva y movimientos de segmentación	1082
Propulsión y movimientos en masa.	1083
Motilidad del intestino grueso.	1083
Organización morfofuncional del intestino grueso	1083
Ciego y colon ascendente.	1083
Colon transverso y colon descendente	1084
Región rectosigmoidea y conducto anal	1086
Defecación	1086
Conceptos clave	1087
Lecturas recomendadas	1088

<i>Recuadro 51-1.</i> Enfermedad por reflujo gastroesofágico.	1070
<i>Recuadro 51-2.</i> Trastornos de la motilidad intestinal: síndrome de intestino irritable.	1083

52 Secreciones del sistema digestivo

V. Ricci

Secreción salival	1089
Organización morfofuncional.	1089
Aporte sanguíneo	1090
Inervación.	1090
Funciones de la saliva	1091
Lubricación.	1091

Protección.....	1091	Contracción de la vesícula biliar y liberación de la bilis al duodeno.....	1135
Digestión.....	1091	Sustancias colagogas.....	1136
Composición de la saliva.....	1093	Secreción intestinal.....	1136
Agua y electrolitos.....	1093	Secreción del intestino delgado.....	1136
Compuestos orgánicos.....	1095	Glándulas de Brunner.....	1136
Regulación de la secreción salival.....	1095	Criptas de Lieberkühn.....	1136
Papel del sistema nervioso autónomo.....	1096	Secreción del intestino grueso.....	1137
Modulación de la secreción.....	1097	Conceptos clave.....	1137
Secreción gástrica.....	1097	Lecturas recomendadas.....	1138
Organización morfofuncional.....	1099	<i>Recuadro 52-1.</i> Fisiopatología de la secreción salival..	1097
Tipos celulares.....	1100	<i>Recuadro 52-2.</i> Úlcera péptica y <i>Helicobacter</i> <i>pylori</i>	1098
Células parietales.....	1100	<i>Recuadro 52-3.</i> Daño gastrointestinal por fármacos antiinflamatorios no esteroideos.....	1106
Células mucosas.....	1101	<i>Recuadro 52-4.</i> Pavlov y la regulación vagal de la secreción gástrica.....	1110
Células principales.....	1101	<i>Recuadro 52-5.</i> Fibrosis quística.....	1117
Células endocrinas.....	1101	<i>Recuadro 52-6.</i> Pancreatitis aguda.....	1118
Secreción de ácido.....	1102	<i>Recuadro 52-7.</i> Bayliss y Starling y el descubrimiento de la secretina.....	1120
Barrera mucosa gástrica.....	1105	<i>Recuadro 52-8.</i> Litiasis biliar.....	1128
Capacidad de autopreservación.....	1105	<i>Recuadro 52-9.</i> Fisiopatología de la ictericia.....	1131
Capacidad de autorreparación.....	1105		
Electrolitos del jugo gástrico.....	1106		
Variaciones del contenido iónico y modelo de dos componentes.....	1106		
Regulación de la secreción ácida.....	1107		
Factores estimulantes.....	1107		
Fases de la estimulación.....	1107		
Inhibición de la secreción.....	1112		
Pepsina.....	1113		
Factores estimulantes.....	1113		
Lipasa gástrica.....	1113		
Moco.....	1114		
Factor intrínseco.....	1114		
Secreción pancreática.....	1115		
Organización morfofuncional.....	1115		
Inervación.....	1116		
Secreción del componente acuoso.....	1116		
Secreción del componente proteínico.....	1118		
Regulación de la secreción pancreática.....	1119		
Fases de la estimulación.....	1119		
Respuesta a la comida.....	1123		
Secreción biliar.....	1123		
Organización morfofuncional.....	1124		
Composición de la bilis.....	1125		
Ácidos biliares.....	1125		
Fosfolípidos.....	1127		
Colesterol.....	1127		
Pigmentos biliares.....	1128		
Iones inorgánicos.....	1128		
Producción de la bilis.....	1128		
Secreción de ácidos biliares.....	1128		
Secreción de fosfolípidos y colesterol.....	1130		
Secreción de pigmentos biliares.....	1130		
Secreción biliar total.....	1132		
Transporte y almacenamiento de la bilis en la vesícula biliar.....	1134		
Transformación en bilis vesicular.....	1134		
		53 Digestión y absorción	
		V. Ricci	
		Organización morfofuncional.....	1139
		Intestino delgado.....	1139
		Tipos celulares.....	1139
		Intestino grueso.....	1140
		Mecanismos de la digestión y de la absorción.....	1141
		Procesos de transporte.....	1141
		Transportes pasivo y activo.....	1141
		Heterogeneidad segmentaria de los procesos de transporte.....	1145
		Digestión y absorción de los carbohidratos.....	1146
		Digestión intraluminal.....	1147
		Amilasa alfa salival.....	1149
		Amilasa alfa pancreática.....	1149
		Digestión sobre la membrana microvellosa.....	1149
		Transporte transepitelial.....	1151
		Absorción de glucosa y galactosa.....	1151
		Absorción de la fructosa.....	1152
		Digestión y absorción de las proteínas.....	1152
		Digestión intraluminal.....	1152
		Proteasa gástrica.....	1152
		Proteasas pancreáticas.....	1153
		Digestión sobre la membrana microvellosa y en el citoplasma.....	1153
		Transporte transepitelial de péptidos y aminoácidos.....	1155

Absorción de dipéptidos y tripéptidos	1155	<i>Recuadro 53-3.</i> Enfermedad inflamatoria intestinal	1159
Absorción de aminoácidos	1156	<i>Recuadro 53-4.</i> Alergias alimentarias	1160
Digestión y absorción de los lípidos	1158	<i>Recuadro 53-5.</i> Enfermedad celiaca	1161
Digestión de los triglicéridos	1159	<i>Recuadro 53-6.</i> Cuando la patología ayuda a entender la fisiología: el caso de la absorción de la vitamina B ₁₂	1169
Emulsión de los lípidos alimenticios	1159	<i>Recuadro 53-7.</i> Absorción de antígenos y elementos de la inmunología mucosa	1180
Actividad lipásica intestinal	1160		
Formación de micelas mixtas	1161		
Digestión de fosfolípidos y ésteres del colesterol ...	1163		
Traspaso de la membrana microvellosa	1163		
Fases intracelulares de la absorción	1163		
Salida del enterocito	1164		
Digestión y absorción de las vitaminas	1166		
Vitaminas hidrosolubles	1166		
Ácido ascórbico (vitamina C)	1166		
Ácido fólico	1166		
Cobalamina (vitamina B ₁₂)	1166		
Otras vitaminas hidrosolubles	1168		
Vitaminas liposolubles	1170		
Vitamina A	1170		
Vitamina D	1171		
Vitamina E	1171		
Vitamina K	1171		
Absorción de los electrolitos y del agua	1171		
Flujo de líquido bidireccional	1171		
Contenido iónico del líquido luminal	1172		
Transporte del sodio	1172		
Absorción acoplada de sodio y principios nutritivos	1173		
Transporte mediado por el transportador intercambiador de sodio/hidrógeno	1173		
Transporte del cloro	1174		
Papel del cloro en la secreción intestinal de líquido	1174		
Transporte de potasio	1175		
Transporte del bicarbonato	1175		
Transporte de los ácidos grasos de cadena corta	1175		
Transporte del agua	1175		
Absorción de los minerales y los oligoelementos	1176		
Calcio	1176		
Transporte activo transcelular	1176		
Hierro	1177		
Absorción microvellosa	1178		
Fases intracelulares de la absorción y salida del enterocito	1178		
Yodo	1179		
Magnesio	1179		
Cobre	1179		
Selenio	1179		
Cinc	1179		
Conceptos clave	1184		
Lecturas recomendadas	1185		
<i>Recuadro 53-1.</i> Síndrome de malabsorción	1141		
<i>Recuadro 53-2.</i> El fenómeno de la adaptación	1147		
		54 Fisiología del hígado	
		V. Ricci	
		Organización morfofuncional	1186
		Tipos celulares	1186
		Unidad funcional hepática	1187
		Inervación hepática	1188
		Función metabólica	1188
		Metabolismo de los carbohidratos	1188
		Gluconeogénesis	1189
		Glucogenosíntesis	1189
		Control humoral	1190
		Metabolismo de las proteínas y de los aminoácidos	1190
		Metabolismo de los lípidos	1191
		Regulación de la síntesis y del transporte de los ácidos grasos	1191
		Acciones en el metabolismo de las lipoproteínas	1192
		Función de almacenamiento	1193
		Función de desintoxicación y excreción de los xenobióticos	1193
		Biotransformaciones	1193
		Reacciones de fase I	1193
		Reacciones de fase II	1193
		Salida del hepatocito	1194
		Función endocrina	1194
		Función hemopoyética	1195
		Conceptos clave	1195
		Lecturas recomendadas	1196
		55 Fisiología de la nutrición	
		R. Giuffrida (en colaboración con C. M. Bonacorso)	
		Alimentos	1197
		Metabolismo energético	1198
		Restitución de la energía bajo la forma de calor ...	1200
		Balance energético	1200
		Reserva energética	1200
		Fluctuación del balance energético	1201
		Determinación del requerimiento energético	1201
		Valor energético de los alimentos	1202
		Medición del gasto energético	1202

Calorimetría directa	1202
Calorimetría indirecta	1203
Metabolismo basal	1207
Medición del metabolismo basal	1208
Variaciones del metabolismo basal	1209
Requerimiento energético total	1210
Cálculo del requerimiento calórico diario	1210
Ración alimenticia	1212
Requerimiento proteínico	1213
Requerimiento de lípidos	1213
Requerimiento de carbohidratos	1214
Fibra alimenticia	1214
Bebidas	1214
Sustancias edulcorantes	1215
Vitaminas	1215
Vitaminas liposolubles	1215
Vitaminas hidrosolubles	1216
Minerales	1218
Minerales principales	1218
Oligoelementos	1218
Agua	1219
Mecanismos del hambre y de la saciedad	1219
Mecanismos centrales	1219
Mecanismos periféricos	1222
Mecanismos de regulación de breve plazo	1222
Mecanismos de regulación de largo plazo	1224
Otros factores que influyen en el comportamiento alimenticio	1225
Conceptos clave	1226
Lecturas recomendadas	1227

<i>Recuadro 55-1.</i> Santorio Santorio y la balanza romana médica	1199
<i>Recuadro 55-2.</i> Metabolímetro	1205
<i>Recuadro 55-3.</i> Metabolismo energético	1207
<i>Recuadro 55-4.</i> El ayuno: definición y consecuencias	1212
<i>Recuadro 55-5.</i> Sistema central de la melanocortina	1221
<i>Recuadro 55-6.</i> Obesidad: clasificación, etiología y terapia	1223

SECCIÓN VI

COMPARTIMIENTOS HÍDRICOS Y SISTEMA RENAL

56 Introducción a la función renal y al balance hidrosalino

R. Fesce, F. Benfenati

Organización morfofuncional	1231
Vascularización	1231
Nefrona	1231

Mecanismos de funcionamiento del riñón	1232
Regulaciones a cargo del riñón	1233
Papel de la nefrona	1234
Papel del sodio	1234
Sodio y osmolaridad	1235
Balance del agua corporal	1236
Componentes líquidos corporales	1237
Medición de volumen	1237
Intercambios entre compartimientos	1238
Composición de los principales compartimientos líquidos	1238
Papel del riñón en el balance hidrosalino	1241
Control de la osmolalidad de los líquidos extracelulares	1242
Producción de agua libre	1242
Control del volumen de los líquidos extracelulares	1243
Conceptos clave	1243
Lecturas recomendadas	1244

<i>Recuadro 56-1.</i> El riñón: un órgano misterioso que se descubre al microscopio	1235
<i>Recuadro 56-2.</i> Movimientos iónicos en el túbulo renal	1236
<i>Recuadro 56-3.</i> Presiones osmótica y oncótica: equilibrio de Gibbs-Donnan	1239

57 Funciones glomerulares

R. Fesce, F. Benfenati

Filtración	1245
Estructura del filtro	1245
Selectividad del filtro	1245
Flujos	1246
Velocidad de filtración	1247
Tono de las arteriolas	1247
Flujo sanguíneo glomerular	1248
Factores que modifican la velocidad de filtración glomerular	1249
Autorregulación de la filtración	1251
Volumen urinario	1251
Depuración	1252
Depuración de sustancias hidrosolubles	1253
Depuración de sustancias hidrosolubles y activamente secretadas en el túbulo	1253
Depuración de sustancias reabsorbibles	1254
Depuración y concentración plasmática	1254
Depuración y eficiencia renal	1255
Depuración y flujo plasmático renal	1256
Conceptos clave	1257
Lecturas recomendadas	1257

<i>Recuadro 57-1.</i> Velocidad de filtración glomerular en cada tipo de nefrona: un descubrimiento solitario	1248
---	------

<i>Recuadro 57-2.</i> Cinéticas de eliminación	1253
<i>Recuadro 57-3.</i> Uso de la creatinemia para evaluar la velocidad de filtración glomerular	1255
<i>Recuadro 57-4.</i> Diálisis.....	1256

58 Funciones tubulares

R. Fesce, F. Benfenati

Solutos y volumen de los líquidos corporales.....	1258
Transporte del sodio	1258
Bomba de sodio-potasio.....	1259
Factores limitantes del transporte de sodio	1259
Sistema renina-angiotensina-aldosterona.....	1259
Transportes tubulares	1262
Transportes en el túbulo contorneado proximal....	1262
Reabsorción de sodio	1262
Extrusión de agua	1264
Reabsorción paracelular del cloruro de sodio ...	1265
Variaciones de la composición del líquido tubular.....	1265
Secreción de aniones y cationes orgánicos.....	1266
Reabsorción de péptidos y pequeñas proteínas.....	1266
Transporte en el asa de Henle	1266
Porción descendente: reabsorción de agua.....	1266
Porción ascendente: reabsorción de electrolitos	1266
Transportes en los túbulos contorneado distal y colector	1267
Porción inicial del túbulo contorneado distal	1269
Células principales	1269
Transporte en el túbulo y conducto colector....	1270
Variaciones de la composición y de la osmolaridad de la preorina.....	1270
Conceptos clave	1272
Lecturas recomendadas.....	1273

<i>Recuadro 58-1.</i> Fármacos diuréticos	1268
---	------

59 Regulación de la osmolaridad

R. Fesce, F. Benfenati

Organización de flujos contracorriente en el riñón....	1274
Mecanismo de multiplicación por contracorriente.....	1275
Modelo de Wirtz y papel del transportador de $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-2Cl}^-$	1275
Mecanismo de intercambio contracorriente	1280
Regulación del paso del agua.....	1282
Papel de las aquaporinas y la hormona antidiurética	1282

Regulación de la secreción de hormona antidiurética.....	1282
Eficacia de la acción de la hormona antidiurética.....	1286
Conceptos clave	1287
Lecturas recomendadas	1288

<i>Recuadro 59-1.</i> La micropunción: cuando las evidencias experimentales no concilian con la teoría.....	1276
<i>Recuadro 59-2.</i> Diabetes insípida.....	1281
<i>Recuadro 59-3.</i> Era tan simple... un canal para el agua.....	1284
<i>Recuadro 59-4.</i> Regulación de la uricemia	1285
<i>Recuadro 59-5.</i> Síndrome de Bartter.....	1287

60 Regulación y autorregulación renal

R. Fesce, F. Benfenati

Control de la hemodinámica renal.....	1289
Autorregulación renal	1289
Autorregulación.....	1290
Diuresis por presión.....	1291
Control nervioso y humoral	1291
Vasoconstricción arteriolar	1291
Relajación arteriolar	1293
Balance sodico y volumen del líquido extracelular	1293
Variaciones fisiológicas del balance sodico y su compensación.....	1293
Regulación de la natriuresis	1295
Conceptos clave	1297
Lecturas recomendadas.....	1298

<i>Recuadro 60-1.</i> Mecanismos de la formación de edema	1292
<i>Recuadro 60-2.</i> Edemas periféricos	1296

SECCIÓN VII

FUNCIONES HOMEOSTÁTICAS Y ADAPTATIVAS INTEGRADAS

61 Control del pH del organismo

R. Fesce

Ácidos, bases, protones y pH.....	1301
Importancia del control del pH.....	1302
Balance de los protones en el organismo.....	1302
Absorción y producción de equivalentes ácidos	1302
Eliminación de equivalentes ácidos	1303
Valores del pH de los líquidos corporales.....	1304

Control del pH intracelular.....	1304
Control del pH en los líquidos extracelulares.....	1304
Sistema tampón anhídrido carbónico-bicarbonato.....	1305
Acción tampón de las proteínas.....	1306
Bicarbonato y reserva alcalina.....	1306
Características generales del sistema tampón anhídrido carbónico-bicarbonato.....	1307
Alteraciones del equilibrio ácido-base.....	1309
Factores respiratorios y metabólicos.....	1310
Respuestas compensatorias.....	1314
Conceptos clave.....	1316
Lecturas recomendadas.....	1317
<i>Recuadro 61-1.</i> pH y actividad respiratoria.....	1312

62 Regulación de la temperatura corporal

R. Giuffrida (en colaboración con S. Lucifora)

Animales poiquiloterms y homeoterms.....	1318
Temperatura corporal en el humano.....	1319
Diferencias y variaciones fisiológicas de la temperatura corporal.....	1320
Gradiente térmico entre núcleo y envoltura.....	1321
Variaciones circadianas.....	1322
Variaciones interindividuales.....	1322
Balance térmico.....	1323
Termogénesis.....	1323
Termogénesis con escalofrío.....	1324
Termogénesis sin escalofrío.....	1325
Termodispersión.....	1326
Radiación.....	1326
Conducción.....	1326
Convección.....	1327
Evaporación.....	1327
Flujo sanguíneo cutáneo.....	1327
Regulación nerviosa.....	1327
Influencia de la temperatura.....	1328
Mecanismo de intercambio térmico contracorriente.....	1329
Sudación.....	1329
Regulación nerviosa.....	1329
Influencia de las condiciones ambientales.....	1330
Mecanismos centrales de termorregulación.....	1330
Mecanismos de respuesta al calor.....	1333
Mecanismos de respuesta al frío.....	1333
Respuestas conductuales.....	1334
Regulación integrada.....	1335
Influencia de los receptores periféricos.....	1335
Mecanismos locales.....	1337
Conceptos clave.....	1337
Lecturas recomendadas.....	1338

<i>Recuadro 62-1.</i> Adaptaciones de los animales poiquiloterms a la temperatura ambiental.....	1319
<i>Recuadro 62-2.</i> Disminución de la temperatura corporal: hipotermia.....	1323
<i>Recuadro 62-3.</i> Termorregulación durante el ejercicio físico.....	1332
<i>Recuadro 62-4.</i> Trastornos de la termorregulación: golpe de calor.....	1334
<i>Recuadro 62-5.</i> Aumento de la temperatura corporal: fiebre.....	1336

63 Regulación endocrina del metabolismo del calcio, fósforo y glucosa

A. Colantuoni (en colaboración con F. Santangelo)

Regulación del metabolismo del calcio y del fósforo...	1339
Distribución y metabolismo del calcio y del fósforo	1339
Calcio.....	1339
Fósforo.....	1340
Vitamina D, parathormona y calcitonina.....	1340
1,25-dihidroxicolecalciferol.....	1340
Parathormona.....	1342
Calcitonina.....	1346
Regulación integrada del metabolismo del calcio y el fósforo.....	1347
Regulación del metabolismo de la glucosa.....	1347
Hormonas de los islotes de Langerhans.....	1348
Insulina.....	1349
Glucagon.....	1358
Somatostatina.....	1360
Polipéptido pancreático.....	1360
Interacciones recíprocas y complementariedad de acción de las hormonas pancreáticas.....	1362
Conceptos clave.....	1362
Lecturas recomendadas.....	1364

<i>Recuadro 63-1.</i> PTHrP: una hormona en busca de identidad.....	1342
<i>Recuadro 63-2.</i> Hipo e hiperparatiroidismo.....	1345
<i>Recuadro 63-3.</i> El descubrimiento de la insulina.....	1348
<i>Recuadro 63-4.</i> El Premio Nobel de 1923, por el descubrimiento de la insulina.....	1349
<i>Recuadro 63-5.</i> Diabetes mellitus.....	1356
<i>Recuadro 63-6.</i> Hipoglucemia.....	1362

64 Regulación de la presión arterial

A. Colantuoni

Nociones históricas e introducción a la regulación de la presión arterial.....	1365
--	------

El descubrimiento del barorreflejo	1365
Introducción a la regulación de la presión arterial	1366
Mecanismos de regulación de la presión arterial	1366
Regulación a corto plazo	1366
Reflejos baroceptivos	1366
Reflejos quimioceptivos	1371
Control integrado de la resistencia periférica	1371
Regulación a largo plazo	1372
Sistema renina-angiotensina-aldosterona	1372
Hormona antidiurética	1372
Péptidos natriuréticos auriculares	1373
Mecanismos endoteliales y control de las resistencias periféricas	1376
Adaptaciones vasculares al aumento persistente de la presión arterial	1376
Conceptos clave	1377
Lecturas recomendadas	1377
<i>Recuadro 64-1.</i> Síncope	1372
<i>Recuadro 64-2.</i> En busca de la renina	1373
<i>Recuadro 64-3.</i> Hipertensión	1375

65 Regulación de las funciones sexuales y reproductivas

A. Colantuoni (en colaboración con F. Santangelo)

Ovarios	1378
Hormonas ováricas	1379
Biosíntesis	1379
Efectos biológicos y mecanismo de acción de los estrógenos	1380
Efectos biológicos y mecanismo de acción de los progestágenos	1380
Efectos biológicos de los andrógenos ováricos	1381
Función ovárica	1381
Testículo	1383
Hormonas testiculares	1384
Biosíntesis, transporte hemático y catabolismo de la testosterona	1384
Efectos biológicos y mecanismo de acción de los andrógenos	1385
Regulación de la función testicular	1386
Función sexual reproductiva	1386
Pubertad	1386
Función sexual	1388
Funciones sexuales en el varón	1388
Funciones sexuales en la mujer	1389
Embarazo	1389
Variaciones hormonales maternas durante el embarazo	1393

Parto	1393
Lactancia y amamantamiento	1393
Menopausia	1394
Conceptos clave	1395
Lecturas recomendadas	1396
<i>Recuadro 65-1.</i> Hiperandrogenismo	1382
<i>Recuadro 65-2.</i> Amenorrea	1383
<i>Recuadro 65-3.</i> El descubrimiento de las hormonas hipotalámicas	1384

66 Adaptación al ejercicio físico

C. Capelli, R. Bottinelli

Energética muscular	1397
Fuentes energéticas de la contracción	1397
Estudio <i>in vivo</i> de la energética muscular	1399
Procesos oxidativos	1399
Estado estacionario	1399
Sustratos energéticos de elección en el trabajo muscular	1400
Tiempo de agotamiento	1401
Fases pasajeras y deuda de oxígeno	1404
Consumo máximo de oxígeno y máxima potencia aeróbica	1408
Mecanismos lácticos	1411
Ejercicio supramáximo	1413
Ejercicio submáximo	1413
Mecanismos alácticos	1418
Respuestas cardiorrespiratorias al ejercicio muscular	1421
Transportación convectiva del oxígeno en el aire inspirado	1422
Fases de la modificación ventilatoria	1426
Flujo de oxígeno y anhídrido carbónico a través de la barrera alveolocapilar	1428
Transporte de oxígeno y anhídrido carbónico por parte del sistema cardiovascular	1430
Variaciones del gasto cardíaco	1430
Diferencia arteriovenosa de la concentración de oxígeno	1432
Adaptaciones inducidas por el entrenamiento y la inactividad	1435
Modificaciones del plasma	1437
Modificaciones cardíacas	1438
Modificaciones del sistema ventilatorio	1438
Respuestas musculares al ejercicio físico	1438
Fibras musculares esqueléticas	1439
Isoformas de las proteínas miofibrilares	1439
Tipos celulares	1440
Propiedades de los tipos celulares	1441
Heterogeneidad y plasticidad musculares	1442

Mecanismo cualitativo	1442
Mecanismo cuantitativo	1443
Arquitectura muscular	1444
Modificaciones estructurales y funcionales del músculo esquelético	1446
Efectos del entrenamiento en el ejercicio físico	1446
Efectos de la disminución de la actividad motora	1448
Conceptos clave	1449
Lecturas recomendadas	1451
<i>Recuadro 66-1.</i> Calorimetría indirecta	1402
<i>Recuadro 66-2.</i> Regulación del consumo de oxígeno mitocondrial en el músculo esquelético	1406
<i>Recuadro 66-3.</i> Factores que limitan el consumo máximo de oxígeno en el ser humano	1409
<i>Recuadro 66-4.</i> Cuantificación de los componentes de la deuda de O ₂ ; la contribución de Rodolfo Margaria	1413
<i>Recuadro 66-5.</i> Equivalente energético del lactato <i>in vivo</i>	1414
<i>Recuadro 66-6.</i> Cinética y cálculo de los intercambios gaseosos alveolares movimiento respiratorio por movimiento respiratorio en el ser humano	1423
<i>Recuadro 66-7.</i> Cálculo del flujo inspirado	1425

67 Adaptación a la altitud y las profundidades marinas

G. Ferretti

Adaptación a la altitud	1452
Ambiente físico	1452
Presión barométrica	1452
Densidad del aire	1453
Presión parcial del vapor de agua	1453
Cascada del oxígeno	1454
Respuesta ventilatoria a la hipoxia	1454
Respuesta ventilatoria al dióxido de carbono y equilibrio ácido-base	1455
Función cardiovascular y respuesta hematológica	1457
Policitemia	1457
Hipertensión pulmonar	1457
Consumo máximo de oxígeno	1458
Deterioro muscular	1461
Paradoja del lactato	1462
Poblaciones residentes en altitud	1462
Adaptación a las inmersiones en apnea	1463

Ambiente físico	1463
Volúmenes pulmonares	1463
Composición de los gases alveolares al final de la apnea en seco	1464
Respuestas ventilatorias al oxígeno y al dióxido de carbono	1465
Energética de las inmersiones profundas en apnea	1466
Respuesta al buceo	1467
Mecanismos de preservación del oxígeno	1468
Máxima profundidad alcanzable en apnea	1468
Inmersión con autorrespiradores	1470
Propiedades de los gases	1470
Efectos de la compresión de los gases	1471
Fisiopatología de los gases hiperbáricos	1472
Narcosis	1472
Síndrome nervioso de alta presión	1473
Formación de burbujas	1473
Inmersión en saturación	1474
Aumento de la termodispersión	1474
Efectos sobre la mecánica respiratoria	1475
Aumento de la diuresis	1475
Conceptos clave	1475
Lecturas recomendadas	1476
<i>Recuadro 67-1.</i> Edema cerebral y edema pulmonar de altitud	1458
<i>Recuadro 67-2.</i> Récord ciclista de la hora en altitud	1460
<i>Recuadro 67-3.</i> Las <i>Ama</i> y la adaptación al frío	1465
<i>Recuadro 67-4.</i> Haggi Statti y el ancla del "Regina Margherita"	1469
<i>Recuadro 67-5.</i> Regulación de la presión del aire en los autorrespiradores	1472
<i>Recuadro 67-6.</i> La enfermedad por descompresión	1474

68 Adaptación a la ausencia de gravedad

P. D'Ascanio

Efectos de la ausencia de fuerza de gravedad	1477
Huesos y metabolismo mineral	1478
Músculos	1479
Aparato vestibular	1482
Mal espacial (<i>cinetosis</i>)	1482
Compensación vestibular	1482
Regreso a la Tierra y readaptación	1483
Sistema cardiocirculatorio	1484
Aparato pulmonar	1485
Sistema inmunitario	1486
Sistema neuroendocrino	1486
Ritmos biológicos y ciclo sueño-vigilia	1486

Límites de las observaciones fisiológicas en condiciones de microgravedad. 1488

Conceptos clave 1489

Lecturas recomendadas 1490

Recuadro 68-1. Espacio: el ambiente más extremo. 1478

Recuadro 68-2. Gravedad y microgravedad 1480

Recuadro 68-3. Estación Espacial Internacional 1481

Recuadro 68-4. Nave Columbia: primer laboratorio de investigación en el espacio. 1484

Recuadro 68-5. Anemia 1485

Recuadro 68-6. El desarrollo en el espacio 1487

Recuadro 68-7. Aspectos clínicos asociados a la microgravedad. 1488

Recuadros fisiopatológicos y clínicos
A. Gabrielli

Glosario **1491**

Índice alfabético **1499**