

# CONTENIDO

## UNIDAD I

### INTRODUCCIÓN A LA FISIOLÓGÍA: FISIOLÓGÍA GENERAL Y CELULAR

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Organización funcional del cuerpo humano y control del «medio interno» . . . . .       | 3  |
| Las células como unidades vivas del cuerpo . . . . .                                      | 3  |
| Líquido extracelular: el medio interno . . . . .                                          | 3  |
| Mecanismos «homeostáticos» de los principales sistemas funcionales . . . . .              | 4  |
| Homeostasis . . . . .                                                                     | 4  |
| Sistema de transporte del líquido extracelular: el sistema circulatorio. . . . .          | 4  |
| Origen de los nutrientes del líquido extracelular . . . . .                               | 5  |
| Eliminación de los productos finales del metabolismo . . . . .                            | 5  |
| Regulación de las funciones corporales . . . . .                                          | 6  |
| Reproducción . . . . .                                                                    | 6  |
| Sistemas de control del cuerpo . . . . .                                                  | 6  |
| Ejemplos de mecanismos de control . . . . .                                               | 6  |
| Valores normales de algunos constituyentes importantes del líquido extracelular . . . . . | 7  |
| Características de los sistemas de control . . . . .                                      | 8  |
| Resumen: automatismo del cuerpo . . . . .                                                 | 10 |
| Bibliografía . . . . .                                                                    | 10 |
| 2. La célula y su función . . . . .                                                       | 11 |
| Organización de la célula . . . . .                                                       | 11 |
| Estructura física de la célula . . . . .                                                  | 12 |
| Estructuras membranosas de la célula . . . . .                                            | 13 |
| El citoplasma y sus organelas . . . . .                                                   | 15 |
| Núcleo . . . . .                                                                          | 17 |
| Membrana nuclear . . . . .                                                                | 18 |

|                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Nucléolo y formación de los ribosomas . . . . .                                                                                                          | 18 |
| Comparación entre la célula animal y las formas de vida precelulares . . . . .                                                                           | 19 |
| Sistemas funcionales de la célula . . . . .                                                                                                              | 19 |
| Ingestión por parte de la célula: endocitosis . . . . .                                                                                                  | 19 |
| Digestión en la célula de las sustancias extrañas pinocíticas y fagocíticas: función de los lisosomas . . . . .                                          | 20 |
| Síntesis y formación de las estructuras celulares por el retículo endoplásmico y el aparato de Golgi . . . . .                                           | 21 |
| Extracción de energía a partir de los nutrientes: función de la mitocondria . . . . .                                                                    | 23 |
| Locomoción de las células . . . . .                                                                                                                      | 25 |
| Bibliografía . . . . .                                                                                                                                   | 27 |
| 3. Control genético de la síntesis proteica, de la función celular y de la reproducción celular . . . . .                                                | 29 |
| Los genes . . . . .                                                                                                                                      | 29 |
| Código genético . . . . .                                                                                                                                | 31 |
| El código del ADN se transfiere a un código de ARN: el proceso de la transcripción . . . . .                                                             | 31 |
| Síntesis de ARN . . . . .                                                                                                                                | 32 |
| Ensamblaje de la molécula de ARN a partir de los nucleótidos activados utilizando la hebra de ADN como molde: el proceso de la «transcripción» . . . . . | 32 |
| ARN mensajero: los codones . . . . .                                                                                                                     | 33 |
| ARN de transferencia: los anticodones . . . . .                                                                                                          | 33 |
| ARN ribosómico . . . . .                                                                                                                                 | 34 |
| Formación de las proteínas en los ribosomas: el proceso de la «traducción» . . . . .                                                                     | 34 |
| Síntesis de otras sustancias en la célula . . . . .                                                                                                      | 36 |
| Control de la función genética y de la actividad bioquímica de las células . . . . .                                                                     | 36 |
| Regulación genética . . . . .                                                                                                                            | 36 |
| Control de la función intracelular mediante regulación enzimática . . . . .                                                                              | 38 |

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| El sistema genético-ADN controla también la producción celular .....    | 39 |
| <i>La reproducción celular empieza con la replicación del ADN</i> ..... | 39 |
| <i>Cromosomas y su replicación</i> .....                                | 40 |
| <i>Mitosis celular</i> .....                                            | 41 |
| <i>Control del crecimiento y la reproducción celular</i> .....          | 41 |
| Diferenciación celular .....                                            | 42 |
| Cáncer .....                                                            | 43 |
| Bibliografía .....                                                      | 44 |

UNIDAD II

**FISIOLOGÍA DE LA MEMBRANA, DEL NERVIYO Y DEL MÚSCULO**

|                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4. Transporte de sustancias a través de la membrana celular .....                                                                                            | 47 |
| Barrera lipídica y proteínas de transporte de la membrana celular .....                                                                                      | 47 |
| Difusión .....                                                                                                                                               | 48 |
| <i>Difusión a través de la membrana celular</i> ..                                                                                                           | 49 |
| <i>Difusión a través de los canales proteicos y «apertura» de estos canales</i> .....                                                                        | 49 |
| <i>Difusión facilitada</i> .....                                                                                                                             | 51 |
| <i>Factores que afectan a la tasa neta de difusión</i> ..                                                                                                    | 52 |
| <i>Osmosis a través de membranas selectivamente permeables: «difusión neta» de agua</i> .....                                                                | 53 |
| Transporte activo .....                                                                                                                                      | 55 |
| <i>Transporte activo primario</i> .....                                                                                                                      | 56 |
| <i>Transporte activo secundario: cotransporte y contratransporte</i> .....                                                                                   | 57 |
| <i>Transporte activo a través de láminas celulares</i> ..                                                                                                    | 59 |
| Bibliografía .....                                                                                                                                           | 59 |
| 5. Potenciales de membrana y potenciales de acción .....                                                                                                     | 61 |
| Basas físicas de los potenciales de membrana ..                                                                                                              | 61 |
| <i>Potenciales de membrana originados por difusión</i> .....                                                                                                 | 61 |
| <i>Determinación del potencial de membrana</i> ..                                                                                                            | 63 |
| Potencial de membrana de reposo de los nervios ..                                                                                                            | 64 |
| <i>Origen del potencial de reposo normal de la membrana</i> .....                                                                                            | 64 |
| Potencial de acción del nervio .....                                                                                                                         | 65 |
| <i>Canales de sodio y de potasio con aperturas de voltaje</i> .....                                                                                          | 66 |
| <i>Resumen de los acontecimientos que originan el potencial de acción</i> .....                                                                              | 68 |
| <i>Papeles de otros iones durante el potencial de acción</i> .....                                                                                           | 69 |
| <i>Iniciación del potencial de acción</i> .....                                                                                                              | 69 |
| Propagación del potencial de acción .....                                                                                                                    | 70 |
| Restablecimiento de los gradientes iónicos de sodio y de potasio una vez completados los potenciales de acción: importancia del metabolismo energético ..... | 71 |
| Meseta en algunos potenciales de acción .....                                                                                                                | 71 |
| Ritmicidad de algunos tejidos excitables: descarga repetitiva .....                                                                                          | 72 |
| Aspectos especiales de la transmisión de señales en los troncos nerviosos .....                                                                              | 73 |
| <i>Velocidad de conducción en las fibras nerviosas</i> .....                                                                                                 | 74 |

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Excitación: el proceso de producción del potencial de acción .....                                                   | 74 |
| <i>«Periodo refractario» tras un potencial de acción durante el cual no puede producirse un nuevo estímulo</i> ..... | 75 |
| <i>Inhibición de la excitabilidad: «estabilizadores» y anestésicos locales</i> .....                                 | 75 |
| Registro de los potenciales de membrana y de los potenciales de acción .....                                         | 76 |
| Bibliografía .....                                                                                                   | 77 |

|                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6. Contracción del músculo esquelético .....                                                                                              | 79  |
| Anatomofisiología del músculo esquelético ....                                                                                            | 79  |
| <i>Fibra del músculo esquelético</i> .....                                                                                                | 79  |
| Mecanismo general de la contracción muscular ..                                                                                           | 82  |
| Mecanismo molecular de la contracción muscular .....                                                                                      | 82  |
| <i>Características moleculares de los filamentos contráctiles</i> .....                                                                   | 83  |
| <i>Efecto de la superposición de los filamentos de actina y miosina sobre la tensión desarrollada por el músculo en contracción</i> ..... | 85  |
| <i>Relación entre la velocidad de contracción y la carga</i> .....                                                                        | 86  |
| Energética de la contracción muscular .....                                                                                               | 87  |
| <i>Trabajo realizado durante la contracción muscular</i> .....                                                                            | 87  |
| <i>Fuentes de energía para la contracción muscular</i> .....                                                                              | 87  |
| Características de la contracción del músculo completo .....                                                                              | 88  |
| <i>Mecánica de la contracción del músculo esquelético</i> .....                                                                           | 89  |
| <i>Remodelación del músculo para ajustarse a la función</i> .....                                                                         | 91  |
| <i>Rigor mortis</i> .....                                                                                                                 | 92  |
| Bibliografía .....                                                                                                                        | 92  |
| 7. Excitación del músculo esquelético: A. Transmisión neuromuscular, y B. Acoplamiento excitación-contracción .....                       | 95  |
| Transmisión de impulsos de los nervios a las fibras musculares esqueléticas: unión neuromuscular .....                                    | 95  |
| <i>Secreción de acetilcolina por los terminales nerviosos</i> .....                                                                       | 95  |
| <i>Biología molecular de la formación y liberación de acetilcolina</i> .....                                                              | 98  |
| <i>Fármacos que afectan a la transmisión en la unión neuromuscular</i> .....                                                              | 99  |
| <i>Miastenia grave</i> .....                                                                                                              | 99  |
| Potencial de acción muscular .....                                                                                                        | 99  |
| <i>Extensión del potencial de acción al interior de la fibra muscular a través del sistema de túbulos transversales</i> .....             | 99  |
| Acoplamiento excitación-contracción .....                                                                                                 | 100 |
| <i>Sistema túbulos transversales-retículo sarcoplásmico</i> .....                                                                         | 100 |
| <i>Liberación de iones calcio por el retículo sarcoplásmico</i> .....                                                                     | 101 |
| Bibliografía .....                                                                                                                        | 102 |
| 8. Contracción y excitación del músculo liso ...                                                                                          | 103 |
| Contracción del músculo liso .....                                                                                                        | 103 |
| <i>Tipos de músculo liso</i> .....                                                                                                        | 103 |
| <i>El proceso contráctil en el músculo liso</i> .....                                                                                     | 104 |

*Regulación de la contracción por los iones calcio* . . . . . 106

Control neurológico y hormonal de la contracción del músculo liso . . . . . 107

*Uniones neuromusculares del músculo liso* . . . . . 107

*Potenciales de membrana y potenciales de acción en el músculo liso* . . . . . 108

*Efecto de los factores tisulares locales y de las hormonas en la generación de contracción muscular sin potenciales de acción* . . . . . 110

*Procedencia de los iones calcio que causan la contracción: 1) a través de la membrana celular, y 2) del retículo sarcoplásmico* . . . . . 111

Bibliografía . . . . . 112

**UNIDAD III**  
**EL CORAZÓN**

9. Músculo cardíaco; el corazón como bomba . . . . . 115

Fisiología del músculo cardíaco . . . . . 115

*Anatomofisiología del músculo cardíaco* . . . . . 115

*Potenciales de acción en el músculo cardíaco* . . . . . 116

El ciclo cardíaco . . . . . 119

*Diástole y sístole* . . . . . 119

*Relación entre el electrocardiograma y el ciclo cardíaco* . . . . . 120

*Función de las aurículas como bombas cebadoras* . . . . . 120

*Función de los ventrículos como bombas* . . . . . 120

*Función de las válvulas* . . . . . 121

*Curva de presión aórtica* . . . . . 122

*Relación entre los tonos cardíacos y la actividad cardíaca de bombeo* . . . . . 122

*Producción de trabajo cardíaco* . . . . . 122

*Energía química requerida para la contracción cardíaca: utilización de oxígeno por el corazón* . . . . . 124

Regulación del bombeo cardíaco . . . . . 124

*Regulación intrínseca del bombeo cardíaco. Mecanismo de Frank-Starling* . . . . . 124

*Efecto de los iones potasio y calcio sobre la función cardíaca* . . . . . 127

*Efecto de la temperatura sobre el corazón* . . . . . 127

Bibliografía . . . . . 127

10. Estimulación rítmica del corazón . . . . . 129

Sistemas especializados de estimulación y conducción del corazón . . . . . 129

*Nódulo sinusal (Nódulo sinoauricular)* . . . . . 129

*Vías internodulares y transmisión del impulso cardíaco por las aurículas* . . . . . 131

*Nódulo auriculoventricular y retraso de la conducción del estímulo desde las aurículas a los ventrículos* . . . . . 131

*Transmisión rápida en el sistema ventricular de Purkinje* . . . . . 132

*Transmisión del impulso cardíaco en el músculo ventricular* . . . . . 133

*Resumen de la diseminación del impulso cardíaco por el corazón* . . . . . 133

Control de la excitación y de la conducción en el corazón . . . . . 134

*El nódulo sinusal como marcapasos cardíaco* . . . . . 134

*Papel del sistema de Purkinje en la contracción sincrónica del músculo ventricular* . . . . . 134

*Control del ritmo cardíaco y de la conducción del impulso por los nervios cardíacos: nervios simpáticos y parasimpáticos* . . . . . 135

Bibliografía . . . . . 136

11. El electrocardiograma normal . . . . . 137

Características del electrocardiograma normal . . . . . 137

*Ondas de despolarización frente a ondas de repolarización* . . . . . 137

*Relación entre la contracción auricular y ventricular y las ondas del electrocardiograma* . . . . . 138

*Voltaje y calibración del tiempo del electrocardiograma* . . . . . 139

Métodos de registro del electrocardiograma . . . . . 139

*Registros a pluma* . . . . . 139

Paso de la corriente alrededor del corazón durante el ciclo cardíaco . . . . . 139

*Registro de los potenciales eléctricos de una masa parcialmente despolarizada del músculo cardíaco sincitial* . . . . . 139

*Paso de la corriente eléctrica por el tórax alrededor del corazón* . . . . . 140

Derivaciones electrocardiográficas . . . . . 140

*Las tres derivaciones bipolares de las extremidades* . . . . . 140

*Derivaciones torácicas (derivaciones precordiales)* . . . . . 142

*Derivaciones unipolares de las extremidades ampliadas* . . . . . 143

Bibliografía . . . . . 143

12. Interpretación electrocardiográfica de las alteraciones del músculo cardíaco y de la circulación coronaria: análisis vectorial . . . . . 145

Principios básicos del análisis vectorial de los electrocardiogramas . . . . . 145

*Empleo de vectores para representar los potenciales eléctricos* . . . . . 145

*Expresión en grados de la dirección de un vector* . . . . . 145

*Ejes de cada una de las derivaciones bipolares estándar y para cada derivación monopolar de los miembros monopolares* . . . . . 146

*Análisis vectorial de los potenciales registrados en las distintas derivaciones* . . . . . 146

Análisis vectorial del electrocardiograma normal . . . . . 147

*Vectores que se producen en intervalos sucesivos durante la despolarización de los ventrículos. El complejo QRS* . . . . . 147

*El electrocardiograma durante la repolarización. La onda T* . . . . . 149

*Despolarización de las aurículas. La onda P* . . . . . 150

*El vectocardiograma* . . . . . 150

Eje eléctrico medio del QRS ventricular. Su importancia . . . . . 151

*Determinación del eje eléctrico a partir de los electrocardiogramas de las derivaciones estándar* . . . . . 151

*Procesos patológicos de los ventrículos que producen desviación del eje eléctrico* . . . . . 151

Procesos que producen voltajes anormales del complejo QRS . . . . . 153

*Aumento del voltaje en las derivaciones bipolares estándar de las extremidades* . . . . . 153

*Disminución del voltaje del electrocardiograma* . . . . . 154

Complejos QRS prolongados y extraños . . . . . 154

|                                                                                                                         |     |                                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Complejo QRS prolongado debido a hipertrofia o dilatación cardíacas</i> . . . . .                                    | 154 | 15. Distensibilidad vascular y funciones de los sistemas arterial y venoso . . . . .                                                                            | 185 |
| <i>Complejo QRS prolongado debido a bloqueos del sistema de Purkinje</i> . . . . .                                      | 154 | Distensibilidad vascular . . . . .                                                                                                                              | 185 |
| <i>Procesos que causan complejos QRS extraños</i> . . . . .                                                             | 155 | <i>Adaptabilidad (o capacitancia) vascular</i> . . . . .                                                                                                        | 185 |
| Corriente de lesión . . . . .                                                                                           | 155 | <i>Curvas de presión-volumen de las circulaciones arterial y venosa</i> . . . . .                                                                               | 186 |
| <i>Consecuencias de la corriente de lesión sobre el complejo QRS</i> . . . . .                                          | 155 | <i>Capacitancia retrasada (tensión-relajación) de los vasos</i> . . . . .                                                                                       | 186 |
| <i>El punto J (o potencial de referencia cero para analizar la corriente de lesión)</i> . . . . .                       | 156 | Pulsaciones de la presión arterial . . . . .                                                                                                                    | 187 |
| <i>La isquemia coronaria como causa de la corriente de lesión</i> . . . . .                                             | 157 | <i>Transmisión de los pulsos de presión a las arterias periféricas</i> . . . . .                                                                                | 188 |
| Alteraciones de la onda T . . . . .                                                                                     | 159 | <i>Métodos clínicos de medición de las presiones sistólica y diastólica</i> . . . . .                                                                           | 189 |
| <i>Consecuencias de la conducción lenta de la onda de despolarización sobre la onda T</i> . . . . .                     | 159 | Las venas y sus funciones . . . . .                                                                                                                             | 190 |
| <i>Despolarización prolongada en parcelas del músculo ventricular como causa de alteraciones de la onda T</i> . . . . . | 159 | <i>Presiones venosas: presión auricular derecha (presión venosa central) y presiones venosas periféricas</i> . . . . .                                          | 190 |
| Bibliografía . . . . .                                                                                                  | 160 | <i>Función de las venas como reservorio sanguíneo</i> . . . . .                                                                                                 | 194 |
| 13. Arritmias cardíacas y su interpretación electrocardiográfica . . . . .                                              | 161 | Bibliografía . . . . .                                                                                                                                          | 195 |
| Ritmos sinusales anormales . . . . .                                                                                    | 161 | 16. La microcirculación y el sistema linfático: intercambio de líquido capilar, líquido intersticial y flujo linfático . . . . .                                | 197 |
| <i>Taquicardia</i> . . . . .                                                                                            | 161 | Estructura de la microcirculación y del sistema capilar . . . . .                                                                                               | 197 |
| <i>Bradicardia</i> . . . . .                                                                                            | 161 | Flujo de sangre en los capilares: vasomotilidad . . . . .                                                                                                       | 199 |
| <i>Arritmia sinusal</i> . . . . .                                                                                       | 162 | <i>Función media del sistema capilar</i> . . . . .                                                                                                              | 199 |
| Ritmos anormales por bloqueo de la conducción de los impulsos . . . . .                                                 | 162 | Intercambio de nutrientes y de otras sustancias entre la sangre y el líquido intersticial . . . . .                                                             | 199 |
| <i>Bloqueo sinoauricular</i> . . . . .                                                                                  | 162 | <i>Difusión a través de la membrana capilar</i> . . . . .                                                                                                       | 199 |
| <i>Bloqueo auriculoventricular</i> . . . . .                                                                            | 162 | El intersticio y el líquido intersticial . . . . .                                                                                                              | 200 |
| <i>Bloqueo intraventricular incompleto (alternancia eléctrica)</i> . . . . .                                            | 164 | Las proteínas del plasma y el líquido intersticial son especialmente importantes en el control de los volúmenes del plasma y del líquido intersticial . . . . . | 201 |
| Extrasístoles . . . . .                                                                                                 | 164 | <i>Presión capilar</i> . . . . .                                                                                                                                | 202 |
| <i>Extrasístoles auriculares</i> . . . . .                                                                              | 164 | <i>Presión del líquido intersticial</i> . . . . .                                                                                                               | 203 |
| <i>Extrasístoles de la unión AV o del haz A-V</i> . . . . .                                                             | 165 | <i>Presión coloidosmótica del plasma</i> . . . . .                                                                                                              | 205 |
| <i>Extrasístoles ventriculares</i> . . . . .                                                                            | 165 | <i>Presión coloidosmótica del líquido intersticial</i> . . . . .                                                                                                | 205 |
| Taquicardia paroxística . . . . .                                                                                       | 166 | <i>Intercambio de volumen de líquido a través de la membrana capilar</i> . . . . .                                                                              | 205 |
| <i>Taquicardia paroxística auricular</i> . . . . .                                                                      | 166 | <i>Equilibrio de Starling para el intercambio capilar</i> . . . . .                                                                                             | 206 |
| <i>Taquicardia paroxística ventricular</i> . . . . .                                                                    | 166 | El sistema linfático . . . . .                                                                                                                                  | 207 |
| Fibrilación ventricular . . . . .                                                                                       | 166 | <i>Canales linfáticos del organismo</i> . . . . .                                                                                                               | 207 |
| <i>El fenómeno de la reentrada. Movimientos circulares como explicación de la fibrilación ventricular</i> . . . . .     | 167 | <i>Formación de la linfa</i> . . . . .                                                                                                                          | 208 |
| Fibrilación auricular . . . . .                                                                                         | 169 | <i>Tasa del flujo linfático</i> . . . . .                                                                                                                       | 209 |
| <i>Aleteo (flutter) auricular</i> . . . . .                                                                             | 170 | <i>Papel del sistema linfático en el control de la concentración de proteínas, el volumen y la presión del líquido intersticial</i> . . . . .                   | 210 |
| Parada cardíaca . . . . .                                                                                               | 171 | Bibliografía . . . . .                                                                                                                                          | 211 |
| Bibliografía . . . . .                                                                                                  | 171 | 17. Control local del flujo sanguíneo por los tejidos, y regulación humoral . . . . .                                                                           | 213 |
| <b>UNIDAD IV</b>                                                                                                        |     | Mecanismos de control del flujo sanguíneo . . . . .                                                                                                             | 214 |
| <b>LA CIRCULACIÓN</b>                                                                                                   |     | <i>Control agudo del flujo sanguíneo local</i> . . . . .                                                                                                        | 214 |
| 14. Panorámica de la circulación: física médica de la presión, el flujo y la resistencia . . . . .                      | 175 | <i>Regulación del flujo sanguíneo a largo plazo</i> . . . . .                                                                                                   | 218 |
| Características físicas de la circulación . . . . .                                                                     | 175 | <i>Desarrollo de la circulación colateral: un fenómeno de regulación de flujo sanguíneo local a largo plazo</i> . . . . .                                       | 220 |
| Teoría básica de la función circulatoria . . . . .                                                                      | 177 | Regulación humoral de la circulación . . . . .                                                                                                                  | 220 |
| Interrelaciones entre la presión, el flujo y la resistencia . . . . .                                                   | 178 | <i>Agentes vasoconstrictores</i> . . . . .                                                                                                                      | 220 |
| <i>Flujo sanguíneo</i> . . . . .                                                                                        | 178 | <i>Agentes vasodilatadores</i> . . . . .                                                                                                                        | 221 |
| <i>Presión sanguínea</i> . . . . .                                                                                      | 180 |                                                                                                                                                                 |     |
| <i>Resistencia al flujo sanguíneo</i> . . . . .                                                                         | 181 |                                                                                                                                                                 |     |
| <i>Efectos de la presión sobre la resistencia vascular y el flujo sanguíneo tisular</i> . . . . .                       | 183 |                                                                                                                                                                 |     |
| Bibliografía . . . . .                                                                                                  | 183 |                                                                                                                                                                 |     |

|                                                                                                                                                                                                           |     |                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Efectos de los iones y de otros factores químicos sobre el control vascular</i> . . . . .                                                                                                              | 221 | <i>Existen límites para el gasto cardíaco que el corazón puede alcanzar</i> . . . . .                                                               | 255 |
| Bibliografía . . . . .                                                                                                                                                                                    | 222 | <i>¿Qué papel desempeña el sistema nervioso en el control del gasto cardíaco?</i> . . . . .                                                         | 256 |
| <b>18.</b> Regulación nerviosa de la circulación y control rápido de la presión arterial . . . . .                                                                                                        | 223 | Gastos cardíacos patológicamente altos y patológicamente bajos . . . . .                                                                            | 257 |
| Regulación nerviosa de la circulación . . . . .                                                                                                                                                           | 223 | <i>Un gasto cardíaco alto se debe casi siempre a la disminución de la resistencia periférica total</i> . . . . .                                    | 257 |
| <i>Sistema nervioso autónomo</i> . . . . .                                                                                                                                                                | 223 | <i>Bajo gasto cardíaco</i> . . . . .                                                                                                                | 258 |
| Papel del sistema nervioso en el control rápido de la presión arterial . . . . .                                                                                                                          | 227 | Un análisis más cuantitativo de la regulación del gasto cardíaco . . . . .                                                                          | 259 |
| <i>Aumento de la presión arterial durante el ejercicio muscular y otros tipos de estrés</i> . . . . .                                                                                                     | 227 | <i>Curvas de gasto cardíaco utilizadas en el análisis cuantitativo</i> . . . . .                                                                    | 259 |
| <i>Mecanismos reflejos para el mantenimiento de la presión arterial normal</i> . . . . .                                                                                                                  | 228 | <i>Curvas de retorno venoso</i> . . . . .                                                                                                           | 260 |
| <i>Respuesta isquémica del sistema nervioso central: control de la presión arterial por el centro vasomotor encefálico en respuesta a la disminución del flujo sanguíneo cerebral</i> . . . . .           | 232 | <i>Análisis del gasto cardíaco y de la presión auricular derecha, utilizando curvas simultáneas de gasto cardíaco y de retorno venoso</i> . . . . . | 263 |
| Características especiales del control nervioso de la presión arterial . . . . .                                                                                                                          | 233 | Métodos de medición del gasto cardíaco . . . . .                                                                                                    | 265 |
| <i>Papel de los nervios esqueléticos y los músculos esqueléticos en el aumento del gasto cardíaco y de la presión arterial</i> . . . . .                                                                  | 233 | <i>Gasto pulsátil del corazón determinado por un medidor de flujo electromagnético o ecográfico</i> . . . . .                                       | 265 |
| <i>Ondas respiratorias en la presión arterial</i> . . . . .                                                                                                                                               | 233 | <i>Medición del gasto cardíaco por el método del oxígeno de Fick</i> . . . . .                                                                      | 266 |
| <i>Ondas «vasomotoras» de la presión arterial: oscilación de los sistemas reflejos de control de la presión</i> . . . . .                                                                                 | 233 | <i>Método de la dilución de un indicador</i> . . . . .                                                                                              | 266 |
| Bibliografía . . . . .                                                                                                                                                                                    | 234 | Bibliografía . . . . .                                                                                                                              | 267 |
| <b>19.</b> Papel dominante de los riñones en la regulación a largo plazo de la presión arterial y en la hipertensión: el sistema integrado de control de la presión . . . . .                             | 235 | <b>21.</b> Flujo sanguíneo muscular y gasto cardíaco durante el ejercicio; circulación coronaria y cardiopatía isquémica . . . . .                  | 269 |
| Sistema renal y de los líquidos corporales de regulación de la presión arterial . . . . .                                                                                                                 | 235 | Flujo sanguíneo en los músculos esqueléticos y su regulación durante el ejercicio . . . . .                                                         | 269 |
| <i>Cuantificación de la diuresis de presión como base del control de la presión arterial</i> . . . . .                                                                                                    | 236 | <i>Tasa de flujo sanguíneo en los músculos</i> . . . . .                                                                                            | 269 |
| <i>Hipertensión (presión arterial elevada): con frecuencia se debe a un volumen excesivo de líquido extracelular</i> . . . . .                                                                            | 239 | <i>Control del flujo sanguíneo a través de los músculos esqueléticos</i> . . . . .                                                                  | 270 |
| Sistema renina-angiotensina: su papel en el control de la presión y en la hipertensión . . . . .                                                                                                          | 242 | <i>Reajustes circulatorios durante el ejercicio</i> . . . . .                                                                                       | 270 |
| <i>Componentes del sistema renina-angiotensina</i> . . . . .                                                                                                                                              | 242 | Circulación coronaria . . . . .                                                                                                                     | 273 |
| <i>Tipos de hipertensión en los que participa la angiotensina: hipertensión causada por un tumor secretor de renina o por perfusión de angiotensina II</i> . . . . .                                      | 245 | <i>Anatomía fisiológica del riego sanguíneo coronario</i> . . . . .                                                                                 | 273 |
| <i>Otros tipos de hipertensión causados por combinaciones de sobrecarga de volumen y vasoconstricción</i> . . . . .                                                                                       | 246 | <i>Flujo sanguíneo coronario normal</i> . . . . .                                                                                                   | 273 |
| <i>«Hipertensión esencial» en el hombre</i> . . . . .                                                                                                                                                     | 248 | <i>Control del flujo sanguíneo coronario</i> . . . . .                                                                                              | 274 |
| Resumen del sistema integrado, de múltiples facetas, de la regulación de la presión arterial . . . . .                                                                                                    | 249 | <i>Características especiales del metabolismo del miocardio</i> . . . . .                                                                           | 276 |
| Bibliografía . . . . .                                                                                                                                                                                    | 250 | <i>Cardiopatía isquémica</i> . . . . .                                                                                                              | 276 |
| <b>20.</b> Gasto cardíaco, retorno venoso y su regulación . . . . .                                                                                                                                       | 253 | <i>Causas de muerte tras la oclusión coronaria aguda</i> . . . . .                                                                                  | 278 |
| Valores normales del gasto cardíaco en reposo y durante la actividad . . . . .                                                                                                                            | 253 | <i>Etapas de la recuperación del infarto de miocardio</i> . . . . .                                                                                 | 279 |
| Control del gasto cardíaco por el retorno venoso: papel del mecanismo de Frank-Starling del corazón . . . . .                                                                                             | 253 | <i>Función del corazón tras la recuperación del infarto de miocardio</i> . . . . .                                                                  | 280 |
| <i>La regulación del gasto cardíaco es la suma de la regulación del flujo sanguíneo en todos los tejidos del cuerpo. El metabolismo tisular regula la mayor parte del flujo sanguíneo local</i> . . . . . | 254 | <i>El dolor en la enfermedad coronaria</i> . . . . .                                                                                                | 280 |
|                                                                                                                                                                                                           |     | <i>Tratamiento quirúrgico de la enfermedad coronaria</i> . . . . .                                                                                  | 281 |
|                                                                                                                                                                                                           |     | Bibliografía . . . . .                                                                                                                              | 282 |
|                                                                                                                                                                                                           |     | <b>22.</b> Insuficiencia cardíaca . . . . .                                                                                                         | 283 |
|                                                                                                                                                                                                           |     | Dinámica circulatoria en la insuficiencia cardíaca . . . . .                                                                                        | 283 |
|                                                                                                                                                                                                           |     | <i>Efectos agudos de una insuficiencia cardíaca moderada</i> . . . . .                                                                              | 283 |
|                                                                                                                                                                                                           |     | <i>Fase crónica de insuficiencia: la retención de líquidos ayuda a compensar el gasto cardíaco</i> . . . . .                                        | 284 |
|                                                                                                                                                                                                           |     | <i>Resumen de los cambios que se producen después de una insuficiencia cardíaca aguda: «Insuficiencia cardíaca compensada»</i> . . . . .            | 285 |
|                                                                                                                                                                                                           |     | <i>Dinámica de la insuficiencia cardíaca grave: insuficiencia cardíaca descompensada</i> . . . . .                                                  | 286 |
|                                                                                                                                                                                                           |     | Insuficiencia cardíaca izquierda unilateral . . . . .                                                                                               | 288 |

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Insuficiencia cardíaca de bajo gasto: shock cardiogénico .....                                                 | 288 |
| Edema en pacientes con insuficiencia cardíaca .....                                                            | 289 |
| Reserva cardíaca .....                                                                                         | 291 |
| Apéndice .....                                                                                                 | 291 |
| <i>Método gráfico cuantitativo para el análisis de la insuficiencia cardíaca</i> .....                         | 294 |
| Bibliografía .....                                                                                             | 294 |
| <b>23. Válvulas cardíacas y tonos cardíacos. Dinámica de las valvulopatías y cardiopatías congénitas</b> ..... | 295 |
| Tonos o ruidos cardíacos .....                                                                                 | 295 |
| <i>Tonos cardíacos normales</i> .....                                                                          | 295 |
| <i>Lesiones valvulares</i> .....                                                                               | 297 |
| Dinámica circulatoria anormal en las cardiopatías valvulares .....                                             | 299 |
| <i>Dinámica de la circulación en la estenosis aórtica y en la insuficiencia aórtica</i> .....                  | 299 |
| <i>Dinámica de la estenosis mitral y la insuficiencia mitral</i> .....                                         | 299 |
| <i>Dinámica circulatoria durante el ejercicio en los pacientes con lesiones valvulares</i> .....               | 300 |
| Dinámica circulatoria anormal en las cardiopatías congénitas .....                                             | 300 |
| <i>Conducto arterial persistente: un cortocircuito de izquierda a derecha</i> .....                            | 300 |
| <i>Tetralogía de Fallot. Un cortocircuito de derecha a izquierda</i> .....                                     | 302 |
| <i>Causas de las anomalías congénitas</i> .....                                                                | 303 |
| Uso de la circulación extracorpórea en cirugía cardíaca .....                                                  | 303 |
| Hipertrofia del corazón en las cardiopatías valvulares y congénitas .....                                      | 303 |
| Bibliografía .....                                                                                             | 303 |
| <b>24. Shock circulatorio y fisiología de su tratamiento</b> .....                                             | 305 |
| Causas fisiológicas del shock .....                                                                            | 305 |
| <i>Shock circulatorio producido por una disminución del gasto cardíaco</i> .....                               | 305 |
| <i>Shock circulatorio que se produce sin disminución del gasto cardíaco</i> .....                              | 305 |
| <i>¿Qué le sucede a la presión arterial en el shock circulatorio?</i> .....                                    | 306 |
| <i>El deterioro tisular es la etapa final del shock circulatorio, cualquiera que sea la causa</i> .....        | 306 |
| <i>Etapas del shock</i> .....                                                                                  | 306 |
| Shock causado por hipovolemia: shock hemorrágico .....                                                         | 306 |
| <i>Relación entre el volumen de sangrado y el gasto cardíaco y la presión arterial</i> .....                   | 306 |
| <i>Shock hemorrágico no progresivo y progresivo</i> .....                                                      | 307 |
| <i>Shock irreversible</i> .....                                                                                | 311 |
| <i>Shock hipovolémico producido por la pérdida de plasma</i> .....                                             | 312 |
| <i>Shock hipovolémico causado por traumatismos</i> .....                                                       | 312 |
| Shock neurogénico: aumento de la capacidad vascular .....                                                      | 312 |
| Shock anafiláctico y shock histamínico .....                                                                   | 313 |
| Shock séptico .....                                                                                            | 313 |
| Fisiología del tratamiento en el shock .....                                                                   | 314 |
| <i>Tratamiento de sustitución</i> .....                                                                        | 314 |
| <i>Tratamiento del shock con fármacos simpaticomiméticos: unas veces útiles, otras no</i> .....                | 314 |
| <i>Otros tratamientos</i> .....                                                                                | 315 |
| Parada circulatoria .....                                                                                      | 315 |
| <i>Efecto de la parada circulatoria sobre el cerebro</i> .....                                                 | 315 |
| Bibliografía .....                                                                                             | 316 |

## UNIDAD V LOS RIÑONES Y LOS LÍQUIDOS CORPORALES

|                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>25. Los compartimientos líquidos del cuerpo: líquidos extracelular e intracelular; líquido intersticial y edema</b> .....           | 319 |
| Los ingresos y las pérdidas de líquidos deben estar equilibrados en condiciones de estabilidad .....                                   | 319 |
| <i>Ingresos diarios de agua</i> .....                                                                                                  | 319 |
| <i>Pérdidas diarias de agua</i> .....                                                                                                  | 319 |
| Compartimientos líquidos corporales .....                                                                                              | 320 |
| Compartimiento del líquido intracelular .....                                                                                          | 321 |
| Compartimiento del líquido extracelular .....                                                                                          | 321 |
| Volumen sanguíneo .....                                                                                                                | 321 |
| Constituyentes de los líquidos extracelular e intracelular .....                                                                       | 322 |
| <i>Las composiciones iónicas del plasma y el líquido intersticial son similares</i> .....                                              | 322 |
| <i>Constituyentes importantes del líquido intracelular</i> .....                                                                       | 323 |
| Determinación del volumen de los líquidos en los distintos compartimientos del cuerpo; el principio de la dilución del indicador ..... | 323 |
| Determinación de los volúmenes de los distintos compartimientos líquidos del cuerpo .....                                              | 324 |
| Regulación de los intercambios de líquidos y de los equilibrios osmóticos entre los líquidos intracelular y extracelular .....         | 325 |
| Principios básicos de la ósmosis y la presión osmótica .....                                                                           | 325 |
| Mantenimiento del equilibrio osmótico entre los líquidos intracelular y extracelular .....                                             | 327 |
| Volúmenes y osmolalidades de los líquidos extracelular e intracelular en condiciones anormales .....                                   | 328 |
| <i>Consecuencias de la adición de solución salina al líquido extracelular</i> .....                                                    | 328 |
| Administración de glucosa y otras soluciones con fines nutritivos .....                                                                | 330 |
| Alteraciones clínicas de la regulación del volumen de los líquidos: hiponatremia e hipernatremia .....                                 | 330 |
| <i>Causas de hiponatremia: exceso de agua o pérdidas de sodio</i> .....                                                                | 331 |
| <i>Causas de hipernatremia: pérdida de agua o exceso de sodio</i> .....                                                                | 331 |
| Edema: exceso de líquido en los tejidos .....                                                                                          | 331 |
| <i>Edema intracelular</i> .....                                                                                                        | 331 |
| <i>Edema extracelular</i> .....                                                                                                        | 331 |
| <i>Resumen de las causas de edema extracelular</i> .....                                                                               | 332 |
| <i>Factores de seguridad que normalmente impiden los edemas</i> .....                                                                  | 333 |
| Líquidos de los «espacios potenciales» del cuerpo .....                                                                                | 336 |
| Bibliografía .....                                                                                                                     | 336 |
| <b>26. Formación de la orina por los riñones: I. Filtración glomerular, flujo sanguíneo renal y su control</b> .....                   | 339 |
| Funciones múltiples de los riñones en la homeostasis .....                                                                             | 339 |
| Anatomía fisiológica de los riñones .....                                                                                              | 341 |
| <i>Organización general de los riñones y de las vías urinarias</i> .....                                                               | 341 |
| <i>Aporte sanguíneo renal</i> .....                                                                                                    | 341 |
| <i>La nefrona es la unidad funcional del riñón</i> .....                                                                               | 342 |

|                                                                                                                                            |     |                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| La formación de la orina es el resultado de la filtración glomerular, la reabsorción tubular y la secreción tubular.....                   | 343 | <i>ción en respuesta al aumento de la carga tubular</i> .....                                                                                                            | 371 |
| <i>Filtración, reabsorción y secreción de las distintas sustancias</i> .....                                                               | 344 | <i>Capilares peritubulares y fuerzas físicas del líquido intersticial renal</i> .....                                                                                    | 372 |
| La filtración glomerular, primer paso en la formación de la orina.....                                                                     | 345 | <i>Efecto de la presión arterial sobre la eliminación de orina: mecanismos de la natriuresis por presión y de la diuresis por presión</i> ...                            | 374 |
| <i>Composición del filtrado glomerular</i> .....                                                                                           | 345 | <i>Control hormonal de la reabsorción tubular</i> ..                                                                                                                     | 374 |
| <i>La TFG es aproximadamente el 20% del flujo plasmático renal</i> .....                                                                   | 345 | <i>La activación del sistema nervioso simpático aumenta la reabsorción de sodio</i> .....                                                                                | 376 |
| <i>La membrana de los capilares glomerulares</i> ..                                                                                        | 345 | Empleo de las técnicas de aclaramiento para cuantificar la función renal.....                                                                                            | 377 |
| Determinantes de la tasa de filtrado glomerular                                                                                            | 347 | <i>Se puede usar el aclaramiento de la insulina para calcular la TFG</i> .....                                                                                           | 377 |
| <i>La elevación del coeficiente de filtración capilar glomerular (K<sub>f</sub>) aumenta la TFG</i> .....                                  | 348 | <i>Se puede usar el aclaramiento del PAH para calcular el flujo plasmático renal</i> .....                                                                               | 378 |
| <i>El aumento de la presión hidrostática en la cápsula de Bowman disminuye la TFG</i> ...                                                  | 348 | <i>La fracción de filtración se calcula dividiendo la TFG por el flujo plasmático renal</i> .....                                                                        | 379 |
| <i>El aumento de la presión coloidosmótica capilar glomerular disminuye la TFG</i> .....                                                   | 348 | <i>Cálculo de la reabsorción o de la secreción tubular usando los aclaramientos renales</i> ...                                                                          | 379 |
| <i>El aumento de la presión hidrostática capilar glomerular aumenta la TFG</i> .....                                                       | 349 | Bibliografía.....                                                                                                                                                        | 379 |
| Flujo sanguíneo renal.....                                                                                                                 | 350 |                                                                                                                                                                          |     |
| <i>Determinantes del flujo sanguíneo renal</i> .....                                                                                       | 350 | <b>28. Regulación de la osmolaridad y de la concentración de sodio del líquido extracelular</b> .....                                                                    | 381 |
| <i>El flujo sanguíneo en los vasos rectos de la médula renal es muy bajo comparado con el flujo sanguíneo de la corteza renal</i> .....    | 351 | <i>El riñón excreta el exceso de agua mediante la formación de una orina diluida</i> .....                                                                               | 381 |
| Control fisiológico de la filtración glomerular y del flujo sanguíneo renal.....                                                           | 351 | <i>La hormona antidiurética controla la concentración de la orina</i> .....                                                                                              | 381 |
| <i>La activación del sistema nervioso simpático disminuye la TFG</i> .....                                                                 | 351 | <i>Mecanismos renales para la excreción de una orina diluida</i> .....                                                                                                   | 382 |
| <i>Control de la circulación renal por las hormonas y los autacoides</i> .....                                                             | 352 | El riñón conserva agua por medio de la excreción de una orina concentrada.....                                                                                           | 383 |
| Autorregulación de la TFG y del flujo sanguíneo renal.....                                                                                 | 353 | <i>Volumen de orina obligatorio</i> .....                                                                                                                                | 383 |
| <i>Importancia de la autorregulación de la TFG para evitar cambios extremos de la excreción renal</i> .....                                | 353 | <i>Requisitos para la excreción de una orina concentrada: niveles elevados de ADH y médula renal hiperosmótica</i> .....                                                 | 384 |
| <i>Papel de la retroacción tubuloglomerular en la autorregulación de la TFG</i> .....                                                      | 354 | <i>El mecanismo de contracorriente produce un intersticio medular renal hiperosmótico</i> ....                                                                           | 384 |
| <i>Autorregulación miógena del flujo sanguíneo renal y de la TFG</i> .....                                                                 | 355 | <i>Papel del túbulo distal y de los conductos colectores en la excreción de una orina concentrada</i> .....                                                              | 386 |
| <i>Otros factores que aumentan el flujo sanguíneo renal y la TFG: ingreso elevado de proteínas y aumento de la glucosa sanguínea</i> ..... | 356 | <i>La urea contribuye a la hiperosmolaridad del intersticio medular renal y a una orina concentrada</i> .....                                                            | 387 |
| Bibliografía.....                                                                                                                          | 356 | <i>El intercambio contracorriente en los vasos rectos mantiene la hiperosmolaridad de la médula renal</i> .....                                                          | 388 |
| <b>27. Formación de la orina por los riñones: II. Procesamiento tubular del filtrado glomerular</b> .....                                  | 359 | <i>Resumen del mecanismo de concentración de la orina y de las variaciones de la osmolaridad en los diferentes segmentos de los túbulos</i> ..                           | 389 |
| Reabsorción y secreción por los túbulos renales.                                                                                           | 359 | Cuantificación de la concentración y dilución renal de la orina: aclaramientos osmolar y de «agua libre».....                                                            | 391 |
| <i>La reabsorción tubular es selectiva y cuantitativamente importante</i> .....                                                            | 359 | Trastornos de la capacidad de concentración urinaria.....                                                                                                                | 391 |
| La reabsorción tubular comprende mecanismos pasivos y activos.....                                                                         | 360 | Control de la osmolaridad y de la concentración de sodio del líquido extracelular.....                                                                                   | 392 |
| <i>Transporte activo</i> .....                                                                                                             | 361 | <i>Cálculo de la osmolaridad plasmática a partir de la concentración plasmática de sodio</i> ...                                                                         | 392 |
| <i>Reabsorción de cloruro, urea y otros solutos por difusión pasiva</i> .....                                                              | 365 | El sistema de retroacción de los osmorreceptores-ADH.....                                                                                                                | 393 |
| Reabsorción y secreción a lo largo de las distintas porciones de la nefrona.....                                                           | 365 | <i>Síntesis de ADH en los núcleos supraóptico y paraventricular del hipotálamo y liberación de ADH en la neurohipófisis</i> .....                                        | 393 |
| <i>Reabsorción tubular proximal</i> .....                                                                                                  | 366 | <i>Estimulación refleja cardiovascular de la liberación de ADH por el descenso de la presión arterial, la disminución del volumen sanguíneo o ambos mecanismos</i> ..... | 394 |
| <i>Transporte de agua y solutos en el asa de Henle</i>                                                                                     | 367 |                                                                                                                                                                          |     |
| <i>Túbulo distal</i> .....                                                                                                                 | 368 |                                                                                                                                                                          |     |
| <i>Última porción del túbulo distal y túbulo colector cortical</i> .....                                                                   | 369 |                                                                                                                                                                          |     |
| <i>Conducto colector medular</i> .....                                                                                                     | 370 |                                                                                                                                                                          |     |
| <i>Resumen de las concentraciones de los distintos solutos en las diferentes porciones tubulares</i>                                       | 370 |                                                                                                                                                                          |     |
| Regulación de la reabsorción tubular.....                                                                                                  | 371 |                                                                                                                                                                          |     |
| <i>Equilibrio glomerulotubular: capacidad de los túbulos para aumentar la tasa de reabsor-</i>                                             |     |                                                                                                                                                                          |     |

|                                                                                                                                                                                                                                   |     |                                                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Importancia cuantitativa de los reflejos cardiovascular y la osmolaridad en la estimulación de la secreción de ADH</i> . . . . .                                                                                               | 395 | <i>Aumento del volumen sanguíneo producido por el incremento de la capacidad de la circulación</i> . . . . .                                                            | 409 |
| <i>Otros estímulos de la secreción de ADH</i> . . . . .                                                                                                                                                                           | 395 | Situaciones que producen grandes aumentos del volumen de líquido extracelular pero con un volumen sanguíneo normal . . . . .                                            | 410 |
| <b>Papel de la sed en el control de la osmolaridad y la concentración de sodio del líquido extracelular</b> . . . . .                                                                                                             | 395 | <i>Síndrome nefrótico. Pérdida de proteínas plasmáticas por la orina y retención por los riñones de sodio</i> . . . . .                                                 | 410 |
| <i>Centros de la sed del sistema nervioso central</i> . . . . .                                                                                                                                                                   | 396 | <i>Cirrosis hepática. Disminución de la síntesis de proteínas plasmáticas por el hígado y retención de sodio por los riñones</i> . . . . .                              | 410 |
| <i>Estímulos de la sed</i> . . . . .                                                                                                                                                                                              | 396 | Regulación de la excreción de potasio y de la concentración de potasio en el líquido extracelular . . . . .                                                             | 410 |
| <i>Umbral de los estímulos osmolares de bebida</i> . . . . .                                                                                                                                                                      | 397 | <i>Regulación de la distribución interna de potasio</i> . . . . .                                                                                                       | 411 |
| <i>Respuestas integradas de los mecanismos de los osmorreceptores-ADH y de la sed en el control de la osmolaridad y la concentración de sodio del líquido extracelular</i> . . . . .                                              | 397 | <i>Resumen de la excreción renal de potasio</i> . . . . .                                                                                                               | 412 |
| <i>Papel de la angiotensina II y la aldosterona en el control de la osmolaridad y la concentración de sodio del líquido extracelular</i> . . . . .                                                                                | 397 | <i>Secreción de potasio en las células principales de la porción final de los túbulos distales y en los túbulos colectores corticales</i> . . . . .                     | 413 |
| <b>Mecanismo del apetito de sal para el control de la concentración de sodio y el volumen del líquido extracelular</b> . . . . .                                                                                                  | 398 | <i>Resumen de los factores que regulan la secreción de potasio: concentración plasmática de potasio, aldosterona, tasa de flujo tubular e iones hidrógeno</i> . . . . . | 414 |
| <b>Bibliografía</b> . . . . .                                                                                                                                                                                                     | 399 | Control de la excreción renal de calcio y concentración de ion calcio extracelular . . . . .                                                                            | 417 |
| <b>29. Integración de los mecanismos renales para el control del volumen sanguíneo y del volumen del líquido extracelular; regulación renal de potasio, calcio, fosfato y magnesio</b> . . . . .                                  | 401 | <i>Control de la excreción renal de calcio por los riñones</i> . . . . .                                                                                                | 418 |
| <b>Mecanismos de control que regulan la excreción de sodio y agua</b> . . . . .                                                                                                                                                   | 401 | Regulación de la excreción renal de fosfato . . . . .                                                                                                                   | 419 |
| <i>La excreción de sodio se adapta con precisión al aporte en condiciones de equilibrio</i> . . . . .                                                                                                                             | 401 | Control de la excreción renal de magnesio y de la concentración extracelular de ion magnesio . . . . .                                                                  | 419 |
| <i>La excreción de sodio se controla alterando su filtración glomerular o su reabsorción tubular</i> . . . . .                                                                                                                    | 402 | <b>Bibliografía</b> . . . . .                                                                                                                                           | 420 |
| <b>Importancia de la natriuresis por presión y de la diuresis por presión en el mantenimiento del equilibrio de sodio y de los líquidos corporales</b> . . . . .                                                                  | 402 | <b>30. Regulación del equilibrio acidobásico</b> . . . . .                                                                                                              | 421 |
| <i>La natriuresis y la diuresis por presión son componentes esenciales de la retroacción existente entre el riñón y los líquidos corporales para regular los volúmenes de líquidos corporales y la presión arterial</i> . . . . . | 403 | La concentración de ion hidrógeno está regulada de una forma precisa . . . . .                                                                                          | 421 |
| <i>Precisión de la regulación del volumen sanguíneo y del volumen del líquido extracelular</i> . . . . .                                                                                                                          | 404 | Ácidos y bases: sus definiciones y significados . . . . .                                                                                                               | 421 |
| <b>Distribución del líquido extracelular entre los espacios intersticiales y el sistema vascular</b> . . . . .                                                                                                                    | 404 | Defensas frente a los cambios en la concentración de ion hidrógeno: amortiguadores, pulmones y riñones . . . . .                                                        | 422 |
| <b>Factores nerviosos y hormonales aumentan la eficacia del control de retroacción entre el riñón y los líquidos corporales</b> . . . . .                                                                                         | 405 | Amortiguamiento de los iones hidrógeno en los líquidos corporales . . . . .                                                                                             | 423 |
| <i>Control de la excreción renal por el sistema nervioso simpático: reflejos de los barorreceptores arteriales y de los receptores de distensión de baja presión</i> . . . . .                                                    | 405 | El sistema amortiguador bicarbonato . . . . .                                                                                                                           | 423 |
| <i>Función de la angiotensina II en el control de la excreción renal</i> . . . . .                                                                                                                                                | 406 | <i>Dinámica cuantitativa del sistema amortiguador bicarbonato</i> . . . . .                                                                                             | 424 |
| <i>Función de la aldosterona en el control de la excreción renal</i> . . . . .                                                                                                                                                    | 407 | El sistema amortiguador fosfato . . . . .                                                                                                                               | 426 |
| <i>Función de la ADH en el control de la excreción renal de agua</i> . . . . .                                                                                                                                                    | 408 | Las proteínas son importantes amortiguadores intracelulares . . . . .                                                                                                   | 426 |
| <i>Función del péptido natriurético auricular en el control de la excreción renal</i> . . . . .                                                                                                                                   | 408 | <i>Principio isohipotónico: todos los amortiguadores de una solución común se encuentran en equilibrio con la misma concentración de iones hidrógeno</i> . . . . .      | 427 |
| <b>Respuestas integradas a las variaciones de la ingestión de sodio</b> . . . . .                                                                                                                                                 | 409 | Regulación respiratoria del equilibrio acidobásico . . . . .                                                                                                            | 427 |
| <b>Situaciones que producen grandes aumentos del volumen sanguíneo y del volumen del líquido extracelular</b> . . . . .                                                                                                           | 409 | <i>La espiración pulmonar de CO<sub>2</sub> equilibra su producción metabólica</i> . . . . .                                                                            | 427 |
| <i>Aumento del volumen sanguíneo y del volumen del líquido extracelular producido por enfermedades cardíacas</i> . . . . .                                                                                                        | 409 | <i>El aumento de la ventilación pulmonar reduce la concentración de iones hidrógeno del líquido extracelular y eleva el pH</i> . . . . .                                | 427 |
|                                                                                                                                                                                                                                   |     | <i>El aumento de la concentración de iones hidrógeno estimula la ventilación alveolar</i> . . . . .                                                                     | 428 |
|                                                                                                                                                                                                                                   |     | Control renal del equilibrio acidobásico . . . . .                                                                                                                      | 429 |
|                                                                                                                                                                                                                                   |     | Secreción de iones hidrógeno y reabsorción de iones bicarbonato por los túbulos renales . . . . .                                                                       | 430 |
|                                                                                                                                                                                                                                   |     | <i>En los segmentos tubulares proximales los iones hidrógeno se secretan por transporte activo secundario</i> . . . . .                                                 | 430 |
|                                                                                                                                                                                                                                   |     | <i>Los iones bicarbonato filtrados se reabsorben por la interacción con los iones hidrógeno en los túbulos</i> . . . . .                                                | 431 |



*Secreción activa primaria de iones hidrógeno en las células intercalares de la porción final de los túbulos distales y de los colectores . . .* 432

Combinación del exceso de iones hidrógeno con los amortiguadores fosfato y amoníaco en los túbulos: un mecanismo de generación de nuevos iones bicarbonato . . . . . 432

*El sistema amortiguador fosfato transporta el exceso de iones hidrógeno a la orina y genera nuevo bicarbonato . . . . .* 433

*Excreción del exceso de iones hidrógeno y generación de nuevo bicarbonato mediante el sistema amortiguador amoníaco . . . . .* 433

Cuantificación de la excreción acidobásica renal . . 434

*Regulación de la secreción tubular renal de iones hidrógeno . . . . .* 435

Corrección renal de la acidosis: aumento de la excreción de iones hidrógeno y adición de iones bicarbonato al líquido extracelular . . . . . 436

*La acidosis disminuye el cociente  $HCO_3^-/H^+$  en el líquido tubular renal . . . . .* 436

Corrección renal de la alcalosis. Disminución de la secreción tubular de iones hidrógeno y aumento de la excreción de iones bicarbonato . 437

*La alcalosis aumenta el cociente  $HCO_3^-/H^+$  en el líquido tubular renal . . . . .* 437

Causas clínicas de los trastornos del equilibrio acidobásico . . . . . 437

*La acidosis respiratoria se produce por una disminución de la ventilación y un aumento de la  $P_{CO_2}$  . . . . .* 437

*La alcalosis respiratoria es consecuencia del aumento de la ventilación y la disminución de la  $P_{CO_2}$  . . . . .* 438

*La acidosis metabólica se debe a la disminución de la concentración de bicarbonato del líquido extracelular . . . . .* 438

*La alcalosis metabólica está producida por un aumento de la concentración de bicarbonato en el líquido extracelular . . . . .* 438

Tratamiento de la acidosis y de la alcalosis . . . 439

Determinaciones clínicas y análisis de los trastornos del equilibrio acidobásico . . . . . 439

*Trastornos complejos del equilibrio acidobásico y uso del nomograma acidobásico para su diagnóstico . . . . .* 440

*Empleo del hiato aniónico para el diagnóstico de los trastornos acidobásicos . . . . .* 441

Bibliografía . . . . . 441

*Los diuréticos de «asa» reducen la reabsorción activa de sodio-cloruro-potasio en la porción gruesa ascendente del asa de Henle . . . . .* 448

*Los diuréticos tiazídicos inhiben la reabsorción de sodio-cloruro en la primera porción del túbulo distal . . . . .* 448

*Los inhibidores de la anhidrasa carbónica bloquean la reabsorción de sodio-bicarbonato en los túbulos proximales . . . . .* 448

*Los inhibidores competitivos de la aldosterona reducen la reabsorción de sodio y la secreción de potasio en los túbulos colectores corticales* 448

*Los diuréticos que bloquean los canales de sodio en los túbulos colectores reducen la reabsorción de sodio . . . . .* 449

Enfermedades renales . . . . . 449

Insuficiencia renal aguda . . . . . 449

*Insuficiencia renal aguda prerrenal producida por la disminución del flujo sanguíneo renal* 449

*Insuficiencia renal aguda intrarrenal producida por alteraciones dentro del riñón . . . . .* 450

*Insuficiencia renal aguda posrenal producida por alteraciones del tracto urinario inferior* 451

*Efectos fisiológicos de la insuficiencia renal aguda . . . . .* 451

Insuficiencia renal crónica: una disminución irreversible del número de nefronas funcionantes 451

*Círculo vicioso de la insuficiencia renal crónica que conduce a una insuficiencia renal terminal . . . . .* 452

*Lesión de la vascularización renal como causa de insuficiencia renal crónica . . . . .* 452

*Lesión glomerular como causa de insuficiencia renal crónica: glomerulonefritis . . . . .* 453

*La lesión del intersticio renal como causa de insuficiencia renal crónica: pielonefritis . . . . .* 454

*Síndrome nefrótico: excreción de proteínas por la orina por aumento de la permeabilidad glomerular . . . . .* 454

*Función anormal de las nefronas en la insuficiencia renal crónica . . . . .* 455

*Efectos de la insuficiencia renal sobre los líquidos corporales: uremia . . . . .* 457

*Hipertensión y enfermedad renal . . . . .* 458

Alteraciones tubulares específicas . . . . . 459

Tratamiento de la insuficiencia renal mediante diálisis con un riñón artificial . . . . . 459

Bibliografía . . . . . 461

UNIDAD VI

**CÉLULAS SANGUÍNEAS, INMUNIDAD Y COAGULACIÓN DE LA SANGRE**

31. Micción, diuréticos y enfermedades renales . . 443

Micción . . . . . 443

Anatomía fisiológica y conexiones nerviosas de la vejiga . . . . . 443

*Inervación de la vejiga . . . . .* 444

Transporte de la orina desde el riñón hasta la vejiga a través de los uréteres . . . . . 444

Llenado de la vejiga y tono de la pared vesical; cistometrograma . . . . . 445

Reflejo de micción . . . . . 445

*Facilitación o inhibición de la micción por el encéfalo . . . . .* 446

Alteraciones de la micción . . . . . 446

Los diuréticos y sus mecanismos de acción . . . 447

*Los diuréticos osmóticos reducen la reabsorción de agua aumentando la presión osmótica del líquido tubular . . . . .* 448

32. Eritrocitos, anemia y policitemia . . . . . 465

Glóbulos rojos (eritrocitos) . . . . . 465

*Producción eritrocitaria . . . . .* 466

*Formación de la hemoglobina . . . . .* 470

*Metabolismo del hierro . . . . .* 471

*Absorción de hierro del tubo digestivo . . . . .* 472

Destrucción de los eritrocitos . . . . . 472

Anemias . . . . . 473

Efectos de la anemia sobre el aparato circulatorio 474

Policitemia . . . . . 474

*Efecto de la policitemia sobre el aparato circulatorio . . . . .* 475

Bibliografía . . . . . 475

|                                                                                                                                                                              |     |                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 33. Resistencia del organismo a la infección: I. Leucocitos, granulocitos, sistema monocito-macrófago e inflamación . . . . .                                                | 477 | Tipificación de la sangre . . . . .                                                                                | 505 |
| Leucocitos (glóbulos blancos) . . . . .                                                                                                                                      | 477 | Tipos sanguíneos Rh . . . . .                                                                                      | 505 |
| Características generales de los leucocitos . . . . .                                                                                                                        | 477 | Respuesta inmunitaria al Rh . . . . .                                                                              | 505 |
| Génesis de los leucocitos . . . . .                                                                                                                                          | 478 | Reacciones transfusionales por incompatibilidad de los grupos sanguíneos . . . . .                                 | 506 |
| Vida de los leucocitos . . . . .                                                                                                                                             | 478 | Trasplante de tejidos y órganos . . . . .                                                                          | 507 |
| Propiedades defensivas de los neutrófilos y de los macrófagos . . . . .                                                                                                      | 479 | Formas de evitar la reacción inmunitaria al tejido trasplantado . . . . .                                          | 507 |
| Fagocitosis . . . . .                                                                                                                                                        | 480 | Bibliografía . . . . .                                                                                             | 501 |
| Sistema monocito-macrófago (sistema reticulo-loendotelial) . . . . .                                                                                                         | 481 | 36. Hemostasia y coagulación de la sangre . . . . .                                                                | 509 |
| Inflamación y función de los neutrófilos y de los macrófagos . . . . .                                                                                                       | 482 | Mecanismos de la hemostasia . . . . .                                                                              | 509 |
| Inflamación . . . . .                                                                                                                                                        | 482 | Constricción vascular . . . . .                                                                                    | 509 |
| Respuesta de los macrófagos y de los neutrófilos durante la inflamación . . . . .                                                                                            | 483 | Formación del tapón plaquetario . . . . .                                                                          | 509 |
| Eosinófilos . . . . .                                                                                                                                                        | 485 | Coagulación de la sangre en el vaso roto . . . . .                                                                 | 510 |
| Basófilos . . . . .                                                                                                                                                          | 485 | Organización fibrosa o disolución del coágulo sanguíneo . . . . .                                                  | 511 |
| Leucopenia . . . . .                                                                                                                                                         | 485 | Mecanismo de coagulación de la sangre . . . . .                                                                    | 511 |
| Leucemias . . . . .                                                                                                                                                          | 486 | Conversión de la protrombina en trombina . . . . .                                                                 | 512 |
| Efectos de la leucemia sobre el organismo . . . . .                                                                                                                          | 486 | Conversión del fibrinógeno en fibrina: formación del coágulo . . . . .                                             | 512 |
| Bibliografía . . . . .                                                                                                                                                       | 486 | El círculo vicioso de la formación del coágulo . . . . .                                                           | 513 |
| 34. Resistencia del organismo a la infección: II. Inmunidad y alergia . . . . .                                                                                              | 489 | Inicio de la coagulación: formación del activador de la protrombina . . . . .                                      | 513 |
| Inmunidad innata . . . . .                                                                                                                                                   | 489 | Prevención de la coagulación de la sangre en el sistema vascular normal: anticoagulantes intravasculares . . . . . | 516 |
| Inmunidad adquirida . . . . .                                                                                                                                                | 489 | Lisis de los coágulos sanguíneos: plasmina . . . . .                                                               | 517 |
| Tipos básicos de inmunidad adquirida . . . . .                                                                                                                               | 490 | Trastornos que provocan un sangrado excesivo en los seres humanos . . . . .                                        | 517 |
| Los dos tipos de inmunidad adquirida los inician los antígenos . . . . .                                                                                                     | 490 | Reducción de la protrombina, el factor VII, el factor IX y el factor X por déficit de vitamina K . . . . .         | 517 |
| Los linfocitos son la base de la inmunidad adquirida . . . . .                                                                                                               | 490 | Hemofilia . . . . .                                                                                                | 518 |
| Preparación de los linfocitos T y B . . . . .                                                                                                                                | 491 | Trombocitopenia . . . . .                                                                                          | 518 |
| Los linfocitos T y los anticuerpos de los linfocitos B reaccionan con gran especificidad contra los antígenos específicos: importancia de los clones de linfocitos . . . . . | 492 | Procesos tromboembólicos del ser humano . . . . .                                                                  | 518 |
| Origen de los numerosos clones de linfocitos . . . . .                                                                                                                       | 492 | Trombosis venosa femoral y embolia pulmonar masiva . . . . .                                                       | 519 |
| Atributos específicos del sistema de linfocitos B: inmunidad humoral y anticuerpos . . . . .                                                                                 | 493 | Coagulación intravascular diseminada . . . . .                                                                     | 519 |
| Atributos especiales del sistema de los linfocitos T: células T activadas e inmunidad celular . . . . .                                                                      | 496 | Anticoagulantes para uso clínico . . . . .                                                                         | 519 |
| Diversos tipos de linfocitos T y sus diferentes funciones . . . . .                                                                                                          | 496 | La heparina como anticoagulante intravenoso . . . . .                                                              | 519 |
| Tolerancia del sistema inmunitario adquirido a los tejidos propios. Importancia del preprocesamiento en el timo y en la médula ósea . . . . .                                | 498 | Las cumarinas como anticoagulantes . . . . .                                                                       | 520 |
| Inmunización . . . . .                                                                                                                                                       | 499 | Prevención de la coagulación de la sangre fuera del cuerpo . . . . .                                               | 520 |
| Inmunización pasiva . . . . .                                                                                                                                                | 499 | Pruebas de coagulación de la sangre . . . . .                                                                      | 520 |
| Alergia e hipersensibilidad . . . . .                                                                                                                                        | 499 | Tiempo de hemorragia (tiempo de sangría) . . . . .                                                                 | 520 |
| Alergia producida por las células T activadas: reacción alérgica retardada . . . . .                                                                                         | 499 | Tiempo de coagulación . . . . .                                                                                    | 520 |
| Alergias de las denominadas personas alérgicas con exceso de anticuerpos IgE . . . . .                                                                                       | 500 | Tiempo de protrombina . . . . .                                                                                    | 521 |
| Bibliografía . . . . .                                                                                                                                                       | 501 | Bibliografía . . . . .                                                                                             | 521 |
| 35. Grupos sanguíneos; transfusión; trasplante de órganos y de tejidos . . . . .                                                                                             | 503 | UNIDAD VII                                                                                                         |     |
| La antigenicidad produce reacciones inmunitarias en la sangre . . . . .                                                                                                      | 503 | RESPIRACIÓN                                                                                                        |     |
| Grupos sanguíneos O-A-B . . . . .                                                                                                                                            | 503 | 37. Ventilación pulmonar . . . . .                                                                                 | 525 |
| Antígenos A y B: aglutinógenos . . . . .                                                                                                                                     | 503 | Mecánica de la ventilación pulmonar . . . . .                                                                      | 525 |
| Aglutininas . . . . .                                                                                                                                                        | 504 | Músculos que producen la expansión y la contracción de los pulmones . . . . .                                      | 525 |
| Proceso de aglutinación en las reacciones transfusionales . . . . .                                                                                                          | 504 | Movimiento del aire dentro y fuera de los pulmones, y presiones que producen el movimiento . . . . .               | 526 |
|                                                                                                                                                                              |     | Efecto de la caja torácica sobre la expansibilidad pulmonar . . . . .                                              | 529 |
|                                                                                                                                                                              |     | «Trabajo» respiratorio . . . . .                                                                                   | 529 |

|                                                                                                                                                              |            |                                                                                                                                                                      |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Volúmenes y capacidades pulmonares . . . . .                                                                                                                 | 530        | <i>Concentración de oxígeno y presión parcial en los alvéolos . . . . .</i>                                                                                          | 552        |
| <i>Registro de las variaciones del volumen pulmonar: espirometría . . . . .</i>                                                                              | 530        | <i>Concentración y presión parcial de CO<sub>2</sub> en los alvéolos . . . . .</i>                                                                                   | 553        |
| <i>Abreviaturas y símbolos utilizados en estudios de función pulmonar . . . . .</i>                                                                          | 531        | <i>Aire espirado . . . . .</i>                                                                                                                                       | 554        |
| <i>Determinación de la capacidad residual funcional, el volumen residual y la capacidad pulmonar total: método de la dilución del helio . . . . .</i>        | 532        | Difusión de los gases a través de la membrana respiratoria . . . . .                                                                                                 | 554        |
| El volumen minuto respiratorio es igual a la frecuencia respiratoria multiplicada por el volumen corriente . . . . .                                         | 532        | <i>Factores que afectan a la tasa de difusión de los gases a través de la membrana respiratoria . . . . .</i>                                                        | 555        |
| Ventilación alveolar . . . . .                                                                                                                               | 533        | <i>Capacidad de difusión de la membrana respiratoria . . . . .</i>                                                                                                   | 557        |
| <i>Espacio muerto y su efecto sobre la ventilación alveolar . . . . .</i>                                                                                    | 533        | Efecto de la relación ventilación-perfusión sobre la concentración de gas alveolar . . . . .                                                                         | 558        |
| <i>Tasa de ventilación alveolar . . . . .</i>                                                                                                                | 534        | <i>Diagrama de PO<sub>2</sub>-PCO<sub>2</sub>, VA/Q . . . . .</i>                                                                                                    | 559        |
| Funciones de las vías respiratorias . . . . .                                                                                                                | 534        | <i>Concepto de «cortocircuito fisiológico» (cuando VA/Q es inferior a lo normal) . . . . .</i>                                                                       | 559        |
| <i>Tráquea, bronquios y bronquiolos . . . . .</i>                                                                                                            | 534        | <i>Concepto de «espacio muerto fisiológico» (cuando VA/Q es mayor de lo normal) . . . . .</i>                                                                        | 559        |
| <i>Funciones respiratorias de las fosas nasales . . . . .</i>                                                                                                | 536        | <i>Anomalías de la relación ventilación-perfusión . . . . .</i>                                                                                                      | 560        |
| <i>Vocalización . . . . .</i>                                                                                                                                | 537        | Bibliografía . . . . .                                                                                                                                               | 560        |
| Bibliografía . . . . .                                                                                                                                       | 538        |                                                                                                                                                                      |            |
| <b>38. Circulación pulmonar; edema pulmonar; líquido pleural . . . . .</b>                                                                                   | <b>539</b> | <b>40. Transporte de oxígeno y de dióxido de carbono en la sangre y los líquidos corporales. . . . .</b>                                                             | <b>561</b> |
| Anatomía fisiológica del sistema circulatorio pulmonar . . . . .                                                                                             | 539        | Presiones de oxígeno y de dióxido de carbono en los pulmones, la sangre y los tejidos . . . . .                                                                      | 561        |
| Presiones en el sistema pulmonar . . . . .                                                                                                                   | 539        | <i>Captación de oxígeno por la sangre pulmonar . . . . .</i>                                                                                                         | 561        |
| Volumen de sangre en los pulmones . . . . .                                                                                                                  | 540        | <i>Transporte de oxígeno en la sangre arterial . . . . .</i>                                                                                                         | 562        |
| Flujo sanguíneo pulmonar y su distribución . . . . .                                                                                                         | 541        | <i>Difusión de oxígeno de los capilares periféricos al líquido tisular . . . . .</i>                                                                                 | 563        |
| Efecto de los gradientes de presión hidrostática en los pulmones sobre el flujo sanguíneo regional pulmonar . . . . .                                        | 541        | <i>Difusión de oxígeno de los capilares tisulares periféricos a las células tisulares . . . . .</i>                                                                  | 563        |
| <i>Zonas 1, 2 y 3 de flujo sanguíneo pulmonar . . . . .</i>                                                                                                  | 541        | <i>Difusión del dióxido de carbono desde las células de los tejidos periféricos a los capilares tisulares y de los capilares pulmonares a los alvéolos . . . . .</i> | 563        |
| <i>Efecto del aumento del gasto cardíaco sobre la circulación pulmonar durante el ejercicio vigoroso . . . . .</i>                                           | 543        | Transporte de oxígeno en la sangre . . . . .                                                                                                                         | 564        |
| <i>Función de la circulación pulmonar cuando la presión auricular izquierda se eleva como consecuencia de una insuficiencia cardíaca izquierda . . . . .</i> | 543        | <i>Combinación reversible del oxígeno con la hemoglobina . . . . .</i>                                                                                               | 565        |
| Dinámica capilar pulmonar . . . . .                                                                                                                          | 544        | <i>Efecto amortiguador de la hemoglobina sobre la PO<sub>2</sub> tisular del oxígeno . . . . .</i>                                                                   | 565        |
| <i>Intercambio capilar de líquido en los pulmones y dinámica del líquido intersticial pulmonar . . . . .</i>                                                 | 544        | <i>Factores que desplazan la curva de disociación oxígeno-hemoglobina: su importancia para el transporte de oxígeno . . . . .</i>                                    | 567        |
| <i>Edema pulmonar . . . . .</i>                                                                                                                              | 545        | <i>Uso metabólico del oxígeno por las células . . . . .</i>                                                                                                          | 568        |
| Líquidos en la cavidad pleural . . . . .                                                                                                                     | 546        | <i>Transporte de oxígeno en disolución . . . . .</i>                                                                                                                 | 569        |
| Bibliografía . . . . .                                                                                                                                       | 546        | <i>Combinación de la hemoglobina con el monóxido de carbono: desplazamiento del oxígeno . . . . .</i>                                                                | 569        |
| <b>39. Principios físicos del intercambio gaseoso; difusión del oxígeno y del dióxido de carbono a través de la membrana respiratoria . . . . .</b>          | <b>549</b> | Transporte de dióxido de carbono en la sangre . . . . .                                                                                                              | 569        |
| Física de la difusión de gas y presiones parciales de los gases . . . . .                                                                                    | 549        | <i>Formas químicas en las que se transporta el dióxido de carbono . . . . .</i>                                                                                      | 570        |
| <i>Base molecular de la difusión de gases . . . . .</i>                                                                                                      | 549        | <i>Transporte de dióxido de carbono en forma de ion bicarbonato . . . . .</i>                                                                                        | 570        |
| <i>Presiones de gases en una mezcla gaseosa: «presiones parciales» de cada gas . . . . .</i>                                                                 | 549        | <i>Curva de disociación del dióxido de carbono . . . . .</i>                                                                                                         | 571        |
| <i>Presiones de los gases disueltos en el agua y los tejidos . . . . .</i>                                                                                   | 550        | <i>Cuando el oxígeno se une a la hemoglobina, se libera dióxido de carbono —efecto Haldane— para aumentar el transporte de CO<sub>2</sub> . . . . .</i>              | 571        |
| <i>Presión de vapor de agua . . . . .</i>                                                                                                                    | 550        | <i>Variaciones de la acidez sanguínea durante el transporte de dióxido de carbono . . . . .</i>                                                                      | 572        |
| <i>Difusión de los gases a través de los líquidos: la diferencia de presión produce una difusión neta . . . . .</i>                                          | 551        | Relación de intercambio respiratorio . . . . .                                                                                                                       | 572        |
| <i>Difusión de los gases a través de los tejidos . . . . .</i>                                                                                               | 551        | Bibliografía . . . . .                                                                                                                                               | 572        |
| Composición del aire alveolar: su relación con el aire atmosférico . . . . .                                                                                 | 551        | <b>41. Regulación de la respiración . . . . .</b>                                                                                                                    | <b>575</b> |
| <i>Tasa de renovación del aire alveolar por el aire atmosférico . . . . .</i>                                                                                | 552        | Centro respiratorio . . . . .                                                                                                                                        | 575        |
|                                                                                                                                                              |            | <i>Grupo de neuronas respiratorio dorsal: sus control de la inspiración y del ritmo respiratorio . . . . .</i>                                                       | 575        |
|                                                                                                                                                              |            | <i>El centro neumotáxico limita la duración de la inspiración y aumenta la frecuencia respiratoria . . . . .</i>                                                     | 576        |

*El grupo respiratorio ventral de neuronas funciona tanto en la inspiración como en la espiración* . . . . . 576

*Posible existencia de un «centro apnéustico» en la parte inferior de la protuberancia* . . . . . 577

*Las señales de insuflación de los pulmones limitan la inspiración: reflejo de insuflación de Hering-Breuer* . . . . . 577

*Control de la actividad general del centro respiratorio* . . . . . 577

Control químico de la respiración . . . . . 577

*Control químico directo de la actividad del centro respiratorio por el dióxido de carbono y los hidrogeniones* . . . . . 578

Sistema de control de la actividad respiratoria por los quimiorreceptores periféricos: papel del oxígeno en el control respiratorio . . . . . 579

*Efectos combinados de la  $P_{CO_2}$ , el pH, y la  $P_{O_2}$  sobre la ventilación alveolar* . . . . . 581

Regulación de la respiración durante el ejercicio . . . . . 582

Otros factores que influyen en la respiración . . . . . 584

*Respiración periódica* . . . . . 584

Bibliografía . . . . . 585

42. Insuficiencia respiratoria: fisiopatología, diagnóstico, oxigenoterapia . . . . . 587

*Métodos útiles para estudiar las anomalías respiratorias* . . . . . 587

*Estudio de los gases sanguíneos y del pH* . . . . . 587

*Medición del flujo máximo espiratorio* . . . . . 588

*Capacidad vital espiratoria forzada y volumen espiratorio forzado* . . . . . 589

Peculiaridades fisiológicas de anomalías pulmonares específicas . . . . . 590

*Enfisema pulmonar crónico* . . . . . 590

*Neumonía* . . . . . 590

*Atelectasia* . . . . . 592

*Asma* . . . . . 593

*Tuberculosis* . . . . . 593

Hipoxia y oxigenoterapia . . . . . 593

*La oxigenoterapia en los diferentes tipos de hipoxia* . . . . . 594

Hipercapnia . . . . . 595

*Cianosis* . . . . . 595

*Disnea* . . . . . 595

Respiración artificial . . . . . 596

Bibliografía . . . . . 597

UNIDAD VIII

**FISIOLOGÍA DE LA AVIACIÓN, EL ESPACIO Y LA INMERSIÓN A GRAN PROFUNDIDAD**

43. Fisiología de la aviación, las grandes alturas y el espacio . . . . . 601

Efectos de la baja presión de oxígeno sobre el cuerpo . . . . . 601

*$P_{O_2}$  alveolar a diferentes alturas* . . . . . 601

*Efecto de la respiración de oxígeno puro sobre la presión alveolar a diferentes alturas* . . . . . 602

*Efectos agudos de la hipoxia* . . . . . 603

*Acimatación a una  $P_{O_2}$  baja* . . . . . 603

*Acimatación natural de los nativos que viven en grandes alturas* . . . . . 604

*Capacidad de trabajo a grandes alturas: efecto de la aclimatación* . . . . . 604

*Enfermedad crónica de la altura* . . . . . 605

*Enfermedad aguda de la altura y edema pulmonar de las grandes alturas* . . . . . 605

Efectos corporales de las fuerzas de aceleración en fisiología de la aviación y del espacio . . . . . 605

*Fuerzas de aceleración centrífuga* . . . . . 606

*Efectos de las fuerzas de aceleración lineal sobre el cuerpo* . . . . . 607

«Clima artificial» en la nave espacial sellada . . . . . 608

Ingravidez en el espacio . . . . . 608

Bibliografía . . . . . 609

44. Fisiología de la Inmersión en aguas profundas y otras situaciones hiperbáricas . . . . . 611

Efectos sobre el cuerpo de las presiones parciales de los gases elevadas . . . . . 611

*Toxicidad del oxígeno a presiones elevadas* . . . . . 612

*Descompresión del buceador tras la exposición a presiones elevadas* . . . . . 614

Buceo con escafandra autónoma . . . . . 616

Problemas fisiológicos especiales en los submarinos . . . . . 616

Tratamiento con oxígeno hiperbárico . . . . . 617

Bibliografía . . . . . 617

UNIDAD IX

**SISTEMA NERVIOSO A. GENERALIDADES Y FISIOLOGÍA SENSITIVA**

45. Organización del sistema nervioso; funciones elementales de las sinapsis y de las sustancias transmisoras . . . . . 621

Estructura general del sistema nervioso . . . . . 621

*La neurona, unidad funcional básica del sistema nervioso* . . . . . 621

*Sistema nervioso sensitivo. Receptores sensitivos* . . . . . 621

*Sistema nervioso motor o efector* . . . . . 622

*El procesamiento de la información: función «integradora» del sistema nervioso* . . . . . 623

*Almacenamiento de la información: la memoria* . . . . . 623

Niveles principales de funcionamiento del sistema nervioso central . . . . . 624

*El nivel medular* . . . . . 624

*El nivel encefálico inferior o subcortical* . . . . . 624

*El nivel cortical o encefálico superior* . . . . . 624

Comparación del sistema nervioso con una computadora . . . . . 625

Las sinapsis del sistema nervioso central . . . . . 625

*Clases de sinapsis: químicas y eléctricas* . . . . . 625

*Anatomía fisiológica de la sinapsis* . . . . . 626

*Sustancias químicas que actúan como transmisores sinápticos* . . . . . 629

*Fenómenos eléctricos durante la excitación neuronal* . . . . . 631

*Fenómenos eléctricos de la inhibición neuronal* . . . . . 634

*Funciones especiales de las dendritas en la excitación neuronal* . . . . . 635

*Relación entre el estado de excitación de la neurona y la velocidad o descarga* . . . . . 636

|                                                                                                                                    |     |                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Algunas características especiales de la transmisión sináptica .....                                                               | 637 | <i>Los dermatomas, campos segmentarios de la sensación</i> .....                                                                     | 667 |
| Bibliografía .....                                                                                                                 | 638 | Bibliografía .....                                                                                                                   | 668 |
| <b>46. Receptores sensitivos; circuitos neuronales para el procesamiento de la información</b> ....                                | 641 | <b>48. Sensaciones somáticas: II. Sensaciones de dolor, de cefalea y térmica</b> .....                                               | 669 |
| Clases de receptores sensitivos y estímulos sensitivos detectados .....                                                            | 641 | Categorías y cualidades del dolor: dolor agudo y dolor sordo .....                                                                   | 669 |
| <i>Sensibilidad diferencial de los receptores</i> ....                                                                             | 641 | Receptores del dolor y estímulos dolorosos .....                                                                                     | 669 |
| Transducción de los estímulos sensitivos en impulsos nerviosos .....                                                               | 643 | <i>La velocidad de la lesión tisular estimula el dolor</i> .....                                                                     | 670 |
| <i>Corrientes eléctricas locales en las terminaciones nerviosas: potenciales del receptor</i> .....                                | 643 | Doble transmisión de las señales del dolor al sistema nervioso central .....                                                         | 671 |
| <i>Adaptación de los receptores</i> .....                                                                                          | 644 | <i>Doble vía para conducir el dolor en la médula y el tronco encefálico: el haz neoespinalámico y el haz paleoespinalámico</i> ..... | 671 |
| Fibras nerviosas que transmiten distintas clases de impulsos y su clasificación fisiológica .....                                  | 646 | Sistema de supresión del dolor («analgesia») en el encéfalo y la médula espinal .....                                                | 673 |
| Transmisión de las señales de distinta intensidad por los fascículos nerviosos: sumación espacial y temporal .....                 | 646 | <i>El sistema de opiáceos del encéfalo: endorfinas y encefalinas</i> .....                                                           | 674 |
| Transmisión y procesamiento de las señales en las agrupaciones neuronales .....                                                    | 647 | <i>Inhibición de la transmisión del dolor mediante impulsos sensitivos táctiles</i> .....                                            | 675 |
| <i>Retransmisión de las señales a través de las agrupaciones neuronales</i> .....                                                  | 648 | <i>Tratamiento del dolor mediante estimulación eléctrica</i> .....                                                                   | 675 |
| <i>Prolongación de una señal por una agrupación neuronal o «posdescarga»</i> .....                                                 | 650 | Dolor referido .....                                                                                                                 | 675 |
| Inestabilidad y estabilidad de los circuitos neuronales .....                                                                      | 652 | Dolor visceral .....                                                                                                                 | 675 |
| <i>Los circuitos inhibidores como mecanismos de estabilización del funcionamiento del sistema nervioso central</i> .....           | 652 | <i>Causas del dolor visceral verdadero</i> .....                                                                                     | 675 |
| <i>La fatiga sináptica como medio de estabilizar el sistema nervioso</i> .....                                                     | 653 | <i>Dolor parietal debido a una lesión visceral</i> ...                                                                               | 676 |
| Bibliografía .....                                                                                                                 | 653 | <i>Localización del dolor visceral: vías de transmisión del dolor «visceral» y del dolor «parietal»</i> .....                        | 676 |
| <b>47. Sensaciones somáticas: I. Organización general; los sentidos del tacto y de la posición</b> ....                            | 655 | Algunas alteraciones clínicas del dolor y otras sensaciones somáticas .....                                                          | 677 |
| <i>Clasificación de los sentidos somáticos</i> .....                                                                               | 655 | <i>Hiperalgesia</i> .....                                                                                                            | 677 |
| Detección y transmisión de las sensaciones táctiles .....                                                                          | 655 | <i>Síndrome talámico</i> .....                                                                                                       | 677 |
| <i>Detección de las vibraciones</i> .....                                                                                          | 657 | <i>Herpes zóster («culebrilla»)</i> .....                                                                                            | 678 |
| <i>Cosquilleo y picor</i> .....                                                                                                    | 657 | <i>Tic doloroso</i> .....                                                                                                            | 678 |
| Vías sensitivas que transmiten los impulsos somáticos al sistema nervioso central .....                                            | 657 | <i>Síndrome de Brown-Séquard</i> .....                                                                                               | 678 |
| <i>Sistema columna dorsal-lemnisco medial</i> ...                                                                                  | 658 | Cefalea .....                                                                                                                        | 678 |
| <i>Sistema anterolateral</i> .....                                                                                                 | 658 | <i>Cefalea de origen intracraneal</i> .....                                                                                          | 678 |
| Transmisión por el sistema columna dorsal-lemnisco medial .....                                                                    | 658 | <i>Clases de cefalea extracraneal</i> .....                                                                                          | 679 |
| <i>Anatomía del sistema columna dorsal-lemnisco medial</i> .....                                                                   | 658 | Sensaciones térmicas .....                                                                                                           | 680 |
| <i>Corteza de la sensibilidad somática</i> .....                                                                                   | 659 | <i>Receptores térmicos y su excitación</i> .....                                                                                     | 680 |
| <i>Áreas de asociación de la sensibilidad somática</i> .....                                                                       | 662 | <i>Transmisión de las señales térmicas por el sistema nervioso</i> .....                                                             | 681 |
| <i>Características generales de la transmisión y el análisis de las señales en el sistema columna dorsal-lemnisco medial</i> ..... | 663 | Bibliografía .....                                                                                                                   | 681 |
| <i>Interpretación de la intensidad de los estímulos sensoriales</i> .....                                                          | 664 | <b>UNIDAD X</b>                                                                                                                      |     |
| <i>Estimación de la intensidad del estímulo</i> ....                                                                               | 665 | <b>EL SISTEMA NERVIOSO:</b>                                                                                                          |     |
| <i>Sentidos posturales</i> .....                                                                                                   | 665 | <b>B. LOS SENTIDOS ESPECIALES</b>                                                                                                    |     |
| Transmisión de las señales sensitivas menos críticas por la vía anterolateral .....                                                | 666 | <b>49. El ojo: I. Óptica de la visión</b> .....                                                                                      | 685 |
| <i>Anatomía de la vía anterolateral</i> .....                                                                                      | 666 | Principios físicos de la óptica .....                                                                                                | 685 |
| Aspectos especiales de la función de sensibilidad somática .....                                                                   | 667 | <i>Refracción de la luz</i> .....                                                                                                    | 685 |
| <i>La función del tálamo en las sensaciones somáticas</i> .....                                                                    | 667 | <i>Aplicación de los principios de refracción a las lentes</i> .....                                                                 | 686 |
| <i>Control cortical de la sensibilidad sensitiva. Señales «corticofugas»</i> .....                                                 | 667 | <i>Distancia focal de una lente</i> .....                                                                                            | 687 |
|                                                                                                                                    |     | <i>Formación de una imagen por una lente convexa</i> .....                                                                           | 688 |
|                                                                                                                                    |     | <i>Medición del poder de refracción de una lente. Dioptría</i> .....                                                                 | 688 |
|                                                                                                                                    |     | Óptica del ojo .....                                                                                                                 | 689 |
|                                                                                                                                    |     | <i>El ojo como una cámara</i> .....                                                                                                  | 689 |
|                                                                                                                                    |     | <i>Mecanismo de acomodación</i> .....                                                                                                | 689 |
|                                                                                                                                    |     | <i>El diámetro pupilar</i> .....                                                                                                     | 690 |
|                                                                                                                                    |     | <i>Errores de refracción</i> .....                                                                                                   | 691 |

Agudeza visual ..... 693  
*Determinación de la distancia entre un objeto y el ojo. Percepción de profundidad* ..... 694  
 Oftalmoscopio ..... 695  
 Sistema humoral del ojo líquidos intraoculares. *Formación del humor acuoso por el cuerpo ciliar* ..... 695  
*Evacuación del humor acuoso del ojo* ..... 696  
*Presión intraocular* ..... 696  
 Bibliografía ..... 697

50. El ojo: II. Función receptora y neural de la retina ..... 699

Anatomía y función de los elementos estructurales de la retina ..... 699  
 Fotoquímica de la visión ..... 701  
*Ciclo visual rodopsina-retina y excitación de los bastones* ..... 701  
*Regulación automática de la sensibilidad de la retina. Adaptación a la luz y a la oscuridad* ..... 704  
 Visión cromática ..... 706  
*Mecanismo tricolor de la detección del color* .. 706  
*Ceguera para los colores* ..... 708  
 Función nerviosa de la retina ..... 708  
*Sistema de circuitos nerviosos de la retina* .. 710  
*Las células ganglionares* ..... 711  
*Excitación de las células ganglionares* ..... 711  
 Bibliografía ..... 713

51. El ojo: III. Neurofisiología central de la visión .. 715

Las vías visuales ..... 715  
*Función del núcleo geniculado lateral dorsal* . 715  
 Organización y función de la corteza visual .... 716  
*Estructura estratificada de la corteza visual primaria* ..... 717  
*Las dos vías principales para el análisis de la información visual: 1) la vía rápida de la «posición» y del «movimiento»; 2) la vía del color exacto* ..... 718  
 Patrones neuronales de estimulación durante el análisis de la imagen visual ..... 719  
*Detección del color* ..... 719  
*Efecto de la extirpación de la corteza visual primaria* ..... 720  
 Campos visuales; perimetría ..... 720  
 Los movimientos oculares y su control ..... 721  
*Movimientos oculares de fijación* ..... 721  
*Fusión de las imágenes visuales de los dos ojos* ..... 723  
 Control autónomo de la acomodación y de la apertura pupilar ..... 724  
*Control de la acomodación (enfoque de los ojos)* ..... 725  
*Control del diámetro pupilar* ..... 726  
 Bibliografía ..... 726

52. El sentido del oído ..... 729

La membrana timpánica y la cadena de huesecillos ..... 729  
*Conducción del sonido desde la membrana timpánica hasta la cóclea* ..... 729  
*Transmisión del sonido a través del hueso* ... 730  
 La cóclea ..... 730  
*Anatomía funcional de la cóclea* ..... 730  
*Transmisión de las ondas sonoras en la cóclea. La «onda viajera»* ..... 732  
*Función del órgano de Corti* ..... 733  
*Determinación de la frecuencia del sonido. Principio de «localización»* ..... 735

*Determinación del volumen* ..... 735  
 Mecanismos centrales de la audición ..... 736  
*Vía auditiva* ..... 736  
*Función de la corteza cerebral en la audición* . 737  
*Determinación de la dirección del sonido* .... 738  
*Señales centrífugas del sistema nervioso central a los centros auditivos inferiores* ..... 739  
 Alteraciones de la audición ..... 739  
*Tipos de sordera* ..... 739  
 Bibliografía ..... 740

53. Los sentidos químicos: gusto y olfato ..... 741

El sentido del gusto ..... 741  
*Sensaciones primarias del gusto* ..... 741  
*El cálculo gustativo y su función* ..... 742  
*Transmisión de las señales gustativas hacia el sistema nervioso central* ..... 744  
*Preferencia gustativa y control de la dieta* ... 744  
 El sentido del olfato ..... 745  
*Membrana olfativa* ..... 745  
*Estimulación de las células olfativas* ..... 745  
*Transmisión de las señales del olor al sistema nervioso central* ..... 747  
 Bibliografía ..... 748

UNIDAD XI

**SISTEMA NERVIOSO:  
 C. NEUROFISIOLOGÍA MOTORA  
 E INTEGRADORA**

54. Funciones motoras de la médula espinal; reflejos medulares ..... 751

*Organización de la médula espinal para las funciones motoras* ..... 751  
 Los receptores sensitivos musculares —husos musculares y órganos tendinosos de Golgi— y sus funciones en el control muscular ..... 753  
*Función receptora del huso muscular* ..... 753  
*Reflejo de estiramiento muscular* ..... 755  
*Participación del huso muscular en la actividad motora voluntaria* ..... 756  
*Aplicaciones clínicas del reflejo de estiramiento* ..... 757  
*Reflejo tendinoso de Golgi* ..... 758  
*Función de los husos musculares y de los órganos tendinosos de Golgi en conjunción con el control motor de los centros superiores del encefalo* ..... 759  
 Reflejo flexor y reflejos de retirada ..... 759  
 Reflejo extensor cruzado ..... 760  
 Inhibición recíproca e inervación recíproca ... 760  
 Reflejos posturales y de locomoción ..... 761  
*Reflejos posturales y locomotores de la médula* ..... 761  
 Reflejo de rascado ..... 762  
 Reflejos medulares que producen espasmo muscular ..... 762  
 Reflejos autónomos de la médula espinal ..... 763  
 Sección de la médula espinal y shock medular . 763  
 Bibliografía ..... 764

55. Control de la función motora por la corteza y el tronco encefálico ..... 765

La corteza motora y el haz corticoespinal ..... 765  
 La corteza motora primaria ..... 765

|                                                                                                                                              |     |                                                                                                                                                                                       |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Área premotora</i> .....                                                                                                                  | 766 | <i>Función global de interpretación del lóbulo temporal superior posterior: «área de Wernicke» (área de interpretación general)</i> .....                                             | 803 |
| <i>Área motora suplementaria</i> .....                                                                                                       | 766 | <i>Funciones de la corteza parietoccipitotemporal del hemisferio no dominante</i> .....                                                                                               | 805 |
| <i>Algunas áreas especializadas del control motor que se encuentran en la corteza motora humana</i> .....                                    | 767 | <i>Funciones intelectuales superiores del área de asociación prefrontal</i> .....                                                                                                     | 805 |
| <i>Transmisión de las señales desde la corteza motora a los músculos</i> .....                                                               | 767 | Función del cerebro en la comunicación: entrada y producción del lenguaje .....                                                                                                       | 806 |
| <i>Vías nerviosas aferentes a la corteza motora</i> ..                                                                                       | 769 | Función del cuerpo caloso y de la comisura anterior para la transferencia de pensamientos, recuerdos, el aprendizaje y otras informaciones entre los dos hemisferios cerebrales ..... | 808 |
| <i>El núcleo rojo actúa como vía alternativa para la transmisión de señales corticales a la médula espinal</i> .....                         | 769 | Pensamientos, conciencia y memoria .....                                                                                                                                              | 809 |
| <i>El sistema «extrapiramidal»</i> .....                                                                                                     | 770 | <i>Memoria. Papeles de la facilitación e inhibición sinápticas</i> .....                                                                                                              | 810 |
| <i>Excitación de las áreas de control motor de la médula espinal por la corteza motora primaria y el núcleo rojo</i> .....                   | 770 | <i>Memoria a corto plazo</i> .....                                                                                                                                                    | 810 |
| Función del tronco encefálico en el control de la función motora .....                                                                       | 772 | <i>Memoria intermedia</i> .....                                                                                                                                                       | 811 |
| <i>Soporte antigravitatorio del cuerpo. Participación de los núcleos reticulares y vestibulares</i> ..                                       | 772 | <i>Memoria a largo plazo</i> .....                                                                                                                                                    | 812 |
| Sensaciones vestibulares y mantenimiento del equilibrio .....                                                                                | 774 | <i>Consolidación de la memoria</i> .....                                                                                                                                              | 813 |
| <i>Aparato vestibular</i> .....                                                                                                              | 774 | Bibliografía .....                                                                                                                                                                    | 814 |
| <i>Función del utrículo y del sáculo en el mantenimiento del equilibrio estático</i> .....                                                   | 776 | <b>58. Mecanismos encefálicos de la conducta y la motivación. El sistema límbico y el hipotálamo</b> ..                                                                               | 817 |
| <i>Detección de la rotación de la cabeza por los conductos semicirculares</i> .....                                                          | 776 | Sistemas activadores-impulsores del encéfalo ..                                                                                                                                       | 817 |
| <i>Mecanismos vestibulares para la estabilización de los ojos</i> .....                                                                      | 777 | <i>Control de la actividad cerebral por las señales excitadoras continuas del tronco encefálico</i> ..                                                                                | 817 |
| <i>Otros factores relacionados con el equilibrio</i> ..                                                                                      | 777 | <i>Control neurohormonal de la actividad encefálica</i> .....                                                                                                                         | 819 |
| Funciones de los núcleos del tronco encefálico en el control de movimientos estereotipados subconscientes .....                              | 778 | El sistema límbico .....                                                                                                                                                              | 820 |
| Bibliografía .....                                                                                                                           | 779 | Anatomía funcional del sistema límbico e importancia capital del hipotálamo .....                                                                                                     | 820 |
| <b>56. Cerebelo, ganglios basales y control motor general</b> .....                                                                          | 781 | El hipotálamo, un centro importante de control del sistema límbico .....                                                                                                              | 822 |
| El cerebelo y sus funciones motoras .....                                                                                                    | 781 | <i>Funciones de control vegetativo y endocrino del hipotálamo</i> .....                                                                                                               | 822 |
| <i>Áreas funcionales anatómicas del cerebelo</i> ...                                                                                         | 782 | <i>Funciones conductuales del hipotálamo y de las estructuras límbicas asociadas</i> .....                                                                                            | 824 |
| <i>Circuito neuronal del cerebelo</i> .....                                                                                                  | 783 | <i>Función de «recompensa» y de «castigo» del sistema límbico</i> .....                                                                                                               | 824 |
| <i>Función del cerebelo en el control motor general</i> ..                                                                                   | 787 | <i>Importancia de la recompensa y el castigo en la conducta</i> .....                                                                                                                 | 826 |
| <i>Anomalías clínicas del cerebelo</i> .....                                                                                                 | 791 | Funciones específicas de otras partes del sistema límbico .....                                                                                                                       | 826 |
| Ganglios basales. Sus funciones motoras .....                                                                                                | 791 | <i>Funciones del hipocampo</i> .....                                                                                                                                                  | 826 |
| <i>Función de los ganglios basales en la ejecución de los patrones de actividad motora. El circuito del putamen</i> .....                    | 793 | <i>Funciones de la amígdala</i> .....                                                                                                                                                 | 827 |
| <i>Función de los ganglios basales en el control cognitivo de las secuencias de los patrones motores. El circuito del núcleo caudado</i> ... | 793 | <i>Función de la corteza límbica</i> .....                                                                                                                                            | 828 |
| <i>Función de los ganglios basales para modificar la cronología y para graduar la intensidad de los movimientos</i> .....                    | 794 | Bibliografía .....                                                                                                                                                                    | 828 |
| <i>Funciones de los neurotransmisores específicos del sistema de los ganglios basales</i> .....                                              | 795 | <b>59. Estados de actividad encefálica: sueño; ondas cerebrales; epilepsia; psicosis</b> .....                                                                                        | 831 |
| <i>Síndromes clínicos secundarios a lesiones de los ganglios basales</i> .....                                                               | 795 | Sueño .....                                                                                                                                                                           | 831 |
| Integración de las múltiples partes del sistema de control motor general .....                                                               | 796 | <i>Sueño de ondas lentas</i> .....                                                                                                                                                    | 831 |
| <i>Nivel espinal</i> .....                                                                                                                   | 797 | <i>Sueño REM (sueño paradójico, sueño desincronizado)</i> .....                                                                                                                       | 832 |
| <i>Nivel cerebral posterior</i> .....                                                                                                        | 797 | <i>Teorías básicas sobre el sueño</i> .....                                                                                                                                           | 832 |
| <i>Nivel de la corteza motora</i> .....                                                                                                      | 797 | <i>Efectos fisiológicos del sueño</i> .....                                                                                                                                           | 833 |
| <i>¿Qué nos pone en acción?</i> .....                                                                                                        | 798 | Ondas cerebrales .....                                                                                                                                                                | 834 |
| Bibliografía .....                                                                                                                           | 798 | <i>Origen de las ondas cerebrales</i> .....                                                                                                                                           | 835 |
| <b>57. Corteza cerebral; funciones intelectuales del cerebro; aprendizaje y memoria</b> .....                                                | 799 | <i>Efectos de diversos grados de actividad cerebral sobre la frecuencia básica del EEG</i> ...                                                                                        | 835 |
| Anatomía fisiológica de la corteza cerebral ...                                                                                              | 799 | <i>Alteraciones del EEG en diferentes etapas de la vigilia y el sueño</i> .....                                                                                                       | 835 |
| Funciones de las áreas corticales específicas ...                                                                                            | 800 | Epilepsia .....                                                                                                                                                                       | 836 |
| <i>Áreas de asociación</i> .....                                                                                                             | 801 | <i>Epilepsia de gran mal</i> .....                                                                                                                                                    | 836 |
|                                                                                                                                              |     | <i>Epilepsia de pequeño mal</i> .....                                                                                                                                                 | 837 |
|                                                                                                                                              |     | <i>Epilepsia focal</i> .....                                                                                                                                                          | 837 |

Conducta psicótica y demencia: funciones de los sistemas neurotransmisores específicos . . . . . 837

*Depresión y psicosis maníaco-depresiva: disminución de la actividad de los sistemas neurotransmisores de noradrenalina y de serotonina* . . . . . 838

*Esquizofrenia: posible hiperfunción de parte del sistema de la dopamina* . . . . . 838

*Enfermedad de Alzheimer: placas de amiloide y pérdida de la memoria* . . . . . 839

Bibliografía . . . . . 839

60. El sistema nervioso autónomo y la médula suprarrenal . . . . . 841

Organización general del sistema nervioso autónomo . . . . . 841

*Anatomía fisiológica del sistema nervioso simpático* . . . . . 841

*Anatomía fisiológica del sistema nervioso parasimpático* . . . . . 843

Características básicas de la función simpática y parasimpática . . . . . 843

*Fibras colinérgicas y adrenérgicas. Secreción de acetilcolina o noradrenalina* . . . . . 843

*Receptores en los órganos efectores* . . . . . 845

*Acciones excitadoras e inhibitoras de la estimulación simpática y parasimpática* . . . . . 846

*Efectos de la estimulación simpática y parasimpática sobre órganos específicos* . . . . . 846

*Función de la médula suprarrenal* . . . . . 848

*Relación entre la tasa de estimulación y el grado de efecto simpático y parasimpático* . . . . . 849

*«Tono» simpático y parasimpático* . . . . . 849

*Hipersensibilidad por desnervación de los órganos simpáticos y parasimpáticos* . . . . . 850

Reflejos autónomos . . . . . 850

Estimulación aislada o masiva de órganos por los sistemas simpático y parasimpático . . . . . 851

*Respuesta de «alarma» o de «estrés» del sistema nervioso simpático* . . . . . 851

*Control bulbar, protuberancial y mesencefálico del sistema nervioso autónomo* . . . . . 852

Farmacología del sistema nervioso autónomo . . . . . 853

*Fármacos que actúan sobre los órganos efectores adrenérgicos: fármacos simpaticomiméticos* . . . . . 853

*Fármacos que actúan sobre los órganos efectores colinérgicos* . . . . . 853

*Fármacos que estimulan o bloquean las neuronas posganglionares simpáticas y parasimpáticas* . . . . . 853

Bibliografía . . . . . 854

61. Flujo sanguíneo cerebral, líquido cefalorraquídeo y metabolismo cerebral . . . . . 855

Flujo sanguíneo cerebral . . . . . 855

*Tasa normal del flujo sanguíneo cerebral* . . . . . 855

*Regulación del flujo sanguíneo cerebral* . . . . . 855

*Microcirculación cerebral* . . . . . 857

*Cuando se obstruyen los vasos sanguíneos cerebrales ocurre un «accidente cerebrovascular» o ictus* . . . . . 857

Sistema del líquido cefalorraquídeo . . . . . 857

*Función amortiguadora del líquido cefalorraquídeo* . . . . . 858

*Formación, flujo y absorción del líquido cefalorraquídeo* . . . . . 858

*Presión del líquido cefalorraquídeo* . . . . . 859

*La obstrucción del flujo del líquido cefalorraquídeo produce hidrocefalia* . . . . . 860

*Barreras hematocefalorraquídeas y hematoencefálicas* . . . . . 860

*Edema cerebral* . . . . . 861

Metabolismo cerebral . . . . . 861

Bibliografía . . . . . 854

UNIDAD XII

FISIOLOGÍA GASTROINTESTINAL

62. Principios generales de la función gastrointestinal: motilidad, control nervioso y circulación sanguínea . . . . . 865

Principios generales de la motilidad gastrointestinal . . . . . 865

*Características de la pared gastrointestinal* . . . . . 865

Control nervioso de la función gastrointestinal. Sistema nervioso entérico . . . . . 868

*Diferencias entre los plexos mientérico y submucoso* . . . . . 868

*Tipos de neurotransmisores secretados por las neuronas entéricas* . . . . . 869

*Control hormonal de la motilidad gastrointestinal* . . . . . 870

Tipos funcionales de movimientos en el tubo digestivo . . . . . 871

*Movimientos de propulsión. Peristaltismo* . . . . . 871

*Movimientos de mezcla* . . . . . 871

Flujo sanguíneo gastrointestinal. «Circulación esplácnica» . . . . . 872

*Anatomía del aporte sanguíneo gastrointestinal* . . . . . 872

*Efecto de la actividad gastrointestinal y de los factores metabólicos sobre el flujo sanguíneo gastrointestinal* . . . . . 872

*Control nervioso del flujo sanguíneo gastrointestinal* . . . . . 874

Bibliografía . . . . . 874

63. Tránsito y mezcla de los alimentos en el tubo digestivo . . . . . 877

Ingestión de los alimentos . . . . . 877

*Masticación* . . . . . 878

*Deglución* . . . . . 880

Funciones motoras del estómago . . . . . 880

*Función de almacenamiento del estómago* . . . . . 880

*Mezcla y propulsión de los alimentos en el estómago. Ritmo eléctrico básico del estómago* . . . . . 880

*Vaciamiento gástrico* . . . . . 881

*Regulación del vaciamiento gástrico* . . . . . 882

Movimientos del intestino delgado . . . . . 883

*Contracciones de mezcla (contracciones de segmentación)* . . . . . 883

*Movimientos de propulsión* . . . . . 884

*Función de la válvula ileocecal* . . . . . 885

Movimientos del colon . . . . . 885

*Defecación* . . . . . 886

Otros reflejos autónomos que afectan a la actividad intestinal . . . . . 887

Bibliografía . . . . . 888

64. Funciones secretoras del aparato digestivo . . . . . 889

Principios generales de la secreción en el tubo digestivo . . . . . 889



|                                                                                                    |     |                                                                                                                                                                                                                     |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tipos anatómicos de glándulas .....                                                                | 889 | <i>Estreñimiento</i> .....                                                                                                                                                                                          | 924 |
| Mecanismos básicos de estimulación de las glándulas del tubo digestivo .....                       | 889 | <i>Diarrea</i> .....                                                                                                                                                                                                | 925 |
| Mecanismos básicos de secreción de las células glandulares .....                                   | 890 | <i>Parálisis de la defecación en las lesiones de la médula espinal</i> .....                                                                                                                                        | 925 |
| Propiedades lubricantes y protectoras del moco e importancia del moco en el tubo digestivo .....   | 891 | Trastornos generales del tubo digestivo .....                                                                                                                                                                       | 926 |
| Secreción de saliva .....                                                                          | 891 | <i>Vómitos</i> .....                                                                                                                                                                                                | 926 |
| Secreción esofágica .....                                                                          | 893 | <i>Náuseas</i> .....                                                                                                                                                                                                | 927 |
| Secreción gástrica .....                                                                           | 894 | <i>Obstrucción gastrointestinal</i> .....                                                                                                                                                                           | 927 |
| <i>Características de las secreciones gástricas</i> ..                                             | 894 | <i>Gases en el tubo digestivo y «flatulencia»</i> .....                                                                                                                                                             | 927 |
| <i>Regulación de la secreción gástrica por los mecanismos nerviosos y hormonales</i> .....         | 896 | Bibliografía .....                                                                                                                                                                                                  | 854 |
| <i>Estimulación de la secreción gástrica de ácido</i> .....                                        | 896 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Regulación de la secreción de pepsinógeno</i> ..                                                | 897 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Fases de la secreción gástrica</i> .....                                                        | 897 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Inhibición de la secreción gástrica por los factores intestinales</i> .....                     | 897 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Composición química de la gastrina y de otras hormonas gastrointestinales</i> .....             | 898 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| Secreción pancreática .....                                                                        | 898 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Las enzimas digestivas del páncreas</i> .....                                                   | 899 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Secreción de iones bicarbonato</i> .....                                                        | 899 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Regulación de la secreción pancreática</i> .....                                                | 900 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| Secreción de bilis por el hígado; funciones de la vía biliar .....                                 | 901 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Anatomía fisiológica de la secreción biliar</i> ..                                              | 902 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Función de las sales biliares en la digestión y absorción de las grasas</i> .....               | 903 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Secreción hepática de colesterol y formación de cálculos biliares</i> .....                     | 904 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| Secreciones del intestino delgado .....                                                            | 905 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Secreción de moco por las glándulas de Brunner del duodeno</i> .....                            | 905 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Secreción de los jugos digestivos intestinales por las criptas de Lieberkühn</i> .....          | 905 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Regulación de las secreciones del intestino delgado</i> .....                                   | 906 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| Secreciones del intestino grueso .....                                                             | 906 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| Bibliografía .....                                                                                 | 907 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <b>65. Digestión y absorción en el tubo digestivo</b> ..                                           | 909 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| Digestión de los diversos alimentos .....                                                          | 909 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Digestión de los hidratos de carbono</i> .....                                                  | 910 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Digestión de las proteínas</i> .....                                                            | 911 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Digestión de las grasas</i> .....                                                               | 912 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| Principios básicos de la absorción gastrointestinal .....                                          | 913 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Bases anatómicas de la absorción</i> .....                                                      | 913 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Mecanismos básicos de la absorción</i> .....                                                    | 915 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| Absorción en el intestino delgado .....                                                            | 915 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Absorción de agua</i> .....                                                                     | 915 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Absorción de iones</i> .....                                                                    | 915 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Absorción de los elementos nutritivos</i> .....                                                 | 917 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| Absorción en el intestino grueso formación de las heces .....                                      | 918 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| Bibliografía .....                                                                                 | 919 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <b>66. Fisiología de los trastornos digestivos</b> .....                                           | 921 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| Alteraciones de la deglución y del esófago .....                                                   | 921 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| Alteraciones del estómago .....                                                                    | 921 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Úlcera péptica</i> .....                                                                        | 922 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| Trastornos del intestino delgado .....                                                             | 923 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Digestión anormal de los alimentos en el intestino delgado. Insuficiencia pancreática</i> ..... | 923 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| <i>Malabsorción por la mucosa del intestino delgado. Esprue</i> .....                              | 924 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
| Trastornos del intestino grueso .....                                                              | 924 |                                                                                                                                                                                                                     |     |
|                                                                                                    |     | <b>UNIDAD XIII</b>                                                                                                                                                                                                  |     |
|                                                                                                    |     | <b>METABOLISMO Y REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA</b>                                                                                                                                                                   |     |
|                                                                                                    |     | <b>67. Metabolismo de los hidratos de carbono y formación del trifosfato de adenosina</b> .....                                                                                                                     | 931 |
|                                                                                                    |     | <i>Liberación de energía de los alimentos y concepto de «energía libre»</i> .....                                                                                                                                   | 931 |
|                                                                                                    |     | <i>Papel del trifosfato de adenosina en el metabolismo</i> .....                                                                                                                                                    | 931 |
|                                                                                                    |     | Papel central de la glucosa en el metabolismo de los hidratos de carbono .....                                                                                                                                      | 932 |
|                                                                                                    |     | Transporte de la glucosa a través de la membrana celular .....                                                                                                                                                      | 933 |
|                                                                                                    |     | <i>La insulina aumenta la difusión facilitada de la glucosa</i> .....                                                                                                                                               | 933 |
|                                                                                                    |     | <i>Fosforilación de la glucosa</i> .....                                                                                                                                                                            | 933 |
|                                                                                                    |     | Almacenamiento de glucógeno en el hígado y en el músculo .....                                                                                                                                                      | 933 |
|                                                                                                    |     | <i>Glucogénesis</i> .....                                                                                                                                                                                           | 933 |
|                                                                                                    |     | <i>Utilización del glucógeno almacenado. Glucogenólisis</i> .....                                                                                                                                                   | 934 |
|                                                                                                    |     | Liberación de energía de la molécula de glucosa por ruta glucolítica .....                                                                                                                                          | 934 |
|                                                                                                    |     | <i>Glucólisis; formación de ácido pirúvico</i> .....                                                                                                                                                                | 934 |
|                                                                                                    |     | <i>Conversión del ácido pirúvico en acetilcoenzima A</i> .....                                                                                                                                                      | 935 |
|                                                                                                    |     | <i>Ciclo del ácido cítrico</i> .....                                                                                                                                                                                | 935 |
|                                                                                                    |     | <i>Formación de grandes cantidades de ATP por la oxidación del hidrógeno (proceso de la fosforilación oxidativa)</i> .....                                                                                          | 936 |
|                                                                                                    |     | <i>Resumen de la formación de ATP durante la degradación de la glucosa</i> .....                                                                                                                                    | 937 |
|                                                                                                    |     | <i>Control de la liberación de energía a partir del glucógeno almacenado cuando el organismo necesita más energía: efecto de las concentraciones intracelulares de ATP y ADP para controlar la glucólisis</i> ..... | 938 |
|                                                                                                    |     | <i>Liberación anaerobia de energía. «Glucólisis anaerobia»</i> .....                                                                                                                                                | 938 |
|                                                                                                    |     | Liberación de energía a partir de la glucosa por la ruta de las pentosas fosfato .....                                                                                                                              | 939 |
|                                                                                                    |     | <i>Conversión de la glucosa en glucógeno o grasa</i> .....                                                                                                                                                          | 940 |
|                                                                                                    |     | Formación de hidratos de carbono a partir de las proteínas y de las grasas. «Gluconeogénesis» ..                                                                                                                    | 940 |
|                                                                                                    |     | Glucosa sanguínea .....                                                                                                                                                                                             | 940 |
|                                                                                                    |     | Bibliografía .....                                                                                                                                                                                                  | 940 |
|                                                                                                    |     | <b>68. Metabolismo de los lípidos</b> .....                                                                                                                                                                         | 941 |
|                                                                                                    |     | Transporte de los lípidos en los líquidos corporales .....                                                                                                                                                          | 941 |
|                                                                                                    |     | <i>Transporte de los triglicéridos y de otros lípidos del tubo digestivo por la linfa: los quilomicrones</i> .....                                                                                                  | 941 |

|                                                                                                                       |     |                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Transporte de los ácidos grasos en la sangre en combinación con la albúmina: los «ácidos grasos libres»</i> .....  | 942 | 71. Balances energéticos; regulación de la alimentación; obesidad y ayuno prolongado; vitaminas y minerales .....     | 967 |
| <i>Las lipoproteínas. Su función especial en el transporte del colesterol y de los fosfolípidos</i> .....             | 942 | Las entradas y salidas de energía están equilibradas en condiciones estacionarias .....                               | 967 |
| Depósitos de grasa .....                                                                                              | 943 | Balances alimenticios .....                                                                                           | 967 |
| <i>Tejido adiposo</i> .....                                                                                           | 943 | <i>Energía de los alimentos</i> .....                                                                                 | 967 |
| <i>Lípidos hepáticos</i> .....                                                                                        | 943 | <i>Métodos para determinar la utilización metabólica de las proteínas, los hidratos de carbono y las grasas</i> ..... | 968 |
| Uso energético de los triglicéridos y formación de trifosfato de adenosina .....                                      | 943 | Regulación de la ingestión de alimentos y del almacenamiento de energía .....                                         | 969 |
| <i>Formación de ácido acetoacético en el hígado y su transporte en la sangre</i> .....                                | 945 | <i>Los centros nerviosos regulan la ingestión de alimentos</i> .....                                                  | 969 |
| <i>Síntesis de triglicéridos a partir de los hidratos de carbono</i> .....                                            | 946 | <i>Factores que regulan la cantidad de alimento que se ingiere</i> .....                                              | 971 |
| <i>Síntesis de triglicéridos a partir de las proteínas</i> .....                                                      | 946 | Obesidad .....                                                                                                        | 972 |
| Regulación de la liberación de energía a partir de los triglicéridos .....                                            | 946 | <i>Regulación anormal de la alimentación como causa patológica de obesidad</i> .....                                  | 973 |
| <i>Obesidad</i> .....                                                                                                 | 948 | <i>Tratamiento de la obesidad</i> .....                                                                               | 973 |
| Fosfolípidos y colesterol .....                                                                                       | 948 | Inanición .....                                                                                                       | 974 |
| <i>Fosfolípido</i> .....                                                                                              | 948 | Ayuno prolongado .....                                                                                                | 974 |
| <i>Colesterol</i> .....                                                                                               | 949 | Vitaminas .....                                                                                                       | 975 |
| <i>Funciones estructurales celulares de los fosfolípidos y del colesterol, especialmente para las membranas</i> ..... | 949 | <i>Vitamina A</i> .....                                                                                               | 975 |
| Aterosclerosis .....                                                                                                  | 950 | <i>Tiamina (vitamina B<sub>1</sub>)</i> .....                                                                         | 975 |
| <i>Causas básicas de la aterosclerosis. Papeles del colesterol y de las lipoproteínas</i> .....                       | 950 | <i>Niacina</i> .....                                                                                                  | 976 |
| <i>Otros factores que llevan a la aterosclerosis</i> ..                                                               | 951 | <i>Riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>)</i> .....                                                                     | 976 |
| <i>Prevención de la aterosclerosis</i> .....                                                                          | 951 | <i>Vitamina B<sub>12</sub></i> .....                                                                                  | 976 |
| Bibliografía .....                                                                                                    | 951 | <i>Ácido fólico (ácido pteroilglutámico)</i> .....                                                                    | 977 |
| 69. Metabolismo de las proteínas .....                                                                                | 953 | <i> Piridoxina (vitamina B<sub>6</sub>)</i> .....                                                                     | 977 |
| Propiedades básicas .....                                                                                             | 953 | <i>Ácido pantoténico</i> .....                                                                                        | 977 |
| <i>Aminoácidos</i> .....                                                                                              | 953 | <i>Ácido ascórbico (vitamina C)</i> .....                                                                             | 977 |
| Transporte y almacenamiento de los aminoácidos .....                                                                  | 955 | <i>Vitamina D</i> .....                                                                                               | 978 |
| <i>Aminoácidos de la sangre</i> .....                                                                                 | 955 | <i>Vitamina E</i> .....                                                                                               | 978 |
| <i>Almacenamiento de los aminoácidos como proteínas en las células</i> .....                                          | 955 | <i>Vitamina K</i> .....                                                                                               | 978 |
| Funciones de las proteínas plasmáticas .....                                                                          | 956 | Metabolismo mineral .....                                                                                             | 978 |
| <i>Aminoácidos esenciales y no esenciales</i> .....                                                                   | 956 | Bibliografía .....                                                                                                    | 980 |
| <i>Uso de las proteínas para producir energía</i> ..                                                                  | 957 | 72. Energética e índice metabólico .....                                                                              | 981 |
| <i>Degradación obligatoria de las proteínas</i> .....                                                                 | 958 | Funciones del trifosfato de adenosina (ATP) como «moneda energética» del metabolismo .....                            | 981 |
| Regulación hormonal del metabolismo proteico ..                                                                       | 958 | <i>Funciones de la fosfocreatina como depósito accesorio de energía y como un «amortiguador de ATP»</i> .....         | 982 |
| Bibliografía .....                                                                                                    | 958 | <i>Energía anaerobia frente a aerobia</i> .....                                                                       | 982 |
| 70. El hígado como órgano .....                                                                                       | 961 | <i>Resumen de la utilización de la energía por las células</i> .....                                                  | 983 |
| Anatomía fisiológica del hígado .....                                                                                 | 961 | Control de la liberación de energía en la célula ..                                                                   | 983 |
| Los sistemas vascular y linfático del hígado ..                                                                       | 962 | Índice metabólico .....                                                                                               | 985 |
| <i>El flujo sanguíneo hepático desde la vena porta y la arteria hepática</i> .....                                    | 962 | <i>Medición del índice metabólico de todo el organismo</i> .....                                                      | 985 |
| <i>El hígado actúa como depósito de sangre</i> .....                                                                  | 962 | Metabolismo energético y factores que modifican las salidas de energía .....                                          | 986 |
| <i>El hígado posee un flujo linfático muy grande</i> ..                                                               | 962 | <i>Requerimientos energéticos globales para las actividades diarias</i> .....                                         | 986 |
| <i>El sistema de macrófagos hepáticos actúa como depurador de la sangre</i> .....                                     | 963 | <i>Metabolismo basal o gasto energético mínimo para la supervivencia</i> .....                                        | 986 |
| Funciones metabólicas del hígado .....                                                                                | 963 | <i>Energía empleada para las actividades físicas</i> ..                                                               | 987 |
| <i>Metabolismo de los hidratos de carbono</i> .....                                                                   | 963 | <i>Energía utilizada para procesar los alimentos. Efectos termogénico de los alimentos</i> .....                      | 988 |
| <i>Metabolismo de las grasas</i> .....                                                                                | 963 | <i>Energía utilizada para la termogénesis sin escalofríos. Papel de la estimulación simpática</i> ..                  | 988 |
| <i>Metabolismo de las proteínas</i> .....                                                                             | 963 | Bibliografía .....                                                                                                    | 988 |
| <i>Funciones metabólicas diversas del hígado</i> ..                                                                   | 964 | 73. Temperatura corporal, regulación de la temperatura y fiebre .....                                                 | 989 |
| Medición de la bilirrubina en la bilis como herramienta clínica diagnóstica .....                                     | 964 | Temperaturas normales del cuerpo .....                                                                                | 989 |
| <i>La ictericia, exceso de bilirrubina en los líquidos extracelulares</i> .....                                       | 965 |                                                                                                                       |     |
| Bibliografía .....                                                                                                    | 966 |                                                                                                                       |     |

La temperatura corporal se regula por el equilibrio entre la producción y la pérdida de calor 989  
*Producción de calor* ..... 989  
*Pérdida de calor* ..... 990  
 Regulación de la temperatura corporal. Función del hipotálamo ..... 994  
*Mecanismos efectores neuronales que reducen o aumentan la temperatura corporal* ..... 995  
*El concepto de «punto de ajuste» para el control de la temperatura* ..... 997  
*Control conductual de la temperatura corporal* ..... 998  
*Reflejos locales de la temperatura cutánea* ... 998  
 Alteraciones de la regulación de la temperatura corporal ..... 999  
*Fiebre* ..... 999  
*Características de las enfermedades febriles* .. 1000  
 Bibliografía ..... 1001

**UNIDAD XIV**  
**ENDOCRINOLOGÍA**  
**Y REPRODUCCIÓN**

**74. Introducción a la endocrinología** ..... 1005  
 Coordinación de las funciones corporales por los mensajeros químicos ..... 1005  
 Estructura química y síntesis de las hormonas . 1006  
 Secreción, transporte y eliminación de las hormonas de la sangre ..... 1008  
*Control de la secreción hormonal por retroacción* ..... 1009  
*Transporte de las hormonas en la sangre* ... 1009  
*«Eliminación» de las hormonas de la sangre* . 1009  
 Mecanismos de acción de las hormonas ..... 1010  
*Receptores hormonales y su activación* ..... 1010  
*Señalización intracelular tras la activación del receptor hormonal* ..... 1011  
*Mecanismos de segundo mensajero que participan en las funciones hormonales intracelulares* ..... 1011  
*Hormonas que actúan principalmente sobre la maquinaria genética de la célula* ..... 1013  
 Medición de la concentración hormonal en la sangre ..... 1014  
*El radioinmunoanálisis* ..... 1014  
 Bibliografía ..... 1015

**75. Hormonas hipofisarias y su control por el hipotálamo** ..... 1017  
 La hipófisis y su relación con el hipotálamo ... 1017  
 El hipotálamo controla la secreción hipofisaria . 1018  
*Sistema porta hipotalámico-hipofisario* .... 1019  
 Funciones fisiológicas de la hormona de crecimiento ..... 1020  
*La hormona de crecimiento estimula el crecimiento de numerosos tejidos corporales* ... 1020  
*Efectos metabólicos de la hormona de crecimiento* ..... 1020  
*La hormona de crecimiento estimula el crecimiento de los huesos y los cartílagos* ..... 1022  
*La hormona de crecimiento ejerce gran parte de su efecto a través de sustancias intermedias denominadas «somatomedinas» (llamadas también «factores de crecimiento insulinoideos»)* ..... 1023

*Regulación de la secreción de hormona de crecimiento* ..... 1023  
*Anomalías de la secreción de hormona de crecimiento* ..... 1025  
 La neurohipófisis y su relación con el hipotálamo 1027  
*Estructura química de la ADH y de la oxitocina* 1027  
*Funciones fisiológicas de la ADH* ..... 1028  
*Hormona oxitócica* ..... 1029  
 Bibliografía ..... 1029

**76. Hormonas metabólicas tiroideas** ..... 1031  
 Síntesis y secreción de las hormonas metabólicas tiroideas ..... 1031  
*Necesidad de yodo para la formación de tiroxina* ..... 1031  
*Bomba de yoduro (atrapamiento de los yoduros)* ..... 1032  
*La tiroglobulina y los principios químicos de la formación de tiroxina y triyodotironina* ... 1032  
*Liberación de tiroxina y triyodotironina de la glándula tiroidea* ..... 1033  
*Transporte de la tiroxina y la triyodotironina a los tejidos* ..... 1034  
 Funciones fisiológicas de las hormonas tiroideas 1034  
*Las hormonas tiroideas aumentan la transcripción de un gran número de genes* .... 1034  
*Las hormonas tiroideas elevan la actividad metabólica celular* ..... 1035  
*Efecto de la hormona tiroidea sobre el crecimiento* ..... 1035  
*Efectos de la hormona tiroidea sobre determinados mecanismos corporales* ..... 1035  
 Regulación de la secreción de hormona tiroidea 1037  
*La secreción adenohipofisaria de TSH está regulada por la hormona liberadora de tirotrópina del hipotálamo* ..... 1038  
*Efecto de retroacción de la hormona tiroidea sobre la adenohipófisis: disminución de la secreción de TSH* ..... 1039  
*Sustancias antitiroideas* ..... 1039  
 Enfermedades del tiroides ..... 1040  
*Hipertiroidismo* ..... 1040  
*Hipotiroidismo* ..... 1041  
 Bibliografía ..... 1043

**77. Hormonas de la corteza suprarrenal** ..... 1045  
 Síntesis y secreción de hormonas corticosuprarrenales ..... 1045  
 Funciones de los mineralocorticoides. Aldosterona ..... 1048  
*Efectos renales y circulatorios de la aldosterona* 1049  
*La aldosterona estimula el transporte de sodio y de potasio por las glándulas sudoríparas, las glándulas salivales y las células del epitelio intestinal* ..... 1050  
*Mecanismo celular de la acción de la aldosterona* ..... 1050  
*Regulación de la secreción de aldosterona* ... 1051  
 Funciones de los glucocorticoides ..... 1052  
*Efectos del cortisol sobre el metabolismo de los hidratos de carbono* ..... 1052  
*Efectos del cortisol sobre el metabolismo de las proteínas* ..... 1053  
*Efectos del cortisol sobre el metabolismo de las grasas* ..... 1053  
*El cortisol ayuda a resistir el estrés y la inflamación* ..... 1054

|                                                                                                                                          |      |                                                                                                                            |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <i>Otros efectos del cortisol</i> .....                                                                                                  | 1055 | <i>Hormona paratiroidea</i> .....                                                                                          | 1089 |
| <i>Mecanismo celular de la acción del cortisol</i> ..                                                                                    | 1056 | <i>Efecto de la hormona paratiroidea sobre las concentraciones de calcio y de fosfato en el líquido extracelular</i> ..... | 1090 |
| <i>Regulación de la secreción de cortisol por la hormona adrenocorticotropa de la hipófisis</i> ..                                       | 1056 | <i>Control de la secreción paratiroidea por las concentraciones de iones calcio</i> .....                                  | 1092 |
| <b>Andrógenos suprarrenales</b> .....                                                                                                    | 1058 | <i>Calcitonina</i> .....                                                                                                   | 1092 |
| <b>Alteraciones de la secreción corticosuprarrenal</b> ..                                                                                | 1058 | <b>Resumen del control de la concentración de calcio iónico</b> .....                                                      | 1093 |
| <i>Hipofunción suprarrenal y enfermedad de Addison</i> .....                                                                             | 1058 | <b>Fisiopatología de la hormona paratiroidea, de la vitamina D y de las enfermedades óseas</b> .....                       | 1094 |
| <i>Hiperfunción suprarrenal y síndrome de Cushing</i> .....                                                                              | 1059 | <i>Hipoparatiroidismo</i> .....                                                                                            | 1094 |
| <i>Aldosteronismo primario (síndrome de Conn)</i> ..                                                                                     | 1060 | <i>Hiperparatiroidismo primario</i> .....                                                                                  | 1095 |
| <i>Síndrome adrenogenital</i> .....                                                                                                      | 1060 | <i>Hiperparatiroidismo secundario</i> .....                                                                                | 1095 |
| <b>Bibliografía</b> .....                                                                                                                | 1061 | <i>Raquitismo: déficit de vitamina D</i> .....                                                                             | 1095 |
| <b>78. Insulina, glucagón y diabetes mellitus</b> .....                                                                                  | 1063 | <b>Fisiología de los dientes</b> .....                                                                                     | 1097 |
| <b>La insulina y sus efectos metabólicos</b> .....                                                                                       | 1063 | <i>Función de las diferentes partes de los dientes</i> ..                                                                  | 1097 |
| <i>Efecto de la insulina sobre el metabolismo de los hidratos de carbono</i> .....                                                       | 1065 | <i>Dentición</i> .....                                                                                                     | 1098 |
| <i>Efecto de la insulina sobre el metabolismo lipídico</i> .....                                                                         | 1067 | <i>Intercambio mineral en los dientes</i> .....                                                                            | 1098 |
| <i>Efecto de la insulina sobre el metabolismo de las proteínas y sobre el crecimiento</i> .....                                          | 1069 | <i>Anomalías dentarias</i> .....                                                                                           | 1099 |
| <i>Regulación de la secreción de insulina</i> .....                                                                                      | 1070 | <b>Bibliografía</b> .....                                                                                                  | 1099 |
| <i>Otros factores que estimulan la secreción de insulina</i> .....                                                                       | 1071 | <b>80. Funciones reproductoras y hormonales del varón (y función de la glándula pineal)</b> .....                          | 1101 |
| <i>Papel de la insulina (y de otras hormonas) en el «cambio» entre el metabolismo de los hidratos de carbono y de los lípidos</i> .....  | 1072 | <b>Anatomía fisiológica de los órganos sexuales masculinos</b> .....                                                       | 1101 |
| <b>El glucagón y sus funciones</b> .....                                                                                                 | 1072 | <b>Espermatogénesis</b> .....                                                                                              | 1101 |
| <i>Efectos sobre el metabolismo de la glucosa</i> ..                                                                                     | 1072 | <i>Etapas de la espermatogénesis</i> .....                                                                                 | 1101 |
| <i>Regulación de la secreción de glucagón</i> .....                                                                                      | 1073 | <i>Función de las vesículas seminales</i> .....                                                                            | 1104 |
| <b>La somatostatina inhibe la secreción de glucagón y de insulina</b> .....                                                              | 1074 | <i>Función de la glándula prostática</i> .....                                                                             | 1104 |
| <b>Resumen sobre la regulación de la glucemia</b> ..                                                                                     | 1074 | <i>Semen</i> .....                                                                                                         | 1104 |
| <b>Diabetes mellitus</b> .....                                                                                                           | 1075 | <i>Espermatogénesis anormal y fertilidad del varón</i> .....                                                               | 1106 |
| <i>Diabetes de tipo I. Ausencia de producción de insulina por las células beta del páncreas</i> ..                                       | 1075 | <b>El acto sexual masculino</b> .....                                                                                      | 1107 |
| <i>Diabetes de tipo II. Resistencia a los efectos metabólicos de la insulina</i> .....                                                   | 1076 | <i>Estimulación neuronal para la realización del acto sexual masculino</i> .....                                           | 1107 |
| <i>Bases fisiológicas de las pruebas diagnósticas</i> ..                                                                                 | 1077 | <i>Etapas del acto sexual masculino</i> .....                                                                              | 1107 |
| <i>Tratamiento de la diabetes</i> .....                                                                                                  | 1078 | <b>Testosterona y otras hormonas sexuales masculinas</b> .....                                                             | 1108 |
| <b>Insulinoma e hiperinsulinismo</b> .....                                                                                               | 1078 | <i>Secreción, metabolismo y química de las hormonas sexuales masculinas</i> .....                                          | 1108 |
| <b>Bibliografía</b> .....                                                                                                                | 1079 | <i>Funciones de la testosterona</i> .....                                                                                  | 1109 |
| <b>79. Hormona paratiroidea, calcitonina, metabolismo del calcio y del fosfato, vitamina D, huesos y dientes</b> .....                   | 1081 | <i>Mecanismo intracelular básico de la acción de la testosterona</i> .....                                                 | 1111 |
| <b>Consideraciones generales de la regulación del calcio y el fosfato en el líquido extracelular y en el plasma</b> .....                | 1081 | <i>Control de las funciones sexuales masculinas por hormonas del hipotálamo y de la adenohipófisis</i> .....               | 1112 |
| <i>El calcio en el plasma y en el líquido intersticial</i> ..                                                                            | 1081 | <b>Anomalías de la función sexual masculina</b> .....                                                                      | 1114 |
| <i>Fosfato inorgánico en los líquidos extracelulares</i> .....                                                                           | 1082 | <i>Hipogonadismo en el varón</i> .....                                                                                     | 1114 |
| <i>Efectos fisiológicos extraóseos de las variaciones de las concentraciones de calcio y de fosfato en los líquidos corporales</i> ..... | 1082 | <i>Tumores testiculares e hipergonadismo en el varón</i> .....                                                             | 1114 |
| <i>Absorción y excreción de calcio y fosfato</i> .....                                                                                   | 1083 | <b>La glándula pineal: sus funciones en el control de la fertilidad estacional en algunos animales</b> ..                  | 1115 |
| <b>El hueso y sus relaciones con el calcio y el fosfato extracelulares</b> .....                                                         | 1084 | <b>Bibliografía</b> .....                                                                                                  | 1115 |
| <i>Precipitación y absorción de calcio y de fosfato en el hueso. Equilibrio con los líquidos extracelulares</i> .....                    | 1084 | <b>81. Fisiología femenina antes de la gestación y hormonas femeninas</b> .....                                            | 1117 |
| <i>Intercambio de calcio entre el hueso y el líquido extracelular</i> .....                                                              | 1085 | <b>Anatomía fisiológica de los órganos sexuales femeninos</b> .....                                                        | 1117 |
| <i>Depósito y absorción de hueso: remodelado óseo</i> ..                                                                                 | 1085 | <b>Sistema hormonal femenino</b> .....                                                                                     | 1117 |
| <b>Vitamina D</b> .....                                                                                                                  | 1087 | <b>El ciclo ovárico mensual y la función de las gonadotropinas</b> .....                                                   | 1118 |
| <i>Acciones de la vitamina D</i> .....                                                                                                   | 1088 | <i>Hormonas gonadotropas y sus efectos sobre los ovarios</i> .....                                                         | 1118 |
|                                                                                                                                          |      | <i>Crecimiento del folículo ovárico: la fase «folicular» del ciclo ovárico</i> .....                                       | 1119 |
|                                                                                                                                          |      | <i>Ovulación</i> .....                                                                                                     | 1120 |

|                                                                                                                                |      |                                                                                                                        |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <i>El cuerpo lúteo. La fase «luteínica» del ciclo ovárico</i> . . . . .                                                        | 1121 | <i>Composición de la leche y desgaste metabólico de la madre debido a la lactación</i> . . . . .                       | 1150 |
| <i>Resumen</i> . . . . .                                                                                                       | 1122 | <i>Bibliografía</i> . . . . .                                                                                          | 1150 |
| <b>Funciones de las hormonas ováricas: estradiol y progesterona</b> . . . . .                                                  | 1122 | <b>83. Fisiología fetal y neonatal</b> . . . . .                                                                       | 1153 |
| <i>Química de las hormonas sexuales</i> . . . . .                                                                              | 1122 | <i>Crecimiento y desarrollo funcional del feto</i> . . . . .                                                           | 1153 |
| <i>Funciones de los estrógenos: sus efectos sobre los caracteres sexuales femeninos primarios y secundarios</i> . . . . .      | 1123 | <i>Desarrollo de los sistemas orgánicos</i> . . . . .                                                                  | 1153 |
| <i>Funciones de la progesterona</i> . . . . .                                                                                  | 1125 | <i>Adaptación del lactante a la vida extrauterina</i> . . . . .                                                        | 1155 |
| <i>El ciclo endometrial mensual y la menstruación</i> . . . . .                                                                | 1125 | <i>Comienzo de la respiración</i> . . . . .                                                                            | 1155 |
| <b>Regulación del ritmo mensual femenino: interrelación entre las hormonas ováricas e hipotálamico-hipofisarias</b> . . . . .  | 1127 | <i>Reajustes circulatorios al nacer</i> . . . . .                                                                      | 1156 |
| <i>Oscilación de retroacción del sistema hipotálamico-hipofisario-ovárico</i> . . . . .                                        | 1128 | <i>Nutrición del recién nacido</i> . . . . .                                                                           | 1158 |
| <i>Pubertad y menarquia</i> . . . . .                                                                                          | 1129 | <b>Problemas funcionales especiales del neonato</b> . . . . .                                                          | 1158 |
| <i>Menopausia</i> . . . . .                                                                                                    | 1130 | <i>Aparato respiratorio</i> . . . . .                                                                                  | 1159 |
| <b>Anomalías de la secreción ovárica</b> . . . . .                                                                             | 1130 | <i>Circulación</i> . . . . .                                                                                           | 1159 |
| <b>El acto sexual femenino</b> . . . . .                                                                                       | 1131 | <i>Equilibrio hidroelectrolítico, equilibrio ácido-básico y función renal</i> . . . . .                                | 1160 |
| <b>Bibliografía</b> . . . . .                                                                                                  | 1133 | <i>Función hepática</i> . . . . .                                                                                      | 1160 |
| <b>82. Embarazo y lactancia</b> . . . . .                                                                                      | 1135 | <i>Digestión, absorción y metabolismo de los alimentos energéticos; la nutrición</i> . . . . .                         | 1160 |
| <b>Maduración y fecundación del óvulo</b> . . . . .                                                                            | 1135 | <i>Inmunidad</i> . . . . .                                                                                             | 1161 |
| <i>Paso del óvulo fecundado a través de la trompa de Falopio</i> . . . . .                                                     | 1136 | <i>Problemas endocrinos</i> . . . . .                                                                                  | 1162 |
| <i>Implantación del blastocisto en el útero</i> . . . . .                                                                      | 1137 | <b>Problemas especiales de la inmadurez</b> . . . . .                                                                  | 1161 |
| <b>Nutrición precoz del embrión</b> . . . . .                                                                                  | 1137 | <i>Desarrollo inmaduro del lactante prematuro</i> . . . . .                                                            | 1161 |
| <b>Función de la placenta</b> . . . . .                                                                                        | 1137 | <i>Inestabilidad de los sistemas de control homeostático de los lactantes prematuros</i> . . . . .                     | 1161 |
| <i>Desarrollo y anatomía fisiológica de la placenta</i> . . . . .                                                              | 1137 | <i>Riesgo de ceguera por el tratamiento de los lactantes prematuros con una cantidad excesiva de oxígeno</i> . . . . . | 1161 |
| <b>Factores hormonales en el embarazo</b> . . . . .                                                                            | 1140 | <b>Crecimiento y desarrollo del niño</b> . . . . .                                                                     | 1162 |
| <i>Gonadotropina coriónica humana y su función de mantenimiento del cuerpo lúteo e inhibición de la menstruación</i> . . . . . | 1140 | <i>Desarrollo del comportamiento</i> . . . . .                                                                         | 1162 |
| <i>Secreción de estrógenos por la placenta</i> . . . . .                                                                       | 1141 | <b>Bibliografía</b> . . . . .                                                                                          | 1163 |
| <i>Secreción de progesterona por la placenta</i> . . . . .                                                                     | 1141 |                                                                                                                        |      |
| <i>Somatomamotropina coriónica humana</i> . . . . .                                                                            | 1142 |                                                                                                                        |      |
| <i>Otros factores hormonales durante el embarazo</i> . . . . .                                                                 | 1142 |                                                                                                                        |      |
| <b>Respuesta del organismo de la madre al embarazo</b> . . . . .                                                               | 1143 |                                                                                                                        |      |
| <b>El parto</b> . . . . .                                                                                                      | 1145 |                                                                                                                        |      |
| <i>Aumento de la excitabilidad uterina al final del embarazo</i> . . . . .                                                     | 1145 |                                                                                                                        |      |
| <i>Comienzo del parto. La teoría de la retracción positiva</i> . . . . .                                                       | 1146 |                                                                                                                        |      |
| <i>Contracciones musculares abdominales durante el parto</i> . . . . .                                                         | 1147 |                                                                                                                        |      |
| <i>Mecánica del parto</i> . . . . .                                                                                            | 1147 |                                                                                                                        |      |
| <i>Separación y alumbramiento de la placenta</i> . . . . .                                                                     | 1147 |                                                                                                                        |      |
| <i>Dolores del parto</i> . . . . .                                                                                             | 1147 |                                                                                                                        |      |
| <i>Involución del útero tras el parto</i> . . . . .                                                                            | 1147 |                                                                                                                        |      |
| <b>Lactancia</b> . . . . .                                                                                                     | 1148 |                                                                                                                        |      |
| <i>Desarrollo de las mamas</i> . . . . .                                                                                       | 1148 |                                                                                                                        |      |
| <i>Comienzo de la lactancia: función de la prolactina</i> . . . . .                                                            | 1148 |                                                                                                                        |      |
| <i>Proceso de eyección («subida» o «suelta») de la secreción láctea: función de la oxitocina</i> . . . . .                     | 1149 |                                                                                                                        |      |
|                                                                                                                                |      | <b>UNIDAD XV</b>                                                                                                       |      |
|                                                                                                                                |      | <b>FISIOLOGÍA DE LOS DEPORTES</b>                                                                                      |      |
|                                                                                                                                |      | <b>84. Fisiología de los deportes</b> . . . . .                                                                        | 1167 |
|                                                                                                                                |      | <i>El hombre y la mujer deportistas</i> . . . . .                                                                      | 1167 |
|                                                                                                                                |      | <i>Los músculos durante el ejercicio</i> . . . . .                                                                     | 1168 |
|                                                                                                                                |      | <i>Fuerza, potencia y resistencia de los músculos</i> . . . . .                                                        | 1168 |
|                                                                                                                                |      | <i>Sistemas metabólicos del músculo durante el ejercicio</i> . . . . .                                                 | 1169 |
|                                                                                                                                |      | <i>Nutrientes utilizados durante la actividad muscular</i> . . . . .                                                   | 1172 |
|                                                                                                                                |      | <i>Efectos del entrenamiento físico sobre los músculos y su rendimiento</i> . . . . .                                  | 1172 |
|                                                                                                                                |      | <i>La respiración durante el ejercicio</i> . . . . .                                                                   | 1173 |
|                                                                                                                                |      | <i>El sistema cardiovascular durante el ejercicio</i> . . . . .                                                        | 1175 |
|                                                                                                                                |      | <i>El calor corporal durante el ejercicio</i> . . . . .                                                                | 1177 |
|                                                                                                                                |      | <i>Líquidos corporales y sal durante el ejercicio</i> . . . . .                                                        | 1178 |
|                                                                                                                                |      | <i>Deportistas y consumo de fármacos</i> . . . . .                                                                     | 1178 |
|                                                                                                                                |      | <i>Mantenerse en forma prolonga la vida</i> . . . . .                                                                  | 1178 |
|                                                                                                                                |      | <b>Bibliografía</b> . . . . .                                                                                          | 1179 |
|                                                                                                                                |      | <b>Índice</b> . . . . .                                                                                                | 1181 |