

MORFOLOGÍA HUMANA I

DR. WASHINGTON ROSELL PUIG

Especialista de I Grado en Cirugía. Profesor Auxiliar de Anatomía. Profesor Auxiliar de Anatomía del Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana. Miembro Titular de la Sociedad Cubana de Ciencias Morfológicas.

DRA. CARIDAD DOVALE BORJAS

Especialista de II Grado en Anatomía. Profesora Titular de Anatomía. Profesora Principal de Morfología del Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana. Miembro de la Sociedad Cubana de Ciencias Morfológicas y de la Sociedad de Educación en Ciencias de la Salud.

DRA. ISABEL ÁLVAREZ TORRES

Doctora en Ciencias Médicas. Especialista de II Grado en Anatomía. Especialista de I Grado en Administración de Salud. Profesora Titular de Anatomía. Profesora Consultante del Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana. Miembro de la Sociedad Cubana de Ciencias Morfológicas.

Ficha ISBN

MORFOLOGÍA HUMANA I

Generalidades y Sistemas Somáticos

**W. Rosell Puig
C. Dovale Borjas
I. Álvarez Torres**



2001

Datos CIP- Editorial Ciencias Médicas

Rosell Puig, Washington
Morfología Humana I/Washington
Rosell Puig, Caridad Dovale Borjas,
Isabel Álvarez Torres.-- La Habana:
Editorial Ciencias Médicas, 2001

2 t. 196 p. il

Incluye Bibliografía al final del tomo II
Índice del Tomo I

Contiene: t.1 Generalidades y sistemas
somáticos.-- t.2 Sistemas viscerales,
circulatorio y nervioso

ISBN: 959-7132-72-9
959-7132-73-7

1. ANATOMIA/educación 2. HISTOLOGIA/educación
3. EMBRIOLOGIA/educación 4. LIBROS DE TEXTO
QS18

Edición: Lic. Ileana Herrera López
Diseño: Luciano Ortelio Sánchez Núñez
Ilustraciones: Alejandro Calzada y José Manuel Oubiña
Realización: Michael Miranda Cabrera
Corrección: Hortensia Chang Rivero
Emplane: Xiomara Segura Suárez

© Washington Rosell Puig, Caridad Dovale Borjas, Isabel Álvarez Torres, 2000
© Sobre la presente edición: Editorial Ciencias Médicas, 2001

Editorial Ciencias Médicas
Calle E No. 452 e/ 19 y 21
El Vedado, Ciudad de La Habana, Cuba
CP 10400

Correo electrónico: ecimed@infomed.sld.cu
Fax: 333063. Télex: 0511202
Teléfonos: 32-5338, 32-4519 y 32-4579

INDICE

PRÓLOGO

I GENERALIDADES DE LA MORFOLOGÍA

1. Introducción al estudio de la Morfología

- Concepto de Morfología / 13
- Concepción antigua y moderna de la Morfología / 13
- Relaciones de la Morfología con otras ciencias / 13
- Importancia de la Morfología funcional / 13
- Importancia de la Morfología clínica / 14

2. Métodos de investigación

- Métodos de investigación morfológica / 15
- Métodos de investigación clínica / 15
- Importancia de la Anatomía de Superficie / 15
- Importancia de la Anatomía Radiológica / 16
- Orientaciones para el examen radiográfico / 16
- Métodos de investigación microscópica / 16
- Partes de un microscopio óptico / 16
- Orientaciones para el uso del microscopio / 18
- Técnicas de preparaciones histológicas / 18

3. El cuerpo humano

- Concepto de organismo / 20
- Niveles de organización del organismo humano / 20
- Sistemas y aparatos del organismo humano / 20
- Integridad del organismo humano / 21
- Relaciones del organismo con el medio que lo rodea / 21
- Regiones del cuerpo humano / 21
- Tipos constitucionales del cuerpo humano / 22

4. Terminología morfológica

- Importancia de la terminología morfológica / 23
- Posición anatómica / 23
- Ejes del cuerpo humano / 23
- Planos del cuerpo humano / 24
- Términos generales / 24
- Términos relativos a los miembros / 25
- Términos de la Anatomía Comparada y Embriología / 25
- Orientación en el cuerpo humano / 26

II. GENERALIDADES DE LA MORFOLOGÍA CELULAR Y TISULAR

5. Elementos básicos de Citología

- Concepto y niveles de organización de la materia / 27
- Concepto y composición química del protoplasma / 28

Propiedades fisiológicas del protoplasma / 29

La teoría celular / 29

6. *La célula*

Concepto y características generales de la célula / 30

Citoplasma / 30

Membrana celular o plasmática / 30

Otros organitos citoplasmáticos membranosos / 32

Organitos citoplasmáticos no membranosos / 32

Núcleo / 33

Cromosomas / 34

Ciclo celular / 34

Especialización celular / 35

7. *Elementos básicos de Histología*

Concepto y componentes fundamentales de los tejidos / 36

Características generales de los tejidos básicos / 36

8. *Tejido epitelial*

Características generales del tejido epitelial / 38

Epitelio de cubierta o revestimiento / 38

Epitelio glandular / 39

9. *Tejido conectivo*

Características generales del tejido conectivo / 43

Células del tejido conectivo / 43

Sustancia intercelular del tejido conectivo / 44

Variedades del tejido conectivo / 45

III GENERALIDADES DEL DESARROLLO MORFOLÓGICO

10. *Elementos básicos de Ontogenia*

Origen y características particulares del ser humano / 46

Teorías del desarrollo del organismo / 46

La reproducción / 47

Aparato reproductor y sus funciones fundamentales / 47

Períodos del desarrollo humano: ontogenia / 48

Período prenatal / 48

Período posnatal / 49

11. *Gametogénesis*

Concepto y períodos de la gametogénesis / 50

Diferencias entre espermatogénesis y ovogénesis / 50

Características morfológicas de los gametos / 51

12. *Etapa de prediferenciación*

Características generales de la etapa de prediferenciación / 53

Fecundación / 53

Primera semana del desarrollo / 54

Segunda semana del desarrollo / 55

Tercera semana del desarrollo / 57

13. *Etapa de diferenciación*

Características generales de la etapa de diferenciación / 59

Hoja germinativa ectodérmica / 59

Hoja germinativa mesodérmica / 60

Hoja germinativa endodérmica / 61

Aspecto externo del organismo en el período prenatal / 62

14. *Membranas fetales y placenta*

Características generales de las membranas fetales / 64

Amnios / 64

- Saco vitelino / 64
- Alantoides / 65
- Cordón umbilical / 65
- Placenta / 66
- Circulación placentaria / 66
- 15. *Mecanismos del desarrollo*
 - Concepto de mecanismos del desarrollo / 68
 - Inducción / 68
 - Diferenciación / 68
 - Crecimiento / 68
 - Migración / 69
 - Muerte celular / 69
 - Trastornos del desarrollo / 69
- 16. *Malformaciones congénitas*
 - Concepto de malformaciones y anomalías congénitas / 70
 - Factores causales de las malformaciones y anomalías congénitas / 70
 - Factores que influyen en la acción de los agentes teratógenos / 70
 - Terminología teratológica general / 71

IV. SISTEMAS SOMÁTICOS

- 17. *Sistema tegumentario*
 - Elementos básicos de los sistemas somáticos / 72
 - Concepto, componentes y funciones generales del sistema tegumentario / 72
 - Estructura microscópica y desarrollo del sistema tegumentario / 73
 - Filogenia del sistema tegumentario / 73
 - Capa superficial de la piel o epidermis / 73
 - Queratinización y renovación de la epidermis / 75
 - Capa profunda de la piel o dermis / 75
 - Tela subcutánea / 75
 - Coloración y espesor de la piel / 75
 - Alteraciones de la piel / 76
 - Uñas / 76
 - Pelos / 76
 - Glándulas sebáceas / 77
 - Glándulas sudoríparas / 77
 - Glándulas mamarias / 78
- 18. *Parte pasiva del sistema osteomioarticular o esqueleto*
 - Concepto de sistema osteomioarticular / 80
 - Partes del sistema osteomioarticular / 80
 - Factores que influyen en el desarrollo del SOMA / 80
 - Concepto y funciones generales del esqueleto / 81
- 19. *Sistema óseo (Osteología)*
 - Concepto y funciones específicas de los huesos / 82
 - Clasificación de los huesos / 82
 - Características de la superficie de los huesos / 84
 - Anatomía radiológica de los huesos / 85
 - Alteraciones de los huesos / 85
 - Orientaciones para el estudio de los huesos / 86
- 20. *Estructura y desarrollo de los huesos*
 - Composición química y propiedades físicas de los huesos / 87
 - Tejidos que componen los huesos / 87
 - Características generales del tejido cartilaginoso / 87
 - Clasificación del tejido cartilaginoso / 88
 - Características generales del tejido óseo / 89
 - Clasificación del tejido óseo / 89
 - Estructura macroscópica de los huesos (sustancia ósea) / 90

- Médula ósea / 91
- Periostio, endostio y cartílago articular / 91
- Tipos de esqueleto en los animales (Filogenia) / 91
- Desarrollo del esqueleto en el humano (Ontogenia) / 91
- Formación de los huesos: osteogénesis / 92
- 21. *Sistema articular (Artrología)*
 - Concepto y funciones generales de las articulaciones / 93
 - Tipos de articulaciones en los animales (Filogenia) / 93
 - Desarrollo de las articulaciones en el humano (Ontogenia) / 93
 - Clasificación de las articulaciones / 93
 - Anatomía radiológica de las articulaciones / 99
 - Alteraciones de las articulaciones / 100
 - Orientaciones para el estudio de las articulaciones / 100
- 22. *Biomecánica articular*
 - Concepción filosófica del movimiento / 102
 - Concepto de biomecánica / 102
 - Movimientos mecánicos en los animales / 102
 - Sistema de palancas del aparato locomotor / 102
 - Factores que influyen en los movimientos articulares / 104
 - Clases de movimientos articulares / 104
 - Movimientos de deslizamiento / 104
 - Movimientos de rotación / 104
 - Movimientos angulares / 104
 - Movimientos de circunducción / 106
 - Otras clases de movimientos articulares / 106
- 23. *Esqueleto de la cabeza, huesos y articulaciones*
 - Características regionales del esqueleto de la cabeza / 107
 - Huesos del neurocráneo / 107
 - Huesos del viscerocráneo / 109
 - Articulaciones de la cabeza / 112
- 24. *Esqueleto de la cabeza en conjunto*
 - Aspecto general de la cabeza ósea / 114
 - Vistas superior y posterior / 114
 - Vista lateral / 115
 - Vista anterior / 116
 - Vista inferior / 117
 - Cara interna de la base craneal y de la calvaria / 118
 - Anatomía de superficie del esqueleto de la cabeza / 119
 - Anatomía radiológica del esqueleto de la cabeza / 120
 - Alteraciones del esqueleto de la cabeza / 121
- 25. *Esqueleto del cuello y tronco: huesos y articulaciones*
 - Características regionales del esqueleto del cuello y tronco / 123
 - Huesos de la columna vertebral / 123
 - Huesos del tórax / 126
 - Articulaciones de la columna vertebral / 127
 - Articulaciones de la columna vertebral con el cráneo / 129
 - Articulaciones del tórax / 130
- 26. *Esqueleto del cuello y tronco en conjunto*
 - Aspecto general de la columna vertebral / 132
 - Curvaturas de la columna vertebral / 132
 - Aspecto general del tórax óseo / 133
 - Anatomía de superficie del esqueleto del cuello y tronco / 134
 - Anatomía radiológica del esqueleto del cuello y tronco / 134
 - Alteraciones del esqueleto del cuello y tronco / 135
- 27. *Esqueleto de los miembros: huesos y articulaciones*
 - Características regionales del esqueleto de los miembros / 137
 - Huesos de los miembros superiores / 137

- Articulaciones de los miembros superiores / 140
- Huesos de los miembros inferiores / 144
- Articulaciones de los miembros inferiores / 147
- 28. *Esqueleto de los miembros en conjunto*
 - Aspecto general del esqueleto de los miembros / 151
 - Aspecto general de la pelvis ósea / 151
 - Pelvimetría y diámetros de la pelvis / 152
 - Aspecto general del pie óseo / 153
 - Anatomía de superficie del esqueleto de los miembros / 153
 - Anatomía radiológica del esqueleto de los miembros / 155
 - Alteraciones del esqueleto de los miembros / 157
- 29. *Parte activa del sistema osteomioarticular o sistema muscular (Miología)*
 - Concepto y funciones generales del músculo esquelético / 159
 - Porciones de los músculos esqueléticos / 159
 - Elementos auxiliares de los músculos esqueléticos / 159
 - Leyes de distribución de los músculos esqueléticos / 160
 - Acción muscular / 160
 - Clasificación y nomenclatura de los músculos / 160
 - Exploración muscular / 162
 - Alteraciones de los músculos esqueléticos / 162
 - Orientaciones para el estudio de los músculos / 162
- 30. *Estructura y desarrollo de los músculos*
 - Características generales del tejido muscular / 164
 - Clasificación del tejido muscular / 164
 - Composición de las fibras musculares / 166
 - Mecanismo de la contracción muscular / 166
 - Características de la contracción muscular / 167
 - Fuerza y trabajo muscular / 167
 - Origen y desarrollo del sistema muscular / 168
 - Inervación muscular / 168
- 31. *Músculos de la cabeza*
 - Características regionales de los músculos de la cabeza / 170
 - Músculos masticadores / 170
 - Músculos faciales o de la mímica / 171
 - Anatomía de superficie de la musculatura de la cabeza / 172
- 32. *Músculos del cuello*
 - Características regionales de los músculos del cuello / 173
 - Músculo superficial del cuello (platisma) / 173
 - Músculo esternocleidomastoideo / 173
 - Músculos anteriores del cuello / 174
 - Músculos profundos del cuello / 175
 - Músculos posteriores del cuello / 175
 - Anatomía de superficie de la musculatura del cuello / 175
- 33. *Músculos del tronco*
 - Características regionales de los músculos del tronco / 176
 - Músculos del dorso / 176
 - Músculos del tórax / 177
 - Diafragma / 178
 - Músculos del abdomen / 179
 - Regiones de la pared anterior del abdomen / 180
 - Canal inguinal / 181
 - Anatomía de superficie de la musculatura del tronco / 181
- 34. *Músculos de los miembros superiores*
 - Características regionales de los músculos de los miembros superiores / 183
 - Músculos del cinturón / 183
 - Músculos del brazo / 184
 - Músculos del antebrazo / 185
 - Músculos de la mano / 186

Anatomía de superficie de la musculatura de los miembros superiores / 187

Trastornos motores por lesiones nerviosas periféricas / 187

Trastornos sensitivos por lesiones nerviosas periféricas / 188

35. *Músculos de los miembros inferiores*

Características regionales de los músculos de los miembros inferiores / 190

Músculos del cinturón / 190

Músculos del muslo / 191

Músculos de la pierna / 192

Músculos del pie / 193

Anatomía de superficie de la musculatura de los miembros inferiores / 194

Trastornos motores por lesiones nerviosas periféricas / 194

Trastornos sensitivos por lesiones nerviosas periféricas / 195

PRÓLOGO

El desarrollo científico técnico ha provocado grandes problemas en la educación, con el aumento de los conocimientos, la creación de nuevas especialidades científicas, y el incremento de los contenidos en las disciplinas docentes ya existentes. Una vía para solucionar estos problemas de la educación está basada en la enseñanza integrada. Es evidente que el concepto de disciplina científica o especialidad, no es exactamente igual al de disciplina docente o asignatura; esta última no puede estar constituida sobre el principio de la totalidad de la ciencia, sino que toma de la anterior los conocimientos y métodos que son apropiados para transmitir las bases de la ciencia, de manera que garantice una formación general e integral de los estudiantes y les permita adaptarse rápido a las necesidades cambiantes del desarrollo social.

La disciplina de Morfología Humana que se imparte en el primer año de las especialidades de Licenciatura en Enfermería y Tecnología de la Salud en las Facultades de Ciencias Médicas de Cuba, se caracteriza porque los contenidos de las Ciencias Morfológicas se presentan interrelacionados, con el inconveniente hasta ahora de tener que utilizar como libros de textos básicos, los correspondientes a las disciplinas de Anatomía, Histología y Embriología, que se imparten de forma independiente en la especialidad de Medicina.

La elaboración de este material tiene como finalidad, dotar a la disciplina de Morfología Humana de un libro de texto básico apropiado, acorde con los objetivos de enseñanza y los programas de estudio propuestos, fundamentado en una concepción integrada de las Ciencias Morfológicas, con un enfoque sistémico y una secuencia lógica de su contenido. Se tratan los aspectos esenciales de las estructuras que componen el organismo humano desde el punto de vista macroscópico, microscópico y del desarrollo, de forma que permitan determinar las características generales de cada sistema orgánico y precisar las características particulares más importantes de los órganos que los componen; por lo tanto se evita el exceso de detalles. Además, se incorporan aspectos de la filogenia, anatomía de superficie y radiológica, morfología funcional y aplicada de importancia clínica. También se ha tratado de utilizar una redacción lo más clara, sencilla y armónica posible, con el empleo de la terminología morfológica internacional, y se agregaron los sinónimos más usuales. Las ilustraciones están basadas principalmente en cuadros sinópticos y dibujos esquemáticos en cantidad suficiente, para que puedan ser de utilidad a los estudiantes en las actividades prácticas y el estudio independiente.

Esta obra consta de dos tomos para facilitar su manipulación por los estudiantes, que se corresponden con los contenidos de las dos asignaturas que componen la disciplina de Morfología Humana. En el tomo I se desarrollan los temas de las generalidades de la Morfología Humana, del nivel celular y tisular y del período prenatal, así como los sistemas somáticos (tegumentario y osteomioarticular). El tomo II abarca los temas de la esplanología, que comprende los aparatos digestivo, respiratorio, urinario, reproductor y endocrino; además, incluye el aparato circulatorio, el sistema nervioso y los órganos de los sentidos.

De la numerosa bibliografía revisada por los autores se realizó una selección de aquellas obras que podrían constituir la literatura de consulta en esta disciplina, que se presenta al final del tomo II.

Los autores confían en que este libro de texto básico de Morfología Humana sea de gran utilidad a los estudiantes de las especialidades de Licenciatura en Enfermería y Tecnología de la Salud, a quienes está dirigido, pero también puede ser útil a los estudiantes de las especialidades de Medicina y Estomatología, incluso a todos los graduados de Ciencias Médicas, que encontrarán en esta obra una visión general e integral de la morfología del cuerpo humano de fácil revisión en sus aspectos fundamentales.

La confección de esta obra ha sido posible gracias al intercambio de experiencias con un numeroso grupo de compañeros, especialistas en las distintas ramas de las Ciencias Morfológicas y del Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas, quienes con sus orientaciones y consejos nos han brindado una extraordinaria ayuda. Además, los realizadores de este trabajo agradecen a los compañeros del Centro de estadísticas y computación aplicada a la Medicina (CECAM) por su colaboración en el pase a formato digital y reiteran las gracias a todos los que de una forma u otra contribuyeron a la edición de este libro.

LOS AUTORES

I GENERALIDADES DE LA MORFOLÓGICO

1. Introducción al estudio de la Morfología

Concepto de Morfología

La Morfología está constituida por un grupo de ramas científicas que estudian la estructura del organismo desde distintos puntos de vista: la Anatomía estudia la estructura macroscópica, la Histología la estructura microscópica, y la Embriología el origen y desarrollo prenatal de las estructuras del organismo. Además, la Morfología estudia los cambios que ocurren en las estructuras durante el período posnatal (Morfología por edades).

Concepción antigua y moderna de la Morfología

La *concepción antigua* de la Morfología se basaba solamente en el estudio de la forma del organismo y se limitaba a la descripción de las estructuras, adoptaba por tanto, una *posición metafísica*; método anticientífico que trata los problemas de la naturaleza y la sociedad como invariables y aislados unos de otros.

La *concepción moderna* de la Morfología no solo estudia la forma de la estructura del organismo, sino que además investiga sus funciones, desarrollo y relaciones con el medio que le rodea, o sea, que tiene un *enfoque dialéctico*.

Esta nueva concepción de la Morfología está fundamentada en la dialéctica materialista, base metodológica de todas las ciencias, que da una explicación científica del mundo, al considerarlo material y en constante movimiento, conforme a leyes.

Relaciones de la Morfología con otras ciencias

En primer lugar hay que destacar las relaciones que existen entre la Morfología y las Ciencias Sociales. Es

conocido que la Morfología agrupa varias ramas científicas biológicas; sin embargo, los factores sociales (condiciones de vida y trabajo) han sido fundamentales en el proceso de formación y desarrollo del hombre.

Al ampliarse los conocimientos científicos, la Morfología ha rebasado sus propios límites, al igual que otras ciencias, ha establecido relaciones con otras ramas de la Biología y en especial con la Medicina, ha estudiado aspectos específicos de estas ciencias, como la Morfología Funcional, la Morfología Clínica, la Anatomía de Superficie, la Anatomía Radiológica y la Anatomía Patológica (Morfología Patológica).

En las investigaciones sobre el desarrollo del organismo, la Morfología se relaciona con la Filogenia o evolución de las especies y la Ontogenia o evolución del individuo.

Importancia de la Morfología funcional

La Morfología y la Fisiología son ramas de la Biología (ciencia que estudia los seres vivos) que forman parte de las Ciencias Básicas Biomédicas.

La Morfología estudia fundamentalmente la estructura, es decir, la forma de organización de los sistemas orgánicos, mientras que la Fisiología estudia su función, o sea, las manifestaciones de las propiedades de cualquier estructura.

La separación de la Morfología y la Fisiología como ciencias independientes es por causa del gran desarrollo alcanzado por las Ciencias Biológicas, con el consiguiente aumento de conocimientos y el desarrollo y diversidad de técnicas que se emplean. Sin embargo, estas ramas de la Biología mantienen estrecha relación, ya que la estructura y la función son inseparables.

Los distintos niveles de organización en la estructura del organismo (células, tejidos, órganos, sistemas y aparatos) son formas diversas de la materia,

cuya propiedad fundamental es el movimiento o los cambios que ocurren en esta. Desde este punto de vista, la estructura representa la organización espacial de la materia en movimiento y la función expresa el movimiento o los cambios de la materia en el tiempo y el espacio.

Importancia de la Morfología clínica

El conocimiento de las estructuras normales del organismo y sus funciones, permite determinar las

posibles alteraciones producidas por cualquier afección y según sus características se podrá diagnosticar o identificar la enfermedad.

Los síntomas o manifestaciones apreciables de las alteraciones estructurales y funcionales podrán ser detectados mediante distintos métodos de investigación. Además, el conocimiento de las estructuras y sus funciones facilita la aplicación de diversos métodos, técnicas y procedimientos en el tratamiento de las enfermedades, así como en el mantenimiento de la salud del individuo.

2. Métodos de investigación

Métodos de investigación morfológica

La investigación macroscópica de las estructuras tradicionalmente se ha realizado mediante la disección en el cadáver, es decir, por cortes sobre este. También se han empleado los métodos de inyección de los sistemas tubulares (vasos, conductos, etc.) y las cavidades de órganos huecos, con colorantes y sustancias solidificables, o sea, de líquidos que se convierten en sólidos. Este último método se ha complementado con otras técnicas, como la corrosión, que consiste en la destrucción lenta de un tejido por la acción de alguna sustancia corrosiva (solución de ácidos o bases fuertes); por lo tanto queda un molde de la estructura sometida a esta técnica, al perderse la materia orgánica y permanecer solo la sustancia inyectada solidificada.

En las investigaciones microscópicas se emplean diversos tipos de microscopios con sus correspondientes técnicas; y en el estudio del desarrollo se practican con bastante frecuencia los experimentos, con la utilización principalmente de los animales.

Métodos de investigación clínica

El objeto más importante en la investigación morfológica es el hombre vivo y el método de investigación clínica que se utiliza con este objetivo es el examen físico del individuo, basado en la inspección, palpación, percusión, auscultación y las mediciones del cuerpo.

El examen físico se realiza durante la entrevista médico-paciente, mediante el interrogatorio, necesario para la confección de la historia clínica, en la cual el personal especializado se puede auxiliar de algunos

instrumentos como el estetoscopio, el esfigmomanómetro y el termómetro clínico. Para completar el examen, también se pueden emplear otros métodos de investigación diagnóstica, donde se usan medios tecnológicos como la oftalmoscopia, la electrocardiografía y la endoscopia o inspección de una cavidad u órgano tubular del cuerpo por medio de instrumentos ópticos apropiados. Además, existen los métodos de investigación imagenológica, como la radiografía y el ultrasonido, a los que se agregan otros medios técnicos más especializados, como la tomografía axial computadorizada y la resonancia magnética nuclear.

Importancia de la anatomía de superficie

Cuando se observa la superficie externa del cuerpo se distinguen en sus distintas regiones numerosas estructuras anatómicas, principalmente del aparato locomotor o sistema osteomioarticular (SOMA) que forman relieves en la piel (elevaciones y depresiones) y pueden ser notados a simple vista o por palpación. Esto permite la orientación en las distintas regiones del cuerpo y constituye puntos de referencia para localizar otras estructuras, tanto externas como internas.

El conocimiento de los detalles anatómicos que sirven de referencia en la superficie externa del cuerpo humano facilita al especialista la realización del examen físico del individuo, objeto de la investigación clínica y la aplicación de los métodos diagnósticos y terapéuticos que sean necesarios, y resultan de gran utilidad en la ubicación exacta de los puntos de acupuntura.

En la medida en que se avance en el estudio de esta disciplina se irán precisando los detalles anatómicos más sobresalientes en la superficie externa de cada región.

Importancia de la anatomía radiológica

Aunque la Radiología será motivo de estudios en años superiores de las especialidades de Ciencias Médicas, es necesario que el alumno comience a relacionarse con el método de investigación radiológica, que le permita aplicar sus conocimientos anatómicos e interpretar las imágenes radiográficas de las estructuras del cuerpo humano.

Los rayos X (Röntgen) son una forma de energía radiante electromagnética que se caracteriza porque tiene una longitud de onda muy corta, por lo tanto, son invisibles. Además, presentan otras propiedades que tienen su aplicación en la medicina, entre las que se destacan las de tipo físicas (de penetración y fluorescencia), química (fotoquímica) y biológica.

La *propiedad de penetración* es la facultad de atravesar los objetos, donde pierden parte de su energía que es absorbida por estos. Esta peculiaridad es la fundamental de los rayos X, mediante la cual es posible su utilización en la técnica radiológica y su estudio permite comprender otras propiedades de estos.

La *propiedad fluorescente* produce fulgor u ondas luminosas, visibles cuando los rayos X se proyectan sobre ciertas sales metálicas; constituye la base de la fluoroscopia (examen directo y dinámico con imágenes en positivo).

La *propiedad fotoquímica* provoca la impresión de imágenes en las placas o películas radiográficas, por alteración de las sales de plata que se hallan en esta (examen indirecto y estático con imágenes en negativo).

La *propiedad biológica* se debe a las modificaciones que provoca en las células, por lo que es empleada en la radioterapia y por su peligrosidad ha obligado a establecer medidas de protección al utilizarla.

Orientaciones para el examen radiográfico

Para realizar una radiografía hay que tener en cuenta 3 aspectos:

1. La región que se explora.
2. La posición radiológica.
3. La dirección de proyección del rayo central.

Un ejemplo de esto es la radiografía de la mano derecha, frontal y en proyección dorso palmar (fig. 2.1)

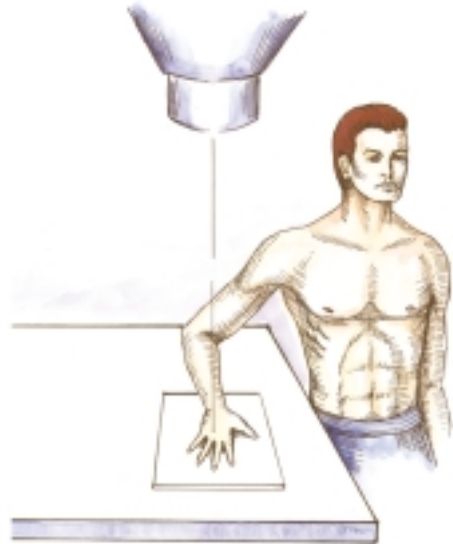


Fig. 2.1. Posición radiológica de la mano derecha.

En la posición radiológica (posición de la región del cuerpo, en relación con el plano de la placa) se coloca la parte que se desea explorar lo más cercana posible de la placa en el momento de realizar la radiografía, para reducir al mínimo la deformidad radiológica.

Para identificar una radiografía es necesario marcarla con el nombre de la institución donde se realiza, la fecha del examen y el número de la historia clínica de la persona. Además es importante señalar el lado de la región examinada (derecha o izquierda).

Para facilitar la observación de una radiografía es conveniente colocar la placa en un negatoscopio, y suponer al individuo situado frente a nosotros teniendo en cuenta la posición anatómica y radiológica (fig. 2.2).

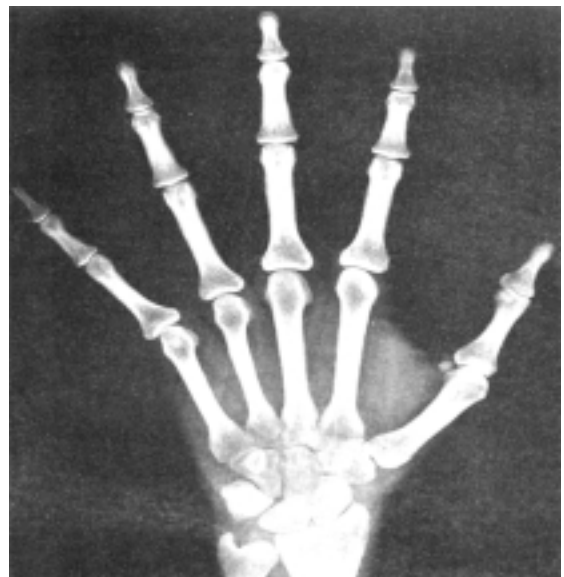


Fig. 2.2. Radiografía de la mano derecha frontal dorso palmar (de adulto).

En las radiografías simples de cualquier región del cuerpo se observan imágenes con distintas tonalidades (negro, gris y blanco), que indican el grado de absorción de los rayos X por los tejidos. En el *lenguaje radiológico* se denomina *radiotransparencia* a las áreas de tonalidad negra correspondientes a elementos que no absorben los rayos X, como el aire y el tejido adiposo. La radioopacidad presenta la tonalidad blanca, característica de las estructuras que tienen mayor densidad y por lo tanto, mayor absorción de los rayos X, como los huesos. El *grado intermedio* se expresa en tonos grises, propio de los músculos y cartílagos.

En ocasiones es conveniente resaltar la diferencia de tonalidades de una imagen radiográfica para facilitar la observación de determinadas estructuras, para lo que se utilizan exámenes contrastados, con el empleo de sustancias radiotransparentes como el aire y radioopacas como el bario y los compuestos yodados.

Métodos de investigación microscópica

Para estudiar las estructuras de las células y los tejidos se utilizan los instrumentos ópticos de amplificación o microscopios, que permiten ver aumentados y con claridad los objetos pequeños e invisibles a simple vista.

La agudeza visual o capacidad que tiene el órgano de la vista de percibir con nitidez los detalles y contornos de los objetos es limitada. El ojo humano es capaz de discriminar 2 puntos que se encuentran separados por una distancia mayor que 0,1 mm. En tanto, los microscopios tienen un poder de resolución mayor, es decir, que por medio del sistema óptico que poseen se pueden distinguir separados 2 puntos muy cercanos.

Entre los instrumentos ópticos de amplificación se conoce como microscopio simple a la lupa, que está constituida por una lente convergente, de foco corto; mientras que el microscopio compuesto está formado por varios sistemas de lentes, que ha perfeccionado el hombre en su afán de profundizar en el estudio y la investigación microscópica.

En la actualidad existen diversos tipos de microscopios compuestos que se pueden clasificar de acuerdo con la fuente de iluminación que emplean y estos a su vez pueden presentar modificaciones que les proporcionan cualidades específicas. Por ejemplo:

- El *microscopio óptico de luz o campo brillante* utiliza la luz natural o artificial y es el más usado en Biología, con preparaciones teñidas.

- El *microscopio óptico de contraste de fase* incluye un dispositivo especial en el sistema óptico, que asegura el contraste necesario de las estructuras no teñidas, y resulta de utilidad para estudiar las células vivas.
- El *microscopio óptico de rayos ultravioletas* tiene lentes de cuarzo y se emplea en las técnicas de fluorescencia, que son de gran utilidad en los trabajos de genética para observar los cromosomas.
- El *microscopio electrónico* tiene como fuente de iluminación un haz de electrones con una longitud de onda muy corta, que le proporcionan un alto poder de resolución. Permite la observación de estructuras que no pueden ser vistas con los microscopios ópticos.

Partes de un microscopio óptico

En general, el microscopio óptico consta de 3 partes: mecánica, sistema óptico y sistema de iluminación (fig. 2.3).

La *parte mecánica* está compuesta por la base o pie y el soporte, columna o brazo que sostiene las otras partes del microscopio o sea, el sistema óptico y el sistema de iluminación complementados por la platina y el mecanismo de enfoque.

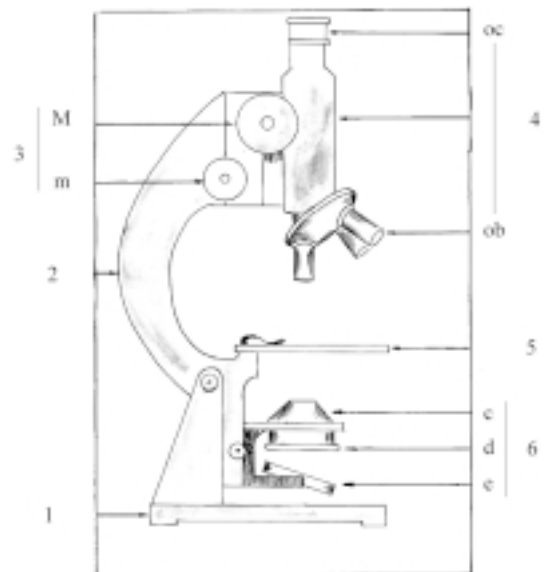


Fig. 2.3. *Microscopio óptico. 1. base, 2. soporte, 3. mecanismo de enfoque, M. macrométrico, m. micrométrico, 4. tubo con sistema óptico, oc: ocular, ob: objetivos montados en el revolver, 5. platina, 6. sistema de iluminación, c) condensador, d) diafragma, e) espejo.*

El *sistema óptico* está situado hacia arriba y está formado por 2 sistemas de lentes que se disponen en los extremos de un tubo. En el extremo superior se colocan las lentes oculares y en su extremo inferior las lentes objetivos. Estas últimas están montadas en un disco giratorio llamado revólver, que permite cambiar de posición los distintos objetivos que posee (panorámico, de menor y mayor aumento y de inmersión).

El *sistema de iluminación* está situado hacia abajo y constituido por un espejo que refleja los rayos luminosos provenientes de la fuente de luz (en los microscopios modernos no se utiliza), el diafragma o iris que regula el diámetro del haz luminoso, la lente del condensador que concentra los rayos luminosos en la preparación u objeto motivo de estudio y el anillo portafiltro donde se colocan los filtros de luz que dejan pasar las radiaciones más convenientes, según el examen que se realiza.

La *platina* está situada en el medio, entre los 2 sistemas antes mencionados (óptico y de iluminación) y consiste en una placa metálica donde se coloca el objeto. Esta placa puede ser fija o móvil y presenta en su centro un orificio por donde pasan los rayos luminosos. Además tiene un dispositivo fijador para sostener el objeto.

El *mecanismo de enfoque* está compuesto por 2 tornillos que actúan por un sistema de cremallera, y hacen ascender o descender el tubo o la platina según el tipo de microscopio. El tornillo macrométrico produce un movimiento rápido y un enfoque aproximado. El tornillo micrométrico produce un movimiento lento y un enfoque exacto.

Para calcular el aumento del microscopio en diámetros se multiplica el valor de la amplificación de la lente objetivo por el valor de la lente ocular, que están marcados en estas lentes. Por ejemplo: si el aumento del ocular es (10x) y el aumento del objetivo es (40x), el aumento total es de (400x).

Orientaciones para el uso del microscopio

Al utilizar el microscopio óptico es conveniente para lograr un uso adecuado tener en cuenta las orientaciones siguientes:

- *Elegir la fuente luminosa*, que puede ser la luz natural o artificial. Si la fuente luminosa es natural (sol) se emplea el espejo plano para reflejar la luz hacia el sistema óptico. Si la fuente luminosa es artificial (lámpara de 40 watts) se utiliza el espejo cóncavo que se debe situar a unos 30 cm aproximadamente de la lámpara.

- *Centrar el haz de luz*, observando con el objetivo de menor aumento, moviendo el espejo, abriendo y cerrando el diafragma, subiendo y bajando el condensador.
- *Examinar la preparación a simple vista* para valorar sus cualidades.
- *Colocar la preparación sobre la platina* con el cubreobjeto hacia arriba en aquellos que lo poseen y moverla en todas las direcciones, apoyando las yemas de los dedos pulgares sobre los extremos de la preparación y manteniendo los otros dedos debajo de la platina, hasta colocarla en su centro óptico; se fijan con las pinzas.
- El *enfoque aproximado* se hace bajando el tubo del microscopio o subiendo la platina (según el tipo de microscopio). Para realizar esta maniobra se gira el tornillo de enfoque macrométrico o de enfoque rápido, mirando por un lado hasta que la lente objetivo de menor aumento quede cerca de la preparación, pero sin tocarla. Nunca se debe realizar esta maniobra mirando por el ocular. Luego, observando por la lente ocular se realiza un movimiento lento de desplazamiento con el tornillo de enfoque macrométrico hasta lograr el enfoque aproximado.
- El *enfoque preciso* se realiza cuidadosamente girando lento el tornillo de enfoque micrométrico.
- *Cambiar las lentes objetivos para mayor aumento* moviendo el revólver, con el cual se logra un enfoque aproximado, que luego se ajusta con el tornillo de enfoque micrométrico. En algunos microscopios, al hacer esta maniobra es necesario separar el tubo de la preparación y volver a enfocar.
- Cuando se utiliza el *objetivo de inmersión en aceite* es necesario interponer entre el objetivo y la preparación una gota de aceite de cedro. Luego se baja el tubo o se sube la platina (según el tipo de microscopio), mirando lateralmente hasta que la lente del objetivo contacte o se moje con el aceite. Después, observando por el ocular se sube lentamente el tubo hasta enfocar la preparación. Terminada la observación debe limpiarse con cuidado la lente y la preparación para eliminar el aceite de cedro.

Técnicas de preparaciones histológicas

La preparación del material biológico muerto consta de 4 pasos fundamentales:

1. Fijación.
2. Inclusión.
3. Corte.
4. Coloración.

La *fijación* tiene la finalidad de conservar las células para evitar su autólisis o descomposición y además endurece el tejido al coagular las proteínas que contiene. Esto se logra utilizando sustancias químicas (formol, alcohol, tetraóxido de osmio, etc.) o agentes físicos como el frío y el calor.

La *inclusión* se realiza para que el tejido tenga suficiente firmeza al cortarse y se logra con la sustitución del agua que contiene por una sustancia que le dé rigidez y evite que se deforme. Esto se obtiene procesando el material con alcoholes de gradación creciente que luego son sustituidos por solventes orgánicos como el xilol y la acetona. Por último se incluye el tejido en parafina para la microscopía óptica (M/O) y en resinas sintéticas para la microscopía electrónica (M/E).

En el *corte* del material incluido se utilizan equipos especiales. Para la microscopía óptica se emplea el micrótopo que tiene cuchillas de acero y para la microscopía electrónica se utiliza el ultramicrótopo que emplea cuchillas de vidrio o diamante. Los cortes que se obtienen para la microscopía óptica se montan en unas láminas de vidrio (portaobjetos) y para la microscopía electrónica en unas rejillas metálicas pequeñas que presentan perforaciones, las cuales permiten el paso del haz de electrones.

Los *colorantes* que se emplean corrientemente en las preparaciones histológicas para la microscopía óptica son sales neutras que presentan radicales ácidos y básicos. Una coloración de uso frecuente, que emplea ambos tipos de colorantes es la hematoxilina-eosina (H/E). La hematoxilina es un colorante básico que tiñe de azul al núcleo y algún organito citoplasmático (basófilo) y la eosina es un colorante ácido que tiñe de rosado al citoplasma (acidófilo), excepto en las células secretoras de proteínas, cuyo citoplasma es basófilo, rico en ácidos ribonucleicos (ARN). En los métodos tricrómicos (*Mallory* y *Masson*) se incluyen varios colorantes y se utilizan para observar las fibras del tejido conectivo. La técnica que emplea sales de plata impregna de negro o carmelita las estructuras nerviosas.

En la microscopía electrónica, el fenómeno fundamental que permite la visualización de las estructuras está dado por la dispersión electrónica provocada por los elementos químicos que componen las estructuras de la muestra, los cuales tienen poco peso atómico (tetraóxido de osmio y sales de uranio) que provocan mayor dispersión y por lo tanto, proporcionan un contraste entre las diferentes zonas.

En la investigación microscópica también existen otras técnicas especiales como la histoquímica, la autorradiografía y los cultivos de tejidos.

3. El cuerpo humano

Concepto de organismo

El organismo es el conjunto de partes organizadas u órganos que constituyen el cuerpo de los seres vivos.

El organismo es considerado como la forma superior de la evolución de la materia, compuesta sobre todo por macromoléculas biológicas. Es un sistema históricamente formado, íntegro, en continua variación y estrecha relación con el medio circundante, que presenta una estructura y un desarrollo particular.

Niveles de organización del organismo humano

El organismo humano está compuesto por diferentes estructuras, reunidas en un todo único, que representan distintos niveles de organización de la materia viva. Estas estructuras son las células, los tejidos, los órganos, los sistemas y los aparatos.

La *célula* es la unidad estructural y funcional del organismo.

El *tejido* está formado por la agrupación de células que tienen un origen, estructura y función similar, las cuales están unidas por la sustancia intercelular. En el cuerpo humano se conocen 4 grupos de tejidos básicos: epitelial, conectivo (conjuntivo), muscular y nervioso.

El *órgano* está integrado por tejidos que tienen funciones específicas y poseen una forma y posición determinadas en el cuerpo.

Los *sistemas* y *aparatos* están integrados por un conjunto de órganos que realizan una función común. Se distingue en general como sistema al conjunto de órganos semejantes por su estructura y origen, aunque estos términos se pueden utilizar indistintamente.

Sistemas y aparatos del organismo humano

Los sistemas y aparatos del organismo humano se pueden clasificar de acuerdo con sus funciones en 4 grupos:

1. Somáticos o de la vida animal (tegumentario y locomotor).
2. Viscerales o de la vida vegetativa (digestivo, respiratorio, urogenital, y endocrino).
3. Circulatorio (vascular, sanguíneo y linfático).
4. Nervioso (central y periférico), íntimamente relacionado con los órganos de los sentidos.

El *sistema tegumentario* formado por la piel y sus anexos (uñas, pelos, glándulas sebáceas y sudoríparas) cubre la superficie externa del cuerpo, la protege y excreta sustancias de desecho.

El *sistema osteomioarticular* (SOMA), también conocido como aparato locomotor, está formado por el *sistema óseo articulado* o esqueleto, y el *sistema muscular esquelético*. Este conjunto de órganos realiza las funciones de sostén, protección y biomecánica, consistente en el movimiento y equilibrio del cuerpo, incluido la postura corporal.

El *aparato o sistema digestivo* está formado por el canal alimentario y sus glándulas anexas (salivales, hígado y páncreas) y el *aparato o sistema respiratorio* está compuesto por las vías respiratorias y los pulmones. Ambos aparatos participan en el proceso fundamental que caracteriza la vida, es decir, el metabolismo o intercambio con el medio ambiente donde participan un conjunto de reacciones químicas, que reciben del exterior las sustancias alimenticias y el oxígeno y eliminan las sustancias de desecho. Este proceso representa una unidad dialéctica de manifestaciones antagónicas, la asimilación (anabolismo) y desasimilación (catabolismo).

El *aparato* o *sistema urogenital* está constituido por los órganos urinarios que producen orina, mediante la cual se excretan sustancias de desecho, y los órganos genitales que intervienen en el mantenimiento de la especie mediante la reproducción y tienen características diferentes según el sexo.

El *aparato* o *sistema endocrino* está formado por las glándulas sin conductos que elaboran hormonas, las cuales se vierten en la sangre y ejercen la regulación química de los procesos metabólicos del organismo.

El *aparato* o *sistema circulatorio* está compuesto por el sistema vascular sanguíneo (cardiovascular) y el sistema linfático, por donde circulan la sangre y la linfa, que transportan sustancias que intervienen en el metabolismo del organismo.

El *sistema nervioso* formado por una parte central (encéfalo y médula espinal) y por otra periférica (nervios, ganglios y terminaciones nerviosas) realiza la regulación nerviosa de todos los procesos del organismo, al garantizar su integración y su relación con el medio circundante. Los órganos de los sentidos reciben o captan los estímulos procedentes del medio externo e interno del organismo y los transforman en impulsos nerviosos que se transmiten al sistema nervioso central.

Integridad del organismo humano

El organismo humano constituye un todo único cuya integridad está asegurada por la asociación de las diferentes estructuras que lo componen, unidas por medio del tejido conectivo, los líquidos circulantes y el sistema nervioso.

Además, la integridad del organismo consiste en la unidad de lo psíquico y lo somático. El materialismo dialéctico considera que la conciencia es un fenómeno espiritual, psíquico, como una propiedad de la materia altamente desarrollada, es decir, del cerebro humano; por lo tanto, no hay psiquis aislada del cuerpo. Por el contrario, el idealismo separa el espíritu del cuerpo, y los considera independientes.

Relaciones del organismo con el medio que lo rodea

Otra cuestión de suma importancia es la estrecha relación que existe entre el organismo y el medio que lo rodea. Las variaciones del medio circundante provocan alteraciones en el organismo, que se adapta a las condiciones del medio e inversamente, por la influencia del organismo en desarrollo varía también el medio que lo rodea.

Las condiciones de existencia de los animales constituyen su medio biológico. En el hombre, además del medio biológico, tiene gran importancia el medio social, es decir, las condiciones de vida y de trabajo. Por lo tanto, el hombre no es un ser propiamente biológico, sino un ser biosocial, en el que influyen los factores socioeconómicos de la sociedad y las relaciones de producción que en esta imperan.

Regiones del cuerpo humano

Para facilitar el estudio del cuerpo humano y poder precisar su descripción, este se divide imaginariamente en diferentes regiones.

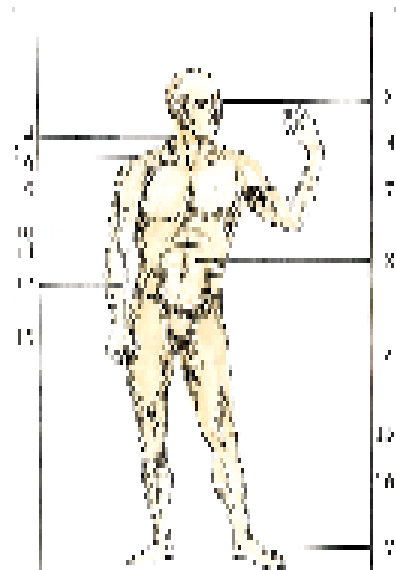


Fig. 3.1. *Regiones del cuerpo humano. Vista anterior.*
 1. cráneo, 2. cara, 3. cervical anterior, 4. esternocleidomastoidea, 5. cervical lateral, 6. cervical posterior, 7. pectoral, 8. abdominal, 9. deltoidea, 10. brazo, 11. codo, 12. antebrazo, 13. mano, 14. muslo, 15. rodilla, 16. pierna, 17. pie.

Las grandes regiones o partes del cuerpo humano son: cabeza, cuello, tronco, miembros superiores y miembros inferiores. Cada una de estas partes o regiones del cuerpo se subdividen en otras cada vez más pequeñas, que corresponden a la superficie externa de este. Las más importantes son las siguientes (figs. 3.1 y 3.2):

La cabeza se divide en 2 regiones: cráneo y cara.

En el cuello se observan las regiones: anterior, esternocleidomastoidea, laterales y posterior.

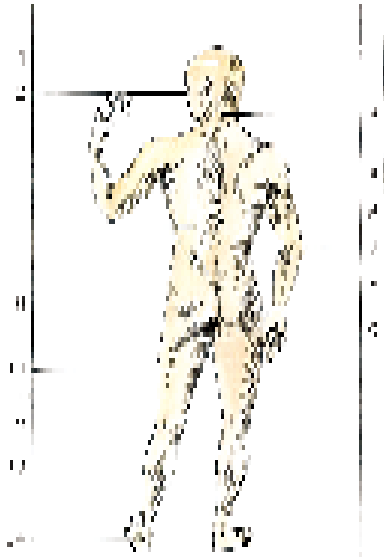


Fig. 3.2. Regiones del cuerpo humano. Vista posterior
1. cráneo, 2. cara, 3. cervical posterior, 4. dorso del tronco, 5. deltoidea, 6. brazo, 7. codo, 8. antebrazo, 9. mano, 10. glútea, 11. muslo, 12. rodilla, 13. pierna, 14. pie.

En el tronco se distinguen las regiones: dorsal, pectoral, abdominal y perineal.

Los miembros superiores cuentan con 5 regiones en cada lado, que se nombran: deltoidea o del hombro, brazo, codo, antebrazo y mano. En esta última se destacan el dorso y la palma. Además, se subdivide en 3 porciones: carpo, metacarpo y dedos. Los dedos se denominan pulgar, índice, medio, anular y meñique.

Los miembros inferiores también tienen 5 regiones en cada lado, llamadas: glútea o cadera, muslo, rodilla, pierna y pie. En el pie se distinguen el dorso y la planta y se subdivide en 3 porciones: tarso, metatarso y dedos que se nombran por orden numérico a partir del dedo grueso (primero, segundo, tercero, cuarto y quinto).

En el cuerpo humano existen cavidades donde se alojan órganos de importancia, también conocidos como vísceras. En la cabeza se encuentra la cavidad craneal, que protege el encéfalo y en el tronco se hallan las cavidades torácica, abdominal y pelviana. En la cavidad torácica se destacan algunas vísceras como el corazón y los pulmones. En la cavidad abdominal se distinguen los órganos del aparato digestivo, como el estómago e intestinos y las glándulas anexas a este aparato, o sea, el hígado y el páncreas. También se localizan en esta cavidad los órganos urinarios (riñones y uréter) y el bazo. En la cavidad pelviana se encuentran los órganos correspondientes a los aparatos digestivo (recto) y urogenital (útero, tubas uterinas y ovarios en la hembra, próstata, vesículas seminales y parte de las vías espermáticas en el varón y vejiga urinaria en ambos).

Tipos constitucionales del cuerpo humano

Al hacer un estudio detallado de los individuos se descubren diferencias entre ellos. Estas diferencias aportan la base para el estudio de la constitución del cuerpo humano, que puede definirse como el conjunto de cualidades morfológicas, fisiológicas e incluso psicológicas que caracterizan a cada individuo, las cuales están determinadas por factores internos (genéticos) y externos (ambientales). Estos conocimientos son de gran importancia en las ciencias médicas, ya que pueden servir de base en el diagnóstico y pronóstico de las enfermedades.

Las clasificaciones de los tipos constitucionales (biotipo) son numerosas. Una forma sencilla de clasificarlos es desde el punto de vista morfológico, al considerar 3 tipos (Pende) (fig. 3.3):

1. Longilíneos de crecimiento predominante en longitud, con el aspecto general delgado y alargado.
2. Brevilíneos de crecimiento preponderante en anchura, con el aspecto general grueso y corto.
3. Mesolíneos ocupan una posición intermedia entre los 2 tipos anteriores.

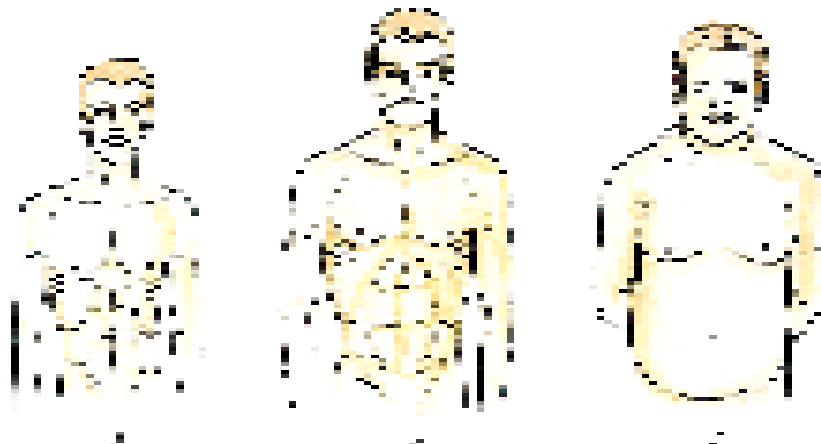


Fig. 3.3. Tipos constitucionales. A. longilíneo, B. mesolíneo, C. brevilíneo.

4. Terminología morfológica

Importancia de la terminología morfológica

La terminología morfológica es el conjunto de términos técnicos empleados para designar las estructuras que componen el organismo. La mayoría de estos términos derivan del griego y el latín y en general indican la semejanza o relación de las estructuras con algún objeto o fenómeno, o sus relaciones espaciales.

Las estructuras del organismo recibían diversas denominaciones antiguamente, según los criterios de los especialistas de cada país, lo que dio como resultado una gran cantidad de términos sinónimos que provocaban confusión. Por este motivo, fue necesario aunar criterios de los morfólogos de varios países para llegar a un acuerdo internacional en este aspecto y elaborar la nómina morfológica, que requiere un continuo perfeccionamiento, si se tienen en cuenta los avances de la ciencia y la experiencia adquirida en el transcurso de los años.

La terminología morfológica da origen a una parte de los términos usados en las ciencias médicas, por lo que su conocimiento es indispensable para facilitar la comprensión e interrelación de la literatura médica universal. Además, comprende una serie de términos de orientación que permiten precisar la posición de los distintos órganos y partes del cuerpo.

Posición anatómica

El examen físico de una persona puede hacerse en distintas posiciones, aunque generalmente el individuo se encuentra acostado sobre la cama (posición de decúbito), pero siempre, para designar cualquier parte

del cuerpo, se presupone a la persona en posición anatómica.

En la posición anatómica se considera al cuerpo humano en posición vertical o de pie, frente a nosotros, con la mirada fija en el horizonte; los miembros inferiores juntos con los pies paralelos, mientras que los miembros superiores cuelgan a ambos lados del cuerpo, con las palmas de las manos orientadas hacia delante (fig. 4.1).

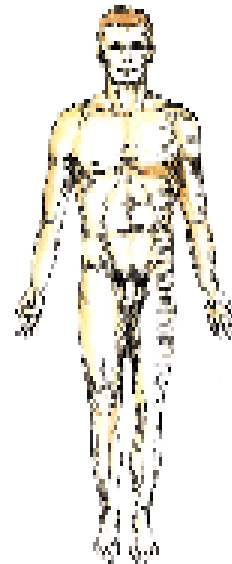


Fig. 4.1. Posición anatómica.

Ejes del cuerpo humano

Los ejes del cuerpo humano son líneas imaginarias que atraviesan al cuerpo, los cuales se emplean para estudiar la mecánica articular, al suponer que todo cuerpo gira alrededor de un eje.

En general se utilizan los términos *longitudinal* y *transversal*, cuando los ejes son paralelos y perpendiculares a la longitud del cuerpo o a una parte de este (cualquier estructura u órgano), respectivamente (fig. 4.2).

Los ejes fundamentales del cuerpo humano son 3, se caracterizan porque son perpendiculares entre sí y reciben nombres relacionados con alguna estructura (fig. 4.3):

- El *eje sagital* es paralelo al suelo y a la sutura sagital del cráneo (entre los huesos parietales).

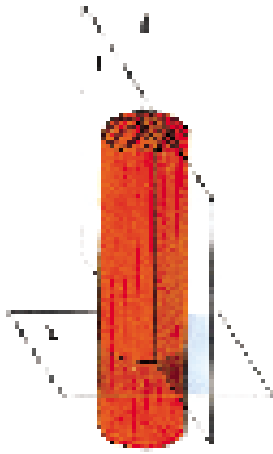


Fig. 4.2. Ejes y planos generales. 1. eje y plano longitudinales, 2. eje y plano transversales.

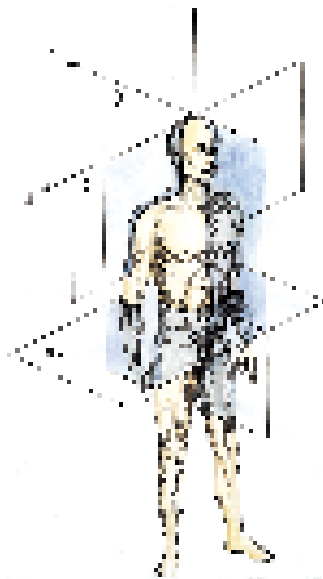


Fig. 4.3. Ejes y planos fundamentales del cuerpo humano. 1. eje vertical, 2. eje y plano sagital, 3. eje y plano coronal o frontal, 4. plano horizontal.

- El *eje coronal* o *frontal* es paralelo al suelo y a la sutura coronal del cráneo (entre los huesos parietales y el frontal).
- El *eje vertical* es perpendicular al suelo y paralelo a la longitud del cuerpo.

Además, existen ejes oblicuos que presentan direcciones variables, intermedias, entre los ejes fundamentales.

Planos del cuerpo humano

Los planos del cuerpo humano son superficies imaginarias que cortan al cuerpo y se utilizan para estudiar las estructuras situadas en un mismo nivel. Por lo tanto, cuando se practican varios cortes en diferentes niveles de un órgano, se observan distintas impresiones en su estructura, como ocurre en la tomografía.

En general y de forma semejante que en los ejes, también se emplean los términos *longitudinal* y *transversal* cuando los planos son paralelos y perpendiculares a la longitud del cuerpo o parte de este (cualquier estructura u órgano), respectivamente (fig. 4.2).

Los planos fundamentales del cuerpo humano son 3 y se caracterizan, al igual que los ejes, porque son perpendiculares entre sí y adoptan nombres relacionados con determinadas estructuras; pero tienen la particularidad que cada uno de ellos divide al cuerpo en 2 partes (fig. 4.3).

El *plano sagital* es perpendicular al suelo y paralelo a la sutura sagital del cráneo, divide el cuerpo humano en 2 partes: derecha e izquierda. Si este plano pasa por el medio del cuerpo y lo divide en 2 mitades simétricas, es denominado plano medio.

El *plano coronal* o *frontal* es perpendicular al suelo y paralelo a la sutura coronal del cráneo, divide el cuerpo humano en 2 partes: anterior y posterior.

El *plano horizontal* es paralelo al suelo o al horizonte y divide el cuerpo en 2 partes: superior e inferior.

También existen otros planos llamados *oblicuos* que se disponen entre los planos fundamentales.

Términos generales

Los términos generales indican la situación y dirección de las distintas partes del cuerpo humano y son necesarios para determinar la orientación en el estudio morfológico. Estos términos se usan en un sentido

relativo, teniendo en cuenta los ejes y planos fundamentales del cuerpo. Por ejemplo: el ombligo es superior en relación con la rodilla, pero es inferior en relación con la nariz.

Los términos generales del cuerpo humano más importantes son los siguientes:

- Términos relativos al plano horizontal: *superior* e *inferior*.
- Términos relativos al plano coronal o frontal: *anterior* y *posterior*.
- Términos relativos al plano sagital: *derecho* e *izquierdo*.
- Términos relativos al plano medio: *medio* o *mediano* (coincide con el plano medio), *lateral* (alejado del plano medio) *medial* (cercano al plano medio) e *intermedio* (entre 2 puntos, lateral y medial) (fig. 4.4).

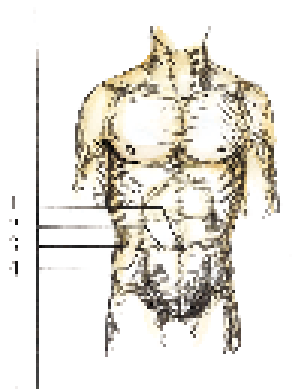


Fig. 4.4. Términos relativos al plano medio del cuerpo. 1. medio, 2. medial, 3. lateral, 4. intermedio.



Fig. 4.5. Términos relativos a órganos huecos y macizos. Cortes de: A. órgano macizo (hígado), B. órgano hueco (estómago), Términos: 1. superficial, 2. profundo, 3. externo, 4. interno.

- Los términos *externo* e *interno* se usan con preferencia para determinar las estructuras situadas en las paredes de las cavidades corporales o de los órganos huecos (fig. 4.5)
- Los términos *superficial* y *profundo* se emplean para indicar con precisión las estructuras situadas en el espesor de los órganos macizos (fig. 4.5).

Términos relativos a los miembros

Los términos relativos a los miembros que más se utilizan son los siguientes (fig. 4.6):

- Términos relativos al punto de fijación de los miembros con el tronco: *proximal* y *distal*.
- Términos relativos a los huesos del antebrazo: *radial* (lateral) y *ulnar* (medial).
- Términos relativos a los huesos de la pierna: *fibular* (lateral) y *tibial* (medial).
- Términos relativos a la mano: *palmar* (anterior) y *dorsal* (posterior).
- Términos relativos al pie: *plantar* (inferior) y *dorsal* (superior).

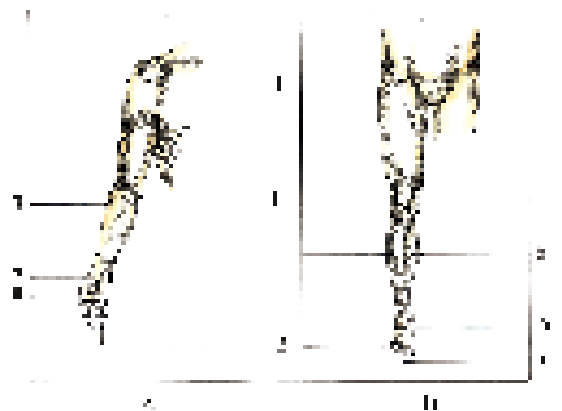


Fig. 4.6. Términos relativos a los miembros. A. miembro superior derecho, B. miembro inferior derecho, 1. proximal, 2. distal, 3. radial, 4. ulnar, 5. fibular, 6. tibial, 7. dorso de la mano, 8. palma de la mano, 9. dorso del pie, 10. planta del pie.

Términos de la Anatomía Comparada y Embriología

En la Anatomía Comparada y la Embriología se usan algunos términos diferentes a los empleados en

la Anatomía Humana, porque existen animales como los cuadrúpedos que adoptan otra posición y lo mismo ocurre con el embrión situado en la cavidad uterina.

Los términos que más se utilizan en estas ramas científicas son los siguientes: *cranial* (superior), *caudal* (inferior), *ventral* (anterior), *dorsal* (posterior) y *rostral* (relativo al rostro o región ventral del cráneo).

Orientación en el cuerpo humano

Para orientarse en el cuerpo humano con el objetivo de determinar la situación de los órganos y las estructuras que lo componen, es conveniente aplicar

un sistema de operaciones que se resumen en los pasos siguientes:

- Determinar la región del cuerpo donde se encuentra el órgano o estructura a estudiar y los términos principales de orientación que se van a utilizar.
- Si es un órgano o estructura impar se debe precisar si está en el plano medio de la región correspondiente y luego determinar si se halla hacia la parte anterior o posterior, superior o inferior, o en el centro de dicha región. Si es un órgano impar, pero no está situado en el plano medio, se utilizan los términos derecho e izquierdo.
- Si es un órgano par no se utiliza el término medio, pueden emplearse 3 posibilidades, anterior o posterior, superior o inferior y lateral o medial.

5. Elementos básicos de Citología

Concepto y niveles de organización de la materia

Una interpretación simplista es considerar la materia como todo aquello que se ve y palpa. Es decir, todo objeto que puede ser captado por los órganos de los sentidos.

Desde el punto de vista filosófico, el concepto de materia se ha expresado de formas diferentes, según las concepciones del idealismo y el materialismo acerca del problema fundamental de la filosofía, es decir, la relación entre lo material y lo espiritual (del ser y el pensar). De acuerdo con la filosofía idealista la materia tiene un carácter secundario, creada por la conciencia.

Según la filosofía materialista dialéctica, contrariamente, la materia tiene un carácter primario, es la realidad objetiva, en constante movimiento, que existe en el espacio y en el tiempo, independiente de la conciencia. Por lo tanto, la materia es indestructible, eterna e infinita y está en constante movimiento. Además, la materia es reflejada por la conciencia y puede ser percibida o no por el hombre, en dependencia de la forma de manifestarse y las limitaciones de los órganos de los sentidos.

Estas concepciones del materialismo dialéctico están confirmadas por numerosos descubrimientos científicos, entre los que se destacan: la ley de la conservación de la energía, la teoría celular y la teoría de la evolución.

El movimiento de la materia se manifiesta de diferentes formas, entre las cuales existe una estrecha relación; las fundamentales son: la física, química, biológica y social.

Además, la materia tiene distintos niveles de organización que se caracterizan por presentar propiedades cualitativamente diferentes. Los principales son el subatómico, atómico, molecular, celular,

organismo pluricelular, especie, población, comunidad y mundo biológico.

El *nivel subatómico* está constituido por las partículas del átomo (protones, neutrones, electrones, etc.).

El *nivel atómico* está representado por los elementos químicos (hidrógeno, oxígeno, sodio, etc.).

El *nivel molecular* está representado por compuestos químicos formados por las reuniones de átomos (agua, cloruro de sodio, etc.).

El *nivel celular* surge por la interacción de agregados moleculares que se organizan formando el protoplasma, compuesto principalmente por macromoléculas biológicas como las proteínas y los ácidos nucleicos, que constituyen la base fundamental de la materia viviente. Por lo tanto, la vida surge al formarse la célula, como consecuencia de un largo y complejo proceso evolutivo de la materia.

Entre los organismos celulares se distinguen 2 grupos: procariotas y eucariotas. Las células procariotas son formas celulares primitivas como las bacterias, que se caracterizan porque no tienen envoltura nuclear, por lo que el material nuclear se encuentra disperso en el citoplasma. Las células eucariotas tienen la estructura típica de las células vegetales y animales, compuestas por citoplasma y núcleo bien definido.

También existe materia viviente que carece de estructura celular, y representa un subnivel precelular. Por ejemplo: los virus que actúan como parásitos intracelulares y son causantes de enfermedades como la gripe, el sarampión, la viruela, la rabia, la poliomielitis, la encefalitis, el SIDA, etc.

El *nivel de organismo pluricelular* aparece por la asociación de células que forman tejidos, órganos y sistemas o aparatos, los cuales aisladamente no tienen vida propia, pero en conjunto funcionan coordinadamente y forman un complejo estructural viviente.

El *nivel de especie* es el conjunto de organismos semejantes, que constituyen la unidad básica de las clasificaciones biológicas.

El *nivel de población* es el conjunto de organismos semejantes, o sea, de la misma especie, que conviven en un área determinada. La sociedad es un tipo de población altamente organizada.

El *nivel de comunidad* es el conjunto de poblaciones de distintas especies que habitan en un área específica.

El *nivel del mundo biológico o biosfera* es el conjunto de todas las comunidades que existen en el planeta.

Concepto y composición química del protoplasma

El protoplasma es un término general que ha sido utilizado para nombrar el contenido de las células (Purkinje), considerado como la base física de la vida (Huxley).

El protoplasma es un sistema disperso heterogéneo, en estado coloidal, porque las macromoléculas (proteínas, ácidos nucleicos y polisacáridos) que forman parte del protoplasma, se encuentran dispersas en el líquido intracelular (agua) y la mayoría no se difunde a través de las membranas orgánicas.

Los componentes químicos del protoplasma se clasifican en inorgánicos y orgánicos, cuyas proporciones pueden variar dependiendo de múltiples factores. Entre los componentes inorgánicos se encuentran el agua (80 %) y los minerales (1 %); y entre los componentes orgánicos se destacan las proteínas (15 %), los lípidos (3 %) y los glúcidos (1 %).

El *agua* es el componente químico más abundante del protoplasma. Actúa como solvente natural de los minerales y otras sustancias, permite que muchas de ellas se ionicen (producción de iones por disociación de la sustancia) y reaccionen químicamente. También actúa como medio de dispersión de las macromoléculas (proteínas, ácidos nucleicos y polisacáridos), lo que le proporciona al protoplasma su estado coloidal. Además, absorbe mucha energía calórica, y regula de esta manera la temperatura.

Los *minerales* desempeñan un papel importante y específico en la actividad celular, mantienen la estabilidad química del protoplasma en dependencia de la concentración y distribución de sus componentes. Entre los iones que predominan en el protoplasma se encuentran, el catión (+) potasio y el anión (-) fosfato. El potasio, junto con el cloro y el sodio intervienen en la regulación osmótica y el equilibrio ácido-básico. El fosfato forma parte del adenosintrifosfato (ATP),

principal fuente de energía de la célula. Otros elementos químicos se hallan en mayor proporción en determinadas estructuras. Por ejemplo: el calcio en los huesos, el hierro en los eritrocitos y el yodo en el tiroides.

Las *proteínas* son los componentes orgánicos más abundantes del protoplasma que intervienen en todas las funciones fundamentales de las células, por lo que se les consideran como la base esencial de la vida. Las proteínas son macromoléculas (de elevado peso molecular) constituidas por aminoácidos, cuyos elementos químicos principales son el carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno. Las proteínas se pueden clasificar de acuerdo con sus características estructurales en 3 tipos: funcionales o globulares, estructurales o fibrosas y conjugadas. Las proteínas funcionales o globulares son las más abundantes y heterogéneas y por lo tanto, realizan una gran variedad de funciones (enzimas, hormonas proteínicas, anticuerpos, etc.). **Las proteínas estructurales o fibrosas desempeñan funciones de sostén y protección (colágena, elastina, queratina, etc.)** Las proteínas conjugadas son aquellas que contienen componentes no proteicos o grupos prostéticos (glucoproteínas, lipoproteínas, nucleoproteínas, etc.). Las nucleoproteínas tienen como grupo prostético los ácidos nucleicos que son también macromoléculas de gran importancia biológica como el ácido ribonucleico (ARN) que participa en la síntesis de proteínas y el ácido desoxirribonucleico (ADN) que constituye el depósito fundamental de la información genética.

Los lípidos constituyen la principal reserva de material energético del organismo. También tienen la función de sostén y protección al formar parte de las membranas celulares y constituir depósitos de grasas. Además, **actúan como aislantes térmicos y algunos de ellos realizan funciones especiales.** Los lípidos son **compuestos heterogéneos** que se caracterizan porque son solubles en solventes orgánicos (éter, cloroformo, acetona, alcohol, etc.) y contienen ácidos grasos. Se pueden clasificar en 2 grupos: simples y compuestos. Los lípidos simples están integrados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Los lípidos compuestos contienen también otros elementos como el fósforo y el nitrógeno. Entre los lípidos simples se destacan las grasas neutras o glicéridos, que están formados por ácidos grasos y glicerina y se hallan acumulados en el tejido adiposo como materias de reserva energética. Además se hallan los esteroides como el colesterol, del cual se derivan otras sustancias como los ácidos biliares, las hormonas esteroideas y la vitamina D. Entre los lípidos compuestos se distinguen los fosfolípidos, componentes principales de las membranas biológicas.

Los glúcidos constituyen la principal fuente de energía de las células. También actúan como elementos de sostén y protección y algunos de ellos realizan

funciones específicas. Los glúcidos son polihidroxi-aldehídos o polihidroxicetonas integrados por carbono, hidrógeno y oxígeno; de manera que los 2 últimos elementos químicos se encuentran generalmente en la misma proporción que en el agua (H₂O), por lo que también se les conocen como hidratos de carbono o carbohidratos. Los glúcidos de importancia biológica se clasifican en monosacáridos, disacáridos y polisacáridos; los 2 primeros son considerados como azúcares porque pueden cristalizar, son solubles en agua, tienen sabor dulce y pasan a través de membranas orgánicas. Por el contrario, los polisacáridos son macromoléculas que no tienen las mismas características de los azúcares antes mencionados. Entre los monosacáridos se distingue **la glucosa como la principal fuente primaria de energía de la célula**. También son importantes la ribosa y desoxirribosa que forman parte de las moléculas de los ácidos nucleicos (ARN y ADN). Entre los disacáridos se destacan la lactosa en los animales y la sacarosa y maltosa en los vegetales. Entre los polisacáridos existen 2 clases: los homopolisacáridos y heteropolisacáridos, según tengan o no el mismo tipo de monosacáridos. Entre los homopolisacáridos se encuentran el almidón y la celulosa en los vegetales y el glucógeno en los animales, que se localiza en mayor proporción en el hígado y los músculos. Entre los heteropolisacáridos se hallan los mucopolisacáridos como el ácido hialurónico y el ácido condroitinsulfúrico que forman parte de la sustancia intercelular.

Propiedades fisiológicas del protoplasma

El protoplasma posee 3 propiedades fisiológicas básicas, las cuales agrupan otras propiedades específicas o procesos funcionales que caracterizan la actividad vital de las células. Estas propiedades fisiológicas básicas **son la irritabilidad, el metabolismo y la reproducción**.

La **irritabilidad** es la capacidad del protoplasma **de responder a un estímulo**, lo que determina su posibilidad de adaptarse al medio ambiente. **Además, existen algunas células altamente diferenciadas que al ser estimuladas reaccionan de una forma determinada**. Esta capacidad de reaccionar **se denomina excitabilidad** que **se caracteriza porque provoca una respuesta específica**, como la conducción de impulsos por las

fibras nerviosas (conductividad), la contracción de la fibra muscular (contractilidad) y la elaboración de sustancias por las glándulas (secreción).

El **metabolismo** es el proceso fundamental que caracteriza la vida y que comprende todas las reacciones químicas que tienen lugar en una célula. Es una actividad vital que garantiza el aporte continuo de energía y materia. Algunas reacciones metabólicas están relacionadas con la síntesis del protoplasma (anabólicas) y otras intervienen en su desintegración (catabólicas), por lo cual este proceso representa una unidad de manifestaciones antagónicas; la asimilación o incorporación de sustancias nutritivas y la desasimilación o eliminación de sustancias de desecho. **El metabolismo comprende una serie de procesos funcionales como la digestión, respiración, absorción y excreción**.

La **reproducción** es la formación de nuevas células semejantes a la original, lo cual se obtiene mediante la multiplicación o división celular, que puede realizarse de forma simple (división directa o amitosis) o de forma compleja (división indirecta o mitosis); esta última es la que se observa con más frecuencia en las células animales. **Además, existe una forma especial de división celular que ocurre en la etapa de maduración de las células sexuales o gametos, llamada meiosis**.

La teoría celular

La teoría celular fue el resultado de muchas investigaciones realizadas durante el siglo XIX por numerosos científicos, entre los que se destacaron, Purkinje, Schwan y Virchow. Esta teoría demostró:

- La semejanza de todas las células (vegetales y animales) en determinados aspectos fundamentales de su estructura, composición química y actividades metabólicas.
- El origen de cada célula, por división de otra.
- La formación y el funcionamiento de los organismos pluricelulares, por asociaciones o interacciones celulares.

En resumen, la teoría celular demostró la unidad de estructura, función y origen de los seres vivos, permitió además comprender la teoría de la evolución y la concepción materialista dialéctica de la vida.

6. La célula

Concepto y características generales de la célula

La célula es la unidad estructural y funcional de los seres vivos, que puede existir aislada constituyendo los organismos unicelulares como las bacterias, o agrupadas formando los tejidos en los organismos pluricelulares.

En general, el tamaño de las células es microscópico y la forma es esférica cuando se hallan aisladas en un medio líquido. Sin embargo, tanto el tamaño como la forma de las células son muy variables. Esto depende de múltiples factores, especialmente de la función que realizan. Por ejemplo, las células nerviosas presentan largas prolongaciones ramificadas que facilitan la conductividad, las células o fibras musculares son alargadas lo que permite la contractilidad y los leucocitos son esféricos cuando están sometidos a fuerzas tensiles dentro de los vasos sanguíneos, pero cuando están fuera de estos presentan una forma irregular al emitir pequeñas prolongaciones o pseudópodos que favorecen sus movimientos.

Las células están constituidas generalmente, por una masa de protoplasma en la que se distinguen 2 porciones: el *citoplasma* y el *núcleo* (fig. 6.1).

Citoplasma

El *citoplasma* es la porción del protoplasma que rodea el núcleo, donde se realizan las funciones metabólicas de la célula y está compuesto por la matriz citoplasmática, las inclusiones y los organitos u organelas (fig. 6.1).

La *matriz citoplasmática* o citoplasma fundamental (citosol o hialoplasma) es la sustancia amorfa, en estado de sol o de gel, que se encuentra entre las

estructuras citoplasmáticas (organitos e inclusiones) y se tiñe generalmente de rosado con los colorantes ácidos como la eosina (acidófilo).

Las *inclusiones* son elementos transitorios constituidos por sustancias que la célula acumula como productos de su actividad metabólica (alimentos almacenados, gránulos de secreción, pigmentos y cristales).

Los *organitos* son componentes estructurales de morfología característica, generalmente constantes en todas las células, que desempeñan funciones específicas, los cuales se pueden clasificar en *membranosos* (membrana celular, retículo endoplásmico, complejo de Golgi, lisosomas y mitocondrias) y *no membranosos* (ribosomas, centriolos, microtúbulos y microfilamentos).

Membrana celular o plasmática

La *membrana celular o plasmática* es un organito citoplasmático membranoso que rodea la periferia de la célula, la cual tiene una función de sostén y protección, mantiene la integridad del citoplasma y lo limita del medio extracelular. Además, posee una permeabilidad selectiva (semipermeable) a determinadas sustancias que le permiten regular el intercambio entre la célula y el medio que le rodea.

La permeabilidad celular se realiza mediante 2 mecanismos de transporte, el pasivo y el activo. El mecanismo de transporte pasivo se efectúa por difusión, en dependencia de la concentración de iones en los líquidos intracelular y extracelular y el potencial eléctrico de la membrana. El mecanismo de transporte activo requiere del uso de energía (ATP), por lo que está relacionado con la respiración celular. La endocitosis o ingestión por la célula de sustancias sólidas (fagocitosis) o líquidas (pinocitosis) también es considerada como un mecanismo de transporte activo, pues la célula utiliza energía para llevarla a cabo.

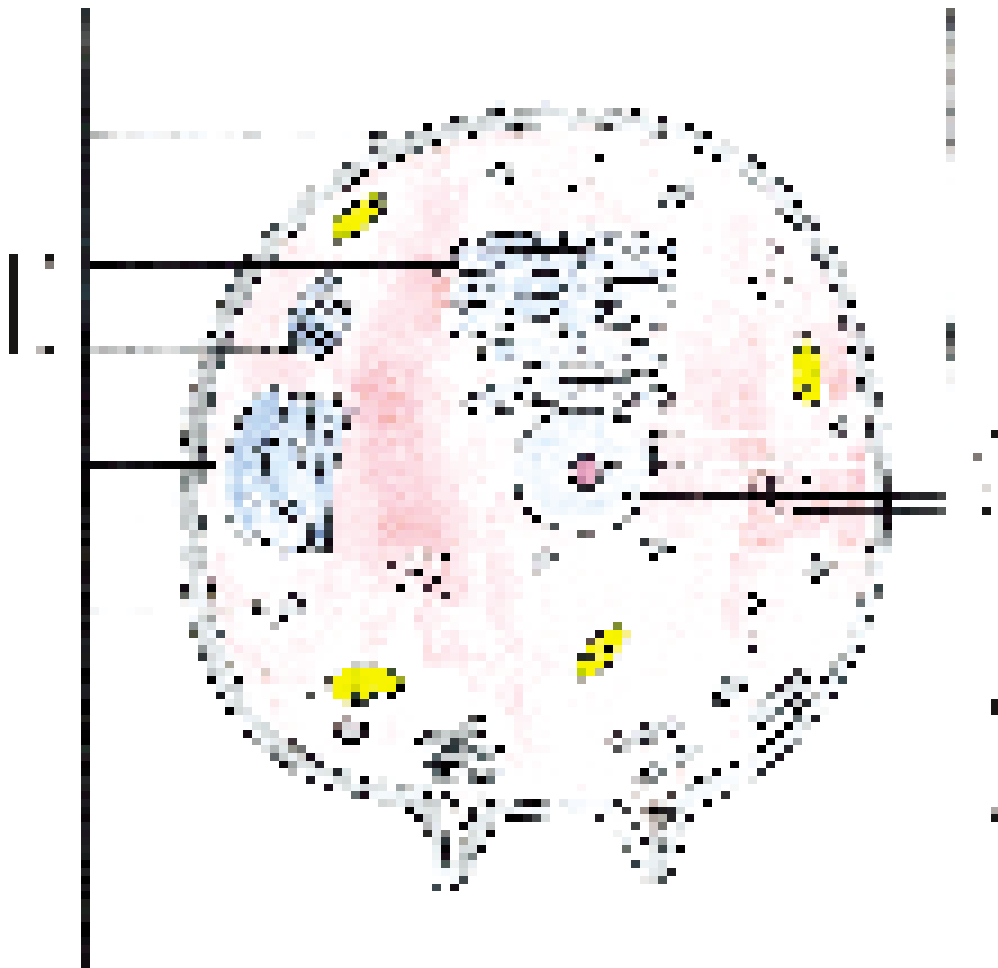


Fig. 6. 1. *Célula observada al microscopio electrónico.* Organitos citoplasmáticos membranosos: 1. *membrana plasmática*, 2. *retículo endoplasmático, R. rugoso, L. liso*, 3. *complejo de Golgi*, 4. *lisosomas*, 5. *mitocondrias*, Organitos citoplasmáticos no membranosos: 6. *ribosomas*, 7. *centriolos*, 8. *microtúbulos*, 9. *microfilamentos*, Núcleo: 10. *membrana nuclear*, 11. *nucleolo*, 12. *cromatina*.

La membrana celular generalmente no es visible con el microscopio óptico y está compuesta por proteínas, lípidos y en menor proporción glúcidos. Existen diversas teorías que tratan de explicar la estructura molecular de la membrana celular, entre las que se destacan: el modelo de la unidad de membrana o de la estructura trilaminar, el modelo del mosaico fluido y el modelo de asimetría de la membrana.

Según el modelo de la unidad de membrana o estructura trilaminar, la membrana celular está compuesta por una capa clara de lípidos, recubierta por 2 capas densas de proteínas; pero se piensa que esta imagen es en parte, por un artificio de técnica. Es más aceptado el modelo del mosaico fluido, según el cual la membrana celular es una estructura casi fluida, constituida por una bicapa lipídica relativamente continua, y por proteínas extrínsecas o periféricas e intrínsecas o integrales, los lípidos y las proteínas integrales se disponen en forma de mosaico y pueden

realizar movimientos de traslación dentro de la bicapa. El modelo de asimetría de la membrana explica la distribución asimétrica de su estructura molecular, o sea, de las proteínas, lípidos y glúcidos que la componen.

La mayoría de las células poseen una cubierta externa llamada glucocálix, constituida por glucoproteínas y polisacáridos, producto de una secreción glucídica que tiene un metabolismo muy activo. Esta cubierta actúa como medio de protección de la membrana, e interviene en los procesos de filtración y difusión. También contiene enzimas y participa en el reconocimiento molecular entre células, que implica una adhesión específica o una inhibición de contacto entre ellas.

La membrana plasmática de determinadas células presenta algunas diferenciaciones en su estructura, acorde con las funciones que realiza, que se denominan especializaciones de la superficie celular. En la

superficie apical de las células absorptivas se hallan delgadas prolongaciones llamadas microvellosidades que aumentan la superficie de absorción (epitelio intestinal). En otros tipos de células que tienen como función el movimiento, presentan prolongaciones pequeñas y numerosas llamadas cilios (epitelio ciliado) o prolongaciones más largas y únicas nombradas flagelos (espermatozoides). En las superficies laterales de las células se encuentran distintos tipos de uniones que pueden ser simples (digitiformes) o especiales (mácula adherente o desmosomas). En la superficie basal de la célula se pueden observar invaginaciones.

Otros organitos citoplasmáticos membranosos

El **retículo endoplásmico** está íntimamente relacionado con el complejo de Golgi, forman en conjunto el llamado sistema de endomembranas o sistema vacuolar citoplasmático, que actúa como un sistema circulatorio intracelular por donde se transportan diversas sustancias y se realizan algunas de las funciones vitales de las células. El retículo endoplásmico se clasifica según tenga o no ribosomas adheridos a sus membranas en: *rugoso* o *granular* y *liso* o *agranular*. El *retículo endoplásmico rugoso* (RER) está constituido por un conjunto de cisternas aplanadas dispuestas paralelamente o apiladas, cubiertas de ribosomas, cuya función fundamental es la *síntesis de proteínas de secreción* o *exportables*. El *retículo endoplásmico liso* (REL) está formado por una red tubular, sin ribosomas y sus funciones más importantes están relacionadas con la síntesis de lípidos (compuestos del colesterol y hormonas esteroideas), *metabolismo de los glúcidos* (glucogenólisis) y *destoxificación* de diversos compuestos.

El *complejo o aparato de Golgi* o *aparato reticular interno* es una porción diferenciada del sistema de endomembranas íntimamente relacionado con el retículo endoplásmico, que al microscopio óptico con impregnación de plata se observa como una red oscura (imagen positiva) y con hematoxilina-eosina puede verse como una zona pálida (imagen negativa); y al microscopio electrónico se observa como un conjunto de cisternas aplanadas dispuestas en forma paralela o apiladas, con túbulos y vesículas secretoras. Su función principal es la secreción de las proteínas exportables, que son sintetizadas en otras partes de las células (ribosomas del retículo endoplásmico rugoso) y transportadas hacia el complejo de Golgi, donde se modifican y secretan. Además, intervienen en la formación de *glucoproteínas*, *glucolípidos* y *lisosomas primarios*.

Los *lisosomas* son vesículas limitadas por membranas que contienen numerosas enzimas hidrolíticas (proteínas con actividad catalítica), cuya función principal es la digestión celular o transformación de los alimentos en sustancias asimilables. Los lisosomas se clasifican en 2 tipos fundamentales denominados primarios y secundarios.

El contenido enzimático es elaborado por el retículo endoplásmico rugoso y trasladado al complejo de Golgi donde es englobado por una membrana y finalmente liberado como lisosoma primario: Los *lisosomas primarios* (gránulos de reserva) se caracterizan por su estabilidad en el citoplasma, pues no se asocian con otros elementos celulares y mantienen sus enzimas en estado latente. Los *lisosomas secundarios* se forman al asociarse los lisosomas primarios con otros elementos celulares y sus enzimas son activadas. De esta manera se forman las vacuolas digestivas o heterofágicas que digieren materiales extracelulares incorporados por endocitosis (fagocitosis y pinocitosis), las vacuolas autofágicas que digieren partes de la propia célula, y cuando la digestión es incompleta se forman cuerpos residuales. También es posible que las enzimas de los lisosomas sean liberadas y actúen sobre el material extracelular.

Las *mitocondrias* son estructuras de forma alargada (filamentosa) o redondeada (granulosa), que al microscopio electrónico se observan constituidas por 2 membranas, una externa y otra interna; esta última presenta varios pliegues llamados crestas mitocondriales, y su función principal es la respiración celular, que consiste en la obtención de energía por degradación de moléculas orgánicas. En realidad, la respiración celular comprende una serie de procesos mediante los cuales se producen transformaciones de energía, semejantes a una central electroenergética; de manera tal que la energía liberada durante la desintegración u oxidación de los compuestos orgánicos interviene en la síntesis de adenosintrifosfato (ATP), sustancia muy rica en energía, que es utilizada en las diversas actividades metabólicas de la célula.

Organitos citoplasmáticos no membranosos

Los *ribosomas* son estructuras esféricas compuestas por ácido ribonucleico (ARN) y proteínas, que tienen afinidad por los colorantes básicos (basófilos) y se colorean de azul con la hematoxilina. Estos organitos pueden localizarse *libres* en el citoplasma o *asociados* con membranas, especialmente del retículo endoplásmico rugoso. Los *ribosomas libres* participan

en la *síntesis de proteínas estructurales* y los *ribosomas asociados* con membranas, intervienen en la *síntesis de proteínas de secreción o exportables*.

Los *centriolos* son generalmente 2 estructuras alargadas formadas por microtúbulos que están situados cerca del núcleo y constituyen la parte central del centrosoma o citocentro, a partir del cual se disponen radialmente los microtúbulos citoplasmáticos. Estos organitos participan en la formación de los microtúbulos que se hallan en los cilios, flagelos y huso mitótico que se desarrollan en la división celular.

Los *microtúbulos* son estructuras tubulares que forman parte del *citoesqueleto* y participan en la motilidad celular. Además, actúan como un sistema microcirculatorio por donde se transportan distintos tipos de sustancias.

Los *microfilamentos* son estructuras alargadas que tienen la función mecánica de sostén de la célula, intervienen en su motilidad y representan la parte activa del citoesqueleto.

Núcleo

El *núcleo* es la porción del protoplasma que está rodeado por el citoplasma, cuyas funciones fundamentales son la determinación genética y la regulación de la síntesis de proteínas que tienen gran importancia en la actividad vital de la célula (fig. 6.1).

En general, el núcleo es uno solo, tiene forma esférica y se localiza en el centro, aunque estas características varían en determinadas células. Además, se tiñe de azul con los colorantes básicos como la hematoxilina (basófilo) y está compuesto por la membrana o envoltura nuclear, el jugo nuclear, el nucleolo y la cromatina.

La *membrana o envoltura nuclear* (carioteca) delimita el contenido nuclear en las células eucarióticas, a través de ella se establece el intercambio de sustancias entre el citoplasma y el núcleo. Al microscopio electrónico se observa que está constituida por 2 membranas concéntricas (interna y externa) separadas por un espacio perinuclear y presentan un conjunto de poros nucleares.

El *jugo nuclear* o nucleoplasma (carioplasma) es la sustancia amorfa que actúa como medio dispersante de los coloides contenidos en el núcleo.

El *nucleolo* es una estructura de forma esférica que carece de membrana limitante y al microscopio electrónico presenta una parte fibrilar y otra granular, cuyos componentes principales son el ácido ribonucleico (ARN) y las proteínas. En algunas células el nucleolo está rodeado por un anillo de cromatina asociada. El nucleolo participa en la formación de ribosomas e interviene en la síntesis de proteínas.

La *cromatina* es un complejo de estructuras compuesto por nucleoproteínas formadas fundamentalmente por ácido desoxirribonucleico (ADN), principal componente genético de la célula y por proteínas básicas (histonas). La cromatina se observa durante la interfase, muy teñida por colorantes básicos de donde recibe su nombre (cromo, color). Con el microscopio electrónico tiene un aspecto alargado en forma de fibra y con el microscopio óptico de contraste de fase tiene un aspecto grumoso, que presenta algunas porciones condensadas (*heterocromatina*) y otras dispersas (*eucromatina*). La *heterocromatina* es visible en forma de gránulos y se comporta genéticamente inactiva, mientras que la *eucromatina* (verdadera cromatina) no es visible al microscopio óptico y se comporta genéticamente activa (cuadro 6.1).

Cuadro 6.1. Componentes celulares

CITOPLASMA	Matriz citoplasmática	
	Inclusiones	
CITOPLASMA	Organitos membranosos	Membrana celular Retículo endoplásmico Complejo de Golgi Lisosomas Mitocondrias
	Organitos no membranosos	Ribosomas Centriolos Microtúbulos Microfilamentos
NÚCLEO	Envoltura nuclear Jugo nuclear Nucleolo Cromatina	

Cromosomas

Los *cromosomas* son la expresión morfológica de la cromatina concentrada, que es visible en forma de bastoncillos durante la división celular (en la metafase).

Los cromosomas están compuestos por 2 filamentos gruesos idénticos que contienen una sola molécula lineal de ADN llamados *cromátides*, unidos entre sí en un punto denominado *centrómero*, donde se halla la constricción primaria (fig. 6.2). Las cromátides se separan durante la división celular (en la anafase), se convierten en cromosomas de los nuevos núcleos que se forman (en la telofase) y contienen toda la información genética del cromosoma original. El *gen* es considerado como la unidad principal en la transmisión de los caracteres hereditarios y está representado por una partícula que ocupa un lugar definido en el cromosoma.

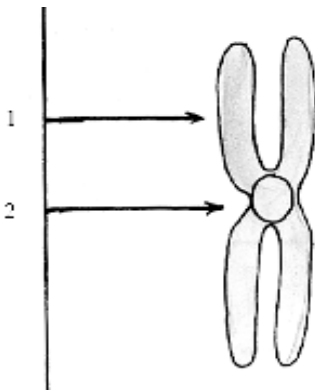


Fig. 6.2. Estructura de un cromosoma. 1. cromátidas y 2. centrómero.

Se denomina *cariotipo* al grupo de características morfológicas (número, tamaño y otras particularidades estructurales) que permiten identificar un conjunto cromosómico, que es propio de cada especie. Las células *somáticas* contienen un número constante de cromosomas en cada especie, los cuales se presentan en pares homólogos (número diploide), y cada miembro de un par es originario de un progenitor. Sin embargo, en las *células sexuales* o *gametos* el número de cromosomas está reducido a la mitad (número haploide). Por ejemplo, en el humano, las células somáticas poseen 46 cromosomas (23 pares, número diploide), de los cuales 44 (22 pares) son autosomas o no sexuales y 2 (1 par) son gonosomas o sexuales, que en la hembra son idénticos (XX) y en el varón son diferentes (XY). Las células sexuales o gametos en el humano tienen 23 cromosomas (número haploide), 22 de ellos son autosomas y 1 gonosoma, con la particularidad de que cada gameto femenino (ovocito

secundario) tiene un cromosoma sexual X, mientras que en los gametos masculinos (espermatozoides), la mitad de ellos tiene cromosoma sexual X y la otra mitad cromosoma sexual Y.

Ciclo celular

El *ciclo celular* comprende una serie de fenómenos que ocurren en el desarrollo de la vida de toda célula, los cuales se agrupan en 2 períodos: *la interfase* y *la división celular*.

La *interfase* es un período de intensa actividad metabólica de la célula, durante el cual se duplica su tamaño y el componente cromosómico (ADN).

La *división celular* se produce por *mitosis* en la mayoría de las células y por *meiosis* en la etapa de maduración de los gametos.

La *división celular por mitosis* es un período complejo y breve (1 o 2 h), que ocurre en la mayoría de las células y se caracteriza por las grandes transformaciones morfofuncionales que se realizan en estas, especialmente en su componente cromosómico. Consta de una sola división, con previa duplicación de cromosomas en la interfase. Cada cromosoma se comporta en forma independiente y el material genético permanece constante, y resultan 2 células hijas con un número diploide de cromosomas (23 pares) e idénticas a la célula madre.

Para facilitar el estudio de la mitosis se describen 4 fases que se denominan: profase, metafase, anafase y telofase (fig. 6.3).

En la *profase* la cromatina se condensa permitiendo la observación de los cromosomas, que presentan el aspecto de delgados filamentos formados por 2 cromátides, resultante de la duplicación de ADN durante la interfase y se desintegra el nucleolo. Además, los centriolos se dirigen hacia los polos opuestos de la célula y forman el huso mitótico. Al final de esta fase la envoltura nuclear se desintegra y el nucleoplasma se mezcla con el citoplasma.

En la *metafase* los cromosomas se unen por los centrómeros a los microtúbulos del huso mitótico en la región central de la célula, y forman la placa ecuatorial ("estrella madre").

En la *anafase* las cromátides se separan y forman los cromosomas hijos que se dirigen hacia los polos opuestos de la célula, donde se agrupan ("estrella hija").

En la *telofase*, los núcleos hijos se reconstruyen al descondensarse los cromosomas, reaparecer el nucleolo y formarse la envoltura nuclear. Simultáneamente se produce la segmentación y separación del citoplasma, y culmina de esta manera la división celular que da lugar a 2 nuevas células.

La *meiosis* es un tipo especial de división celular que se caracteriza porque solo ocurre en la etapa de maduración de los gametos de los dos sexos. Es un



Fig. 6.3. Fases de la mitosis. 1. profase, 2. metafase, 3. anafase, 4. telifase.

proceso prolongado, que puede durar 24 h en el varón y varios años en la hembra. Comprende 2 divisiones sucesivas con una sola duplicación de cromosomas antes de iniciarse, cuyos procesos esenciales se producen en la primera división, con el apareamiento

de los cromosomas homólogos, el intercambio de material genético y la posterior separación de dichos cromosomas; la segunda división es semejante a una mitosis, y da como resultado final, 4 células hijas con un número haploide de cromosomas (23 con una sola cromátide).

Especialización celular

En general, las células tienen diversas funciones correspondientes a las propiedades fisiológicas básicas del protoplasma (irritabilidad, metabolismo y reproducción). Sin embargo, en los organismos pluricelulares, las células embrionarias tienen la potencialidad de especializarse en determinadas funciones y en este proceso de adaptación experimentan una serie de transformaciones estructurales que las diferencian de otras células, las cuales al agruparse forman tejidos que también realizan funciones específicas, y algunas células logran alcanzar un alto grado de especialización. Por ejemplo, las células *absortivas* y *secretoras* (del tejido epitelial), las células *fagocíticas* (del tejido conectivo), las células *contráctiles* (del tejido muscular) y las células *excitomotoras* (del tejido nervioso).

Las *células absortivas* (del epitelio de revestimiento intestinal) se caracterizan porque tienen forma cilíndrica y microvellosidades en la superficie libre o apical de la membrana celular, que aumentan el área absortiva.

Las *células secretoras* (del epitelio glandular) se distinguen porque tienen forma cúbica o cilíndrica con citoplasma abundante al incrementarse los orgánitos (retículo endoplásmico, complejo de Golgi y mitocondrias) y los gránulos de secreción. Además, presentan el núcleo y nucleolo bien manifiesto, típico de las células muy activas.

Las *células fagocíticas* (macrófagos del tejido conectivo) se destacan porque tienen una forma irregular pues emiten pseudópodos, y el citoplasma presenta abundantes gránulos y vacuolas (lisosomas), pero el núcleo es pequeño.

Las *células contráctiles* (del tejido muscular) se caracterizan porque tienen una forma alargada, por lo que se denominan fibras musculares y presentan 3 componentes altamente diferenciados, los microfilamentos (miofilamentos), el retículo endoplásmico (retículo sarcoplásmico) y las mitocondrias (sarcosomas).

Las *células excitomotoras* (del tejido nervioso) se caracterizan porque tienen una forma ramificada por causa de sus prolongaciones (axón y dendritas) y el citoplasma o pericarion es abundante en ribosomas, retículo endoplásmico rugoso (sustancia de Nissl), neurotúbulos y neurofilamentos (neurofibrillas), con gran desarrollo del complejo de Golgi y el núcleo por lo general es grande.

7. Elementos básicos de Histología

Concepto y componentes fundamentales de los tejidos

Todo tejido es un conjunto estructural formado por la agrupación de células que tienen un origen común, estructura similar y funciones específicas.

Los tejidos del cuerpo humano están integrados por 3 componentes fundamentales: célula, sustancia intercelular y líquido tisular.

La *célula* es la unidad estructural y funcional del organismo. La *sustancia intercelular* actúa como medio de sostén de las células que conforman los tejidos y como medio de difusión de sustancias que se transportan en el líquido tisular entre los capilares y las células. Está compuesta por sustancias inertes de 2 tipos: fibrosas y amorfas.

La *sustancia intercelular fibrosa* le proporciona fuerza a los tejidos y está constituida por proteínas complejas en forma de fibras colágenas, elásticas y reticulares, que se hallan en el tejido conectivo.

La *sustancia intercelular amorfa* le proporciona la consistencia a los tejidos y está constituida por polisacáridos heterogéneos (mucopolisacáridos), que forman 2 tipos de sustancias: la fundamental y de cemento. La sustancia fundamental es de consistencia más blanda (sol) porque contiene mucopolisacáridos ácidos no sulfatados (ácido hialurónico) que se encuentra ampliamente distribuida en el tejido conectivo laxo y tiene gran capacidad de retener agua (líquido tisular). La sustancia de cemento es más dura (gel), porque contiene mucopolisacáridos ácidos sulfatados (ácido condroitinsulfúrico), que se encuentra abundante en los tejidos cartilaginoso y óseo. Este último con depósitos de minerales.

El *líquido tisular* es un filtrado del plasma sanguíneo que se encuentra en el espacio intercelular y permite el intercambio de sustancias entre los capilares y las células. Está compuesto por una

solución acuosa que contiene cristaloides, gases, sustancias nutritivas y excreciones celulares. Además, el líquido tisular tiene gran importancia en el equilibrio hídrico del organismo, que puede alterarse por diversas causas, y provocar los signos de edema y deshidratación, según aumente o disminuya (cuadro 7.1).

Cuadro 7.1. Componentes tisulares

Células		
Sustancia intercelular	Fibrosa	Colágena Elástica Reticular
	Amorfa	Fundamental De cemento
Líquido tisular		

Características generales de los tejidos básicos

Los tejidos básicos del organismo humano son aquellos cuyas células tienen un origen, estructura y función común. Estos tejidos básicos son 4: *epitelial*, *conectivo* o *conjuntivo*, *muscular* y *nervioso* (fig. 7.1).

El *tejido epitelial* se caracteriza porque su estructura está compuesta por células muy cohesionadas con escasa cantidad de sustancia intercelular, situadas sobre una membrana basal y es avascular. Se origina de las 3 hojas germinativas, o sea, del ectodermo, endodermo y mesodermo. Sus funciones principales son de protección, absorción y secreción.

El *tejido conectivo* se distingue porque su estructura está constituida por células separadas, con gran cantidad de sustancia intercelular y está vascularizado. Se origina del mesodermo. Sus funciones fundamentales son de tipo mecánica (unión, sostén y relleno), metabólica (intercambio de sustancias entre los capilares y las células) y defensa (inespecífica y específica).

El *tejido muscular* se destaca porque su estructura está formada por células que tienen una forma alargada, se origina del mesodermo y su función más importante es la contractilidad.

El *tejido nervioso* se caracteriza porque su estructura está compuesta por células que presentan una forma ramificada, se origina del ectodermo y su función esencial es la conducción del impulso nervioso o conductividad.

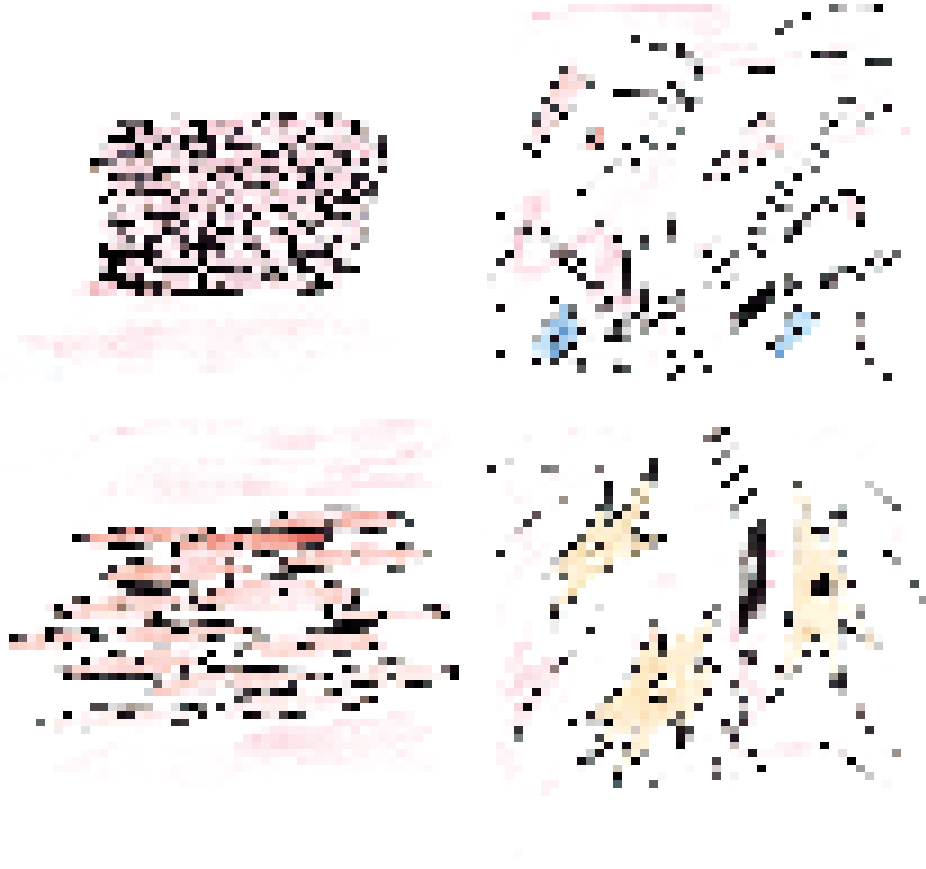


Fig. 7.1. Tejidos básicos. 1. epitelial, 2. conectivo, 3. muscular, 4. nervioso.

8. Tejido epitelial

Características generales del tejido epitelial

El *tejido epitelial*, como ya se explicó anteriormente, se caracteriza porque tiene las células cohesionadas, con escasa sustancia intercelular, carece de vasos sanguíneos, por lo tanto su nutrición es por difusión y está unido al tejido conectivo subyacente mediante la membrana basal, que consiste en una capa fina de sustancia amorfa y fibras reticulares. Se origina del ectodermo, endodermo y mesodermo y sus funciones principales son de protección, absorción y secreción. De acuerdo con el modo de organización de las células y la función que estas realizan, los epitelios se clasifican en 2 grandes grupos: de *cubierta* o *revestimiento* y *glandular* (cuadro 8.1).

Cuadro 8.1. Características generales del tejido epitelial

Aspectos	Características
Células	Cohesionadas Sobre membrana basal
Sustancia intercelular	Escasa Avascular (nutrición por difusión)
Origen	Del ectodermo, endodermo y mesodermo
Funciones	Protección, absorción y secreción

Epitelio de cubierta o revestimiento

Los epitelios de cubierta o revestimiento forman las membranas que cubren la superficie externa del cuerpo

y revisten la superficie interna de cavidades y conductos.

Estos epitelios a su vez se clasifican según el número de capas celulares que contengan (simples y estratificados) y la forma que presentan las células superficiales (planas, cúbicas y cilíndricas). Además, se describen otros tipos de epitelios de revestimiento que presentan características particulares (seudoeplitelio, seudoestratificado y transicional) (fig. 8.1).

En general, los epitelios simples intervienen en procesos metabólicos y sus células están adaptadas a determinadas funciones. Por ejemplo, las células planas actúan en el intercambio de sustancias (alveolos pulmonares y parte de las nefronas), las células cúbicas en la secreción (glándulas y sus conductos excretores) y las células cilíndricas en la absorción (estómago e intestino). Algunas de estas últimas células presentan especializaciones en la superficie apical que facilitan su función, como las microvellosidades (intestino) y los cilios (gran parte del sistema respiratorio, útero y tubas uterinas).

Los *epitelios estratificados* realizan funciones mecánicas de protección. Entre los de tipo *plano* se distinguen 2 variedades: los *cornificados* (en superficies secas queratinizadas como la epidermis de la piel) y los *no cornificados* (en superficies húmedas no queratinizadas como la cavidad oral, parte de la faringe, esófago, parte del canal anal y vagina).

Los de tipo *cúbico* están limitados a determinadas zonas (en los conductos excretores de las glándulas sudoríparas) y los de tipo *cilíndrico* son poco frecuentes (se localizan en los grandes conductos excretores).

Los llamados "seudoeplitelios" se caracterizan porque tienen la estructura típica de los *epitelios simples planos*, pero en determinados procesos patológicos (tumores) evolucionan como tejidos conectivos. Entre estos epitelios se destacan los *endotelios* (capa interna de vasos sanguíneos y linfáticos) y *mesotelios* (serosa que reviste la superficie

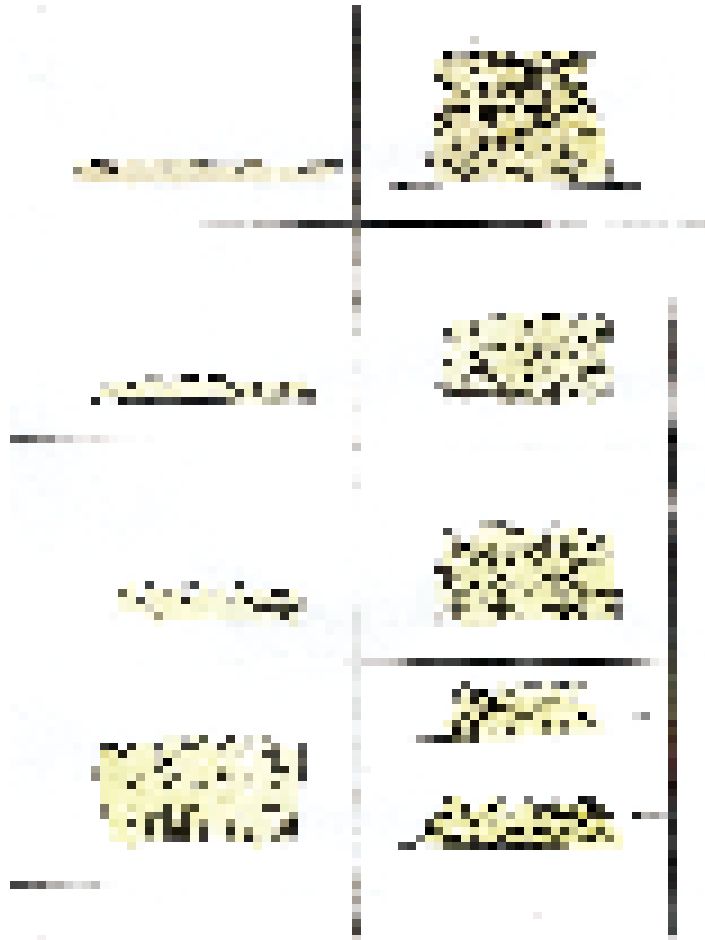


Fig. 8.1. *Variedades de epitelio de cubierta o revestimiento. A. Simples: 1. plano, 2. cúbico, 3. cilíndrico, 4. pseudoestratificado. B. Estratificados: 5. plano, 6. cúbico, 7. cilíndrico; 8. transicional.*

interna de las cavidades corporales y la superficie externa de algunos órganos contenidos en ellas, como el peritoneo, la pleura y el pericardio).

Los *epitelios pseudoestratificados* son en realidad *epitelios simples*, porque todas sus células están en contacto con la membrana basal, y predominan las células cilíndricas; pero no todas llegan a la superficie porque tienen distintas formas y tamaños, por lo que sus núcleos se observan en niveles diferentes de manera semejante a los epitelios estratificados (en grandes conductos excretores), y algunos de ellos presentan cilios (en vías respiratorias).

Los *epitelios transicionales* son *estratificados*, pero las células varían su aspecto de acuerdo con los cambios mecánicos, de contracción y distensión, que experimentan los órganos huecos donde se encuentran (en las vías urinarias formadas por la pelvis renal, uréter y vejiga).

Epitelio glandular

El *epitelio glandular* está compuesto por células especializadas en la función de secreción o elaboración de sustancias especiales (mucina, enzimas, hormonas, etc.) y derivan del epitelio de cubierta o revestimiento. Estas células pueden estar aisladas o agrupadas, y constituyen las *glándulas unicelulares* y *multicelulares*.

En general, las glándulas se clasifican de acuerdo con el destino de la secreción en 3 grupos: *exocrinas*, *endocrinas* y *mixtas* (fig. 8.2). Las *glándulas exocrinas* vierten la secreción al exterior a través de conductos excretores (sudoríparas, sebáceas, mamarias, lagrimales, salivales, de las vías digestivas, respiratorias y urogenitales). Las *glándulas endocrinas* vierten la secreción u hormonas, directamente en el sistema

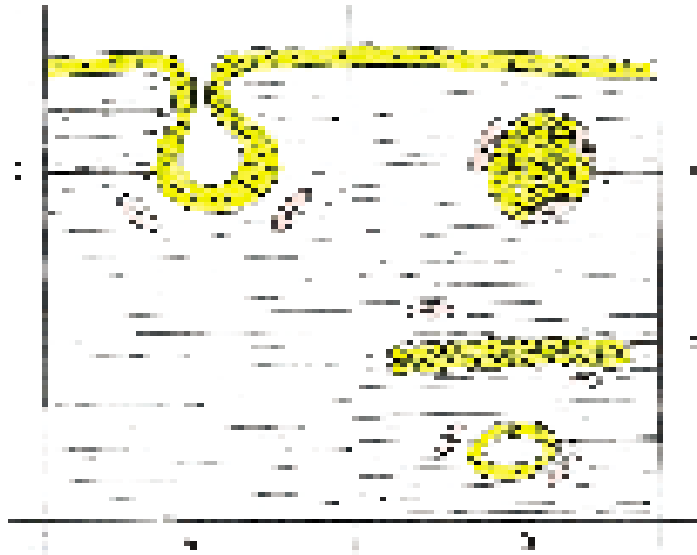


Fig. 8.2. Variedades de glándulas según el destino de la secreción. A. exocrina, B. endocrina, Porciones de glándulas exocrinas multicelulares: 1. conducto excretor, 2. unidad secretora; Disposición de las células secretoras en glándulas endocrinas: a) acúmulos, b) cordones, c) folículos.

vascular, sanguíneo o linfático, por lo que también se les denominan glándulas sin conductos (hipófisis, epífisis, tiroides, paratiroides y suprarrenales). Además, existen glándulas que presentan los 2 tipos de secreción: exocrina y endocrina, y se nombran *glándulas mixtas* (páncreas y gónadas).

Las *glándulas exocrinas multicelulares* están formadas por 2 porciones fundamentales (fig. 8.2), la *unidad secretora* constituida por células que elaboran la sustancia especial y el *conducto excretor* por donde se drena la sustancia elaborada (fig. 8.2). Estas glándulas son muy diversas y se pueden clasificar teniendo en cuenta varios criterios (fig. 8.3):

- Según el número de conductos excretores: simples o no ramificadas y compuestas o ramificadas.
- Según la forma de las unidades secretoras: alargada o tubular, redondeada o alveolar. El término acinosa es utilizado como sinónimo de alveolar en las unidades secretoras de la porción exocrina del páncreas que tienen una luz más estrecha.
- Según el modo de elaborar la secreción: merocrina (exocrina) que no afecta la integridad de la célula y holocrina que sí la afecta, desintegrándola. También se han considerado en este grupo las llamadas glándulas "apocrinas", que al microscopio óptico dan la impresión de afectar la parte apical de la célula, pero al microscopio electrónico se ha demostrado que esto no ocurre.

- Según la naturaleza de la secreción, serosa, mucosa, seromucosa y mixta.

La seromucosa posee un solo tipo celular que elabora las 2 clases de sustancias, y la mixta posee 2 tipos celulares, uno mucoso y el otro seroso en forma de casquete o medialuna seroso. Además, existen ciertas glándulas (gónadas) donde se desarrollan células especializadas (gametos).

En algunas glándulas exocrinas (sudoríparas, lagrimales, mamarias y salivales) se observan las células mioepiteliales (células en cesta o canasta), situadas entre la membrana basal y las células secretoras, que se caracterizan porque tienen forma estrellada y poseen miofibrillas con propiedades contráctiles; esto favorece la evacuación de los productos elaborados por las unidades secretoras.

Las glándulas endocrinas, como ya se explicó antes, carecen de conductos excretores y las sustancias que elaboran, llamadas hormonas, se vierten directamente en la circulación sanguínea y actúan en la regulación química de todos los procesos del organismo. Las células secretoras de estas glándulas se disponen en forma de acúmulos, cordones o folículos, asociados con una red capilar (fig. 8.2).

En general, la *estructura de una glándula maciza*, ya sea exocrina o endocrina, está compuesta por el estroma y el parénquima. El *estroma* es el tejido conectivo que forma la armazón o matriz de la glándula,

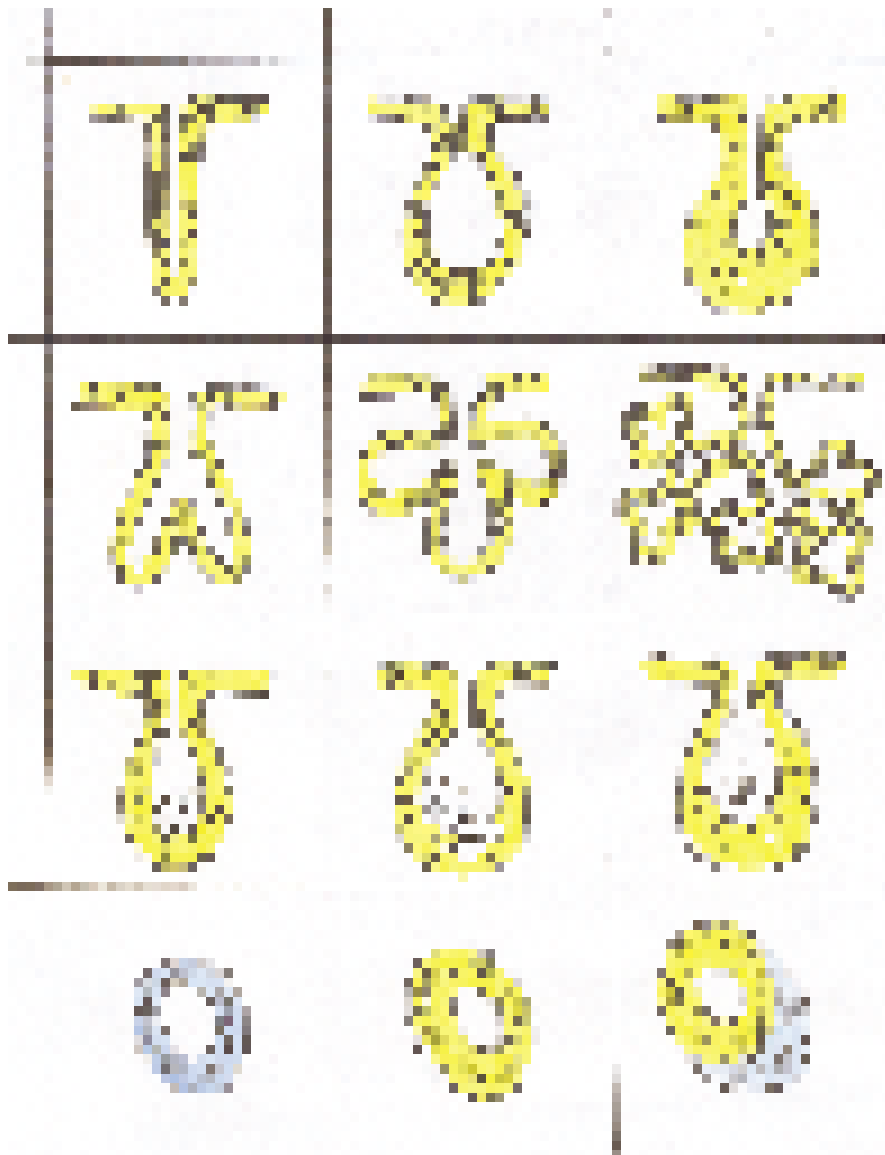
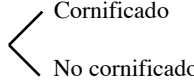


Fig. 8.3. Variedades de glándulas exocrinas multicelulares según el número de conductos excretores y forma de la unidad secretora. A. Simple: 1. tubular, 2. alveolar, 3. acinosa, B. Compuesta: 1. tubular, 2. alveolar, 3. túbulo alveolar, C. Según el modo de elaborar la secreción: 1. merocrina, 2. holocrina, 3. apocrina, D. Según la naturaleza de la secreción: 1. serosa, 2. mucosa, 3. mixta (mucoso con casquete seroso).

constituido por la cápsula y los tabiques o septos que dividen la glándula en lóbulos y lobulillos. En estos tabiques se encuentran los nervios, los vasos sanguíneos y linfáticos que penetran en la glándula. Las glándulas exocrinas cuentan además, con un sistema de conductos que habitualmente se denominan

principales, interlobulares, interlobulillares, intralobulillares e intercalares. El *parénquima* es el elemento esencial o funcional de la glándula, formado generalmente por células epiteliales secretoras que ocupan los espacios que comprenden los lóbulos y lobulillos (cuadro 8.2).

Cuadro 8.2. *Clasificación del tejido epitelial*

<i>Epitelio de cubierta o revestimiento</i>	
Simple	Plano "Seudoepitelio" Cúbico Cilíndrico Seudoestratificado
Estratificado	Plano  Cúbico Cilíndrico Transicional
<i>Epitelio glandular</i>	
Exocrino	Simples y compuestas Tubulares y alveolares Merocrinas y holocrinas Serosas, mucosas, seromucosas y mixtas
Endocrino	Acúmulos Cordones Folículos
Mixto	Exocrinos y endocrinos

9. Tejido conectivo

Características generales del tejido conectivo

El *tejido conectivo* o *conjuntivo* se caracteriza porque sus células se hallan separadas por abundante cantidad de sustancia intercelular y presenta una rica vascularización. Se origina del mesodermo y sus funciones principales son de tipo mecánica (unión, sostén y relleno), metabólica (intercambio de sustancias entre los capilares y las células) y defensa (por mecanismos inespecíficos y específicos).

En los mecanismos de defensa inespecífica se distinguen los mecanismos reflejos (movimientos corporales), la barrera hística (piel y mucosa), la fagocitosis (de leucocitos neutrófilos y macrófagos) y la respuesta inflamatoria (con alteraciones vasculares y extravasculares). Los mecanismos de defensa específicos se efectúan por las reacciones de inmunidad, humoral y celular (principalmente por linfocitos).

En capítulos anteriores ya se explicaron los componentes fundamentales de los tejidos: células, sustancia intercelular (fibrosa y amorfa) y el líquido tisular. Sin embargo, para comprender las características morfofuncionales de las distintas variedades del tejido conectivo es necesario precisar antes algunos aspectos relativos a estos componentes fundamentales, especialmente de las células y la sustancia intercelular que lo componen (cuadro 9.1).

Células del tejido conectivo

El tejido conectivo tiene diferentes tipos de células que realizan distintas funciones. Algunas de estas células son consideradas *fijas* de este tejido, porque se encuentran con relativa estabilidad (fibroblastos y lipocitos).

Cuadro 9.1. Características generales del tejido conectivo

Aspectos	Características
Células	Separadas
Sustancia intercelular	Abundante Vascularizada
Origen	Del mesodermo
Funciones	Mecánicas (unión, sostén y relleno) Metabólicas (intercambio de sustancias) Defensa (inespecífica y específica)

Otras células son consideradas *emigrantes* porque proceden de la sangre y penetran en el tejido conectivo donde realizan sus funciones principales o se transforman en otras con funciones específicas, especialmente en zonas donde ocurren procesos inflamatorios y alérgicos (leucocitos y células derivadas como los macrófagos y plasmocitos (fig. 9.1).

Los fibroblastos son las células más abundantes del tejido conectivo, que intervienen en la formación de los componentes fibrosos y amorfos de la sustancia intercelular. Cuando estas células envejecen se denominan fibrocitos.

Los *lipocitos* o células adiposas participan en el metabolismo y almacenamiento de las grasas. Estas células se pueden encontrar aisladas o en pequeños grupos. Cuando existen en gran cantidad y organizadas en lobulillos, constituyen una variedad de tejido conectivo llamado tejido adiposo.

Los *leucocitos* o glóbulos blancos comprenden diversos tipos de células que se clasifican en 2 grupos: granulosa (neutrófilos, eosinófilos y basófilos) y no granulosa (linfocitos y monocitos).

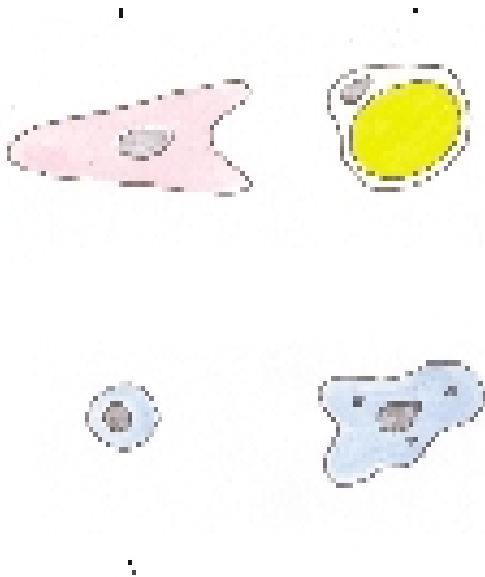


Fig. 9.1. Células del tejido conectivo. 1. fibroblastos, 2. *li-pocitos*, 3. *plasmocitos*, 4. *macrófagos*.

Los neutrófilos tienen funciones fagocíticas.

Los eosinófilos están relacionados con los procesos alérgicos o las infestaciones parasitarias.

Los basófilos contienen heparina (anticoagulante) e histamina (provoca dilatación y permeabilidad de los capilares). Estas células se encuentran raramente en el tejido conectivo, pero se hallan otras con características morfofuncionales semejantes llamadas basófilos tisulares o células cebadas.

Los linfocitos intervienen en los mecanismos de defensa específica, de inmunidad humoral y celular. Los linfocitos B intervienen en la inmunidad humoral al convertirse en plasmocitos que producen anticuerpos específicos, como respuesta a la presencia en el organismo de elementos o sustancias extrañas (antígenos). Los linfocitos T participan en la inmunidad celular al transformarse en células específicamente sensibilizadas, como respuesta a la estimulación antigénica.

Los monocitos que penetran en el tejido conectivo se transforman en macrófagos que realizan una función fagocítica importante (mecanismo de defensa inespecífica) y forman parte del llamado sistema de macrófagos, también conocido como sistema reticuloendotelial, que agrupa un conjunto de células que tienen gran capacidad fagocítica y se hallan ampliamente distribuidos por el organismo, y adoptan

características particulares de acuerdo con el tejido y órgano donde se encuentren.

Sustancia intercelular del tejido conectivo

El tejido conectivo contiene abundante cantidad de sustancia intercelular que le confiere características morfofuncionales importantes.

Como se explicó anteriormente, la sustancia intercelular actúa como medio de sostén de las células que conforman los tejidos y como medio de difusión de sustancias. Está compuesta por sustancias inertes de 2 tipos, fibrosa y amorfa. La sustancia intercelular amorfa le proporciona la consistencia a los tejidos y comprende la sustancia fundamental más blanda y la sustancia de cemento más dura. La sustancia intercelular fibrosa le proporciona fuerza a los tejidos y está constituida por proteínas complejas en forma de fibras: colágenas, elásticas y reticulares.

Las *fibras colágenas* son las más abundantes en los tejidos conectivos y se hallan principalmente en zonas donde se requiere gran fuerza y resistencia a la tracción (tendones y aponeurosis). Están constituidas por una proteína llamada colágena que es poco resistente a la ebullición, por medio de la cual se transforma en gelatina y cola, de donde recibe su nombre. También es poco resistente a los ácidos y álcalis débiles, que la disuelven. Sin embargo, mediante agentes curtidores (ácido tánico) se convierte en un producto insoluble, y forma los cueros. Tienen una forma alargada y acintada, de grosor variable, en dependencia del número de fibrillas que contengan y presentan un color blanco cuando se hallan en grandes cantidades en estado fresco. Al microscopio óptico se observan de color rosado mediante la técnica de hematoxilina-eosina, porque tienen afinidad por los colorantes ácidos (acidófilos).

Las *fibras elásticas* se localizan en zonas donde se necesita fuerza expansiva y elasticidad (arterias, vías respiratorias bajas y dermis de la piel). Están compuestas por una proteína denominada elastina que tiene gran resistencia a la ebullición, así como a los ácidos y álcalis débiles. Además, es muy refringente. Tienen forma de filamentos delgados que presentan color amarillo cuando se encuentran en grandes cantidades en estado fresco. Al microscopio óptico se tiñen bien con la técnica de hematoxilina-eosina (acidófila).

Las *fibras reticulares* se localizan en zonas de contacto con otros tejidos (alrededor de vasos sanguíneos, fibras musculares y nerviosas, membrana

basal de epitelios y estroma de glándulas). Tienen una composición semejante a las fibras colágenas pero son más finas y dispuestas en forma de redes. Además, son muy resistentes y no se observan fácilmente al microscopio óptico con la técnica de hematoxilina-eosina, pero se tiñen bien con la técnica de PAS y los métodos de impregnación argéntica.

Variedades del tejido conectivo

El tejido conectivo representa un grupo de tejidos heterogéneos, esto dificulta su clasificación, que generalmente se basa en la proporción y disposición de sus componentes fundamentales, o sea, las células y la sustancia intercelular fibrosa y amorfa. Teniendo en cuenta la concentración y disposición de las fibras, se distinguen 2 grandes grupos de tejido conectivo fibroso: el *laxo* y el *compacto* (fig. 9.2).

El *tejido conectivo laxo* se caracteriza porque tiene mayor proporción de células y sustancia intercelular amorfa, con menor cantidad de fibras. Las células que se encuentran con más frecuencia son los fibroblastos y los macrófagos. La sustancia intercelular amorfa que predomina es la fundamental de consistencia blanda y contiene los 3 tipos de fibras, principalmente colágenas. A este tejido también se le conoce como areolar, pues al desgarrarlo presenta pequeñas

cavidades o areolas. Se le considera como prototipo del tejido conectivo con funciones de sostén y relleno porque se encuentra ampliamente distribuido por todo el cuerpo, sobre todo en la dermis papilar y rodeando los órganos corporales, conductos excretores, vasos sanguíneos y nervios.

En este grupo se describen distintas variedades de tejidos que poseen propiedades especiales, como el *mesénquima* (tejido conectivo embrionario), *mucoide* (gelatina de Wharton en el cordón umbilical del feto), *elástico* (en arterias y vías respiratorias), *reticular* (en estroma de las glándulas) y *adiposo* (en capa subcutánea).

El *tejido conectivo compacto* o *denso* se caracteriza porque tiene mayor proporción de fibras, principalmente de tipo colágena y contiene menor cantidad de células y sustancia intercelular amorfa (fundamental). De acuerdo con la disposición de sus fibras este tejido se subdivide en 2 variedades: *irregular* y *regular*. El tejido conectivo compacto irregular presenta sus fibras con una disposición desordenada o entrelazadas (en la dermis reticular y membranas de algunos órganos). El tejido conectivo compacto regular presenta sus fibras con una disposición ordenada o paralela (en tendones, aponeurosis y ligamentos). Además, existen otros tejidos conectivos muy diferenciados, especializados en funciones muy específicas como, la sangre, el hemopoyético, el cartilaginoso y el óseo, cuyas características estructurales se estudiarán posteriormente (cuadro 9.2).

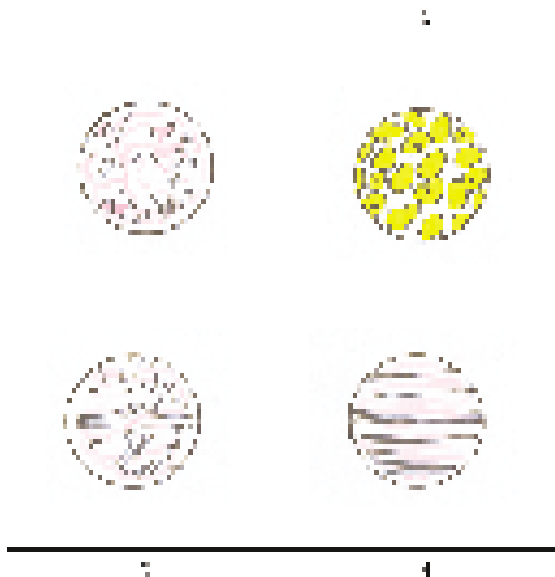


Fig. 9.2. Tejidos conectivos. 1. *laxo*, 2. *adiposo*, 3. *compacto irregular*, 4. *compacto regular*.

Cuadro 9.2. Clasificación del tejido conectivo

Laxo	Mesénquima
	Mucoide
	Elástico
	Reticular
	Adiposo
Compacto o denso	Regular
	Irregular
Especializado	Sangre
	Hemopoyético
	Cartilaginoso
	Óseo



GENERALIDADES DEL DESARROLLO MORFOLOGICO

10. Elementos básicos de Ontogenia

Origen y características particulares del ser humano

Desde la antigüedad, el origen del hombre ha sido motivo de discusión y de lucha entre el idealismo y el materialismo.

En el idealismo se predica la leyenda de la creación del hombre gracias a un poder sobrenatural. En el materialismo, con base en la ciencia, se explica el origen del hombre como resultado de una larga evolución a partir de un grupo de homínidos ancestrales, en cuya formación influyeron factores genéticos y ambientales.

En la escala zoológica, la especie humana (*Homo sapiens*) se clasifica dentro del reino animal, pertenece al tipo cordado y es considerado como un vertebrado, mamífero del orden primate.

Los cordados se caracterizan porque en la etapa embrionaria se forma la notocorda, estructura de sostén que puede persistir, variar, o desaparecer en el adulto. Los vertebrados o craneanos se distinguen porque poseen un esqueleto axial (columna vertebral y cráneo) y están representados por varias clases: los vertebrados inferiores o anamniotas (ciclóstomos, peces y anfibios) y los vertebrados superiores o amniotas (reptiles, aves y mamíferos), que se desarrollan dentro de un saco extraembrionario lleno de líquido, denominado cavidad amniótica. Los mamíferos se destacan porque generalmente el cuerpo está cubierto de pelos y las hembras poseen glándulas mamarias con las que alimentan sus crías. Los primates comprenden distintas familias de monos y también a los homínidos, ascendientes del humano.

La especie humana presenta características particulares que la diferencian de todos los animales, las más importantes son las siguientes:

- Marcha erecta o vertical.
- Mano, como órgano de trabajo.
- Encéfalo con gran desarrollo, mediante el cual elaboran conceptos intelectuales abstractos.
- Lenguaje articulado.

Teorías del desarrollo del organismo

En el transcurso de la historia se ha tratado de explicar el desarrollo individual del organismo u ontogénesis, mediante 2 enfoques diferentes representados por las teorías de la preformación y la epigénesis.

La teoría de la preformación (Haller) parte de posiciones creacionistas, plantea de forma simplista que el futuro organismo ya se encontraba preformado, en miniatura, dentro de las células sexuales.

La teoría de la epigénesis (Wolff) tiene una concepción evolucionista, explica que el organismo se desarrolla mediante un proceso continuo en el que se forman paulatinamente nuevas estructuras. Esta teoría se complementa al considerar los componentes genéticos (de la herencia) y el intercambio con el medio circundante como factores influyentes en este proceso, que pueden provocar cambios importantes en el nuevo ser.

Otra teoría interesante es la llamada *ley biogenética* (Haeckel), también conocida como *recapitulación* (Müller), al considerar que en el desarrollo individual del organismo, principalmente en la etapa embrionaria, se repiten las etapas fundamentales del desarrollo de las especies inferiores, o sea, que la ontogénesis repite la filogénesis.

También se plantea por la teoría de la *filoembriogénesis* (Severtsov), que los cambios aparecidos en la etapa embrionaria y que se incorporan al desarrollo adulto, pueden incluirse en la filogenia gracias a la herencia.

Estas últimas teorías reafirman el principio fundamental de la teoría evolucionista (Darwin) de la unidad de origen de los organismos.

El materialismo dialéctico explica que en la naturaleza todo cambia y evoluciona de acuerdo con determinadas leyes. Esto se confirma en el desarrollo del organismo, que está sujeto a constantes transformaciones en su mecanismo de adaptación al

11. Gametogénesis

Concepto y períodos de la gametogénesis

La *gametogénesis* es el proceso mediante el cual se desarrollan las células sexuales o reproductoras, también llamadas gametos.

Los *gametos masculinos* (espermatozoides) y *femeninos* (ovocitos secundarios) se originan de las *células germinativas primordiales*, que aparecen durante la tercera semana del desarrollo en la pared de una estructura extraembrionaria llamada *saco vitelino* y desde allí migran hacia la zona donde se forman las gónadas (testículos y ovarios). Al llegar las células germinativas primordiales a la región gonadal se convierten en gonocitos que experimentan un proceso de desarrollo o *gametogénesis* hasta convertirse en gametos, o sea, en células aptas para la reproducción.

Las modificaciones que ocurren en las células germinativas durante la gametogénesis se basan fundamentalmente en cambios morfológicos y en la reducción del número de cromosomas; *pasan por 3 períodos sucesivos que se denominan multiplicación, crecimiento y maduración* (fig. 11.1).

En el *período de multiplicación o proliferación* los gonocitos se dividen repetidas veces por mitosis y forman las espermatogonias u ovogonias según el sexo.

En el *período de crecimiento* las células aumentan de volumen y contienen el número de cromosomas típicos de la especie (número diploide en el humano, 46), y así forman los espermatocitos u ovocitos primarios de acuerdo con el sexo.

En el *período de maduración* se produce la *meiosis*, tipo especial de división celular que sólo ocurre en las células germinativas e incluye 2 divisiones sucesivas, precedidas por una sola duplicación de cromosomas (ADN) y cuyo resultado es la reducción a la mitad del número de cromosomas (número haploide en el humano, 23); en la primera división meiótica forman los espermatocitos y ovocitos secundarios, en dependencia del sexo. En el varón, al ocurrir la segunda

división meiótica las células sexuales masculinas se convierten en espermátides, y requieren de un período adicional de metamorfosis llamado espermiogénesis, que las transforman en espermatozoides. En la hembra, durante esta misma etapa de la división meiótica, las células sexuales femeninas (ovocitos secundarios) culminan la maduración si se produce la fecundación, pero si esto no ocurre el ovocito secundario degenera.

Diferencias entre espermatogénesis y ovogénesis

El proceso de gametogénesis es similar en los dos sexos, aunque existen algunas diferencias al formarse células distintas según el sexo, por lo que se denomina *espermatogénesis* en el hombre y *ovogénesis* en la mujer.

La espermatogénesis se desarrolla en las gónadas masculinas (tubos seminíferos de los testículos), a partir de la pubertad, de forma continua durante toda la vida sexual del individuo y tiene una etapa adicional de transformación llamada espermiogénesis donde por cada espermatocito primario se obtienen cuatro células aptas para la fecundación o espermatozoides que son morfológicamente iguales, pero tienen cromosomas sexuales o gonosomas diferentes (2 con gonosomas X y los otros 2 con gonosomas Y).

La ovogénesis se desarrolla en las gónadas femeninas (folículos del ovario), comienza durante la vida prenatal y se interrumpe antes del nacimiento en la etapa inicial de la primera división meiótica del período de maduración, quedan los ovocitos primarios en un período de reposo y forman parte de los folículos primarios del ovario. En la pubertad se reinicia el período de maduración de forma cíclica durante la vida fértil de la mujer, por cada ovocito primario se obtienen 4 células morfológicamente diferentes pero con cromosomas sexuales iguales, de las cuales solo una de ellas denominada ovocito secundario es apta para

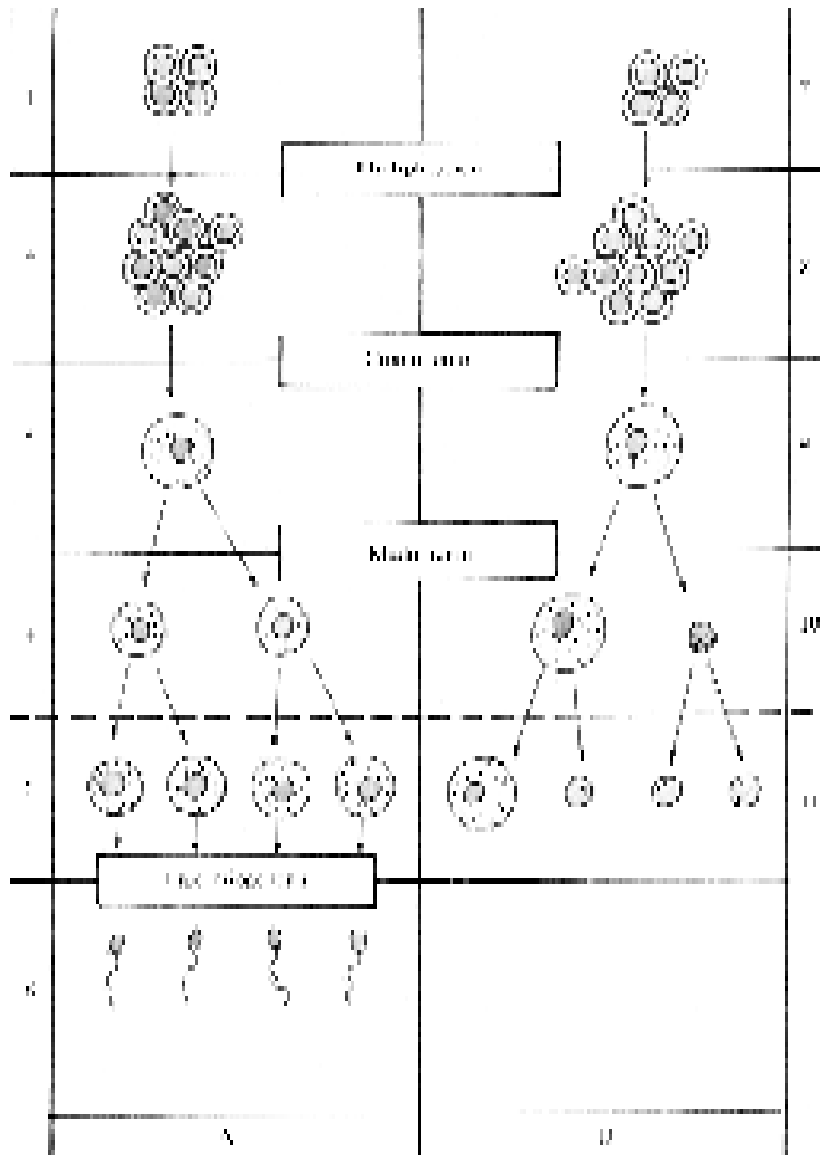


Fig. 11.1. Gametogénesis. A. Espermatogénesis: 1. células germinativas primordiales, 2. espermatogonias, 3. espermatocito I, 4. espermatocito II, 5. espermátide, 6. espermatozoide. B. Ovogénesis: 7. células germinativas primordiales, 8. ovogonias, 9. ovocito I, 10. ovocito II y polocito I, 11. ovocito maduro y polocitos II, III y IV.

la fecundación y las otras se llaman polocitos o corpúsculos polares que son más pequeñas y degeneran. De la primera división meiótica resulta un ovocito secundario y un polocito primario. Al inicio de la segunda división meiótica el ovocito secundario es liberado del ovario (ovulación) y si se produce la fecundación concluye su maduración, se obtiene un ovocito maduro (óvulo) y podrían formarse 3 polocitos o corpúsculos polares.

Características morfológicas de los gametos

Las células sexuales maduras o gametos masculinos y femeninos son células altamente especializadas en la función de reproducción, capaces de fusionarse en el proceso de fecundación, dar origen al huevo o cigoto, a partir del cual se desarrolla el nuevo ser.

Los gametos de los dos sexos tienen la característica común que los diferencian de las células somáticas, de poseer la mitad del número de cromosomas propios de cada especie (número haploide, en el humano 23). Esto permite que al fusionarse los gametos de sexos opuestos se restituya el número de cromosomas de la especie (número diploide, en el humano 46). Sin embargo, durante el proceso de gametogénesis las células sexuales o germinativas experimentan un proceso de transformación extraordinario, llegan a constituir células que presentan características morfológicas diferentes según el sexo, adaptadas a las funciones específicas que desempeñan. Los gametos masculinos son células muy activas, con gran movilidad, lo que facilita el traslado hacia el lugar donde se encuentra el gameto femenino, que es una célula pasiva en cuanto a movilidad pero almacena en el citoplasma gran cantidad de sustancias nutritivas (vitelo), necesarias en la primera etapa del desarrollo del nuevo ser.

Los *gametos masculinos* (espermatozoides) (fig. 11.2) se caracterizan porque normalmente se emiten en grandes cantidades (aproximadamente 300 000 000 en 3 mL de semen obtenido en una eyaculación). Es una de las células más pequeñas del organismo, con escaso citoplasma dispuesto en la periferia de la célula y limitado por la membrana plasmática. Tiene una forma alargada peculiar (flagelado), presenta las porciones

siguientes: cabeza, cuello, cuerpo o pieza intermedia y cola, con sus 2 partes: principal y terminal. La cabeza contiene los elementos nucleares de la célula donde el material cromosómico se encuentra condensado y en su extremo anterior se halla el casquete acrosómico formado por parte del complejo de Golgi. El cuello es corto. El cuerpo o pieza intermedia tiene en sus extremos los centriolos y contiene el filamento axil rodeado de mitocondrias. En la cola se distingue la parte principal más larga, formada por el filamento axil rodeado por una vaina citoplasmática y la parte terminal más corta y delgada constituida solo por el filamento axil. Con relativa frecuencia existen espermatozoides con anomalías en su morfología (forma y tamaño).

El gameto femenino (ovocito secundario) (Fig. 11.2) completa su maduración si se produce la fecundación. Esta célula se caracteriza porque se emite en cantidades limitadas (generalmente se libera un sólo ovocito secundario en la ovulación, que ocurre cada 28 d y solo unos 300 durante la vida fértil de la mujer). **Tiene forma esférica y constituye la célula más grande del organismo**, con un núcleo grande y citoplasma abundante, donde se hallan dispersos organitos y gránulos de sustancias nutritivas, limitada por la membrana plasmática, que está rodeada por una cubierta de protección constituida por la zona pelúcida compuesta de mucopolisacáridos y la corona radiada formada por células foliculares del ovario.



Fig. 11.2. Gametos. A. Masculino: 1. cabeza, 2. cuello, 3. cuerpo o porción intermedia, 4. cola, B. Femenino: 5. corona radiada, 6. zona pelúcida, 7. citoplasma, 8. núcleo, 9. polocito.

medio donde vive. Está demostrado cómo la morfología adoptada por el organismo en sus distintas etapas, está determinada por su función, y reafirma de esta manera la unidad dialéctica entre la forma y la función.

La reproducción

En un sentido amplio, la *reproducción* significa la expansión de la materia viviente en el espacio y el tiempo. Es una de las funciones fundamentales de los seres vivos, por la cual, se producen otros seres semejantes a los progenitores. Esta función asegura la continuidad de la vida y conserva la especie de acuerdo con su capacidad de adaptación a las condiciones del medio ambiente.

La reproducción está íntimamente relacionada con el metabolismo y depende del estado de nutrición del individuo. Además, ocurre en los distintos niveles de organización de la materia viva, y el nivel molecular es la base de toda reproducción, la que puede efectuarse por acumulación de compuestos sencillos, síntesis de otros más complejos y duplicación de nucleoproteínas (ADN).

En general, existen diversas formas de reproducción que se agrupan en 2 categorías principales: asexual y sexual.

La *reproducción asexual* ocurre en la mayoría de los protozoos y algunos metazoos inferiores, se produce a partir de un solo individuo, sin la intervención de células sexuales (germinales o gametos).

La *reproducción sexual* predomina en los metazoos de mayor complejidad, se realiza generalmente mediante la participación de 2 progenitores: uno femenino y otro masculino, en cuyas gónadas se desarrollan las células sexuales (germinales o gametos), las cuales se fusionan mediante el proceso de fecundación, y se origina el huevo o cigoto. El nuevo ser así formado se desarrolla experimentando una serie de transformaciones de carácter cuantitativo y cualitativo en el transcurso de su vida y presenta características específicas en cada etapa de su desarrollo u ontogenia. Se distinguen 2 grandes períodos, prenatal y posnatal.

La Embriología es la rama de la Biología que estudia el origen y desarrollo prenatal de los organismos.

Aparato reproductor y sus funciones fundamentales

Para facilitar la comprensión del origen y desarrollo prenatal del organismo, es conveniente conocer,

aunque sea brevemente, los órganos que componen el aparato reproductor y sus funciones fundamentales.

El *aparato reproductor* está constituido por los *órganos genitales internos* (glándulas sexuales y conductos genitales) y los *órganos genitales externos*, que presentan diferencias según el sexo (ver sistema genital masculino y femenino) (fig. 10.1).

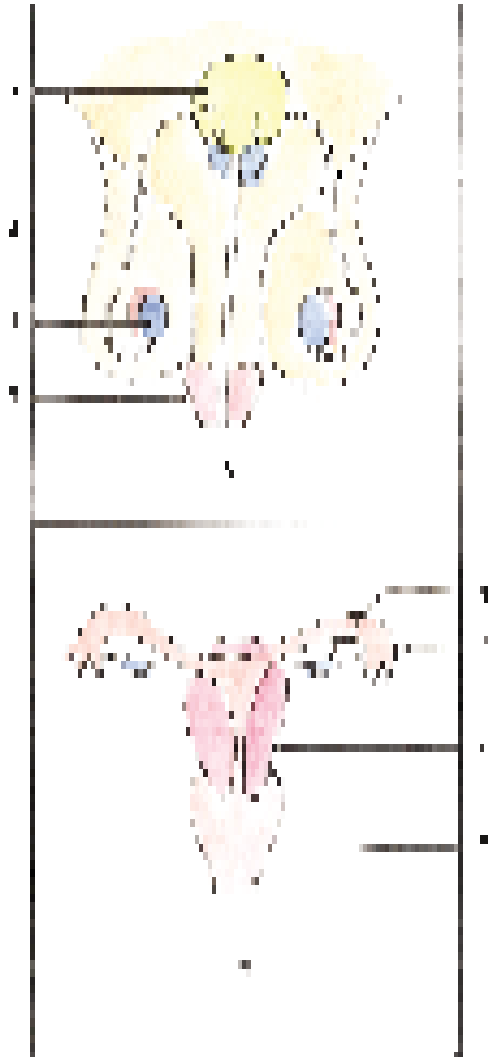


Fig. 10.1. Órganos genitales. A. masculino: 1. testículo, 2. conducto deferente, 3. pene con uretra, a) vejiga urinaria, B. femenino: 4. ovario, 5. tuba uterina, 6. útero, 7. vagina.

En los dos sexos las *glándulas sexuales* o *gónadas* (testículos en el varón y ovarios en la hembra) tienen doble función, o sea, de *producir células sexuales* o *gametos* (espermatozoides en el varón y ovocitos secundarios en la hembra) y de *secretar las hormonas sexuales* (andrógenos en el varón y estrógenos-progesterona en la hembra). La producción de células y hormonas sexuales (gametogénesis y

hormogénesis) por estas glándulas durante la vida fértil del individuo se realiza de forma continua en el varón y cíclica en la hembra; regulada directamente en los dos sexos por las hormonas gonadotrópicas de la adenohipófisis.

Los conductos genitales son los encargados de transportar los gametos desde el lugar donde se producen hasta el exterior, constituyen en el varón las vías espermáticas (conductos del epidídimo, deferente y eyaculador) y en la hembra están formados por las tubas uterinas -donde generalmente ocurre la fecundación-, el útero donde se implanta el ovocito fecundado y se desarrolla el nuevo individuo, y la vagina que es el órgano de la cópula.

Los órganos genitales externos están formados por una serie de estructuras cutáneas y eréctiles, donde se abren los conductos urogenitales y de las glándulas accesorias, que constituyen en la hembra un conjunto estructural denominado vulva o pudendo femenino y en el varón se destaca el pene u órgano de la cópula y las bolsas escrotales donde se alojan los testículos.

Períodos del desarrollo humano: ontogenia

En la *ontogenia humana* se destacan los procesos de crecimiento y desarrollo, los cuales representan formas específicas del movimiento biológico, si se tiene en cuenta que en su aspecto más general, el movimiento significa cambios o transformaciones de un estado a otro, que transcurre en el tiempo y en el espacio, sobre el cual influyen factores genéticos y ambientales.

El crecimiento es el proceso que indica un aumento de las dimensiones y el peso del cuerpo humano, y por lo tanto puede ser valorado numéricamente. En este proceso se producen cambios estructurales cuantitativos, de forma continua, aunque su velocidad no es uniforme pues en determinados períodos es más rápido que en otros. El crecimiento es por causa principalmente del aumento del número de células por multiplicación o proliferación de estas (hiperplasia), aumento del tamaño de las células (hipertrofia) y aumento de la sustancia intercelular.

El desarrollo comprende una serie de procesos, entre los que se destaca la diferenciación, que le proporciona a la estructura nuevas funciones en el transcurso de su maduración. En estos procesos se producen cambios estructurales y funcionales cualitativos en forma de saltos, que aumentan la complejidad del organismo, el cual adquiere nuevas propiedades morfofuncionales, distintas a la original.

La ontogenia humana estudia la evolución del individuo, o sea, el proceso de desarrollo del hombre en el transcurso de toda su vida. Se divide en 2 grandes

períodos, el *prenatal* o intrauterino y el *posnatal* o extrauterino, separados el uno del otro por el acto del nacimiento.

El parto o acto del nacimiento puede considerarse como un salto dialéctico en el desarrollo del individuo, que de un medio en condiciones estables como es el útero materno, cambia a otro de factores variables como es el mundo exterior.

En la vida del individuo se distinguen diferentes períodos por edades, que presentan características particulares, aunque el paso de un período a otro no está claramente delimitado, pues existen etapas de transición, por lo cual las edades que señalan los límites entre los períodos son aproximadas.

En la actualidad existen diversas clasificaciones de los períodos de la ontogenia humana. A continuación se presenta una clasificación adaptada de las expuestas en las obras de varios autores (*Anatomía Humana* de M. Prives, *Embriología Humana* de J. Langman, *Tratado de Pediatría* de W. E. Nelson y *Temas de Pediatría* de autores cubanos).

Período prenatal

El período prenatal se caracteriza porque tiene una duración aproximada de 40 semanas (9 meses) y el organismo tiene un ritmo de crecimiento más rápido que en el período posnatal. Además, presenta etapas morfológicas semejantes a las que ocurren en distintas especies. Por esta razón se plantea que en la ontogenia se repiten los pasos de la filogenia.

El período prenatal se puede dividir en 2 etapas: la embrionaria que comprende los 2 primeros meses a partir de la fecundación y la fetal que abarca los 7 meses posteriores, hasta el momento del nacimiento.

También se puede dividir el período prenatal en 3 etapas que se denominan: *prediferenciación, diferenciación o embrionario y de crecimiento o fetal.*

La etapa de *prediferenciación* comprende las 3 primeras semanas del desarrollo, desde la fecundación hasta la formación de las 3 hojas germinativas y se caracteriza por su proliferación celular.

La *etapa de diferenciación o embrionaria* se extiende desde la cuarta a la octava semana del desarrollo y se destaca por una rápida diferenciación de los tejidos embrionarios, y da origen a los esbozos de los órganos.

La *etapa de crecimiento o fetal* abarca los 7 meses restantes hasta el momento del nacimiento, en la cual continúa el desarrollo de los tejidos (histogénesis) y de los órganos (organogénesis) y se distingue por un crecimiento rápido del cuerpo.

Período posnatal

El período posnatal se subdivide en varias etapas, desde el momento del nacimiento hasta la muerte del individuo.

Etapa del recién nacido o neonatal (primer mes): Con el nacimiento se producen cambios funcionales importantes como el inicio de la respiración, la circulación pulmonar y la alimentación oral. El cuerpo del recién nacido se diferencia extraordinariamente del adulto por su forma y dimensiones. La talla es por término medio de 50 cm y el peso de 3,5 kg.

Etapa de lactancia (1-12 meses): El crecimiento es rápido. Al final de esta etapa la talla aumenta la mitad del tamaño que tenía al nacer, alcanza aproximadamente 75 cm y el peso se triplica (10,5 kg). A los 3 meses sostiene la cabeza, a los 6 se mantiene sentado e inicia la dentición decidua o temporal, a los 9 se sienta solo y a los 12 camina con apoyo.

Etapa transicional (1-2 años): El crecimiento corporal es lento. Comienza a caminar con inseguridad y luego adquiere mayor dominio locomotor.

Etapa preescolar (2-6 años): El crecimiento corporal también es lento y termina la dentición decidua o temporal a los 3 años de edad.

Etapa escolar (6-12 años): El crecimiento corporal continúa lento. Se inicia y desarrolla la dentición permanente.

Etapa de la adolescencia (12-20 años): El crecimiento corporal es rápido al inicio, y por lo general el desarrollo en la hembra ocurre antes que en el varón. Se inicia con la aparición de los rasgos sexuales secundarios, que se desarrollan hasta alcanzar la madurez sexual al final de esta etapa y se subdivide en 3 edades: prepuberal, puberal y pospuberal.

Etapa del adulto (20-45 años): El cuerpo alcanza su altura definitiva antes de los 30 años y luego continúa su desarrollo lentamente. El peso medio es aproximadamente de 60 kg y la talla promedio de 160 cm (165 cm en el hombre y 155 cm en la mujer), los límites normales de la altura del cuerpo humano están entre 120 y 200 cm. Por debajo de la altura mínima se habla de enanismo y por encima de la máxima, de gigantismo. Esta etapa se subdivide en 2 edades; adulto joven y adulto maduro.

Etapa de envejecimiento (mayor de 45 años): Se observa la desaparición de las suturas craneales, la caída de los dientes y la involución de los órganos. Se subdivide en 3 edades: media, avanzada y senil (cuadro 10.1).

Cuadro 10.1. *Períodos del desarrollo humano: ontogenia*

Períodos	Etapas	Etapas	Edades
Prenatal	Embrionario	Prediferenciación	3 primeras semanas
		Diferenciación	4-8 semanas
	Fetal	Crecimiento	7 meses posteriores
Posnatal	Infancia (niñez)	Neonatal	Primer mes
		Lactancia	1-12 meses
		Transicional	1-2 años
		Preescolar	2-6 años
		Escolar	6-12 años
	Adolescencia	Prepuberal	12-14 años
		Puberal	14-16 años
		Pospuberal	16-20 años
	Adulto	Joven	20-30 años
		Maduro	30-45 años
Envejecimiento	Edad media	45-60 años	
	Edad avanzada	60-75 años	
	Edad senil	+ de 75 años	

11. Gametogénesis

Concepto y períodos de la gametogénesis

La *gametogénesis* es el proceso mediante el cual se desarrollan las células sexuales o reproductoras, también llamadas gametos.

Los *gametos masculinos* (espermatozoides) y *femeninos* (ovocitos secundarios) se originan de las células germinativas primordiales, que **aparecen durante la tercera semana del desarrollo en la pared de una estructura extraembrionaria llamada saco vitelino** y desde allí migran hacia la zona donde se forman las gónadas (testículos y ovarios). Al llegar las células germinativas primordiales a la región gonadal se convierten en gonocitos que experimentan un proceso de desarrollo o *gametogénesis* hasta convertirse en gametos, o sea, en células aptas para la reproducción.

Las modificaciones que ocurren en las células germinativas durante la gametogénesis se basan fundamentalmente en cambios morfológicos y en la reducción del número de cromosomas; pasan por 3 períodos sucesivos que se denominan multiplicación, crecimiento y maduración (fig. 11.1).

En el *período de multiplicación o proliferación* los gonocitos se dividen repetidas veces por mitosis y forman las espermatogonias u ovogonias según el sexo.

En el *período de crecimiento* las células aumentan de volumen y contienen el número de cromosomas típicos de la especie (número diploide en el humano, 46), y así forman los espermatocitos u ovocitos primarios de acuerdo con el sexo.

En el *período de maduración* se produce la *meiosis*, tipo especial de división celular que sólo ocurre en las células germinativas e incluye 2 divisiones sucesivas, precedidas por una sola duplicación de cromosomas (ADN) y cuyo resultado es la reducción a la mitad del número de cromosomas (número haploide en el humano, 23); en la primera división meiótica forman los espermatocitos y ovocitos secundarios, en dependencia del sexo. En el varón, al ocurrir la segunda

división meiótica las células sexuales masculinas se convierten en espermátides, y requieren de un período adicional de metamorfosis llamado espermiogénesis, que las transforman en espermatozoides. En la hembra, durante esta misma etapa de la división meiótica, las células sexuales femeninas (ovocitos secundarios) culminan la maduración si se produce la fecundación, pero si esto no ocurre el ovocito secundario degenera.

Diferencias entre espermatogénesis y ovogénesis

El proceso de gametogénesis es similar en los dos sexos, aunque existen algunas diferencias al formarse células distintas según el sexo, por lo que se denomina *espermatogénesis* en el hombre y *ovogénesis* en la mujer.

La espermatogénesis se desarrolla en las gónadas masculinas (tubos seminíferos de los testículos), a partir de la pubertad, de forma continua durante toda la vida sexual del individuo y tiene una etapa adicional de transformación llamada espermiogénesis donde por cada espermatocito primario se obtienen cuatro células aptas para la fecundación o espermatozoides que son morfológicamente iguales, pero tienen cromosomas sexuales o gonosomas diferentes (2 con gonosomas X y los otros 2 con gonosomas Y).

La ovogénesis se desarrolla en las gónadas femeninas (folículos del ovario), comienza durante la vida prenatal y se interrumpe antes del nacimiento en la etapa inicial de la primera división meiótica del período de maduración, quedan los ovocitos primarios en un período de reposo y forman parte de los folículos primarios del ovario. En la pubertad se reinicia el período de maduración de forma cíclica durante la vida fértil de la mujer, por cada ovocito primario se obtienen 4 células morfológicamente diferentes pero con cromosomas sexuales iguales, de las cuales solo una de ellas denominada ovocito secundario es apta para

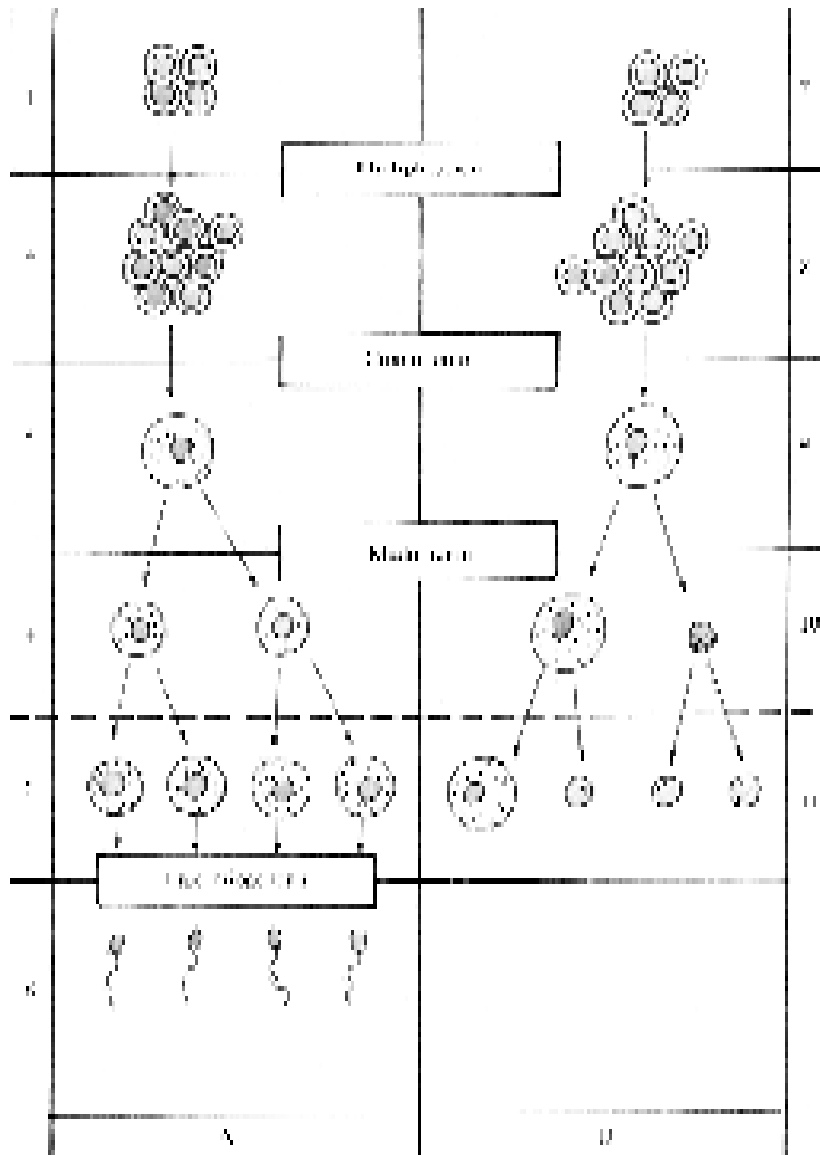


Fig. 11.1. Gametogénesis. A. Espermatogénesis: 1. células germinativas primordiales, 2. espermatogonias, 3. espermatocito I, 4. espermatocito II, 5. espermatíde, 6. espermatozoide, B. Ovogénesis: 7. células germinativas primordiales, 8. ovogonias, 9. ovocito I, 10. ovocito II y polocito I, 11. ovocito maduro y polocitos II, III y IV.

la fecundación y las otras se llaman polocitos o corpúsculos polares que son más pequeñas y degeneran. De la primera división meiótica resulta un ovocito secundario y un polocito primario. Al inicio de la segunda división meiótica el ovocito secundario es liberado del ovario (ovulación) y si se produce la fecundación concluye su maduración, se obtiene un ovocito maduro (óvulo) y podrían formarse 3 polocitos o corpúsculos polares.

Características morfológicas de los gametos

Las células sexuales maduras o gametos masculinos y femeninos son células altamente especializadas en la función de reproducción, capaces de fusionarse en el proceso de fecundación, dar origen al huevo o cigoto, a partir del cual se desarrolla el nuevo ser.

Los gametos de los dos sexos tienen la característica común que los diferencian de las células somáticas, de poseer la mitad del número de cromosomas propios de cada especie (número haploide, en el humano 23). Esto permite que al fusionarse los gametos de sexos opuestos se restituya el número de cromosomas de la especie (número diploide, en el humano 46). Sin embargo, durante el proceso de gametogénesis las células sexuales o germinativas experimentan un proceso de transformación extraordinario, llegan a constituir células que presentan características morfológicas diferentes según el sexo, adaptadas a las funciones específicas que desempeñan. Los gametos masculinos son células muy activas, con gran movilidad, lo que facilita el traslado hacia el lugar donde se encuentra el gameto femenino, que es una célula pasiva en cuanto a movilidad pero almacena en el citoplasma gran cantidad de sustancias nutritivas (vitelo), necesarias en la primera etapa del desarrollo del nuevo ser.

Los *gametos masculinos* (espermatozoides) (fig. 11.2) se caracterizan porque normalmente se emiten en grandes cantidades (aproximadamente 300 000 000 en 3 mL de semen obtenido en una eyaculación). Es una de las células más pequeñas del organismo, con escaso citoplasma dispuesto en la periferia de la célula y limitado por la membrana plasmática. Tiene una forma alargada peculiar (flagelado), presenta las porciones

siguientes: cabeza, cuello, cuerpo o pieza intermedia y cola, con sus 2 partes: principal y terminal. La cabeza contiene los elementos nucleares de la célula donde el material cromosómico se encuentra condensado y en su extremo anterior se halla el casquete acrosómico formado por parte del complejo de Golgi. El cuello es corto. El cuerpo o pieza intermedia tiene en sus extremos los centriolos y contiene el filamento axil rodeado de mitocondrias. En la cola se distingue la parte principal más larga, formada por el filamento axil rodeado por una vaina citoplasmática y la parte terminal más corta y delgada constituida solo por el filamento axil. Con relativa frecuencia existen espermatozoides con anomalías en su morfología (forma y tamaño).

El gameto femenino (ovocito secundario) (Fig. 11.2) completa su maduración si se produce la fecundación. Esta célula se caracteriza porque se emite en cantidades limitadas (generalmente se libera un sólo ovocito secundario en la ovulación, que ocurre cada 28 d y solo unos 300 durante la vida fértil de la mujer). Tiene forma esférica y constituye la célula más grande del organismo, con un núcleo grande y citoplasma abundante, donde se hallan dispersos organitos y gránulos de sustancias nutritivas, limitada por la membrana plasmática, que está rodeada por una cubierta de protección constituida por la zona pelúcida compuesta de mucopolisacáridos y la corona radiada formada por células foliculares del ovario.



Fig. 11.2. Gametos. A. Masculino: 1. cabeza, 2. cuello, 3. cuerpo o porción intermedia, 4. cola, B. Femenino: 5. corona radiada, 6. zona pelúcida, 7. citoplasma, 8. núcleo, 9. polocito.

12. Etapa de prediferenciación

Características generales de la etapa de prediferenciación

La etapa de prediferenciación comprende las 3 primeras semanas del desarrollo, desde la fecundación hasta la formación de las 3 hojas germinativas (ectodermo, endodermo y mesodermo). Además, se forman determinadas estructuras extraembrionarias que favorecen el desarrollo del embrión, como el corion o parte fetal de la placenta, donde se forma el sistema vascular extraembrionario. Este período se caracteriza por la proliferación y la nutrición que es por difusión (cuadro 12.1).

Cuadro 12.1. Características generales de la etapa de prediferenciación

Duración	Tres primeras semanas
Inicio	Fecundación
Terminación	Formación de las 3 hojas germinativas
Nutrición	Por difusión
Mecanismo del desarrollo	Proliferación

Fecundación

El desarrollo embrionario se inicia con la fecundación, que consiste en la fusión de las células sexuales o gametos, masculino (espermatozoides) y femenino (ovocito secundario), para dar origen al huevo o cigoto a partir del cual se desarrolla el nuevo individuo.

La fecundación se produce normalmente en el interior de la tuba uterina, en especial en el segmento lateral más ensanchado de esta estructura (ampolla).

A continuación se describe cómo transitan los gametos femenino y masculino hasta el lugar donde

ocurre la fecundación y cómo se producen los 2 fenómenos más importantes de este proceso, o sea, la penetración del espermatozoide en el ovocito secundario y la formación de los pronúcleos masculino y femenino, que culminan con la formación del huevo o cigoto (fig. 12.1).

Al producirse en la mujer la ovulación, un folículo maduro de un ovario se rompe y es expulsado un ovocito secundario que no ha completado aún su maduración y está rodeado por la zona pelúcida y la corona radiada. En ese momento el ovocito secundario es captado por una tuba uterina, donde mantiene su vitalidad durante 24 h aproximadamente.

Por otra parte, en el momento que el hombre realiza la eyaculación durante el coito, es depositado en la vagina de la mujer el semen, que contiene 300 000 000 de espermatozoides aproximadamente, de los cuales unos 300 ascienden hasta las tubas uterinas pasando por el útero, gracias al movimiento de sus colas y a las contracciones de las paredes de estos órganos, donde se mantienen vivos casi 48 h.

Un grupo de estos espermatozoides que llegan a la tuba uterina se acerca al ovocito secundario, y dispersa la corona radiada mediante acciones mecánicas y enzimáticas; algunos de ellos se introducen en la zona pelúcida, pero normalmente solo un espermatozoide penetra en el interior del ovocito secundario (monospermia) que se convierte en óvulo. Al ocurrir la penetración se fusionan las membranas plasmáticas de ambos gametos y se produce una reacción en la zona periférica del óvulo, que impide la entrada de otros espermatozoides.

Después de la penetración, la cabeza del espermatozoide se separa de la cola y aumenta de tamaño, y así forman el pronúcleo masculino que contiene la mitad de los cromosomas (paternos). Además, culmina la maduración del ovocito secundario, expulsa el polocito secundario y forma el pronúcleo femenino, que aporta la otra mitad de los cromosomas (maternos). Ambos pronúcleos, masculino y femenino, se aproximan y se fusiona el material nuclear mediante el proceso de la primera división mitótica que da inicio a la segmentación del huevo o cigoto.

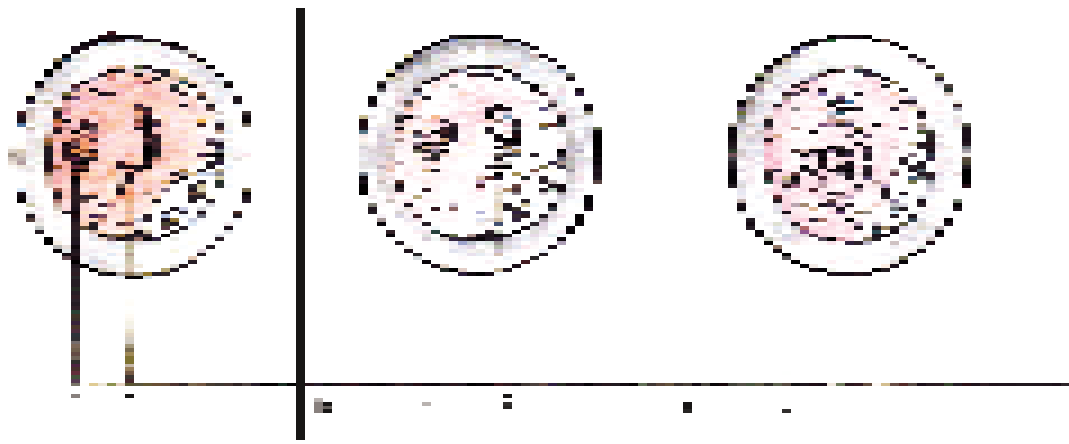


Fig. 12. 1. Fecundación. A. Penetración: 1. núcleo del ovocito, 2. espermatozoides, 3. polocitos, B. Pronúcleos: 4. femenino, 5. masculino, C. Huevo o cigoto: 6. huso mitótico.

En resumen, los resultados fundamentales de la fecundación son: la culminación de la maduración del ovocito secundario y la formación del huevo o cigoto, el restablecimiento del número diploide de cromosomas, la determinación del sexo y el inicio del proceso de segmentación. En relación con el proceso de la fecundación pueden ocurrir algunos problemas de salud de cierta importancia, como la infertilidad y los embarazos múltiples.

En el humano, generalmente es fecundado un solo ovocito secundario, aunque pueden ocurrir embarazos múltiples mediante 2 mecanismos; los multiovulares por fecundación de más de un ovocito secundario que dan hijos genéticamente diferentes (gemelos bicigóticos o fraternos) y los monoovulares por fecundación de un ovocito secundario que da hijos genéticamente iguales (gemelos monocigóticos o idénticos). Estos últimos se producen en la etapa inicial del proceso de segmentación del material formativo del cigoto, al constituirse masas aisladas que continúan su desarrollo de forma independiente, pero cuando ocurren en etapas más avanzadas, pueden provocar trastornos morfológicos serios, y dar origen a gemelos fusionados (siameses).

Primera semana del desarrollo

Después de la fecundación se produce la segmentación del cigoto, se forma la mórula y posteriormente el blastocisto, que inicia su implantación en el endometrio o capa mucosa del útero (fig. 12.2).

La segmentación es un proceso de proliferación celular, pero no provoca el crecimiento total del cigoto, porque se produce una serie de divisiones mitóticas, que aumenta progresivamente el número de células llamadas blastómeras, las cuales son cada vez más pequeñas hasta alcanzar el tamaño de las células de la especie. El proceso de segmentación se realiza con

gran rapidez, en el transcurso de 4 d aproximadamente, tiempo que demora el cigoto en atravesar la tuba uterina. Además, la segmentación se caracteriza porque es completa, asincrónica y algo desigual, es decir, todo el cigoto se segmenta con un ritmo irregular y las blastómeras presentan tamaños un poco desiguales.

Cuando el cigoto tiene 12 a 16 blastómeras adopta la forma semejante a una fruta llamada mora y por este motivo se le denomina mórula a esta estructura, la cual está compuesta por una masa celular interna en el centro y una masa celular externa en la periferia, rodeada por la zona pelúcida.

Una vez que la mórula llega a la cavidad uterina comienza a introducirse líquido en su interior, forma una cavidad llamada blastocele que se localiza en un polo (abembrionario) y la masa celular interna se desplaza hacia el otro polo (embrionario) para formar el embrioblasto de donde se originarán principalmente los tejidos del embrión; mientras que las células de la masa celular externa se aplanan para formar el trofoblasto de donde se desarrollarán estructuras extraembrionarias, como el corion o parte fetal de la placenta. De esta manera se forma una nueva estructura nombrada blastocisto que se caracteriza porque tiene mayor tamaño que la mórula, gracias al incremento del número de células y la acumulación de líquido en su interior.

Al término de la primera semana (6to. día) el blastocisto pierde la zona pelúcida y comienza a implantarse en el endometrio o capa mucosa del útero que se encuentra en fase secretora o progestacional, esta se caracteriza porque el estroma endometrial está edematoso, las glándulas uterinas dilatadas y las arterias tortuosas.

El blastocisto comienza a implantarse normalmente por su polo embrionario en el endometrio de la parte superior del cuerpo uterino, ya sea en su pared anterior o posterior (fig. 12.3), aunque en ocasiones se producen implantaciones anormales del blastocisto que provocan los llamados embarazos ectópicos y la placenta previa.

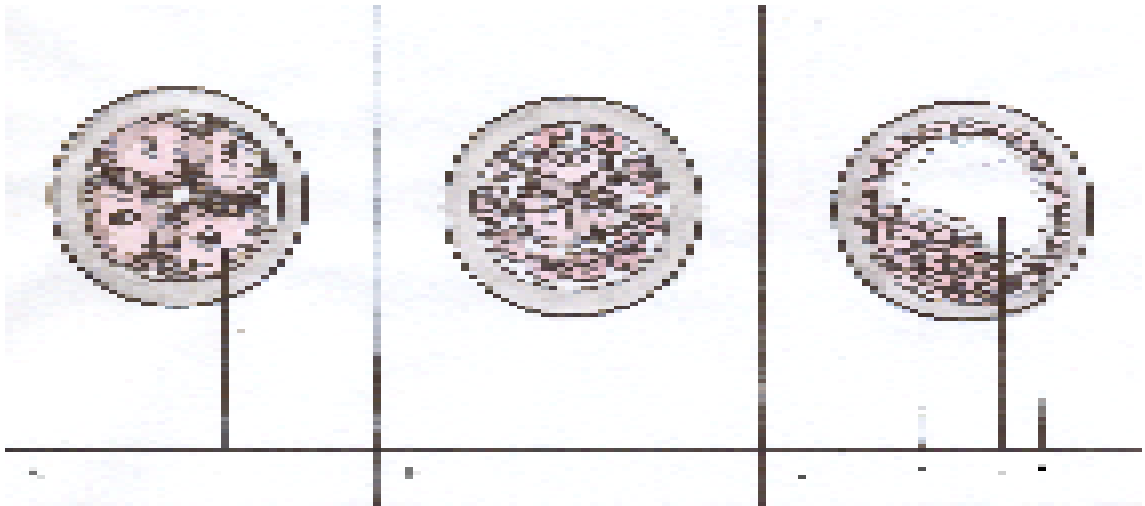


Fig. 12.2. Primera semana del desarrollo. A. Segmentación: 1. blastómeras, B. Mórula, C. Blastocisto: 2. embrioblasto, 3. blastocela, 4. trofoblasto.



Fig. 12.3. Proceso desde la ovulación hasta la formación del blastocisto. 1. ovocito II expulsado del ovario (ovulación), 2. ovocito II en tuba uterina rodeado de espermatozoides, 3. penetración del espermatozoide, 4. formación de pronúcleos, 5. huevo o cigoto, 6. segmentación, 7. mórula, 8. blastocisto en cavidad uterina.

Segunda semana del desarrollo

Durante la segunda semana del desarrollo el blastocisto culmina su implantación, se introduce firmemente en el endometrio y experimenta cambios morfológicos en sus 2 porciones. En el embrioblasto se forma el disco embrionario bilaminar al diferenciarse 2 hojas germinativas, el ectodermo y el endodermo; mientras que en el trofoblasto ocurren cambios significativos al formarse 2 capas, el citotrofoblasto y el sincitiotrofoblasto. Además, se desarrollan algunas estructuras extraembrionarias como la cavidad amniótica, el saco vitelino, el pedículo de fijación y el corion o parte fetal de la placenta y se inicia la circulación útero-placentaria (circulación materna).

En el embrioblasto se forma un disco ovalado llamado *disco embrionario bilaminar*, por causa del

proceso de diferenciación de sus células que forman 2 hojas germinativas superpuestas una sobre otra, el *ectodermo* de células cilíndricas altas y el *endodermo* de células cúbicas pequeñas.

En el *polo embrionario* aparece una cavidad entre la hoja germinativa ectodérmica y el trofoblasto (citotrofoblasto), denominada *cavidad amniótica* que contiene el líquido amniótico cuya función principal es la protección del feto en los vertebrados superiores o amniotas (reptiles, aves y mamíferos).

En el *polo abembrionario* se encuentra otra cavidad llamada *blastocela*, situada entre la hoja germinativa endodérmica y el trofoblasto (citotrofoblasto), en la cual se forma el saco vitelino primitivo cuando la superficie interna del citotrofoblasto está cubierta por la membrana exocelómica (membrana de Heuser) y luego, a esta cavidad se le denomina *saco vitelino secundario o definitivo* cuando

la hoja germinativa endodérmica se extiende y cubre la superficie interna de la membrana exocelómica. El saco vitelino tiene una función trófica o de nutrición en algunos animales como los peces, reptiles y aves, pero en los mamíferos, parte de esta estructura da origen al intestino primitivo (fig. 12.4).

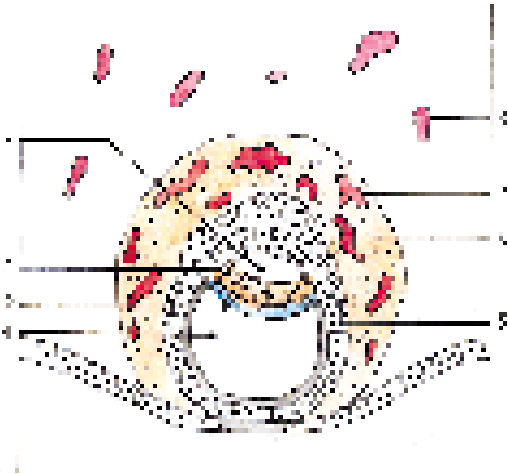


Fig. 12.4. Segunda semana del desarrollo. Disco bilaminar: 1. ectodermo, 2. endodermo, 3. cavidad amniótica, 4. saco vitelino primitivo, 5. citotrofoblasto, 6. sincitiotrofoblasto, 7. laguna trofoblástica, 8. vasos sanguíneos endometriales.

En el *trofoblasto* ocurren cambios significativos, basados en la proliferación y diferenciación de sus células que forman 2 capas, una interna o *citotrofoblasto* de células mononucleadas y otra externa o *sincitiotrofoblasto*, multinucleada y sin límites celulares netos, que intervienen en la formación de algunas estructuras extraembrionarias.

En la capa interna del trofoblasto (citotrofoblasto) se originan células que forman un tejido laxo alrededor del saco vitelino y la cavidad amniótica, y constituyen el mesodermo extraembrionario (fig. 12.5). En su espesor aparecen pequeñas cavidades que luego se fusionan para originar una cavidad de mayor tamaño llamada *celoma extraembrionario* (cavidad coriónica). Esta divide el mesodermo extraembrionario en 2 hojas, la visceral o esplácnica que cubre el saco vitelino y la parietal o somática que reviste el trofoblasto y parte de la cavidad amniótica; excepto la zona donde se forma el pedículo de fijación, correspondiente al área de mesodermo extraembrionario donde no existe cavidad coriónica y que mantiene la conexión entre el embrión y el trofoblasto, que después formará parte del cordón umbilical (fig.12.6).



Fig. 12.5. Segunda semana del desarrollo. 1. mesodermo extraembrionario.



Fig. 12.6. Segunda semana del desarrollo. 1. celoma extraembrionario, 2. hoja esplácnica, 3. hoja somática, 4. corion, 5. pedículo de fijación.

El *corion* o *parte fetal* de la placenta está compuesto por el mesodermo extraembrionario somático y el trofoblasto (citotrofoblasto y sincitiotrofoblasto). En esta capa comienzan a formarse los troncos de vellosidades primarias al introducirse las células del citotrofoblasto en el espesor del sincitiotrofoblasto.

En la capa externa del trofoblasto (sincitiotrofoblasto) aparecen unas cavidades pequeñas o vacuolas que al fusionarse forman cavidades de mayor tamaño (período lagunar) y luego forman una red de lagunas intercomunicadas (período trabecular), que se llenan de sangre materna procedente de los vasos sanguíneos endometriales erosionados por el proceso de invasión del sincitiotrofoblasto en el endometrio; se establece de esta manera la circulación útero-placentaria (circulación materna) (figs. 12.4-12.6).

Tercera semana del desarrollo

En la tercera semana del desarrollo se producen cambios significativos del embrioblasto, se forma el disco embrionario trilaminar al constituirse la tercera hoja germinativa o mesodermo y aparecen algunas estructuras embrionarias importantes como la línea primitiva, notocorda y alantoides; mientras que en el trofoblasto se desarrolla el sistema vascular extraembrionario.

En el embrioblasto el disco embrionario adopta un aspecto piriforme y presenta el extremo craneal más ancho que el extremo caudal. Además, **en la región craneal se forma la lámina precordial** y en la región caudal la lámina cloacal que son las áreas donde el ectodermo y el endodermo se mantienen unidos firmemente, sin interposición de mesodermo (fig. 12.7).

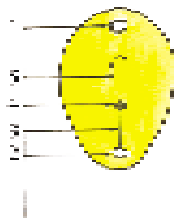


Fig. 12.7. Tercera semana del desarrollo. Superficie ectodérmica del embrión: 1. lámina precordial, 2. lámina cloacal, 3. línea primitiva, 4. nódulo primitivo, 5. proceso notocordal.

La línea primitiva comienza a formarse simultáneamente representada por una estructura lineal que sobresale un poco en la superficie ectodérmica de la porción caudal del disco embrionario, cerca del pedículo de fijación; como consecuencia de la migración de células ectodérmicas y su agrupación en esta región. Esta estructura se extiende hasta el centro del disco embrionario, donde se forma una dilatación conocida como *nódulo primitivo* (de Hensen). Las células ectodérmicas continúan la migración hacia la línea primitiva y provocan una invaginación, llamada *surco primitivo* y en el nivel del nódulo primitivo se produce una depresión más ensanchada nombrada *fosita primitiva* (fig. 12.7).

Las células ectodérmicas que se invaginan por el surco primitivo se sitúan entre las hojas germinativas ectodérmica y endodérmica, para formar de esta manera una nueva hoja germinativa llamada mesodermo, cuyo proceso de formación es proliferativo y de migración celular (fig. 12.8).

Las células que originan la hoja germinativa mesodérmica se extienden hacia el extremo craneal, se reúnen por delante de la lámina precordial y forman la lámina cardiogénica donde se desarrollará el corazón. Las células mesodérmicas también se extienden hacia el extremo caudal rodeando la lámina cloacal y se introducen en el pedículo de fijación. Además, la hoja germinativa mesodérmica se extiende lateralmente hasta ponerse en contacto con el mesodermo extraembrionario que rodea el saco vitelino y la cavidad amniótica.

Las células que se invaginan en la zona de la fosita primitiva migran en dirección craneal hasta la lámina precordial y forman una estructura tubular denominada proceso notocordal, considerada como la prolongación craneal de la fosita primitiva que se extiende por la línea media, entre el ectodermo y el endodermo. Luego, la porción craneal del proceso notocordal se transforma en un cordón macizo llamado notocorda, que es sustituida por el esqueleto axial (cuerpo de las vértebras),

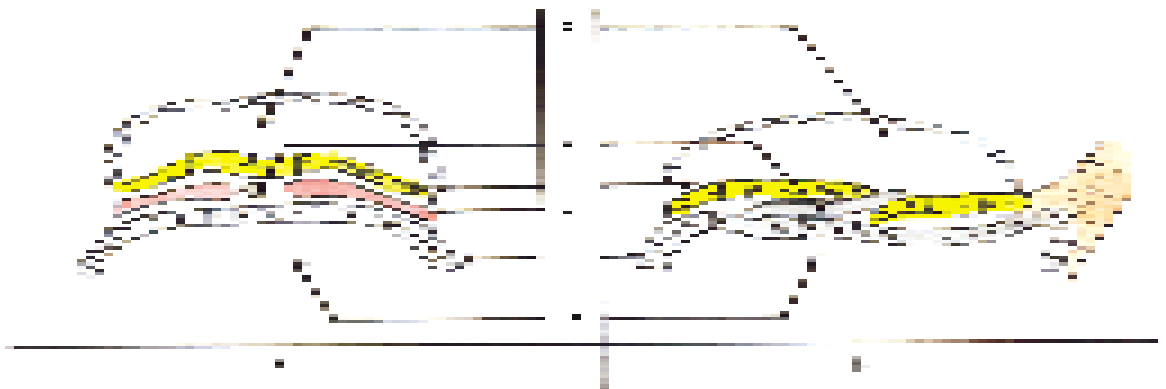


Fig. 12.8. Tercera semana del desarrollo. A. Corte transversal del embrión, B. Corte sagital del embrión: 1. ectodermo, 2. mesodermo, 3. endodermo, 4. notocorda, a) cavidad amniótica, b) saco vitelino, c) alantoides

y queda solo un residuo representado por los núcleos pulposos de los discos intervertebrales (fig. 12.8). En esta etapa también se forma la alantoides, que consiste en un divertículo pequeño del saco vitelino que penetra en el pedículo de fijación, el cual se relaciona con el desarrollo de la vejiga urinaria y la formación de los vasos sanguíneos umbilicales (fig. 12.8).

En el trofoblasto, los troncos de vellosidades primarias formados por la penetración de células del citotrofoblasto en el espesor de las trabéculas del sincitiotrofoblasto, se convierten en secundarios al introducirse en estos algunas células mesodérmicas y posteriormente se transforman en terciarios al formarse vasos sanguíneos en el espesor del mesénquima que ocupa el interior de las vellosidades.

Los vasos sanguíneos que se desarrollan en el mesoderma extraembrionario, en el nivel de las vellosidades, corion y pedículo de fijación, se conectan entre sí, para formar el sistema vascular extraembrionario. Más tarde (cuarta semana) estos vasos hacen conexiones con el sistema vascular intraembrionario recién formado, a través del pedículo de fijación, estableciéndose la circulación sanguínea entre el embrión y la placenta (circulación fetal).

A partir del segundo mes las vellosidades se ramifican extraordinariamente y sus extremos se ponen en contacto con la sangre materna contenida en los espacios intervillosos, para formar las llamadas vellosidades libres, por medio de las cuales se realiza el intercambio de sustancias entre la sangre materna y la fetal.

13. Etapa de diferenciación

Características generales de la etapa de diferenciación

La etapa de diferenciación o embrionaria **está comprendida entre la cuarta y octava semana del desarrollo, o sea, durante el segundo mes de vida intrauterina y se caracteriza por una rápida diferenciación celular mediante la cual cada hoja germinativa ya formada (ectodermo, endodermo y mesodermo) da origen a tejidos y órganos específicos (histogénesis y organogénesis) y se establece la nutrición por la circulación placentaria.**

También los cambios que se producen en esta etapa del desarrollo le proporcionan al embrión una forma cilíndrica y se destacan algunos caracteres externos del cuerpo.

La etapa de diferenciación constituye un período crítico del desarrollo, porque la acción de agentes teratógenos sobre el embrión puede producir malformaciones congénitas (cuadro 13.1).

Cuadro 13.1. Características generales de la etapa de diferenciación

Duración	Cuarta a octava semana
Inicio	Disco embrionario trilaminar
Terminación	Formación de tejidos y órganos específicos
Nutrición	Circulación placentaria
Mecanismos del desarrollo	Diferenciación celular

Hoja germinativa ectodérmica

La hoja germinativa ectodérmica se engruesa en la región craneal por delante del nódulo primitivo y forma

la placa neural que luego se extiende en dirección caudal adoptando la forma semejante a una zapatilla, con su porción craneal más engrosada. Posteriormente sus bordes se elevan formando los pliegues neurales que delimitan una depresión alargada entre ellos nombrada surco neural (fig. 13.1). Más tarde los pliegues neurales se fusionan en la línea media cerrando el surco neural, convirtiéndolo en una estructura tubular llamada tubo neural, el cual queda profundamente situado en el espesor del mesodermo y da origen al sistema nervioso central, el encéfalo en su porción craneal más ensanchada y la médula espinal en su porción caudal más estrecha. Además, origina una parte del sistema nervioso periférico (fibras nerviosas motoras o eferentes de los nervios).

La fusión de los pliegues neurales comienza en el nivel del futuro cuello y luego progresa en ambos sentidos, craneal y caudal, queda el tubo neural temporalmente abierto en sus extremos por 2 orificios llamados neuroporos craneal (anterior) y caudal (posterior) que comunican con la cavidad amniótica y después se ocluyen.

Las células ectodérmicas que no intervienen en la fusión de los pliegues neurales forman un par de columnas aisladas que se sitúan entre el tubo neural y el ectodermo superficial, las cuales se denominan crestas neurales, de donde se origina la otra parte del sistema nervioso periférico (ganglios nerviosos, fibras nerviosas sensitivas o aferentes de los nervios y tronco simpático) la médula de las glándulas suprarrenales y los melanocitos (células productoras de melanina).

El resto del ectodermo se transforma en el epitelio de cubierta del cuerpo y constituye la epidermis de la piel. En resumen, de la hoja germinativa ectodérmica se derivan estructuras y órganos que mantienen al organismo en contacto con el mundo exterior (epitelio de cubierta y sistema nervioso) (cuadro 13.2).



Fig. 13.1. Hojas germinativas en cortes transversales de embrión. A. Surco neural, B. Tubo neural, 1. ectodermo, 2. mesodermo, 3. endodermo, 4. notocorda, 5. crestas neurales, 6. mesodermo paraaxil, 7. mesodermo intermedio, 8. hoja somática del mesodermo lateral, 9. hoja esplácnica del mesodermo lateral, a) cavidad amniótica, b) saco vitelino.

Cuadro 13.2. Derivados del ectodermo

- Parte del tejido epitelial y el tejido nervioso
- Sistema nervioso central y periférico
- Epitelio sensorial de los órganos de los sentidos (visual, olfato y vestíbulo coclear)
- Glándulas endocrinas (hipófisis y médula suprarrenal)
- Epidermis de la piel y sus anexos
- Epitelios de revestimiento de la mucosa correspondiente a las porciones cercanas al exterior de los sistemas tubulares viscerales digestivo y respiratorio (cavidad oral, canal anal y cavidades nasales)
- Otras estructuras como el esmalte o capa más externa de los dientes y el lente o cristalino del ojo

Hoja germinativa mesodérmica

La hoja germinativa mesodérmica aparece durante la tercera semana del desarrollo, forma parte del disco embrionario trilaminar y se interpone entre el ectodermo y el endodermo, excepto en el nivel de las láminas precordal y cloacal. Posteriormente, la evolución de la hoja mesodérmica no se comporta igual en toda la extensión del embrión, presenta características diferentes en las regiones craneal, intermedia y caudal del disco embrionario.

En la *región craneal*, por delante de la lámina precordal, el mesodermo forma el área cardiogénica a partir de la cual se origina el corazón y se inicia la formación de vasos y células sanguíneas.

En la *región intermedia*, donde se desarrollará la cara y parte superior del cuello, el mesodermo forma 6 pares de barras denominadas arcos branquiales, que dan origen a estructuras esqueléticas y musculares de esta región.

En la *región caudal*, donde se formará el tronco del cuerpo, el mesodermo situado a cada lado de la notocorda y el tubo neural, presenta 3 porciones llamadas: medial o paraaxial, intermedia y lateral (fig. 13.1).

El mesodermo medial o paraaxial está representado por 2 masas engrosadas localizadas a ambos lados del plano medio, en las cuales se forma una serie de bloques (de 42 a 46 pares) o somitas que se nombran de acuerdo con la región del cuerpo donde se desarrollan: occipitales, cervicales, torácicas, lumbares, sacras y coccígeas. La presencia de las somitas es uno de los caracteres externos más visible en el embrión durante el período embrionario, llega incluso a determinarse la edad según el número de somitas que presenta y por esa razón, a este período también se le conoce como período somítico. En la zona ventromedial de las somitas se desarrolla el *esclerotoma* que dará origen a parte del esqueleto axial (columna vertebral) y en la zona dorsolateral se desarrolla por su parte medial el *miotoma* donde se originan los músculos del tronco y la parte inferior del cuello; mientras que en su parte lateral se desarrolla el *dermatoma* que formará la dermis de la piel.

El mesodermo lateral es la porción más lateral del mesodermo que se continúa directamente con el mesodermo extraembrionario por fuera del disco embrionario y en cuyo espesor aparecen una serie de cavidades que luego se unen para formar una cavidad mayor llamada celoma intraembrionario, la cual divide el mesodermo lateral en 2 hojas: una externa o parietal (mesodermo somático) y otra interna o visceral (mesodermo esplácnico). El mesodermo somático junto con el ectodermo forman las paredes laterales y ventrales del tronco del cuerpo. El mesodermo esplácnico en unión con el endodermo forman las paredes de los sistemas viscerales que derivan del intestino primitivo. Estas hojas (somática y esplácnica)

forman las membranas mesoteliales o serosas que tapizan las cavidades que se originan del celoma intraembrionario (peritoneal, pleural y pericárdica).

El mesodermo intermedio es la porción estrecha que conecta temporalmente las porciones paraaxial y lateral del mesodermo, de donde se origina la mayor parte de los órganos del aparato urogenital.

En la tercera semana del desarrollo se inicia la formación de los vasos y las células sanguíneas a partir del mesodermo extraembrionario e intraembrionario. Las células mesenquimatosas denominadas angioblastos forman acúmulos y cordones aislados llamados islotes sanguíneos, cuyas células centrales originan las células sanguíneas primitivas; mientras que las células periféricas forman las células endoteliales, las cuales se fusionan para originar los vasos sanguíneos primitivos y el mesénquima que los rodea formará las capas que constituyen sus paredes.

En resumen, de la hoja germinativa mesodérmica se derivan las estructuras relacionadas con el sostén y movimientos del cuerpo (sistema osteomioarticular, dermis de la piel y estroma de las glándulas) y las que intervienen en la circulación, excreción y reproducción del organismo (aparatos cardiovascular y urogenital) (cuadro 13.3).

Cuadro 13.3. Derivados del mesodermo

- Parte del tejido epitelial (endotelio y mesotelio), el tejido conectivo y el tejido muscular
- Sistema esquelético (huesos articulados)
- Sistema muscular (estriado, liso y cardíaco)
- Sistema vascular (sanguíneo y linfático)
- Órganos hemopoyéticos (médula ósea, nódulos linfáticos y bazo)
- La mayor parte del aparato urogenital con excepción del epitelio de revestimiento de la mucosa de la vejiga, uretra y vagina)
- Glándulas endocrinas (corteza suprarrenal)
- El estroma de las glándulas
- Dermis de la piel
- Las estructuras del diente, excepto el esmalte

Hoja germinativa endodérmica

La evolución de la hoja germinativa endodérmica está relacionada con el desarrollo del intestino primitivo en cuya formación participa también el saco vitelino definitivo (endodérmico) por influencia de los plegamientos craneal, caudal y laterales del embrión en sentido ventral (curvaturas o flexiones ventrales). Estos plegamientos se producen como consecuencia del desarrollo y crecimiento del embrión, especialmente del tubo neural y las somitas.

Los plegamientos craneal y caudal se desarrollan al doblarse o flexionarse los extremos del disco embrionario en sentido ventral, y forman los pliegues (curvaturas) craneal y caudal. Esto provoca el desplazamiento hacia la parte ventral del embrión de algunas estructuras como: el área cardiogénica, las láminas precordal y cloacal y el pedículo de fijación rodeado por el amnios. Además, una porción del saco vitelino es incorporada dentro del embrión y forman parte del intestino primitivo, cuya superficie interna está revestida por endodermo (fig. 13.2).

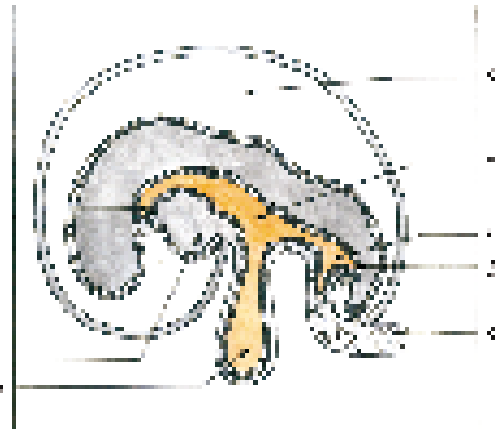


Fig. 13.2. Plegamientos craneal y caudal del embrión. Intestino primitivo: 1. porción craneal, 2. porción intermedia, 3. porción caudal, a) esbozo del corazón, b) saco vitelino, c) pedículo de fijación, d) alantoides, e) cavidad amniótica.

En el intestino primitivo se distinguen 3 porciones: anterior o craneal (proentérica), intermedia (mesentérica) y posterior o caudal (metentérica). La porción intermedia se comunica temporalmente con el saco vitelino, a través del conducto onfalomesentérico o vitelino. Las porciones craneal y caudal se encuentran transitoriamente cerradas y forman en cada extremo un fondo de saco ciego. El extremo craneal está limitado por la membrana estomatofaríngea o bucofaríngea (lámina precordal) que lo separa del estomodeo o boca primitiva; mientras que el extremo caudal está limitado por la membrana cloacal (lámina cloacal) que lo separa del proctodeo, donde se formará el canal anal. Estas membranas (estomatofaríngea y cloacal) se rompen posteriormente y se establece la comunicación del intestino primitivo con la cavidad amniótica.

En los plegamientos laterales los bordes derecho e izquierdo del disco embrionario se doblan o flexionan

también en sentido ventral, forman las paredes ventrales del embrión, que adquiere una forma cilíndrica y el intestino primitivo se convierte en una estructura tubular (fig. 13.3).

En resumen, de la hoja germinativa endodérmica se derivan estructuras que protegen la superficie interna de la mayor parte de los sistemas tubulares viscerales (aparatos digestivo, respiratorio y porciones distales del urogenital) y las que forman el parénquima de las glándulas de secreción (cuadro 13.4).

Cuadro 13.4. Derivados del endodermo

- Parte del tejido epitelial
- Epitelio de revestimiento de la mucosa del canal alimentario, vías respiratorias, y porciones distales de las vías urogenitales (vejiga, uretra y vagina)
- Epitelio de revestimiento de la cavidad timpánica (oído medio) y tuba auditiva
- Parénquima de las glándulas como el hígado, páncreas, tiroides, paratiroides y timo

Aspecto externo del organismo en el período prenatal

La *etapa de prediferenciación* comprende las 3 primeras semanas del desarrollo, desde la fecundación hasta la formación de las 3 hojas germinativas, y se caracteriza por la proliferación celular. En esta etapa el organismo es muy pequeño, por lo que resulta difícil apreciar a simple vista sus características morfológicas.

En la *primera semana* el organismo es microscópico y de forma esférica. Inicialmente el cigoto

experimenta un proceso de segmentación y se transforma en mórula (compuesto por la masa celular interna y externa), después en blastocisto (compuesto por el embrioblasto y el trofoblasto), el cual inicia su implantación en el endometrio.

En la *segunda semana* el organismo mide 0,1 cm y tiene la forma de un disco bilaminar ovalado (compuesto por 2 hojas germinativas: ectodermo y endodermo).

En la *tercera semana*, el organismo mide 0,2 cm y tiene la forma de un disco trilaminar piriforme (compuesto por 3 hojas germinativas: ectodermo, endodermo y mesodermo) en el cual se desarrollan estructuras importantes como la línea y el nódulo primitivo, a partir de las cuales se desarrollan el mesodermo y la notocorda, respectivamente.

La *etapa de diferenciación* o embrionaria, desde la cuarta a la octava semana del desarrollo, se caracteriza por un proceso de diferenciación a partir de las hojas germinativas, que originan los tejidos y órganos específicos del organismo (histogénesis y organogénesis) y se destacan algunas características morfológicas externas del cuerpo.

En la *cuarta semana* (fig. 13.4 A), el embrión mide 0,3 cm y adquiere una forma cilíndrica e incurvada ventralmente, por causa de los plegamientos craneal, caudal y laterales. Se destacan en su parte ventral, el estomodeo o boca primitiva y el cordón umbilical, así como los relieves formados por el corazón, los arcos branquiales y las somitas. Además, aparecen los esbozos de los órganos de los sentidos (óptico, olfatorio y auditivo).

En la *quinta semana* (fig. 13.4 B) el embrión mide 0,5 cm y las estructuras antes mencionadas continúan su desarrollo. Las regiones de la cabeza y el tronco

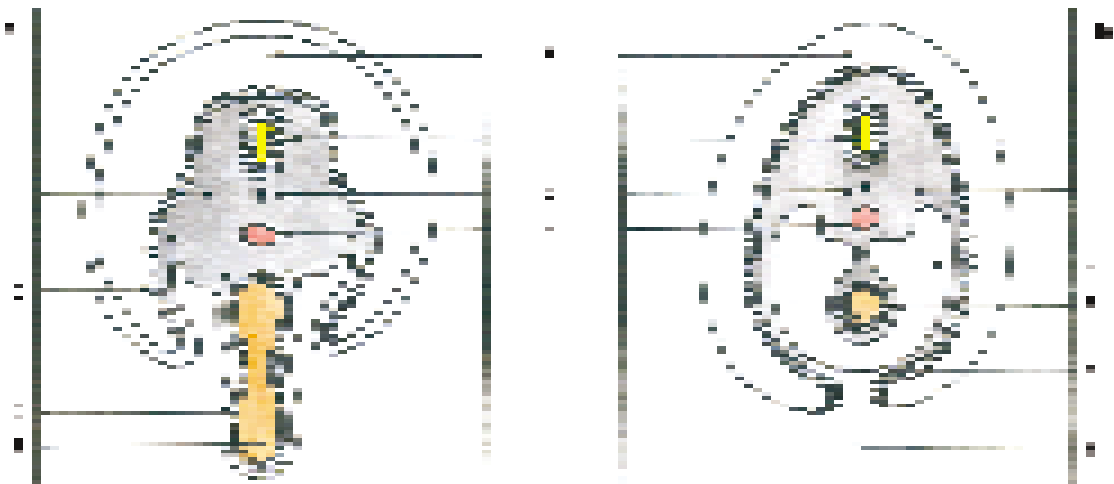


Fig. 13.3. Plegamientos laterales del embrión. A. Etapa inicial, B. Etapa final, 1. mesodermo, 2. ectodermo, 3. endodermo, 4. tubo neural, 5. notocorda, 6. aorta, a) cavidad amniótica, b) saco vitelino, c) celoma intraembrionario, d) intestino primitivo.

están bien definidas y se observa la prominencia del hígado en la parte ventral del embrión, entre la prominencia cardíaca y el cordón umbilical. Además, aparecen los esbozos de los miembros (los craneales antes que los caudales).

En la *sexta semana* (fig. 13.4 C) el embrión mide 1 cm y continúan desarrollándose las estructuras ya formadas, aunque otras como las somitas y la cola comienzan a desaparecer. La cabeza aumenta de tamaño al desarrollarse las vesículas encefálicas. En los miembros aparecen sus segmentos y los esbozos de los dedos (los craneales antes que los caudales).

En la *séptima semana* el embrión mide 2 cm y la cabeza aumenta aún más de tamaño, se distingue mejor el cuello y los dedos se separan (en las manos antes que en los pies).

En la *octava semana* (fig. 13.4 D) el embrión mide 3 cm y presenta la forma típica de la figura humana, con la cabeza relativamente grande y el cuello bien formado; en la cara se destacan los párpados, la nariz, los labios y las orejas.

La *etapa de crecimiento o fetal*, desde el tercer mes hasta el nacimiento, se caracteriza por un crecimiento rápido del cuerpo. Además, continúa el desarrollo de los tejidos y órganos que comienzan a funcionar específicamente de acuerdo con los requerimientos del organismo. En esta etapa es habitual medir la longitud desde el vértice del cráneo hasta las nalgas (C-N), aunque también se puede medir la longitud total, desde el vértice del cráneo hasta el talón del pie (C-T) (tabla).

Tabla Longitud y peso aproximado del organismo en la etapa fetal

Mes	Semana	Longitud C-N (cm)	Longitud C-T (cm)	Peso (g)
3	12	5	10	-
4	16	10	15	-
5	20	15	25	500
6	24	20	30	750
7	28	25	35	1 000
8	32	28	40	1 500
9	36	30	45	2 500
10	40	35	50	3 500

C-N: Cráneo-nalga, C-T: Cráneo-talón del pie.

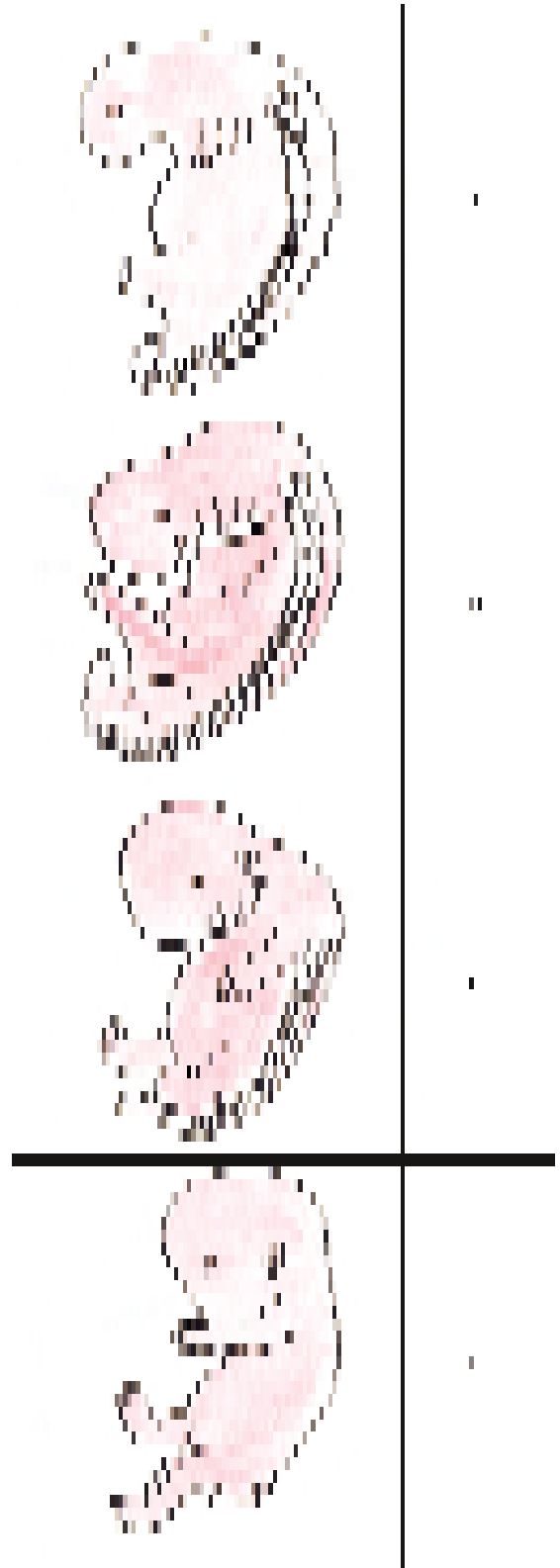


Fig. 13.4. Aspecto externo del embrión, A. Cuarta semana, B. Quinta semana, C. Sexta semana, D Octava semana.

14. Membranas fetales y placenta

Características generales de las membranas fetales

Las llamadas membranas fetales, como el amnios, saco vitelino, alantoides, cordón umbilical y el corion o parte fetal de la placenta, son una serie de estructuras que se derivan del cigoto, pero no forman parte del embrión propiamente dicho, aunque desempeñan funciones de protección, nutrición y excreción de este. Estas estructuras comienzan a desarrollarse en la etapa de prediferenciación a partir del trofoblasto y son eliminadas en el período final del parto (alumbramiento).

Amnios

El amnios (fig. 14.1) es la membrana que tapiza la cavidad amniótica, y se origina entre la hoja germinativa ectodérmica y el citotrofoblasto al formarse el disco embrionario bilaminar, durante la segunda semana del desarrollo; después llega a rodear al embrión totalmente, se fusiona con la lámina coriónica y envaina al cordón umbilical.

La cavidad amniótica contiene en su interior el líquido amniótico, cuyas funciones son proteger al feto, permitir sus movimientos, impedir que se adhiera a las membranas que lo contienen y mantener el equilibrio hídrico fetal.

El líquido amniótico es producido por las células del amnios y cuando los riñones comienzan a funcionar se agrega la orina del feto. De esta manera, el líquido amniótico aumenta progresivamente y llega a acumularse alrededor de 1 L al final de la vida intrauterina. Además, el líquido amniótico es renovado constantemente, pues parte de este líquido es deglutido por el feto (500 mL en 24 h) y absorbido en el

intestino, pasa a la circulación fetal y luego a la circulación materna a través de la placenta.

En el período inicial del parto (dilatación) las contracciones uterinas provocan una presión hidrostática de la cavidad amniótica (bolsa de agua), la cual es impulsada hacia el cuello del útero y contribuye a dilatar el canal cervical que al romperse produce la salida del líquido amniótico (rotura de la bolsa o fuente de agua). La rotura prematura de las membranas ovulares (amnios-corion) es un accidente obstétrico que puede presentar complicaciones al feto y a la madre.

Cuando se rompe el equilibrio entre la producción de líquido amniótico y su reabsorción ocurren alteraciones en su cantidad, aumenta (polihidramnios) o disminuye (oligohidramnios), y en ocasiones son por causa de determinadas malformaciones congénitas que afectan estos mecanismos (atresia esofágica y agenesia renal).

Saco vitelino

El *saco vitelino* (fig. 14.1) es la estructura que se forma en la segunda semana del desarrollo a partir del blastocelo, cavidad que aparece hacia el polo abembrionario del blastocisto, limitada por la hoja germinativa endodérmica y el citotrofoblasto.

El saco vitelino desempeña una importante función trófica o de nutrición en los peces, reptiles y aves, pero en los mamíferos la función trófica es realizada por la placenta, mientras que el saco vitelino contribuye a formar parte del intestino primitivo y el cordón umbilical, el resto queda como una estructura rudimentaria del conducto onfalomesentérico o vitelino obliterado. A veces este conducto persiste parcial o totalmente, y provoca malformaciones relacionadas con el aparato digestivo (divertículo del fleon o de Meckel, quiste vitelino y fístula onfalomesentérica o vitelina).



Fig. 14.1. *Membranas fetales y placenta.* 1. decidua basal, 2. decidua capsular, 3. corion veloso, 4. corion liso, 5. alantoides, 6. pedículo de fijación, 7. saco vitelino, 8. cavidad amniótica, 9. celoma extraembrionario.

Alantoides

La alantoides (fig. 14.1) aparece en la tercera semana del desarrollo como un divertículo de la pared endodérmica del saco vitelino, próximo al extremo caudal del disco embrionario trilaminar, que se introduce en el pedículo de fijación. En el mesénquima que rodea la alantoides se desarrollan los vasos sanguíneos, los cuales se transforman en los vasos umbilicales.

La alantoides tiene la función de reservorio de los productos de la excreción renal en algunos vertebrados, pero en el humano se convierte en una estructura rudimentaria, cuya porción extraembrionaria queda incluida en el pedículo de fijación y parte de la porción intraembrionaria está relacionada con la formación de la vejiga urinaria; el resto queda como un ligamento fibroso llamado uraco, que une el ápice de la vejiga con la región umbilical. En algunas ocasiones el uraco mantiene su permeabilidad total o parcialmente (fístula y quiste del uraco).

Cordón umbilical

El *cordón umbilical* (fig. 14.1) se forma durante la etapa de diferenciación, al quedar unidos y envueltos por el amnios, los pedículos de fijación y del saco vitelino.

El pedículo de fijación es el área de mesodermo extraembrionario que une el embrión con el trofoblasto, el cual es desplazado por los plegamientos del embrión,

hacia una posición ventral, y se acerca al pedículo del saco vitelino o conducto onfalomesentérico. Después ambos pedículos (el de fijación y del saco vitelino) se unen por la expansión del amnios y son revestidos por este, y se origina el cordón umbilical que une el feto con la placenta.

En el interior del cordón umbilical se encuentran inicialmente la alantoides y los vasos alantoideos. Estos últimos se desarrollan de forma extraordinaria y se convierten en vasos umbilicales, al final del desarrollo se destacan 2 arterias y una vena. La vena umbilical conduce la sangre de la placenta hacia el feto y las arterias umbilicales llevan la sangre en sentido contrario.

El pedículo del saco vitelino y la alantoides degeneran precozmente y el cordón umbilical queda constituido por los vasos umbilicales y mesénquima. Este último se caracteriza por ser un tejido conectivo laxo de tipo mucoso, conocido como gelatina de Wharton, que protege los vasos umbilicales y está revestido por el amnios.

Al final del embarazo el cordón umbilical tiene un diámetro de casi 2 cm y una longitud de 50 cm, lo que le permite al feto moverse libremente en el interior de la cavidad amniótica. Además, presenta una forma tortuosa que origina los llamados "falsos nudos" y su inserción en la placenta puede ser central, o excéntrica, e incluso marginal.

A veces el cordón umbilical presenta variaciones en su longitud (largo y corto) y en el lugar de inserción al implantarse en la membrana coriónica, fuera de la

placenta (inserción velamentosa), que pueden provocar trastornos circulatorios en el feto y perturbar el desarrollo del parto.

Placenta

La placenta es una estructura transitoria cuyas funciones principales son: el intercambio de sustancias entre la madre y el feto y la producción de hormonas (gonadotropina coriónica, estrógenos y progesterona).

La placenta está compuesta por 2 porciones: la fetal o corion frondoso y la materna o decidua basal.

Se debe recordar que el corion está formado por la unión del mesodermo extraembrionario somático y el trofoblasto (citotrofoblasto y sincitiotrofoblasto). Además, en el trofoblasto se producen grandes transformaciones, en el sincitiotrofoblasto se forman las lagunas trofoblásticas que se llenan de sangre materna (circulación materno placentaria). También se forman los troncos de vellosidades, donde se desarrollan los vasos sanguíneos extraembrionarios, los cuales se conectan con los vasos sanguíneos intraembrionarios a través de los vasos umbilicales que se desarrollan en el pedículo de fijación (circulación fetoplacentaria).

En el corion se distinguen 2 partes: el corion liso o leve correspondiente al polo abembrionario donde las vellosidades degeneran, y el corion vellosito o frondoso, localizado en el polo embrionario, donde se produce mayor desarrollo de las vellosidades y representa la porción fetal de la placenta (fig. 14.2).

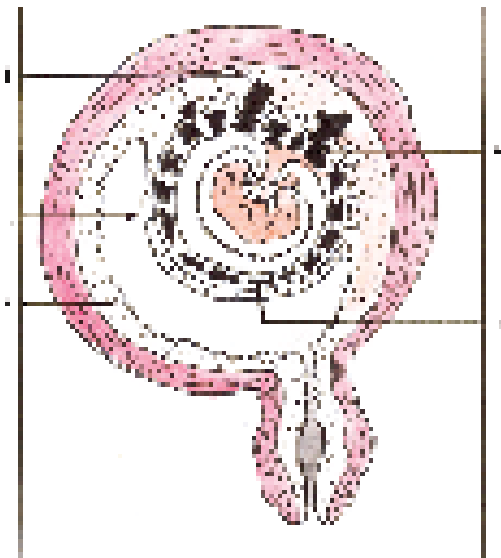


Fig. 14.2. Disposición de la placenta en el útero. 1. decidua basal, 2. decidua capsular, 3. decidua parietal, 4. corion vellosito, 5. corion liso.

La porción materna de la placenta es la decidua basal que está constituida por la parte de la decidua o endometrio modificado durante la gestación, que se encuentra en relación directa con el corion frondoso en el nivel del polo embrionario, y se diferencia de la decidua capsular que rodea al corion liso en el polo abembrionario y la decidua parietal que no está en contacto directo con el corion (fig. 14.2).

En la medida en que progresa el desarrollo fetal, la decidua capsular se extiende hasta contactar con la decidua parietal, con la cual se fusiona y oblitera la cavidad uterina.

La decidua basal forma varios tabiques que penetran en el corion frondoso, y delimita unos espacios irregulares llamados cotiledones, en número de 15 a 20, que constituyen las unidades anatómicas de la placenta, y contienen las lagunas trofoblásticas y los troncos de vellosidades.

Hacia el cuarto mes la placenta ya está completamente formada, aunque su crecimiento continúa hasta culminar el embarazo. En el período final del parto o alumbramiento, la placenta se desprende de la pared uterina espontáneamente y es expulsada al exterior entre los 15 y 30 min siguientes a la expulsión del feto. La placenta a término ya expulsada tiene la forma de un disco que mide aproximadamente 20 cm de diámetro y 3 cm de grosor y pesa alrededor de 500 g (fig. 14.3).

Al examinarse la placenta se distinguen 2 caras, la materna y la fetal. La cara materna tiene un aspecto irregular por la presencia de los cotiledones, y la cara fetal es lisa y brillante porque está cubierta por el amnios, a través del cual se observan los vasos sanguíneos que convergen hacia el cordón umbilical insertado en posición central o excéntrica en esta cara de la placenta.

La placenta puede presentar distintos tipos de alteraciones o defectos que afectan el estado de salud del feto y de la madre. Por ejemplo: los defectos de situación (implantación baja o placenta previa), los defectos de forma (irregulares y bilobuladas), la retención placentaria (por placenta adherente), los desprendimientos prematuros (por hematoma retroplacentario), los tumores benignos (mola hidatiforme) y malignos (coriocarcinoma).

Circulación placentaria

En la placenta existen 2 sistemas circulatorios: el materno y el fetal. En la circulación materna la sangre procedente del útero materno circula por las lagunas trofoblásticas y los espacios intervillosos de la placenta. En la circulación fetal la sangre procedente del feto, pasa por los vasos umbilicales y circula por los vasos de las vellosidades coriónicas de la placenta.

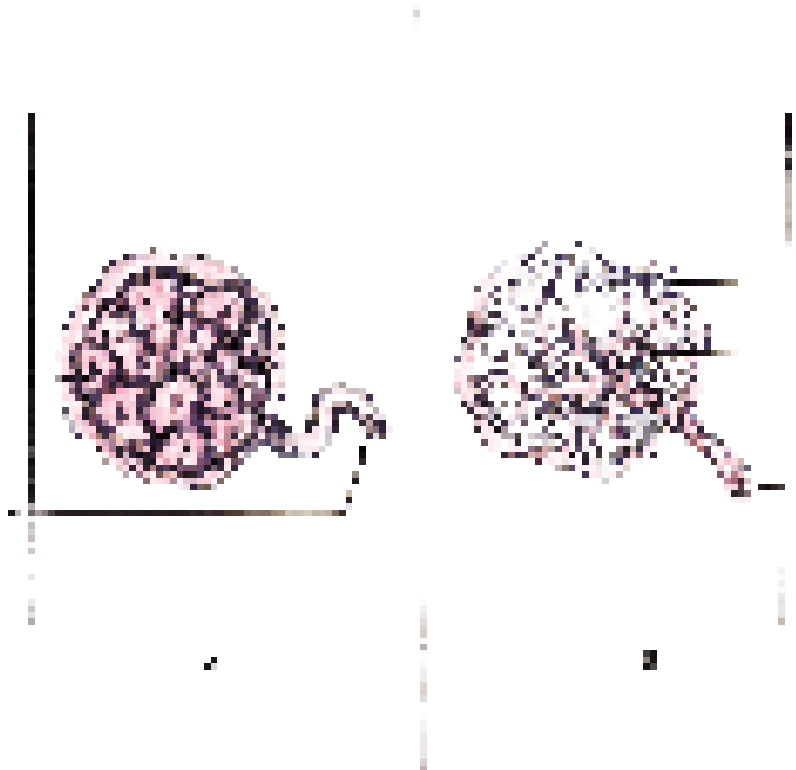


Fig. 14.3. *Placenta.* A. Cara materna, B. Cara fetal, 1. *cotiledo-nes*, 2. *amnios*, 3. *vasos sanguí-neos*, 4. *cordón umbilical*.

La sangre de estos 2 sistemas circulatorios, el materno y el fetal, no se mezclan porque están separadas por un conjunto de estructuras coriónicas, que constituyen la llamada barrera placentaria.

Esta barrera placentaria está formada al inicio (hasta el tercer mes), por 4 capas (sincitiotrofoblasto,

citotrofoblasto, mesénquima y endotelio de capilares vellosos). Después (a partir del cuarto mes), algunas de estas estructuras desaparecen o disminuyen extraordinariamente quedando solo el sincitiotrofoblasto y el endotelio capilar, lo que facilita el intercambio de sustancias entre la sangre materna y la fetal.

15. Mecanismos del desarrollo

Concepto de mecanismos del desarrollo

Los mecanismos del desarrollo son una serie de procesos básicos que inician y regulan el desarrollo del organismo.

Estos procesos básicos actúan íntimamente relacionados, con gran precisión y de forma similar en los organismos de la misma especie, como consecuencia de la actividad celular y en dependencia de factores genéticos y ambientales.

En los mecanismos del desarrollo se destacan los procesos básicos siguientes: inducción, diferenciación, crecimiento, migración y muerte celular.

Inducción

La inducción es el efecto estimulante que ejerce una estructura sobre un tejido vecino y provoca su diferenciación.

La estructura que ejerce el efecto estimulante se nombra agente inductor y el tejido vecino que recibe el estímulo es el tejido reactivo. También se ha demostrado el llamado sistema de inductores, mediante el cual los agentes inductores actúan en cadena, es decir, que la nueva estructura formada puede actuar como agente inductor. Por ejemplo: la notocorda (agente inductor) estimula al ectodermo (tejido reactivo), y forma el tubo neural (nueva estructura). Después, una porción del tubo neural llamada vesícula óptica estimula al ectodermo y forma el cristalino. Este último también estimula al ectodermo y forma el epitelio corneal.

Hoy día se acepta que en la inducción intervienen sustancias químicas diversas producidas por los agentes inductores que se difunden hacia el tejido reactivo, aunque también es necesario el contacto intercelular.

Diferenciación

La diferenciación es un proceso mediante el cual una célula adquiere nuevas propiedades morfológicas y funcionales, que la hacen distinta de la original.

Este proceso se inicia desde la fecundación, se extiende durante toda la vida del individuo (prenatal y posnatal) y predomina en la etapa de diferenciación (cuarta a octava semana) del período prenatal.

En el proceso de diferenciación los cambios fisiológicos preceden a los morfológicos. Estos cambios ocurren primero en el nivel molecular al producirse la síntesis de proteínas específicas, que le proporcionan a la célula características morfológicas diferentes.

Además, el proceso de diferenciación está regulado genéticamente. Es ya conocido que todas las células de un organismo pluricelular poseen los mismos genes, pero en las células menos diferenciadas, solo están activos los genes que intervienen en los procesos básicos del metabolismo que aseguran las funciones vitales de la célula, mientras que los otros genes están inactivos o reprimidos. En las células diferenciadas, los genes que participan en las funciones específicas de estas comienzan a actuar, es decir, son desreprimidos. Por ejemplo, las células mesodérmicas se diferencian para transformarse en distintos tipos de células como las de los tejidos conectivo, sanguíneo, cartilaginoso y muscular, en cuya formación intervienen los genes involucrados en la síntesis de proteínas específicas (la hemoglobina en los eritrocitos, la actina y miosina en la fibra muscular).

Crecimiento

El crecimiento es el proceso que está relacionado con el aumento de las dimensiones espaciales y del peso.

El proceso de crecimiento en el organismo no tiene una velocidad uniforme, pues en el período prenatal es mucho más rápida que en el posnatal, y es más notable en la etapa fetal.

En la actualidad se conocen varias formas de crecimiento, las más destacadas son por el aumento del número de células, del tamaño de estas y de la cantidad de sustancia intercelular.

El crecimiento por el aumento del número de células o proliferación celular, se realiza generalmente mediante las divisiones mitóticas y es la principal forma de crecimiento durante la vida prenatal.

El crecimiento por aumento del tamaño de las células se observa en las células nerviosas y el cristalino del ojo, pero no es significativo en el crecimiento global del organismo.

El crecimiento por el aumento de la cantidad de sustancia intercelular se advierte en el cartílago hialino y contribuye al crecimiento global del organismo.

Migración

La *migración* es el movimiento de las células que provocan un desplazamiento o cambio de lugar de estas.

En este proceso se distinguen varios tipos de movimientos, si se tiene en cuenta que el desplazamiento celular se dirige a zonas determinadas (territorio presuntivo). Por ejemplo convergencia o reunión en un punto común, divergencia o separación desde un punto común, invaginación o penetración de la superficie a la profundidad y elongación o extensión longitudinal.

El proceso de migración se observa en el desplazamiento de las células germinativas primordiales desde la pared del saco vitelino hacia el lugar donde se desarrollan las gónadas. También ocurre en la formación de las hojas germinativas (gastrulación), de la notocorda y el sistema nervioso.

Muerte celular

La *muerte celular* es la extinción o terminación de la vida en la célula, por causa de alteraciones bioquímicas irreversibles, que resultan incompatibles con la función celular.

En este proceso se deben distinguir los conceptos de necrosis y necrobiosis. Ambos términos significan

muerte localizada de un grupo celular, pero la necrosis es por causa de un proceso patológico y la necrobiosis obedece a mecanismos fisiológicos que afectan a la mayor parte de las células del organismo, excepto las muy diferenciadas como las neuronas del sistema nervioso. Un ejemplo típico de necrobiosis ocurre en el proceso de renovación constante de la epidermis de la piel, mediante la cual, las células más superficiales mueren y se descaman, y son reemplazadas por células que se originan en el estrato basal o germinativo.

Se debe recordar que durante el desarrollo embrionario existen numerosas estructuras que desaparecen por la muerte de sus células. Por ejemplo; las membranas interdigitales que unen los esbozos de los dedos, desaparecen por muerte celular y los dedos quedan separados.

Trastornos del desarrollo

En el organismo pueden ocurrir alteraciones del crecimiento celular por causa de mecanismos de adaptación o reacción de las células, ante determinadas situaciones del medio ambiente. Por ejemplo; la hiperplasia o aumento del número de células, la hipertrofia o aumento del tamaño de las células y la atrofia o disminución del tamaño de las células.

También pueden ocurrir trastornos de la diferenciación celular como respuesta a determinados estímulos. Por ejemplo; la metaplasia o cambio de estructura de un tejido por otro del mismo tipo, la displasia o forma desorganizada de la metaplasia y la anaplasia o regresión de las células a una forma primitiva o indiferenciada.

La mayoría de estos trastornos pueden ser reversibles cuando cesa la causa que los origina, excepto la anaplasia que es irreversible y progresiva y presenta las características indiferenciadas de las células tumorales de naturaleza neoplásica maligna.

El término *tumor* significa tumefacción o aumento de volumen de un órgano o tejido y es utilizado habitualmente como sinónimo de *neoplasia*, que consiste en la neoformación de tejidos.

Los trastornos del desarrollo que ocurren en el período prenatal constituyen las llamadas *malformaciones y anomalías congénitas*.

16. Malformaciones congénitas

Concepto de malformaciones y anomalías congénitas

Las *malformaciones congénitas* son defectos estructurales macroscópicos que ocurren en los procesos del desarrollo del organismo antes del nacimiento, los cuales pueden hacerse aparentes en el recién nacido o posteriormente. Este término se diferencia de las anomalías congénitas porque esta última se refiere a los defectos que no pueden ser observados a simple vista, pues se producen en el nivel molecular y celular. Sin embargo, en muchos casos estos 2 términos se emplean indistintamente.

Las malformaciones congénitas constituyen un serio problema familiar y social, que se detectan en 3 % de los nacidos vivos, cifra que se duplica en el primer año de vida y provoca 20 % de las muertes en esa edad.

Factores causales de las malformaciones y anomalías congénitas

Las causas de las malformaciones y anomalías congénitas pueden ser por factores ambientales (10 %), genéticos (10 %) y la interacción de ambos (80 %).

Entre los factores ambientales teratógenos (que causan trastornos del desarrollo) se encuentran los agentes biológicos (virus de la rubéola), físicos (radiaciones) y químicos (drogas, hormonas y sustancias tóxicas como los plaguicidas).

Los factores genéticos comprenden las alteraciones de un solo gen (monogénica), de varios genes (poligénicas) y de los cromosomas. Las alteraciones de un solo gen (monogénicas) también

llamadas puntiformes, ocurren en el nivel molecular, por cambios en la secuencia de las bases que componen el material genético (ADN) y por lo general, provocan anomalías congénitas con trastornos metabólicos por causa de deficiencias de una enzima específica (anemias hemolíticas, fenilcetonuria, galactosemia, etc.). Las alteraciones de varios genes (poligénicas) producen un efecto aditivo o acumulativo, en determinados caracteres heredados por el individuo, sobre los cuales también influyen las condiciones ambientales, por eso se conocen como trastornos multifactoriales (cardiopatías congénitas, luxación congénita de la cadera, labio leporino, etc.). Las alteraciones de los cromosomas también denominadas aberraciones cromosómicas, pueden afectar el número y la estructura de estos, ya sean autosomas (síndrome de Down o mongolismo), o gonosomas (síndrome de Klinefelter o varón con testículos atróficos, síndrome de Turner o hembra sin ovarios, etc.) (cuadro 16.1).

Cuadro 16.1. Factores causales de las malformaciones y anomalías congénitas

Ambientales	Biológicos (virus de la rubéola) Físicos (radiaciones) Químicos (sustancias tóxicas)
Genéticos	Monogénicas (anemias hemolíticas) Poligénicas (cardiopatías congénitas) Cromosómicas (síndrome de Down, Klinefelter y Turner)

Factores que influyen en la acción de los agentes teratógenos

La acción de los agentes teratógenos depende de algunos factores, los más destacados son la etapa de desarrollo del organismo y el genotipo del individuo.

La acción de los agentes teratógenos durante la etapa de prediferenciación provoca generalmente

extensas lesiones celulares y la muerte del embrión que es expulsado, lo que ocasiona el aborto; pero si esto ocurre en la etapa de diferenciación, la probabilidad de producción de malformaciones congénitas es muy alta, por la gran sensibilidad de las estructuras embrionarias. Sin embargo, en la etapa de crecimiento o fetal disminuye la sensibilidad a los agentes teratógenos. También se ha observado que existen diferencias individuales de sensibilidad a determinados agentes teratógenos, en dependencia de la composición genética de cada persona (genotipo).

Terminología teratológica general

La terminología teratológica general es muy numerosa y comprende los términos que indican

trastornos del desarrollo, como los ya mencionados anteriormente relacionados con las alteraciones del crecimiento (hiperplasia, hipertrofia y atrofia) y con los trastornos de la diferenciación celular (metaplasia, displasia y anaplasia). Además, incluye otros términos, como aquellos que abarcan los defectos del desarrollo, entre los que se destacan por su frecuencia e importancia los siguientes: *agenesia* o ausencia total del órgano o estructura; *aplasia* o falta de desarrollo de un órgano o estructura, aunque existe su esbozo embrionario; *hipoplasia* o desarrollo incompleto de un órgano o estructura; *atresia* o falta de desarrollo o permeabilización de un conducto u orificio; *ectopia* o localización anómala de un órgano; *heterotopia* o localización anómala de un fragmento de un órgano.

17. Sistema tegumentario

Elementos básicos de los sistemas somáticos

La Somatología es la parte de la Morfología que estudia el soma o cuerpo, especialmente los órganos que forman sus paredes, cuyas funciones fundamentales son las de protección, sostén y movimiento corporal.

Estos órganos se agrupan para formar 2 sistemas orgánicos; el tegumentario que cubre la superficie externa del cuerpo y el osteomioarticular (SOMA) que forma su armazón.

De acuerdo con sus funciones estos sistemas orgánicos presentan características morfológicas que los distinguen de los demás. El sistema tegumentario está constituido principalmente por un órgano laminar que actúa como una cubierta protectora (piel). El sistema osteomioarticular está compuesto por órganos macizos duros de sostén (huesos articulados) y órganos macizos blandos que se contraen y provocan el movimiento del cuerpo (músculos).

Desde el punto de vista ontogénico estos sistemas orgánicos se caracterizan porque la mayoría de sus componentes se originan de la hoja germinativa mesodérmica, excepto la capa más superficial de la piel (epidermis) que deriva del ectodermo. Se debe recordar que las paredes del tronco del cuerpo se forman por la unión del mesoderma somático o parietal con el ectodermo y constituye el sistema somático en esta región, mientras que las paredes de las vísceras se forman generalmente por la unión del mesoderma espláncico o visceral con el endoderma para conformar el sistema visceral.

Concepto, componentes y funciones generales del sistema tegumentario

El sistema tegumentario está compuesto por un conjunto de estructuras como la piel y sus anexos o faneras (uñas, pelos, glándulas sebáceas, sudoríparas y mamarias), que forman la cubierta protectora de la superficie externa del cuerpo.

La función principal del sistema tegumentario es la protección del organismo, constituye la llamada "barrera hística". Además, realiza otras funciones importantes como la excreción, termorregulación, sensibilidad y metabolismo.

El sistema tegumentario protege al organismo contra las influencias nocivas del medio exterior, provocadas por agentes biológicos, químicos y físicos, actúan como una "barrera hística" que representa un mecanismo de defensa inespecífico de gran importancia. La piel es una estructura semipermeable que permite la penetración o absorción cutánea de determinadas sustancias químicas (gaseosas y liposolubles), lo que constituye a veces un peligro para el individuo, pero también se puede utilizar esta propiedad en el tratamiento de algunas enfermedades.

La función de excreción se efectúa al eliminar el sudor y otras sustancias elaboradas por las glándulas anexas a la piel.

La piel ayuda a regular la temperatura del organismo al permitir la eliminación del calor mediante varios mecanismos como la radiación de los rayos infrarrojos, la conducción o contacto con otros objetos, la convección o movimiento del aire y el agua y la evaporación del sudor. Además, influyen en este

proceso los cambios del volumen sanguíneo que circula por los vasos periféricos o cutáneos, aumentando la pérdida del calor en la vasodilatación y disminuyendo en la vasoconstricción.

La sensibilidad de la piel se realiza mediante los receptores sensoriales del tacto, dolor y temperatura que se hallan en las terminaciones nerviosas localizadas en su estructura.

Las funciones metabólicas de la piel se explican porque en esta se sintetizan la vitamina D y la melanina.

Estructura microscópica y desarrollo del sistema tegumentario

La piel es el órgano de mayor extensión del organismo, que cubre la superficie externa del cuerpo y se continúa con las membranas o túnicas mucosas que revisten la superficie interna de los conductos que se comunican con el exterior, pertenecientes a los aparatos digestivo, respiratorio y urogenital.

La piel está formada por 2 capas superpuestas: la epidermis y la dermis, que tienen estructuras y orígenes diferentes y están unidas firmemente por la membrana basal.

La epidermis es la capa más superficial y delgada de la piel, constituida por tejido epitelial de cubierta del tipo estratificado plano queratinizado, que se origina del ectodermo. En realidad la epidermis se origina del ectodermo superficial, pero algunas células que forman parte de esta (melanocitos), se originan de las crestas neurales que derivan del ectodermo.

La dermis o corion es la capa más profunda y gruesa de la piel, formada por tejido conectivo que se origina del mesodermo. Este mesodermo proviene de los arcos branquiales en la región de la cara, de las porciones de las somitas llamadas dermatomas en la región dorsal del tronco y de las hojas somáticas del mesodermo lateral en las regiones ventrolaterales del tronco y en los miembros.

La piel se encuentra unida profundamente, sin límites precisos, con la tela subcutánea o hipodérmica, la cual está compuesta por tejido conectivo laxo que posee cantidades variables de tejido adiposo, por lo que también se le denomina panículo adiposo. Esta capa se origina del mesodermo.

Los anexos o faneras de la piel (uñas, pelos, glándulas sebáceas, sudoríparas y mamarias) son estructuras que derivan principalmente de la epidermis (ectodermo superficial) y contribuyen a realizar las funciones de protección y excreción del sistema tegumentario. En general, el desarrollo de estas estructuras se caracteriza porque las células epiteliales

de cubierta que forman la epidermis, invaden el tejido conectivo de la dermis subyacente y se modifican de acuerdo con sus funciones.

Filogenia del sistema tegumentario

Todos los animales tienen el cuerpo cubierto por determinadas estructuras que le proporcionan protección. En general, los organismos unicelulares o protozoos (amebas), están cubiertos solo por una delgada membrana celular. En los animales pluricelulares o metazoos que son invertebrados, el cuerpo está cubierto principalmente por un tejido epitelial de origen ectodérmico, aunque algunos de ellos desarrollan una cubierta externa protectora. Por ejemplo: los gusanos presentan una cutícula externa segregada por dicho epitelio. En muchos artrópodos (crustáceos, arácnidos e insectos) esta cutícula se endurece por depósitos de quitina y algunos moluscos (caracol y almejas) poseen una cubierta calcárea. Estas cubiertas endurecidas constituyen un exoesqueleto en estos animales, que mudan de forma periódica y les permite el crecimiento.

En los vertebrados la cubierta del cuerpo o tegumento está formada por la piel que consta de 2 capas: la más externa o epidermis es un tejido epitelial cornificado de origen ectodérmico y la más interna o dermis es un tejido conectivo de origen mesodérmico. En algunas clases de vertebrados la piel está cubierta por estructuras anexas que derivan de la epidermis, como las escamas córneas de los reptiles, las plumas de las aves y los pelos de los mamíferos. Otras clases de vertebrados presentan un exoesqueleto que deriva de la dermis, como las escamas de los peces y las placas óseas de algunos reptiles (quelonios y cocodrilos).

Capa superficial de la piel o epidermis

La epidermis es la capa más superficial y delgada de la piel, formada por tejido epitelial de cubierta, que se origina del ectodermo. Este tejido se caracteriza porque es de tipo estratificado plano queratinizado o cornificado, no posee vasos sanguíneos y por lo tanto se nutre por difusión. Además, sus células están cohesionadas y se disponen formando 5 estratos que se denominan de la profundidad a la superficie: basal o germinativo, espinoso, granuloso, lúcido y córneo (fig. 17.1).

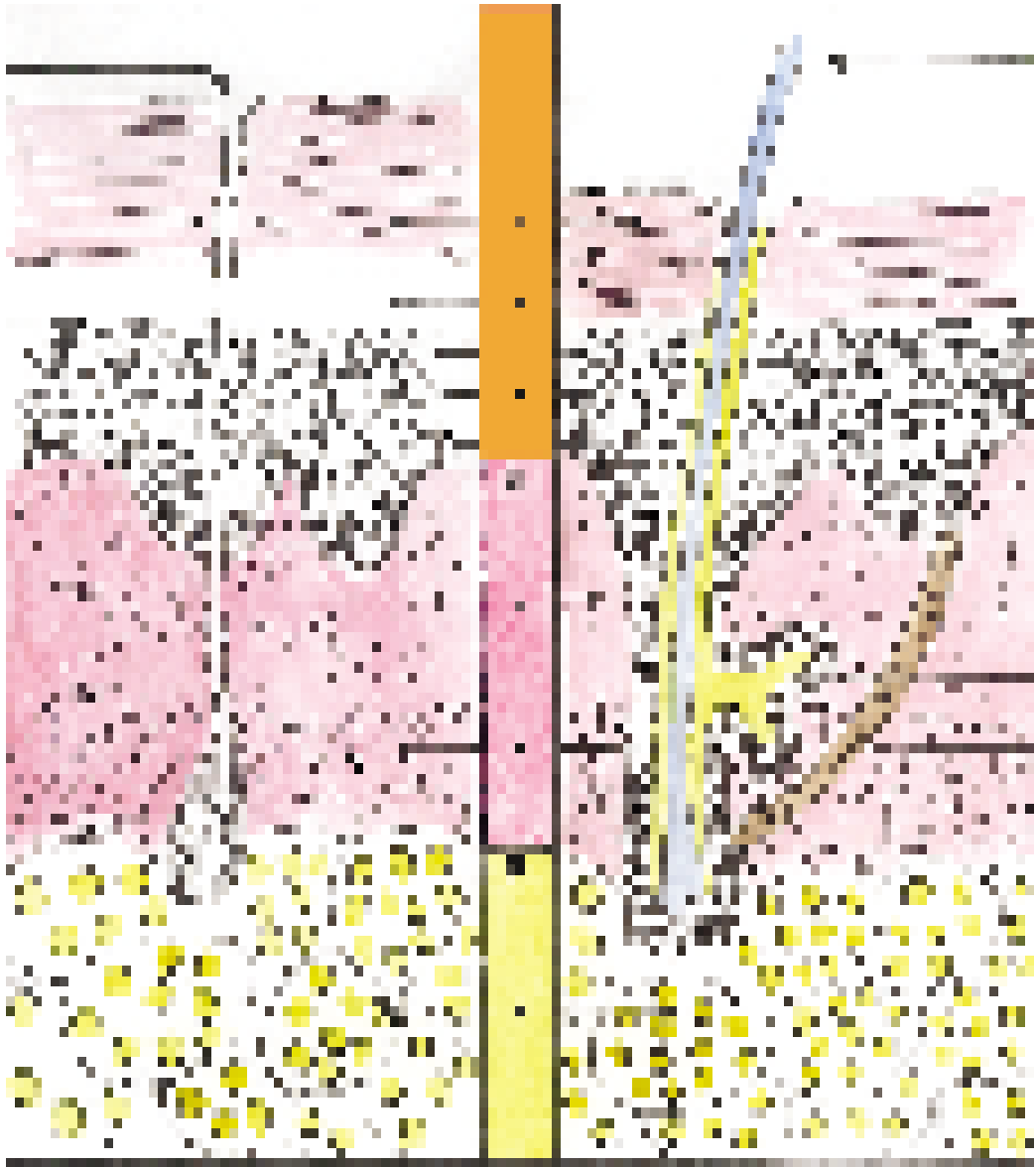


Fig. 17.1. Piel. A. Gruesa, B. Delgada, E. Epidermis, 1. estrato córneo, 2. estrato lúcido, 3. estrato granuloso, 4. estrato espinoso, 5. estrato basal, D. Dermis, 6. estrato papilar, 7. estrato reticular, H. Hipodermis, 8. pániculo adiposo, a) glándula sudorípara, b) pelo, c) glándula sebácea, d) músculo erector del pelo.

El estrato basal o germinativo es el estrato más profundo que se apoya en la membrana basal y está formado por una sola hilera de células cilíndricas llamadas epidermocitos basales, las cuales se multiplican por mitosis y originan nuevas células que se desplazan hacia el estrato más superficial. Además, se observan otros tipos de células como los melanocitos (productores de melanina) y los macrófagos epidérmicos (células de Langerhans).

El estrato espinoso posee varias capas de células poliédricas, que se unen entre sí mediante prolongaciones (desmosomas) que dan el aspecto de espigas.

El estrato granuloso posee varias capas de células aplanadas y grandes, que contienen gránulos de queratohialina, sustancia precursora de la queratina. En este estrato mueren las células epidérmicas.

El estrato lúcido solo se encuentra en la piel gruesa y cuando es visible tiene el aspecto de una línea

delgada, clara y brillante. Las células de este estrato son planas y contienen eleidina, producto de transformación de la queratohialina.

El estrato córneo consta de varias capas de células planas, muertas, parecidas a escamas cornificadas llenas de queratina blanda, que se desprenden con facilidad.

Queratinización y renovación epidérmica

En la epidermis se produce una queratinización y renovación constantes de las células.

La queratinización es el proceso mediante el cual las células epidérmicas producen queratina y forman el estrato córneo, que se descama y es renovado constantemente por la proliferación de las células del estrato basal, y producen un estado de equilibrio que mantiene la integridad epidérmica.

La queratina de la piel es el producto final del desarrollo celular en la epidermis. Esta queratina es de tipo blanda, consistente en una proteína fibrosa que contiene azufre, es insoluble y muy resistente a la acción de diversos agentes químicos, lo cual le proporciona protección a la piel.

El estrato córneo, formado principalmente por queratina blanda, tiende a perder agua, pero la presencia de lípidos hidrófilos, producidos durante la queratinización y la secreción de las glándulas sebáceas y sudoríparas, evitan la desecación.

En el momento del nacimiento el niño está cubierto por una sustancia pastosa llamada vérnix caseosa, mezcla de la descamación epidérmica y la secreción sebácea. En la superficie libre de la piel (estrato córneo), también se depositan gérmenes, polvos y otras sustancias del medio ambiente, que pueden causar enfermedades.

Capa profunda de la piel o dermis

La dermis es la capa más profunda y gruesa de la piel, formada por tejido conectivo que se origina del mesodermo. Este tejido se caracteriza porque sus células están separadas por abundante sustancia intercelular constituida sobre todo por fibras colágenas y elásticas. Normalmente las células son escasas, predominan los fibroblastos, aunque se pueden observar algunos lipocitos y otras células emigrantes (macrófagos, plasmocitos y leucocitos). Estas últimas se incrementan en determinados procesos patológicos como un mecanismo de reacción del organismo (respuesta inflamatoria e inmunológica). Además, la

dermis presenta numerosos vasos sanguíneos, linfáticos y fibras nerviosas, así como folículos pilosos, músculos erectores del pelo y las unidades secretoras de las glándulas sebáceas y sudoríparas. Algunos folículos pilosos y glándulas sudoríparas se extienden profundamente hasta la tela subcutánea. La dermis le proporciona elasticidad a la piel y está formada por 2 estratos: el superficial o papilar y el profundo o reticular (ver fig. 17.1).

El estrato papilar es más delgado y está constituido por tejido conectivo laxo que se caracteriza por tener menos cantidad de fibras. En este estrato se forman las papilas dérmicas, consistentes en unas prolongaciones que producen ondulaciones en la epidermis y donde se encuentran los receptores sensoriales de las terminaciones nerviosas y los capilares sanguíneos.

El estrato reticular es muy grueso y está formado por tejido conectivo denso irregular que se distingue porque presenta mayor cantidad de fibras, con vasos sanguíneos de mayores proporciones.

Tela subcutánea

La tela subcutánea (tejido celular subcutáneo, hipodermis o panículo adiposo) está situada por debajo de la dermis, con la cual se une mediante las prolongaciones de fibras colágenas. Esta capa es el depósito de grasa más grande del cuerpo humano y constituye la principal reserva de material energético del organismo. Actúa como una almohadilla protectora contra los traumatismos y asegura la termorregulación y la movilidad de la piel.

El panículo adiposo está muy desarrollado en algunas regiones del cuerpo (región glútea), especialmente en las personas obesas (con más de 10 % de su peso ideal). Su espesor puede apreciarse al pinzar la piel entre 2 dedos como se hace al pellizcar, mientras que en las personas delgadas (con menos de 20 % de su peso ideal) está disminuido. En esta capa es donde se aplican las inyecciones subcutáneas y en determinadas afecciones puede estar infiltrada por algunos elementos que normalmente no contiene o se hallan en proporciones anormales. Por ejemplo: líquido intersticial en el edema, aire en el enfisema, sustancia mucoide en el mixedema y pus en el absceso.

Coloración y espesor de la piel

La coloración de la piel humana se debe fundamentalmente a la sangre que circula por los vasos de la dermis y la presencia de pigmentos como la melanina de color negro (en la epidermis) y el caroteno

de color amarillo (en la grasa subcutánea y el estrato córneo).

De acuerdo con el espesor de la epidermis se distinguen 2 tipos de piel: la gruesa y la delgada.

La *piel gruesa* (fig. 17.1) se localiza en las palmas de las manos y planta de los pies y se caracteriza por tener una epidermis gruesa con la presencia de los 5 estratos ya mencionados, incluido el estrato lúcido y se destaca el estrato córneo que contiene abundante queratina blanda. Además, presenta abundantes glándulas sudoríparas, pero carece de pelos y glándulas sebáceas. También presenta en la superficie libre una serie de pequeños pliegues y surcos bien visibles, sobre todo en los dedos, formados por las papilas dérmicas que tienen características particulares en cada individuo. Esto permite la identificación personal (huellas digitales o dactilares).

La *piel delgada* (fig. 17.1) se encuentra en el resto del cuerpo y se caracteriza porque la epidermis es delgada, con ausencia del estrato lúcido y la presencia de un estrato córneo delgado. Además, tiene pelos y glándulas sebáceas, pero menos glándulas sudoríparas que la piel gruesa.

Alteraciones de la piel

La piel presenta variaciones según la edad, la raza y las regiones del cuerpo. También existen variaciones individuales por influencia de diversos factores como la exposición al sol, el tipo de trabajo que realiza la persona, el estado de nutrición del organismo, etcétera.

Las variaciones más destacadas de la piel están determinadas por la coloración, pero también se pueden apreciar variaciones en cuanto a su grosor (gruesa y delgada), consistencia (dura y blanda), textura (lisa y áspera), estado de secreción (seca, húmeda y grasa), resistencia, elasticidad, movilidad, temperatura y sensibilidad.

Al realizar el examen físico en una persona tiene gran importancia la inspección de la piel, para valorar los cambios que ocurren en esta, sobre todo en cuanto a su coloración, que puede ser el reflejo de alguna afección que padece el individuo. Por ejemplo: la palidez en las anemias, la rubicundez en la fiebre, la cianosis o coloración azulada por déficit de oxigenación de la sangre y la ictericia o coloración amarillenta por la impregnación de pigmentos biliares (bilirrubina) anormalmente aumentados en la sangre.

Las afecciones de la piel se manifiestan por una serie de síntomas cutáneos objetivos conocidos como lesiones elementales de la piel, cuyo conocimiento tiene gran importancia, pues facilita el diagnóstico de las enfermedades dermatológicas. Las lesiones elementales de la piel pueden aparecer aisladas o combinadas

formando cuadros clínicos muy diversos y se dividen en primarias (manchas, ronchas, pápulas, nódulos, tumores, vesículas, ampollas y pústulas) y secundarias (escamas, cicatrices, excoriaciones, fisuras, úlceras, costras y escaras). También la piel está expuesta a sufrir lesiones por agresiones externas (contusiones, heridas y quemaduras).

Las quemaduras se pueden clasificar según su nivel de profundidad en epidérmicas, dérmicas (superficiales y profundas) e hipodérmicas.

Las lesiones de las fibras nerviosas que inervan la piel pueden provocar trastornos sensitivos como la anestesia y la hipoestesia, pero cuando estos trastornos tienen un carácter irritativo se manifiestan por dolor y parestesia (sensación anormal).

Uñas

Las *uñas* son modificaciones del estrato córneo de la epidermis de los dedos, constituidas por placas de queratina dura (rica en azufre), de forma cuadrilátera y ligeramente encorvada, que protegen la superficie dorsal de las falanges distales de los dedos de las manos y los pies. Estas estructuras epidérmicas son semitransparentes y muestran el color de los tejidos subyacentes, que poseen abundante vascularización.

Las porciones de la uña son la raíz, el cuerpo y el borde libre. La raíz se halla cubierta por un pliegue cutáneo y apoyada sobre la matriz ungueal que tiene células similares al estrato basal o germinativo de la epidermis, las cuales generan nuevas células y provocan el crecimiento continuo de las uñas (unos 3 mm por mes). El cuerpo de la uña está situado sobre el lecho ungueal de tejido epidérmico y presenta distalmente el borde libre, a los lados los bordes laterales cubiertos por pliegues cutáneos y en su parte proximal se observa un área semilunar blanquecina llamada lúnula, lugar de unión con la raíz, donde se encuentra la matriz de la uña.

Las uñas presentan variaciones de forma, tamaño, consistencia, aspecto y color, según la edad, el sexo y el tipo constitucional, pero a veces ocurren alteraciones que indican la presencia de alguna enfermedad. Las afecciones más frecuentes en las uñas son: la inflamación o panadizo subungueal (onixis y oniquias); la inflamación o panadizo periungueal, también conocido como uña encarnada o uñero (perionixis o paroniquia); y las afecciones por hongos (onicomicosis).

Pelos

El *pele* es una estructura filamentososa formada por células epiteliales queratinizadas, que se desarrollan

en el folículo piloso y protegen las zonas donde se hallan (fig. 17.1).

El folículo piloso es una invaginación cilíndrica del epitelio superficial que se deriva de la epidermis, recubierta por tejido conectivo proveniente de la dermis, en la cual se implanta el pelo y drenan las glándulas sebáceas. Además, en el folículo piloso se inserta un músculo liso, el erector del pelo, que al contraerse provoca la llamada "piel de gallina".

Las porciones del pelo son 3: el tallo, la raíz y el bulbo. El tallo o cuerpo es la porción libre y visible del pelo, la raíz es la porción que se fija en la piel y el bulbo es el extremo ensanchando de la raíz donde se halla la matriz del pelo y que cubre la papila pilosa (dérmica), esta contiene los vasos sanguíneos que aportan los nutrientes al pelo. El crecimiento del pelo se produce por mitosis constante de las células epiteliales que se encuentran en el bulbo piloso (matriz del pelo). El crecimiento del pelo en el cuero cabelludo es de 1 cm por mes aproximadamente.

En la estructura del pelo se distinguen 3 capas: médula, corteza y cutícula. La médula es la capa central, cuyas células contienen queratina blanda y están separadas por espacios de aire. La corteza es la capa principal del pelo que rodea a la médula, cuyas células contienen queratina dura y gránulos de pigmentos (melanina). La cutícula es la capa más superficial, sus células contienen queratina dura y se disponen una sobre otra como las tejas colocadas en un techo.

El pelo se encuentra ampliamente distribuido en la piel delgada del cuerpo humano; presenta grandes diferencias en cuanto a su cantidad, dimensiones, color y aspecto, de acuerdo con la edad, el sexo, la raza y la región del cuerpo donde se localiza.

El aumento exagerado de pelo se nombra hipertrichosis y su disminución hipotrichosis; mientras que la pérdida total o parcial del pelo se denomina *alopecia*, causada por trastornos del desarrollo y del ciclo normal de vida del pelo y provocada por múltiples factores.

El color del pelo depende de la cantidad de pigmentos de melanina y aire que contenga. Por ejemplo: el pelo oscuro contiene mucha melanina y poco aire y el pelo claro a la inversa. La canicie es el blanquecimiento del pelo por la pérdida de melanina, la cual constituye un síntoma de envejecimiento, aunque puede ser congénita (nevos y albinismo).

Glándulas sebáceas

Las *glándulas sebáceas* se clasifican según la forma de las unidades secretoras y el número de los conductos excretores como glándulas alveolares simples, y de acuerdo con el modo de elaborar la

secreción son holocrinas, porque las células se desintegran al excretar el sebo cutáneo que producen (fig. 17.1).

Las glándulas sebáceas se encuentran en la dermis de la piel y generalmente drenan su secreción en los folículos pilosos. Estas glándulas se localizan en toda la superficie cutánea, excepto en aquellos lugares donde no existen folículos pilosos, como las palmas de las manos y las plantas de los pies.

El aumento exagerado de su secreción, o sea, el sebo cutáneo, produce un estado oleoso de la piel llamado seborrea y su disminución provoca un estado de sequedad nombrado xerodermia, que se observa con relativa frecuencia en la vejez.

Glándulas sudoríparas

Las *glándulas sudoríparas* se clasifican de acuerdo con la forma de las unidades secretoras y el número de conductos excretores, como glándulas tubulares simples; y según el modo de elaborar la secreción como glándulas ecrinas o merocrinas porque sus células no se desintegran (fig. 17.1).

Estas glándulas secretan el sudor, líquido acuoso que contiene sales y sustancias orgánicas y se caracteriza porque es inodoro; pero al combinarse con bacterias se vuelve odorífero. El sudor interviene en la regulación de la temperatura corporal y elimina calor al evaporarse en la superficie cutánea. Diariamente se eliminan alrededor de 500 mL de sudor, aunque la intensidad puede variar por diversos factores, como la temperatura, la humedad atmosférica y el trabajo físico.

Las glándulas sudoríparas están ampliamente distribuidas en la piel, sobre todo en las palmas de las manos y plantas de los pies. La porción secretora se encuentra enrollada en la capa profunda o reticular de la dermis y en la hipodermis. El conducto excretor tiene un trayecto en espiral y desemboca en la superficie libre de la piel mediante un pequeño orificio llamado poro sudoríparo.

En algunas regiones del cuerpo (genitales externos, axila, conducto auditivo externo y párpados) se encuentran unas glándulas semejantes a las sudoríparas pero consideradas de tipo "apocrina", porque se pensaba que parte de sus células se desintegraban al excretar el producto elaborado, que resulta más espeso y de un olor peculiar. Este tipo de glándulas drena su secreción en el folículo piloso, a un nivel más superficial que las glándulas sebáceas.

El aumento exagerado del sudor se denomina *hiperhidrosis*, su disminución *hipohidrosis* y su ausencia *anhidrosis*. Cuando la sudación es mal oliente se le nombra *bromhidrosis*.

Glándulas mamarias

Las *glándulas mamarias* son glándulas cutáneas exocrinas, sudoríparas modificadas, que se han especializado en la secreción láctea. Se clasifican según la forma de las unidades secretoras y el número de conductos excretores como glándulas tubuloalveolares compuestas y de acuerdo con el modo de elaborar la secreción se consideraban como "apocrinas" hasta que se demostró, con la microscopia electrónica, que en realidad son merocrinas.

Desde el punto de vista funcional, las glándulas mamarias están íntimamente relacionadas con el sistema reproductor femenino, por lo que en general se estudian en conjunto. Estas glándulas elaboran la leche materna después del parto y garantizan de esta manera la alimentación del niño recién nacido, pues contiene los elementos necesarios para el mantenimiento de la vida y el desarrollo del organismo en esta etapa. Sus componentes esenciales son el agua, las proteínas (caseína), los glúcidos (lactosa), los lípidos, los minerales, las vitaminas y los anticuerpos. La secreción láctea está precedida (antes y después del parto) por el calostro, líquido rico en proteínas y pobre en grasa.

Las glándulas mamarias son órganos característicos de los mamíferos y su número varía según la especie. Estas glándulas se desarrollan a partir de un par de engrosamientos epidérmicos lineales llamados crestas mamarias, que se extienden por la pared ventral o anterior del tronco, entre los esbozos de los miembros superiores e inferiores (fig. 17.2). Normalmente en el humano solo se desarrolla un par de estas glándulas en las regiones pectorales, pero a veces se forman pezones o mamas supernumerarias en el trayecto de las crestas mamarias (politelia o polimastia).

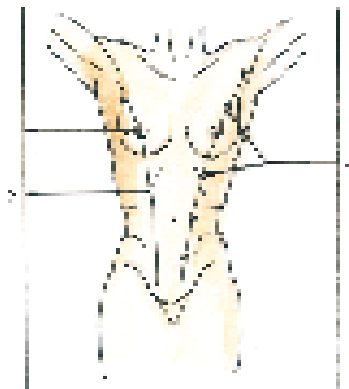


Fig. 17.2. Desarrollo de las glándulas mamarias. 1. mama con la papila y areola mamaria, 2. cresta mamaria, 3. pezones supernumerarios.

Las mamas en el varón se mantienen rudimentarias, aunque en algunas ocasiones se desarrollan extraordinariamente (ginecomastia). En la hembra experimentan cambios notables según la edad y el estado funcional del sistema reproductor y constituyen una característica sexual secundaria femenina. En la pubertad aumentan de volumen y adquieren una forma semiesférica. En el embarazo alcanzan su máximo desarrollo y después del parto segregan leche (lactación). En la etapa de envejecimiento, después de la menopausia, las mamas involucionan y se atrofian.

En la superficie externa de las mamas se observa en su centro una elevación redondeada y pigmentada de la piel llamada pezón o papila mamaria, que está rodeada por una zona de piel también pigmentada o areola mamaria (fig. 17.3).

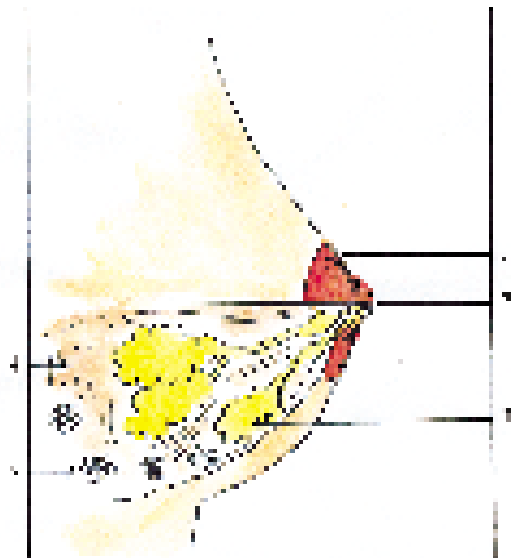


Fig. 17.3. Estructuras de la glándula mamaria. 1. areola mamaria, 2. pezón o papila mamaria, 3. glándula mamaria con su unidad secretora y conducto galactóforo, 4. tejido conectivo, 5. tejido adiposo.

En la estructura microscópica de las glándulas mamarias se destacan 2 porciones; el estroma y el parénquima, que presentan variaciones según el estado funcional de estas, pues en el estado de reposo predominan los elementos del estroma y durante el embarazo y la lactancia predominan los elementos del parénquima. El estroma está constituido por tejidos conectivo y adiposo que forman septos, que dividen a la glándula en lóbulos y lobulillos. Cada mama consta de 15 a 20 lóbulos y cada uno de ellos representa una glándula independiente, que a su vez se subdivide en lobulillos formados por los alveolos glandulares y los conductos intralobulillares e interlobulillares. Estos últimos se reúnen para formar los conductos lobulares

llamados lactóforos o galactóforos, que se dilatan formando los senos lactóforos antes de desembocar independientemente en el pezón. El parénquima está compuesto por el tejido epitelial que reviste las unidades secretoras (alveolos glandulares) y los conductos excretores (intraalveolares e interalveolares) que se encuentran en el interior de los lóbulos. Entre el epitelio de revestimiento y la membrana basal se encuentra una capa de células mioepiteliales que al contraerse favorece el drenaje de la glándula (figs. 17.3 y 17.4).

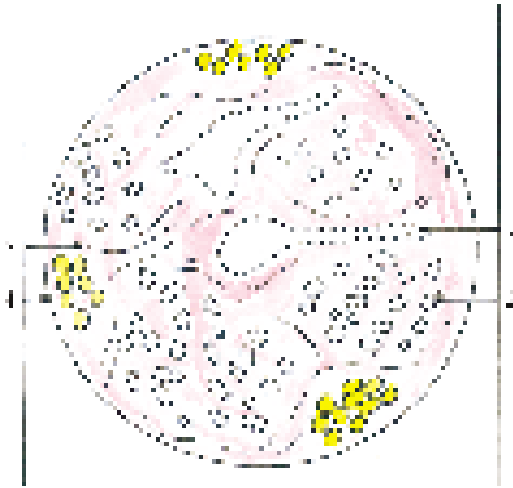


Fig. 17.4. Estructura microscópica de la glándula mamaria (x 56). 1. conducto galactóforo, 2. alveolos glandulares, 3. tejido conectivo, 4. tejido adiposo.

Los cambios morfofuncionales que ocurren en las glándulas mamarias de la hembra durante su etapa fértil (desde la menarquía hasta la menopausia) se deben a mecanismos complejos en los que intervienen varias hormonas, entre las que se destacan las hormonas ováricas (estrógeno y progesterona) y de la adenohipófisis (prolactina). En general los estrógenos actúan en la etapa preovulatoria del ciclo sexual o genital femenino y provocan la proliferación celular en los órganos genitales y las mamas; en estas últimas estimulan el desarrollo del estroma y el crecimiento de los conductos excretores. La progesterona actúa sobre todo en la etapa posovulatoria del ciclo sexual, prepara al útero para el embarazo y a las mamas para la lactancia, estimula el desarrollo final de los alveolos de manera que las células alveolares proliferan y aumentan de volumen. La prolactina promueve la secreción láctea que es estimulada por el reflejo de succión.

Las mamas presentan numerosas variaciones individuales en cuanto a su tamaño y forma, por causa de diversos factores como la edad, el desarrollo corporal, las lactancias anteriores, etc. Las malformaciones congénitas son raras y están relacionadas con su número (politelia y polimastia) y desarrollo (ginecomastia). Entre las afecciones de las mamas se destacan los procesos inflamatorios (mastitis), las displasias por trastornos endocrinos (hiperplasia quística o enfermedad fibroquística) y los tumores benignos (fibroadenomas) y malignos (carcinomas). Este último constituye la afección más importante de las mamas pues representa la neoplasia más frecuente en la mujer.

18. Parte pasiva del sistema osteomioarticular o esqueleto

Concepto de sistema osteomioarticular

El sistema osteomioarticular (SOMA), también conocido como aparato locomotor, es el conjunto de órganos que realiza la función de locomoción, o mejor dicho, de mecánica animal.

La locomoción es considerada como una función de relación que distingue a los animales de los vegetales y que es realizada por los movimientos que les permiten trasladarse de un lugar a otro. Este tipo de movimiento mecánico en combinación con el equilibrio del cuerpo, constituye la mecánica animal (dinámica y estática del cuerpo).

El sistema osteomioarticular (SOMA) o aparato locomotor, forma una unidad bien definida desde el punto de vista de su origen, estructura y función. La unidad de origen se explica porque los órganos que lo componen se originan de la hoja embrionaria media o mesodermo. La unidad estructural se comprende porque está constituida por un conjunto de estructuras (huesos articulados y músculos) que forman la arquitectura del cuerpo. La unidad funcional está basada en la función mecánica que realizan todos sus órganos, le proporciona al cuerpo humano su forma, sostén, protección, así como el movimiento y equilibrio.

Partes del sistema osteomioarticular

De acuerdo con la función mecánica que realiza, el sistema osteomioarticular (SOMA) se divide en 2 partes: pasiva y activa.

La parte pasiva está constituida por el esqueleto que es el conjunto de huesos y cartílagos unidos por las articulaciones.

La parte activa está compuesta por los músculos, que están regidos por el sistema nervioso y al contraerse actúan sobre el esqueleto y provocan los movimientos y equilibrios del cuerpo.

Factores que influyen en el desarrollo del SOMA

El sistema osteomioarticular (SOMA), al igual que los otros aparatos y sistemas del organismo, se encuentra sometido a la influencia de múltiples factores, internos y externos, que pueden alterarse y provocar modificaciones considerables en los órganos que lo componen. Entre los factores internos se destacan las funciones reguladoras del sistema nervioso y las glándulas endocrinas, y entre los factores externos o sociales se distinguen la nutrición y el trabajo mecánico.

El sistema nervioso regula todos los procesos del organismo y específicamente sobre el SOMA interviene en la regulación de la actividad muscular, así como en la función trófica o de nutrición de los órganos de este aparato mediante mecanismos nerviosos reflejos.

Las glándulas endocrinas regulan principalmente los procesos metabólicos del organismo y en particular sobre el SOMA actúan en la regulación del metabolismo de los minerales que se depositan en los huesos (fosfato de calcio), mediante la acción de determinadas hormonas, como la del crecimiento o somatotrópica de la hipófisis y la paratiroidea de las glándulas del mismo nombre.

La nutrición es un factor importante, especialmente algunos componentes de la dieta como los minerales (calcio y fósforo) y las vitaminas (A, D y C).

El trabajo mecánico que implica el ejercicio físico realizado en las actividades laborales y deportivas influye considerablemente sobre el organismo humano en conjunto y en especial en el SOMA. Está demostrado que la inactividad mecánica del aparato

locomotor conduce a la atrofia de los órganos que lo componen; por el contrario, la hiperactividad mecánica provoca la hipertrofia. También se ha observado que determinados trabajos especializados y deportes específicos pueden producir alteraciones en algunos órganos de este aparato, ya sea por la adopción de posiciones viciosas o por la actividad intensificada en determinadas regiones del cuerpo. Por este motivo, la higiene del trabajo y el deporte recomiendan la práctica de la gimnasia general que favorece el desarrollo armónico de todo el cuerpo.

Concepto y funciones generales del esqueleto

El esqueleto es la armazón dura del cuerpo de los animales, que en el humano está formado por el conjunto de huesos y cartílagos unidos por las articulaciones, constituye la parte pasiva del sistema osteomioarticular, o aparato locomotor (fig. 18.1).

Las funciones generales que realiza el esqueleto en conjunto son de tipo mecánicas, le proporciona al cuerpo la base de su forma y constituye una armazón arquitectónica situada en medio de las partes blandas, a las cuales sostiene. Además, protege órganos importantes que se alojan en las cavidades óseas e interviene en la mecánica animal, o sea, en el movimiento y equilibrio del cuerpo.

Para facilitar el estudio del esqueleto humano, este se puede dividir de acuerdo con las regiones del cuerpo donde se encuentre, en esqueleto axial y apendicular. El esqueleto axial o del eje del cuerpo comprende el esqueleto de la cabeza, cuello y tronco. El esqueleto apendicular está compuesto por el esqueleto de los miembros superiores e inferiores.

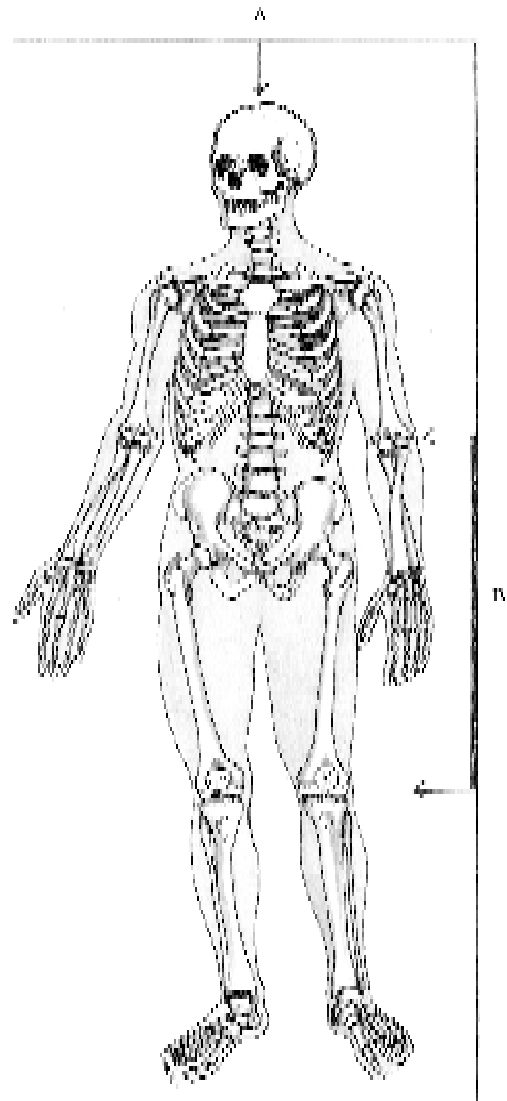


Fig. 18.1. Esqueleto humano del adulto. A. esqueleto axial (cabeza, cuello y tronco), B. esqueleto apendicular (miembros superiores e inferiores).

19. Sistema óseo (Osteología)

Concepto y funciones específicas de los huesos

Los huesos son órganos duros y resistentes, de color blanquecino, y al unirse entre sí mediante las articulaciones forman el esqueleto, que constituye la parte pasiva del sistema osteomioarticular o aparato locomotor. En una persona adulta existen 200 huesos aproximadamente.

Los huesos contribuyen a realizar las funciones generales de tipo mecánicas correspondientes al esqueleto, que ya fueron explicadas con anterioridad. Además tienen funciones específicas de tipo biológicas propias del sistema óseo, al participar en los procesos metabólicos del organismo, en especial el mineral, constituyen un depósito de sales minerales principalmente de calcio y fósforo e intervienen en la hemopoiesis o formación de células sanguíneas. También el desarrollo óseo tiene gran importancia en el crecimiento corporal.

Clasificación de los huesos

Los huesos se pueden clasificar de diversas maneras, teniendo en cuenta diferentes criterios como la situación, el origen, la estructura, la función y la forma.

Por su forma, los huesos se clasifican de acuerdo con las relaciones que existen entre las 3 dimensiones fundamentales de los cuerpos, o sea, largo, ancho y grosor. Esta clasificación es clásica, ya que fue establecida en la época de Galeno (130-200 n.e.) y aún perdura con algunas modificaciones. En la actualidad la clasificación de los huesos aceptada internacionalmente está basada en su forma, lo que facilita el estudio de sus porciones. En esta clasificación se distinguen 5 tipos de huesos: *cortos*, *planos*, *largos*, *neumáticos* e *irregulares*.

Los *huesos cortos* (fig. 19.1) se caracterizan porque las dimensiones son aproximadamente iguales, presentan una forma más o menos cúbica y por lo general son pequeños. Están situados en regiones que tienen movimientos muy variados y poco extensos, como el carpo de las manos y el tarso de los pies. Una variedad de este grupo son los huesos sesamoideos, que reciben su nombre al compararlos por su tamaño con el grano de la planta de sésamos conocido en Cuba por ajonjolí, que se localizan cerca de las articulaciones de las manos y de los pies, incluidos en tendones, donde actúan como dispositivos auxiliares de los músculos.

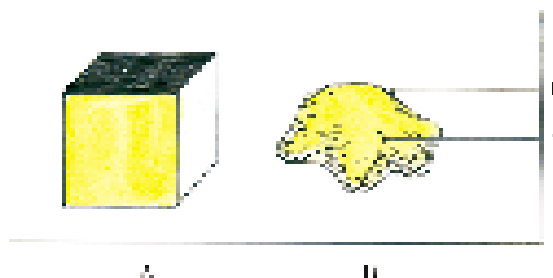


Fig. 19.1. Hueso corto. A. Forma geométrica, B. Corte del talo o astragalo, 1. sustancia ósea compacta, 2. sustancia ósea esponjosa.

Los *huesos planos* (fig. 19.2) se destacan porque 2 de las dimensiones, el largo y el ancho, predominan sobre el grosor, y presentan 2 caras y un número variable de bordes, según la figura geométrica del hueso. En general son incurvados, algunos son alargados y de acuerdo con su tamaño pueden ser grandes y pequeños. Están situados en regiones destinadas a la protección y el sostén de otros órganos, como en la cabeza, el tórax y el cinturón de los miembros.

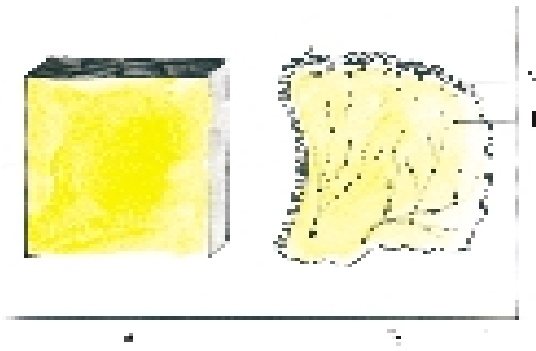


Fig. 19.2. Hueso plano. A. Forma geométrica, B. Corte del parietal, 1. sustancia ósea compacta, 2. sustancia ósea esponjosa.

Los *huesos largos* (fig. 19.3) se caracterizan porque una de las dimensiones, el largo, predomina sobre las otras 2; presentan una forma tubular en la que se distinguen 3 porciones, la diáfisis y 2 epífisis. La diáfisis o cuerpo del hueso es la porción alargada en forma de cilindro. Las epífisis o extremidades del hueso generalmente son voluminosas, donde se encuentran superficies lisas articulares y eminencias rugosas en las que se insertan los ligamentos y tendones. Además, se describe la metáfisis, zona correspondiente a los extremos de la diáfisis que en la etapa de crecimiento están separadas de las epífisis por los llamados cartílagos epifisarios (cartílago de conjunción). Estos huesos por su tamaño pueden ser grandes y pequeños. Están situados en regiones de



Fig. 19.3. Hueso largo. A. Forma geométrica, B. Corte longitudinal de la tibia en crecimiento, a) epífisis, b) diáfisis, c) metáfisis, d) cartílago epifisario, 1. sustancia ósea compacta, 2. cavidad medular, 3. sustancia ósea esponjosa.

gran movilidad y actúan como brazos de palancas, en la parte libre de los miembros.

Los *huesos neumáticos* (fig. 19.4) se distinguen por presentar cavidades en su interior, que contienen aire. Tienen formas diversas constituidas por varias caras y en general son pequeños. Están situados en regiones próximas a la cavidad nasal y protegen a otros órganos (etmoides y maxilares). Las cavidades neumáticas de los huesos se denominan senos, sus paredes están revestidas de mucosa, que puede inflamarse y provocar la sinusitis.

Por lo general la forma de los huesos es muy irregular y por lo tanto, muy difícil de precisar, presentan

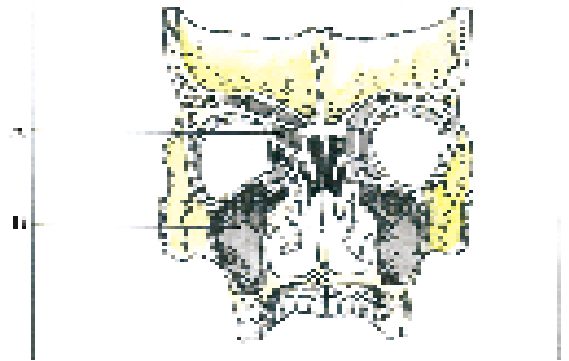


Fig. 19.4. Huesos neumáticos en corte frontal de la cara. A. etmoides, B. maxilares.

formas diferentes que son propias de cada uno, en dependencia de la función que realizan. Por este motivo en algunos huesos se pueden considerar formas mixtas de los tipos antes mencionados, que se clasifican como *irregulares* (fig. 19.5). Estos huesos se localizan en el esqueleto axial, o sea, en la cabeza (esfenoides y temporal) y columna vertebral (vértebras) (cuadro 19.1).

Cuadro 19.1. Clasificación de los huesos por su forma

Forma	Porciones	Localización
Cortos	Caras	Mano (carpo) Pie (tarso)
Planos	Dos caras Bordes variables	Cabeza Tórax Cinturón de miembros
Largos	Dos epífisis Diáfisis	Parte libre de miembros
Neumáticos	Variables según el hueso	Cerca de cavidades nasales
Irregulares	Variables según el hueso	Cabeza Columna vertebral



Fig. 19.5. Huesos irregulares. A. vértebras, B. esfenoides.

Características de la superficie de los huesos

En la superficie de los huesos se pueden precisar las porciones o partes que son comunes a todos aquellos huesos que tienen una forma semejante. Por ejemplo, en los huesos largos se distinguen el cuerpo o diáfisis y las extremidades o epífisis (proximal y distal). Además, en la diáfisis de estos huesos también se aprecian caras y bordes. En los huesos planos siempre se destacan 2 caras, es variable el número de bordes y ángulos, de acuerdo con la figura geométrica que presenta su forma, ya sea triangular o cuadrilátera; y en los huesos cortos se distinguen las caras que están determinadas por la forma general de estos.

En la superficie de las distintas porciones de los huesos se observan además, distintos tipos de impresiones o irregularidades que le proporcionan al hueso sus detalles anatómicos. Estas superficies irregulares o detalles anatómicos de los huesos pueden clasificarse en articulares y no articulares.

Las superficies articulares, como su nombre indica, forman parte de las articulaciones y se caracterizan porque son lisas y tienen formas variables de acuerdo con su función. Estas superficies reciben nombres diversos y serán estudiadas en el capítulo de artrología. Las superficies no articulares pueden ser de 3 tipos: elevaciones, depresiones y orificios. Las elevaciones generalmente son rugosas y representan puntos de inserción de ligamentos y tendones. Las depresiones son también áreas de inserción de ligamentos y músculos, actúan en determinadas zonas como receptáculos de órganos, tendones y elementos vasculonerviosos. Los orificios son las entradas o accesos a alguna cavidad o canal óseo, por donde pueden pasar elementos vasculonerviosos. Las superficies irregulares o detalles anatómicos reciben distintas denominaciones de acuerdo con su forma y

extensión, que se precisarán en el estudio particular de cada hueso. Algunas de estas irregularidades tienen gran importancia en el estudio de la anatomía de superficie y radiológica como puntos de referencia u orientación (cuadro 19. 2).

Cuadro 19.2. Detalles anatómicos óseos no articulares

<i>Elevaciones</i>	<i>Características</i>
Eminencia	Poco pronunciada
Protuberancia	Muy pronunciada
Tubérculo	Pequeño y redondeado
Tuberosidad	Grande y rugosa
Trocánter	Grande y redondeada (en fémur)
Proceso (apófisis)	Largo y rugoso
Espina	Larga y delgada
Cresta	Lineal, prominente y rugosa
Línea	Lineal, poco prominente
<i>Depresiones</i>	
Fosa	Grande y profunda
Fosita	Pequeña y poco profunda
Incisura	Localizada en el borde de un hueso
Surco	Lineal, como un tubo abierto
Canal	Semejante al surco. En anatomía se usa como sinónimo de conducto, pero que no tiene paredes propias.
Meato	Canal
Conducto	Tubular, con paredes propias
Cavidad	Espacio dentro de un cuerpo u órgano
Antro y seno	Cavidad de un órgano
Celda o célula	Cavidad pequeña
<i>Orificios (foramen, abertura, hiato, adito)</i>	
Poro	Pequeño
Fisura (hendidura)	Estrecha y alargada

Anatomía radiológica de los huesos

La radiografía es utilizada frecuentemente como medio diagnóstico en las afecciones del esqueleto y para determinar el desarrollo óseo alcanzado por el individuo.

En las radiografías los huesos se observan con marcada claridad, se destacan su forma, tamaño y estructura macroscópica (sustancia ósea compacta y esponjosa). La periferia o cortical de los huesos, formada por sustancia ósea compacta tiene el aspecto de una banda homogénea blanquecina (radioopacidad intensa), que está muy engrosada en la diáfisis de los huesos largos. El interior de los huesos cortos, planos y epífisis de los huesos largos, formado por sustancia ósea esponjosa, presenta el aspecto reticular con radioopacidad menos intensa. Las cavidades óseas que se encuentran en el interior de los huesos se observan más oscuras (radiotransparente).

La imagen radiográfica de los huesos se puede apreciar desde el período prenatal, cuando comienzan a originarse los centros de osificación que van apareciendo de forma progresiva y con una cronología determinada. Esto permite valorar el grado del desarrollo óseo y calcular la edad aproximada del individuo, especialmente en los niños; con este objetivo es utilizada la radiografía del carpo de la mano. En el recién nacido ya se observa la mayoría de los huesos, aunque de forma incompleta. En el niño se osifican los huesos del carpo y la mayoría del tarso y de las epífisis de los huesos largos, que se hallan unidos a la diáfisis por los cartílagos epifisarios o de conjunción (sincondrosis); este conocimiento tiene gran importancia práctica porque pueden ser motivo de confusión con las fracturas (fig. 19.6). En la adolescencia aparecen algunos centros de osificación secundarios en determinados huesos y se produce la fusión de los centros de osificación existentes en cada hueso. Al inicio de la adultez (20 años) algunos huesos completan su fusión y al final de este período (45 años) algunos huesos se fusionan con los vecinos. En el período de envejecimiento se pueden apreciar en las radiografías de los huesos, algunas transformaciones como la atrofia ósea senil (osteoporosis) y la neoformación de tejido óseo con aposiciones periósteas circunscritas en las proximidades de focos inflamatorios crónicos (osteofitos).

Alteraciones de los huesos

Entre las alteraciones de los huesos se destacan las variaciones, malformaciones congénitas, afecciones y lesiones traumáticas.

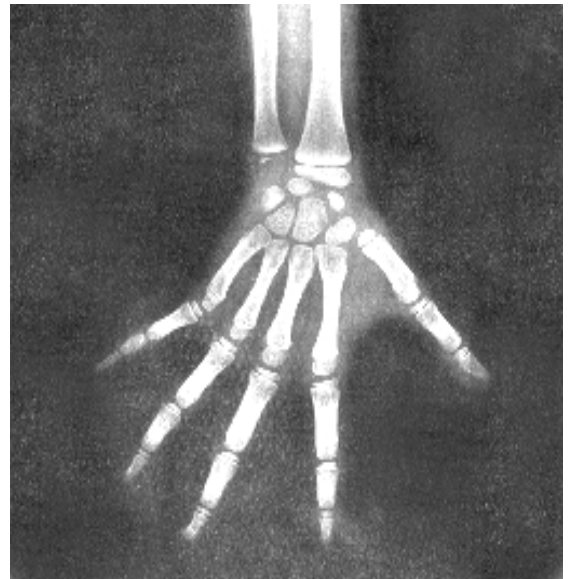


Fig. 19.6. Radiografía de la mano de un niño.

Las variaciones de los huesos dependen principalmente de la edad, el sexo y el individuo. Las variaciones según la edad se corresponden con la etapa del desarrollo del individuo, los huesos de los niños son más pequeños que en el adulto y además, son más numerosos porque determinados huesos están inicialmente constituidos por distintas piezas óseas; mientras que en el viejo la cantidad disminuye por la soldadura de algunos huesos vecinos. Las variaciones según el sexo están determinadas porque en general los huesos del hombre son más grandes y robustos que en la mujer. Las variaciones según el individuo son muy numerosas y consisten en modificaciones en cuanto al número, tamaño, forma y posición de los huesos; la mayoría de ellas son de origen congénito, por alteraciones del desarrollo que ocurren antes del nacimiento, pero también pueden ser adquiridas posteriormente. Algunas de estas variaciones de los huesos llegan a constituir verdaderas afecciones y provocan serios trastornos morfofuncionales.

En las afecciones de los huesos se observan determinadas lesiones elementales por causa de alteraciones del equilibrio constante que existe entre la resorción y formación del tejido óseo, con la consiguiente disminución o aumento de las sales minerales en la matriz ósea; esto se manifiesta en las radiografías por modificaciones en la densidad ósea, que disminuyen en la osteoporosis y osteolisis (radiotransparencia) y aumenta en la osteoesclerosis y osteofitos (radioopacidad). Estas lesiones elementales de los huesos están presentes en diversas enfermedades generales o sistémicas que afectan otros sistemas orgánicos, como en los trastornos de la nutrición (raquitismo en el niño y osteomalacia en el adulto por déficit de vitamina D) y endocrinos

(enanismo, gigantismo y acromegalia por alteraciones en la secreción de la hormona somatotrópica de la hipófisis). También se pueden observar en los procesos inflamatorios (osteomielitis) y tumores benignos (osteomas) y malignos (osteosarcomas). Además, entre las afecciones de los huesos se destacan las deformaciones o malformaciones que pueden ser congénitas y adquiridas.

Las lesiones traumáticas más frecuentes de los huesos son las contusiones y las fracturas. La contusión es la lesión traumática producida por el choque violento con un objeto obtuso, en general sin solución de continuidad o herida. La fractura es la ruptura en la continuidad del hueso, por causa de traumatismos directos o indirectos, o de forma espontánea en un hueso previamente dañado por alguna afección (fractura patológica).

Orientaciones para el estudio de los huesos

Para facilitar el estudio de los huesos es conveniente seguir un orden lógico, con un enfoque sistémico y precisar inicialmente las características regionales más destacadas que predominan en la zona donde se encuentran y luego especificar las características particulares de cada hueso motivo de estudio (cuadro 19.3).

Características regionales de los huesos

- Situación y división del esqueleto de la región correspondiente.
- Funciones generales o mecánicas fundamentales del esqueleto de la región.
- Tipo de hueso que predomina por su forma.
- Origen de los huesos (localización mesodérmica) y osificación (membranosa y cartilaginosa) que predomina en la región.
- Nombre y situación de los huesos que componen la región esquelética.

Características particulares de los huesos

- Nombre del hueso derivado del latín cuyo significado indica su parecido con algún objeto.

- Identificación del hueso al compararlo con alguna figura u objeto conocido.
- Posición anatómica en huesos aislados, al tener en cuenta que todo objeto en el espacio presenta 3 direcciones fundamentales, es decir: anterior-posterior, superior-inferior y lateral-medial. Esta última dirección es innecesaria en los huesos impares situados en la parte media del cuerpo, ya que tienen simetría bilateral.
- Situación del hueso en el cuerpo humano, referido a la parte de la región donde se encuentra.
- Clasificación del hueso por su forma (corto, plano, largo, neumático e irregular).
- Porciones y partes más importantes que dependen generalmente de la forma que tiene el hueso. Los huesos largos tienen 3 porciones, 2 epífisis y una diáfisis y en esta última se aprecian caras y bordes. Los huesos planos tienen 2 caras y un número variable de bordes y ángulos de acuerdo con la figura geométrica que presenta su forma. En los huesos cortos se distinguen las caras que están determinadas por la forma general del hueso, que generalmente es cuboidea.
- Detalles óseos más destacados que pueden ser elevaciones y depresiones (articulares y no articulares), así como los agujeros por donde pasan elementos vasculonerviosos importantes.

Cuadro 19.3. Orden lógico de estudio de los huesos

Características regionales de los huesos

- Situación y división de la región esquelética
 - Funciones generales de la región esquelética
 - Tipo de hueso por la forma que predomina
 - Origen de los huesos y osificación que predomina
 - Nombre y situación de los huesos
-

Características particulares de los huesos

- Nombre del hueso
 - Identificación del hueso
 - Posición anatómica
 - Situación en el cuerpo
 - Clasificación por su forma
 - Porciones y partes más importantes
 - Detalles óseos destacados
-

20. Estructura y desarrollo de los huesos

Composición química y propiedades físicas de los huesos

En la composición química de los huesos el agua representa 20 % del peso total, proporción relativamente baja en comparación con otros tejidos; y los sólidos constituyen 80 % restante, y está formado por componentes orgánicos (35 %) e inorgánicos (65 %). Los componentes orgánicos están constituidos en lo fundamental por fibras osteocolágenas (proteínas), unidas por la sustancia intercelular amorfa, sobre todo de cemento; y los componentes inorgánicos son sales minerales, en su mayoría de fosfato de calcio, que se depositan en la sustancia intercelular amorfa de cemento. En el tejido óseo llega a almacenarse la mayor parte del calcio (99 %) y el fósforo (90 %) del organismo.

Las propiedades físicas del hueso dependen de su composición química. La materia orgánica (fibras colágenas) le confiere al hueso su elasticidad, que es mayor en los niños pequeños, por lo tanto sus huesos son más elásticos y se fracturan raramente. Sin embargo, la materia inorgánica (sales minerales) le proporciona al hueso su dureza, rigidez y fragilidad, que aumentan con la edad, por eso en los viejos se observan con mayor frecuencia las fracturas.

La composición química y las propiedades físicas del tejido óseo se pueden demostrar mediante 2 experimentos sencillos: la descalcificación y la calcinación. En la descalcificación se somete al hueso a la acción de una solución ácida (ácido clorhídrico) lo que provoca la disolución de las sales de calcio y queda solamente la sustancia orgánica que le permite al hueso conservar su forma, pero su consistencia se hace más blanda y elástica. En la calcinación se somete al hueso a alta temperatura, se quema la sustancia orgánica y queda solo la sustancia inorgánica; el hueso mantiene su forma y además su dureza, pero se hace más rígido y frágil.

Tejidos que componen los huesos

Los huesos en estado fresco están constituidos fundamentalmente por distintas variedades de tejido conectivo, predomina en estos órganos la sustancia ósea (tejido óseo), presenta además, el periostio (tejido conectivo denso), endostio (tejido conectivo reticular), cartílago articular (tejido cartilaginoso hialino) y la médula ósea (variedad mieloide del tejido hemopoyético y tejido adiposo). Además, se encuentran en los paquetes vasculonerviosos que llegan al hueso como órgano, los otros tejidos fundamentales.

Características generales del tejido cartilaginoso

El tejido cartilaginoso es una variedad de tejido conectivo especializado en la función de sostén, que se caracteriza porque está constituido por abundante sustancia intercelular o matriz cartilaginosa, fibrosa y amorfa, principalmente de cemento, en la cual existen pequeñas cavidades o lagunas cartilaginosas donde se sitúan las células o condrocitos. El cartílago es un tejido flexible que posee resistencia elástica.

El tejido cartilaginoso generalmente se encuentra rodeado por un tejido conectivo denso irregular llamado pericondrio, excepto en los lugares donde se halla en contacto con el líquido sinovial (articulaciones sinoviales). El pericondrio está constituido por 2 capas: la externa o fibrosa y la interna o celular. La capa externa o fibrosa es rica en fibras colágenas y capilares, pero escasa en células. La capa interna o celular (condrógena) presenta pocas fibras y abundantes células mesenquimatosas, que se diferencian en condroblastos y estos a su vez se convierten en condrocitos.

El cartílago está desprovisto de vasos sanguíneos y linfáticos, por lo que su nutrición se realiza por

difusión del líquido tisular a través de la matriz cartilaginosa, excepto en los lugares donde se nutre del líquido sinovial (articulaciones sinoviales).

El crecimiento del cartílago se efectúa mediante 2 tipos de mecanismos: uno exógeno o por aposición y otro endógeno o intersticial. El crecimiento exógeno o por aposición se caracteriza porque el cartílago crece hacia el exterior por adición de capas sucesivas de tejido cartilaginoso por causa de la proliferación de las células mesenquimatosas que se encuentran en la capa interna del pericondrio. El crecimiento endógeno o intersticial se realiza por divisiones mitóticas de los condrocitos dentro de las lagunas, donde se forman los nidos celulares (grupos isógenos) y producen sustancia intercelular. Otro aspecto importante es la pobre capacidad de regeneración del cartílago que puede cicatrizar por metaplasia del tejido conectivo (cuadro 20.1).

Cuadro 20.1. *Características generales del tejido cartilaginoso*

VARIEDAD de tejido conectivo
ESPECIALIZADO en la función de sostén
PROPIEDAD de elasticidad
CÉLULAS situadas en lagunas (condrocitos)
SUSTANCIA intercelular abundante, con lagunas
RODEADO de pericondrio
VASCULARIZACIÓN no tiene
NUTRICIÓN por difusión
CRECIMIENTO exógeno (por aposición), endógeno (intersticial)

Clasificación del tejido cartilaginoso

Los cartílagos se clasifican en 3 tipos: hialino, fibroso y elástico, de acuerdo con el tipo y la disposición de la sustancia intercelular fibrosa que predomina.

El cartílago hialino (fig. 20.1) tiene el aspecto vidrioso, traslúcido y contiene abundante sustancia intercelular amorfa, con fibras colágenas finas. Este cartílago es el más frecuente en el organismo, se encuentra en zonas donde se requiere sostén y deslizamiento. En el período prenatal este cartílago forma temporalmente la mayor parte del esqueleto, que posteriormente es sustituido por hueso (osteogénesis cartilaginosa). Sin embargo, algunas partes no se osifican y persiste el cartílago hialino, como ocurre en las articulaciones cartilaginosas (sincondrosis) y en las articulaciones sinoviales (cartílago articular). Estos últimos no tienen pericondrio. También se encuentra formando parte de las vías respiratorias (nariz, laringe, tráquea y bronquios).

El cartílago fibroso o fibrocartílago contiene menor cantidad de sustancia intercelular amorfa con abundantes fibras colágenas gruesas. Además, carece de pericondrio, por lo que su crecimiento es solo de tipo intersticial. Se localiza en regiones donde se necesita sostén firme y fuerza tensil, como en determinadas articulaciones cartilaginosas (sífnisis) y algunas articulaciones sinoviales (fibrocartílago intraarticular). También se observa en lugares de inserción de tendones y ligamentos.

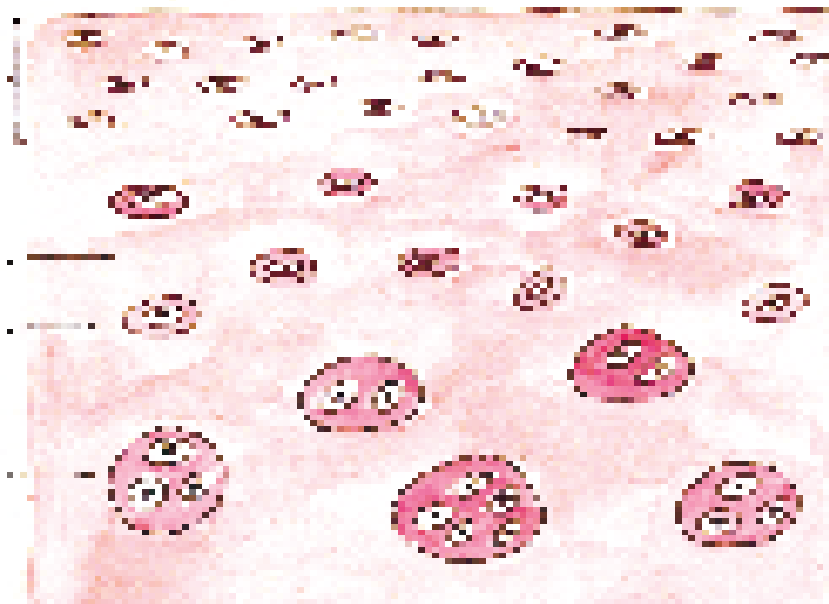


Fig. 20.1. *Tejido cartilaginoso hialino. 1. pericondrio, 2. sustancia intercelular, 3. condrocitos en lagunas cartilaginosas, 4. nido celular (grupo isógeno).*

El cartílago elástico presenta abundantes fibras elásticas y se encuentra en zonas donde se requiere sostén y flexibilidad, como en la oreja y la epiglotis de la laringe (cuadro 20.2).

Cuadro 20.2. Clasificación del tejido cartilaginoso

Variedad	Estructura	Función
Hialino	Fibras colágenas finas	Sostén Deslizamiento
Fibroso	Fibras colágenas gruesas Carece de pericondrio	Sostén Fuerza tensil
Elástico	Fibras elásticas	Sostén Flexibilidad

Características generales del tejido óseo

El tejido óseo es una variedad de tejido conectivo especializado en la función de sostén, semejante al cartílago porque sus células típicas u osteocitos se encuentran dentro de cavidades pequeñas o lagunas óseas que se disponen en la sustancia intercelular o matriz ósea, pero con la diferencia que en el tejido óseo esta sustancia intercelular se calcifica, o sea, que se impregna de sales de calcio y le proporciona al hueso su dureza y rigidez características.

La nutrición de este tejido está garantizada por una abundante vascularización y su crecimiento solo puede realizarse por el mecanismo de aposición o adición de tejido óseo nuevo a una superficie ya existente, por causa de su dureza. El desarrollo del tejido óseo depende de un equilibrio entre la formación y resorción del tejido, funciones realizadas por los osteoblastos y osteoclastos respectivamente, células transitorias de este tejido que constituyen un ejemplo de la ley dialéctica de la unidad y lucha de contrarios (cuadro 20.3).

Cuadro 20.3. Características generales del tejido óseo

VARIEDAD de tejido conectivo
ESPECIALIZADO en la función de sostén
PROPIEDAD de dureza y rigidez
CÉLULAS situadas en lagunas (osteocitos)
SUSTANCIA INTERCELULAR abundante, con lagunas y calcificada
RODEADO de periostio
VASCULARIZACIÓN abundante
NUTRICIÓN por vía circulatoria
CRECIMIENTO por aposición.

Clasificación del tejido óseo

Desde el punto de vista microscópico el tejido óseo se puede clasificar en 2 tipos: retículo fibroso y laminar, teniendo en cuenta las diferentes proporciones de los componentes tisulares y la estructura que adopta la sustancia intercelular calcificada.

El tejido óseo retículo fibroso (inmaduro) se caracteriza por su estructura reticular y por tener mayor cantidad de células y fibras colágenas que le proporcionan cierta elasticidad al hueso. Este tipo de hueso es una forma de transición que se desarrolla en las fases de rápida formación ósea, como ocurre en la etapa embrionaria (osteogénesis) o al repararse una fractura ósea, el cual es sustituido posteriormente por tejido óseo laminar o maduro (osteogénesis reparadora).

El tejido óseo laminar o maduro (fig. 20.2) se caracteriza por su estructura laminar y por tener un contenido relativamente mayor de sustancia intercelular amorfa de cemento y sales minerales, que le proporcionan dureza y rigidez al hueso. Estas sales minerales son en lo fundamental de fosfato de calcio que presentan una estructura cristalina especial (hidroxiapatita). Las laminillas óseas están formadas por fibras colágenas unidas por la sustancia de cemento impregnada por sales minerales, en la cual se encuentran los osteocitos incluidos en las lagunas óseas, que se comunican entre sí por un sistema de canaliculos óseos por los que circula el líquido tisular que garantiza de esta manera la nutrición de las células en un medio calcificado. Además, en el seno de cada laminilla, las fibras colágenas se disponen de forma paralela, pero cambian de dirección en las laminillas vecinas, lo que contribuye a darle gran resistencia al hueso.

De acuerdo con la forma de organización de las laminillas óseas se distinguen 2 tipos de tejido óseo laminar: el compacto y el trabecular.

El hueso compacto (osteonal o haversiano) se caracteriza porque las laminillas óseas se agrupan formando una masa sólida que es típica de la diáfisis de los huesos largos, en la que se distinguen 4 sistemas de laminillas de acuerdo con su localización. En la zona media predomina la osteona o sistema haversiano que es considerado como la unidad estructural de este tipo de hueso, que tiene la forma de un cilindro que atraviesa el hueso longitudinalmente y está constituido por varias laminillas óseas, en número alrededor de 10, dispuestas en forma concéntrica alrededor del canal central (de Havers). Entre las osteonas se disponen las laminillas intersticiales, y hacia las superficies externa e interna del hueso las laminillas circunferenciales externa (perióstica) e interna (endóstica). Entre los canales centrales (de

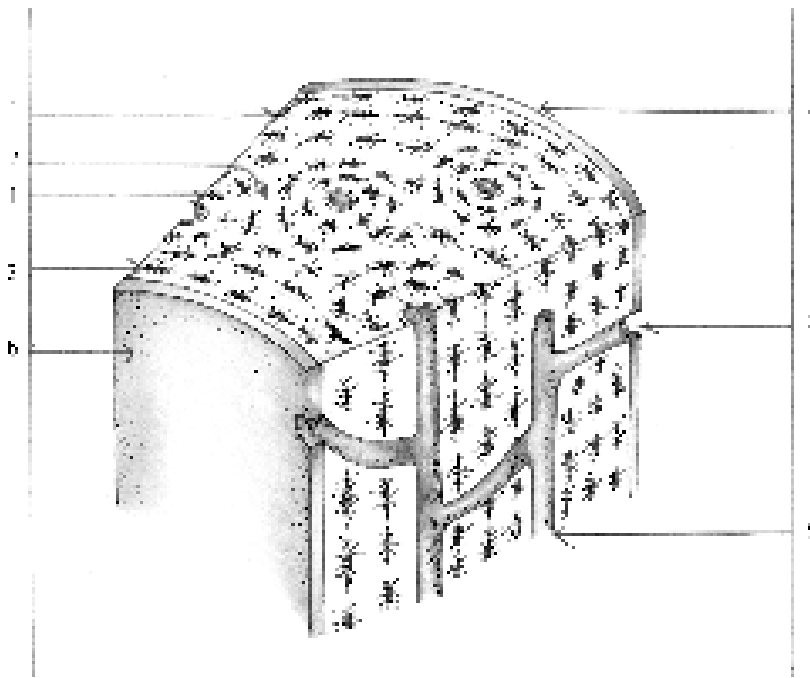


Fig. 20.2. Tejido óseo. a) periostio, b) endostio, 1. laminillas circunferenciales externas, 2. laminillas intersticiales, 3. laminillas circunferenciales internas, 4. laminillas osteónicas, con osteocitos, 5. canal central de la osteona, 6. canal perforante.

Havers) se establecen comunicaciones mediante los canales perforantes (de Volkmann) que se extienden transversalmente desde las superficies externa e interna del hueso. Estos sistemas de canales óseos (centrales y perforantes) contienen nervios y vasos sanguíneos que aseguran la nutrición del hueso.

El hueso trabecular o esponjoso se caracteriza porque las laminillas óseas se agrupan formando trabéculas entre las cuales se hallan las cavidades medulares donde se aloja la médula ósea, variedad mieloide del tejido hemopoyético productor de células sanguíneas. Por lo general las trabéculas óseas no están dispuestas de modo arbitrario, sino de modo reglamentado y constante en cada hueso, en dependencia de las funciones mecánicas que realiza o mejor dicho, de las líneas de fuerza que actúan sobre ellos.

Estructura macroscópica de los huesos (sustancia ósea)

Al examinar a simple vista los cortes de los huesos se pueden distinguir 2 tipos de sustancia ósea: compacta y esponjosa (fig. 20.3).

La sustancia ósea compacta presenta el aspecto homogéneo y compacto que se observa en la cortical de todos los huesos y se halla engrosada en la diáfisis de los huesos largos, forma la periferia tubular que limita una cavidad longitudinal llamada cavidad medular, donde se aloja la médula ósea amarilla.

La sustancia ósea esponjosa presenta un aspecto irregular como la esponja, forma una red de trabéculas

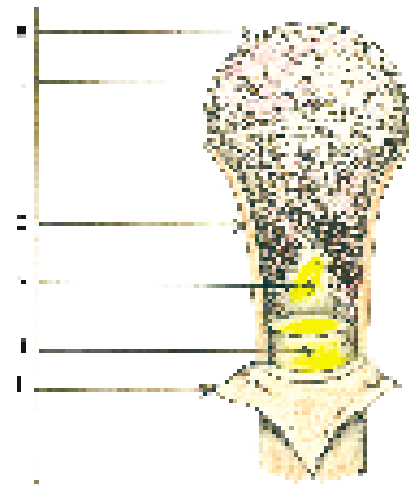


Fig. 20.3. Estructura macroscópica de un hueso largo. a) cartílago articular, b) periostio, 1. sustancia ósea esponjosa con médula ósea roja, 2. sustancia ósea compacta, 3. cavidad medular, 4. médula ósea amarilla.

que delimitan pequeñas cavidades medulares, donde se aloja la médula ósea roja. Este tipo de sustancia ósea se halla en el interior de los huesos cortos, planos y epífisis de los huesos largos.

En general, la sustancia ósea compacta se corresponde con el tejido óseo compacto (osteonal) y la sustancia ósea esponjosa con el tejido óseo trabecular. Sin embargo, los huesos de la calvaria tienen en su espesor el aspecto de huesos compactos, pero originalmente el tejido óseo es trabecular; y se llama diploe a la sustancia ósea esponjosa situada entre

las láminas externa e interna de sustancia ósea compacta. En estos huesos la actividad continuada de los osteoblastos en la superficie de las trabéculas, las engruesa progresivamente, disminuye el tamaño de las cavidades medulares y adquieren el aspecto de los huesos compactos (cuadro 20.4).

Cuadro 20.4. Clasificación de los huesos por su estructura

Microscópica (tejido óseo)		Macroscópica (sustancia ósea)
Reticulo fibroso (inmaduro)		Reticular
Laminar (maduro)	Compacto	Compacto
	Trabecular	Esponjoso

Médula ósea

La *médula ósea* está compuesta por tejido mieloide, variedad del tejido hemocitopoyético también conocido como hematopoyético o hemopoyético, que se encuentra situado en las cavidades medulares de los huesos y tiene como función principal la formación de las células o elementos figurados de la sangre.

La médula ósea se clasifica en 2 tipos: la roja y la amarilla (fig. 20.3).

La *médula ósea roja* debe su color a la gran cantidad de eritrocitos que posee, pues es la que produce activamente las células sanguíneas. En el feto toda la médula ósea es roja, pero en el adulto se localiza en las cavidades de la sustancia ósea esponjosa; su estudio constituye un aspecto importante en la clínica cuando se trata de diagnosticar alguna enfermedad de la sangre.

La *médula ósea amarilla* debe su color a la gran cantidad de tejido adiposo (grasa) que contiene y por no funcionar activamente en la producción de elementos figurados de la sangre; se encuentra en el adulto solo en las cavidades medulares del cuerpo o diáfisis de los huesos largos.

Periostio, endostio y cartílago articular

El *periostio* (fig. 20.3) es la membrana que cubre la superficie externa del hueso, excepto en las superficies articulares y en los lugares de inserción de ligamentos y tendones.

Esta membrana está formada por 2 capas: la externa o fibrosa y la interna u osteógena, las cuales se pueden

separar una de otra. La capa externa o fibrosa está constituida por tejido conectivo denso irregular y es muy rica en vasos sanguíneos y nervios, por lo que tiene gran importancia en la nutrición del hueso. La capa interna u osteógena está compuesta por tejido conectivo más laxo y tiene muchas células osteógenas capaces de transformarse en osteoblastos, que contribuyen al crecimiento en grosor del hueso y a la reparación de las fracturas (osteogénesis reparadora). Esta capa está íntimamente adherida a la superficie del hueso mediante las fibras perforantes (de Sharpey).

El *endostio* (fig. 20.3) es una capa delgada de tejido conectivo reticular con potencialidades osteogénicas y hemopoyéticas, que reviste las cavidades medulares de los huesos y de los canales óseos.

El *cartílago articular* (fig. 20.3) está constituido por cartílago hialino que cubre las superficies articulares de los huesos en las articulaciones sinoviales (ver tejido cartilaginoso).

Tipos de esqueletos en los animales (Filogenia)

De acuerdo con la situación del esqueleto en el cuerpo de los animales, se pueden distinguir 2 tipos: el externo o *exoesqueleto* y el interno o *endoesqueleto*.

El *exoesqueleto* se observa en algunos animales invertebrados y alcanza mayor desarrollo en los artrópodos (crustáceos e insectos), porque está articulado, lo que favorece la movilidad. Sin embargo, su crecimiento es limitado por lo que el animal experimenta cambios o mudas periódicas que le permiten crecer. En los vertebrados, el exoesqueleto se limita a las escamas de los peces y las placas óseas de algunos reptiles (quelonios y cocodrilo).

El *endoesqueleto* se encuentra en los cordados, es una característica de todos los vertebrados, y se destacan 3 tipos según la variedad de tejido conectivo que predomine en su composición: membranoso en los cordados inferiores como el anfibio (lanceta de mar), cartilaginoso en los vertebrados inferiores como los ciclóstomos (lamprea) y los cetáceos (tiburones) y óseo en los vertebrados de mayor desarrollo, desde los peces óseos hasta los mamíferos.

Como se ha visto, durante la filogenia se producen cambios sucesivos del esqueleto, que expresan la adaptación de los organismos al medio que los rodea.

Desarrollo del esqueleto en el humano (Ontogenia)

Como ya se explicó antes, los órganos que componen el aparato locomotor (esqueleto y músculos) se origi-

nan de la hoja embrionaria media o mesodermo, parten del mesénquima que es un tejido conectivo embrionario con gran potencialidad de desarrollo.

Se debe recordar que el mesodermo aparece durante la tercera semana del desarrollo y en su evolución presenta características diferentes en las distintas regiones del cuerpo del embrión.

El esqueleto de la cabeza se desarrolla del mesodermo que rodea la porción craneal del tubo neural, con la particularidad de que en la región de la cara se desarrolla del mesodermo de los arcos branquiales, constituidos por 6 pares de barras mesodérmicas que se forman en las paredes laterales de la faringe primitiva.

En la región del cuello y tronco el esqueleto de la columna vertebral se origina de los esclerotomas, porción de los somitas que se forman en el mesodermo paraaxial. En la región del tórax se desarrollan las costillas y el esternón en el espesor de la hoja somática del mesodermo lateral.

El esqueleto de los miembros se origina del mesénquima local que se desarrolla en la base de los esbozos de los miembros y que deriva de la hoja somática del mesodermo lateral. Los esbozos de los miembros aparecen en la quinta semana del desarrollo, en la parte ventrolateral del tronco del embrión, los superiores en el nivel de los somitas craneotorácicos (CV-TI) y los inferiores en el nivel de los somitas lumbosacros (cuadro 20.5).

Cuadro 20.5. Desarrollo del esqueleto humano

Región	Origen
Cabeza (neurocráneo)	Mesodermo que rodea la porción craneal del tubo neural
Cabeza (viscerocráneo)	Mesodermo de arcos branquiales
Cuello y tronco (vértebras)	Mesodermo paraaxil (somitas)
Tórax (costillas y esternón)	Mesodermo lateral (hoja somática)
Miembros	Mesénquima local que deriva del mesodermo lateral (hoja somática)

Formación de los huesos: osteogénesis

La *osteogénesis* u *osificación* es el proceso de formación del tejido óseo, el cual se puede desarrollar de 2 formas diferentes, por osteogénesis membranosa y osteogénesis cartilaginosa.

En la *osteogénesis membranosa* (intramembranosa) el hueso se forma directamente del tejido

conectivo embrionario o mesénquima, como ocurre en algunos huesos de la cabeza que se localizan en la calvaria y cara y también en parte de la clavícula.

En la *osteogénesis cartilaginosa* (endocondral) el mesénquima se transforma primero en cartílago y luego este es sustituido por tejido óseo. Este tipo de osteogénesis se desarrolla en la mayoría de los huesos del esqueleto humano.

La *osteogénesis reparadora* o reparación de los huesos fracturados, es un proceso similar a la osteogénesis cartilaginosa, presenta varias fases en la formación del callo (tejido nuevo que une los fragmentos del hueso lesionado), se desarrolla inicialmente tejido conectivo fibroso, luego cartilaginosa y por último óseo (reticulofibroso y laminar).

Como se ha podido observar, en el desarrollo del esqueleto humano (ontogenia) se repiten los cambios que ocurren en el esqueleto de otras especies de animales (filogenia), al pasar por distintas etapas que representan los 3 tipos de esqueletos antes mencionados: membranoso, cartilaginosa y óseo (fig. 20.4) (cuadro 20.6).

Cuadro 20.6. Formación de los huesos

Osteogénesis	Etapas
Membranosa	Mesénquima-hueso
Cartilaginosa	Mesénquima-cartílago-hueso

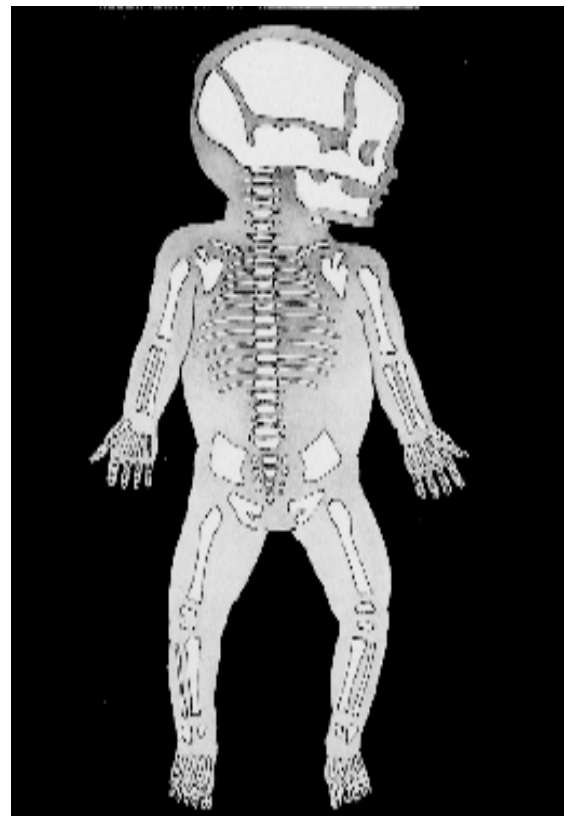


Fig. 20.4. Esqueleto humano del recién nacido.

21. Sistema articular (Artrología)

Concepto y funciones generales de las articulaciones

Las articulaciones o junturas son un conjunto de estructuras que unen 2 o más componentes rígidos del esqueleto, ya sean huesos o cartílagos.

Las articulaciones son muy variadas; sin embargo, poseen ciertas características funcionales generales comunes, constituyen lugares de unión del esqueleto donde se produce el crecimiento de los huesos y en muchas de ellas se realizan los movimientos mecánicos del esqueleto, que le proporcionan elasticidad y plasticidad.

Tipos de articulaciones en los animales (Filogenia)

En el proceso de filogenia se desarrollan 2 clases de articulaciones: una primitiva, típica de los vertebrados inferiores de vida acuática, que se caracteriza porque los huesos están unidos de forma continua por medio de tejido conectivo fibroso o cartilaginoso y esto limita su capacidad de movimientos. La otra es más avanzada, propia de los vertebrados superiores de vida terrestre, donde los huesos están unidos de forma discontinua, es decir, que presenta hendiduras del tejido situado entre los huesos y esto permite realizar movimientos más amplios.

Desarrollo de las articulaciones en el humano (Ontogenia)

El desarrollo de las articulaciones en el humano refleja el proceso filogenético de adaptación de los animales al medio que les rodea, al pasar por 2 estadios que representan los tipos de articulaciones antes

mencionados, o sea, las de formas continua y discontinua.

Por lo general, las articulaciones se desarrollan a partir del mismo tipo de tejido que lo hicieron los huesos. Por lo tanto, los huesos que se desarrollan por osteogénesis membranosa quedan unidos por tejido conectivo fibroso y los que se desarrollan por osteogénesis cartilaginosa se unen mediante tejido cartilaginoso. En estos tipos de articulaciones los huesos se unen de forma continua y pueden llegar a osificarse y transformarse en uniones más sólidas llamadas sinostosis, que limitan aún más su movilidad.

En otras articulaciones la zona intermedia que une los huesos en formación experimenta grandes cambios, aparecen varias vacuolas que al reunirse forman una hendidura llamada cavidad articular y parte de la zona intermedia se transforma en tejido cartilaginoso, generalmente de tipo hialino, que cubre las superficies articulares de los huesos y constituye el cartílago articular.

En determinadas regiones articulares, parte del tejido intermedio primitivo se convierte en cartílago fibroso y da lugar a los fibrocartílagos intraarticulares que facilitan la adaptación de las superficies óseas incongruentes.

La parte periférica de la zona intermedia se conserva, forma un manguito fibroso llamado cápsula articular, que mantiene la unión de ambas extremidades óseas.

De esta manera, la articulación así formada presenta una cavidad, por lo que es considerada de tipo discontinua y se caracteriza por tener movimientos.

Clasificación de las articulaciones

A través del tiempo las articulaciones se han clasificado de diversas formas. La más sobresaliente de las clasificaciones antiguas fue la propuesta por Galeno (130-200 n.e.) que se basaba en la función de las articulaciones de acuerdo con su grado de movilidad, le llamó diartrosis a las que tenían gran movilidad y sinartrosis a las que carecían de movimientos. Más

tarde, *S.B. Winslow* (1669-1790) agregó a estas 2 grandes clases de articulaciones, una tercera: la anfiartrosis, considerada como intermedia por presentar movimientos limitados. Posteriormente *J. Bichat* (1771-1802) denominó a estas articulaciones con los nombres de móviles, inmóviles y semimóviles. Estas clasificaciones son clásicas y aún se siguen utilizando por algunos autores. Sin embargo, en la actualidad la clasificación aceptada internacionalmente (nómina anatómica) se basa en las características estructurales de su unión, donde se distinguen 3 tipos de articulaciones: fibrosas, cartilagosas y sinoviales.

Articulaciones fibrosas

Las *articulaciones fibrosas* se caracterizan porque los huesos que participan en ellas se mantienen unidos de forma continua por medio de tejido conectivo fibroso, se desarrollan directamente del tejido conectivo embrionario por osteogénesis membranosa y carecen de movimientos (fig. 21.1).

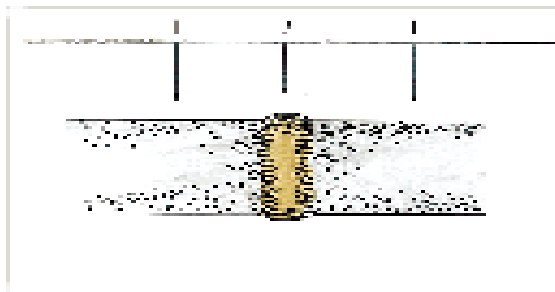


Fig. 21.1. Articulación fibrosa. 1. hueso, 2. tejido fibroso de unión.

En las articulaciones fibrosas se pueden distinguir 3 variedades: sindesmosis, suturas y gonfosis (esquindilesis).

Las *sindesmosis* están formadas por membranas y ligamentos. Como ejemplo de membrana interósea se destaca la unión entre los huesos del antebrazo y de la pierna y como ejemplo de ligamento interóseo se observa en la unión de las extremidades distales de los huesos de la pierna (fig. 21.2) y entre los arcos vertebrales (cuadro 21.1).

Las *suturas* están constituidas por una delgada capa de tejido fibroso y solo se encuentran entre los huesos de la cabeza que se desarrollan por osteogénesis membranosa, o sea, en la calvaria y parte de la cara. Los bordes de los huesos que componen las suturas presentan formas variadas, se llama sutura

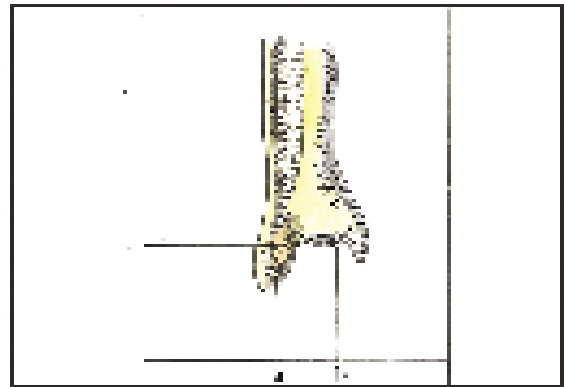


Fig. 21.2. Sindesmosis entre los huesos de la pierna. a)fibula, b)tibia, 1.por membrana, 2.por ligamento.

Cuadro 21.1. Variedades de articulaciones fibrosas

Variedades	Ejemplos	
Sindesmosis	Por membranas	Membrana interósea de antebrazo y pierna
	Por ligamentos	Tibiofibular distal
Suturas	Serrata	Entre huesos de la calvaria
	Escamosa	Entre huesos temporal y parietal
	Plana	Entre huesos nasales
Gonfosis	Dientes en alveolos dentales	
Esquindilesis	Entre vómer y esfenoides	

serrata la que se parece al borde dentado de una sierra, como en los huesos de la calvaria; escamosa cuando sus bordes están cortados a bisel, por ejemplo; la unión del temporal con el parietal; y plana, la que tiene sus bordes lisos como se observa entre los huesos nasales (fig. 21.3).

La gonfosis es una variedad especial de articulación fibrosa, que está constituida por una superficie ósea saliente en forma de espiga que penetra en la superficie hueca de otro hueso. Por ejemplo, la implantación de los dientes en los alveolos dentales (fig. 21.4).

La esquindilesis es una variedad parecida a la gonfosis, con la diferencia de que la unión de los huesos tienen distintas formas, donde la cresta de un hueso se encaja en el surco de otro hueso. Por ejemplo, la unión entre el vómer y el esfenoides.

Fig. 21.3. Variedades de suturas. A. serrata, B. escamosa, C. plana.

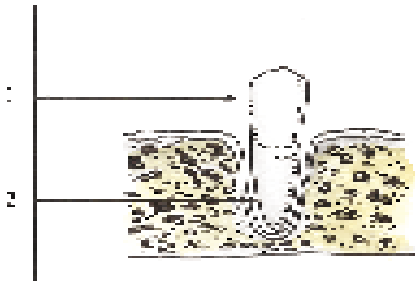
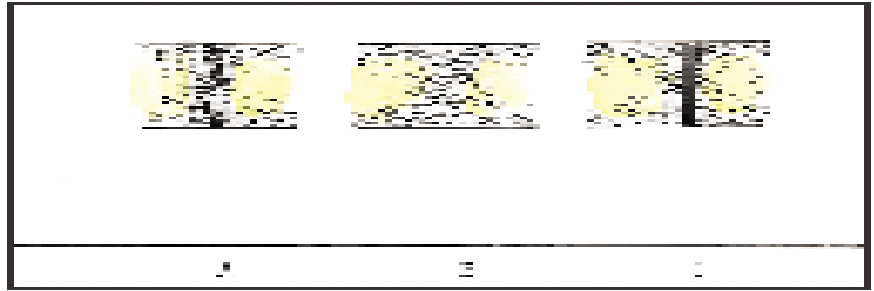


Fig. 21.4. Gomfosis. 1. diente, 2. alveolo dental.

Articulaciones cartilagosas

Las articulaciones cartilagosas se caracterizan porque los huesos se encuentran unidos de forma continua por tejido cartilaginoso, estos se desarrollan mediante la osteogénesis cartilaginosa y carecen o tienen poca movilidad.

De acuerdo con la estructura del tejido cartilaginoso, ya sea hialino o fibroso, se distinguen 2 variedades de articulaciones cartilagosas: las sincondrosis y la sínfisis, que difieren también en su desarrollo y función (fig. 21.5).

En las sincondrosis (articulación cartilaginosa primaria) la unión de los huesos se realiza por cartílago hialino, el cual constituye una parte persistente del esqueleto cartilaginoso embrionario que actúa generalmente como una unión temporal, y es una zona

de crecimiento de los huesos hasta que es sustituida por la sinostosis. Las sincondrosis carecen de movimientos y se observan en la etapa de crecimiento, como la unión de las 3 piezas óseas primitivas del coxal y el cartílago epifisario de los huesos largos. En el adulto se encuentra entre los huesos de la base del cráneo y la primera articulación esternocostal.

En las sínfisis (articulación cartilaginosa secundaria), la unión entre los huesos se produce por cartílago fibroso o fibrocartílago, que se halla separada de los huesos por finas capas de cartílago hialino. Este tipo de articulación es considerado como una unión permanente, ya que persiste durante toda la vida y actúa de amortiguador entre los huesos donde se encuentra y presentan algún movimiento. Por ejemplo, en la sínfisis púbica de los coxales y en los discos intervertebrales (cuadro 21.2).

Cuadro 21.2. Variedades de articulaciones cartilagosas

Variedades	Ejemplos
Sincondrosis (por cartílago hialino)	En etapa de crecimiento del esqueleto (cartílagos epifisarios de los huesos largos) En esqueleto del adulto (entre los huesos de la base del cráneo)
Sínfisis (por cartílago fibroso)	Entre los pubis del coxal Entre los cuerpos vertebrales

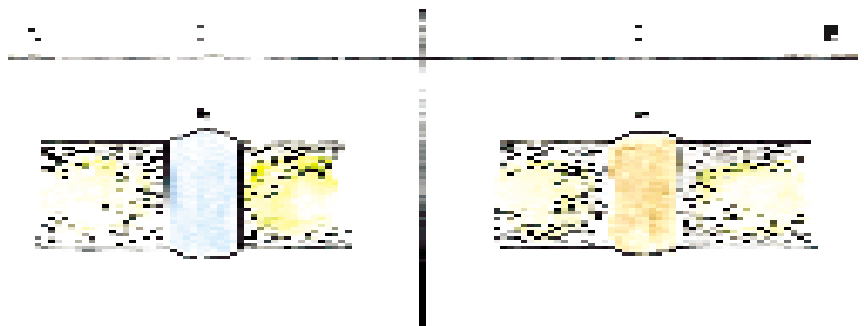


Fig. 21.5. Articulaciones cartilagosas. A. Sincondrosis: 1. cartílago hialino, B. Sínfisis: 2. cartílago fibroso.

Articulaciones sinoviales

Las articulaciones sinoviales se caracterizan porque la unión de los huesos es discontinua al presentar una cavidad entre ellos, lo que le proporciona movilidad; los huesos están realmente unidos por una cápsula articular reforzada por ligamentos. La cápsula articular está tapizada internamente por la membrana sinovial, de donde recibe su nombre este tipo de articulación (fig. 21.6).

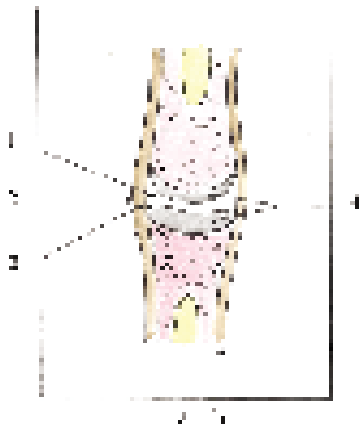


Fig. 21.6. Articulación sinovial. a) hueso, b) periostio, 1. cavidad articular, 2. membrana fibrosa de la cápsula articular, 3. membrana sinovial de la cápsula articular, 4. cara articular cubierta por cartílago articular.

La cavidad articular es un espacio pequeño, herméticamente cerrado, limitado por la membrana sinovial y las superficies articulares de los huesos llamadas caras articulares, que se encuentran recubiertas de cartílago articular que facilita el deslizamiento y están constituidos generalmente de cartílago hialino.

Algunas articulaciones sinoviales presentan dentro de la cavidad articular los llamados fibrocartílagos intraarticulares que favorecen la adaptación de las caras articulares. Estos fibrocartílagos intraarticulares adoptan distintas formas de acuerdo con la función que realizan (fig. 21.7), pueden observarse los que tienen forma de disco, de medialuna o menisco y de anillo o rodete (labro). Todos los fibrocartílagos intraarticulares se adhieren a la cápsula articular, pero el labro se fija además al contorno de la cara articular que tiene forma cóncava y aumenta su profundidad al elevar sus bordes. Los discos y meniscos se disponen entre las 2 caras articulares de los huesos, actúan como un tabique que divide a la cavidad articular, con la particularidad de que el disco lo hace completamente y el menisco en forma parcial.

La cápsula articular es el medio de unión fundamental de la articulación, que se dispone en forma de manguito extendido de un hueso a otro, se fija al contorno o vecindad de las caras articulares y está compuesta por 2 capas: una externa o membrana fibrosa que se continúa con la fibrosa del periostio y otra interna o membrana sinovial que reviste las paredes de la cavidad articular, excepto los cartílagos articulares y los fibrocartílagos intraarticulares.

Las membranas sinoviales segregan un líquido ligeramente amarillo llamado sinovia, que actúa como "lubricante" de la articulación y contribuye a la nutrición del cartílago articular. La membrana sinovial puede presentar gran número de pequeñas prolongaciones que reciben el nombre de vellosidades sinoviales y en zonas aisladas forman prolongaciones más grandes llamadas pliegues sinoviales, que a veces contienen gran cantidad de tejido adiposo y actúan como relleno de los espacios libres entre las superficies articulares. En algunas zonas débiles de la cápsula articular se observan evaginaciones de la membrana sinovial en forma de saco, las cuales se denominan bolsas sinoviales que se sitúan alrededor de los tendones y músculos cercanos a la articulación y favorecen sus movimientos.

Los ligamentos articulares son otros medios de unión de las articulaciones que refuerzan la cápsula articular y están constituidos por tejido conectivo denso regular. De acuerdo con su localización los ligamentos se pueden clasificar en extracapsulares, capsulares e intracapsulares (cuadro 21.3).

Cuadro 21.3. Características generales de las articulaciones sinoviales

FORMA DE UNIÓN, discontinua, con cavidad articular
MEDIO DE UNIÓN, cápsula articular con membrana sinovial y ligamentos de refuerzo
MOVIMIENTOS, si tiene
CARAS ARTICULARES, recubiertas con cartílagos articulares. Algunas con fibrocartílagos intraarticulares (disco, menisco y labro)

Clasificación de las articulaciones sinoviales

Las articulaciones sinoviales se pueden clasificar de diferentes maneras, teniendo en cuenta distintos factores como: el número de caras articulares, la forma de las caras articulares y su función, que está determinada por el número de ejes de movimientos. Estos factores se relacionan entre sí, pues la forma de las caras articulares determina la función y viceversa, lo que representa un ejemplo de la categoría dialéctica de la unidad entre la forma y la función.

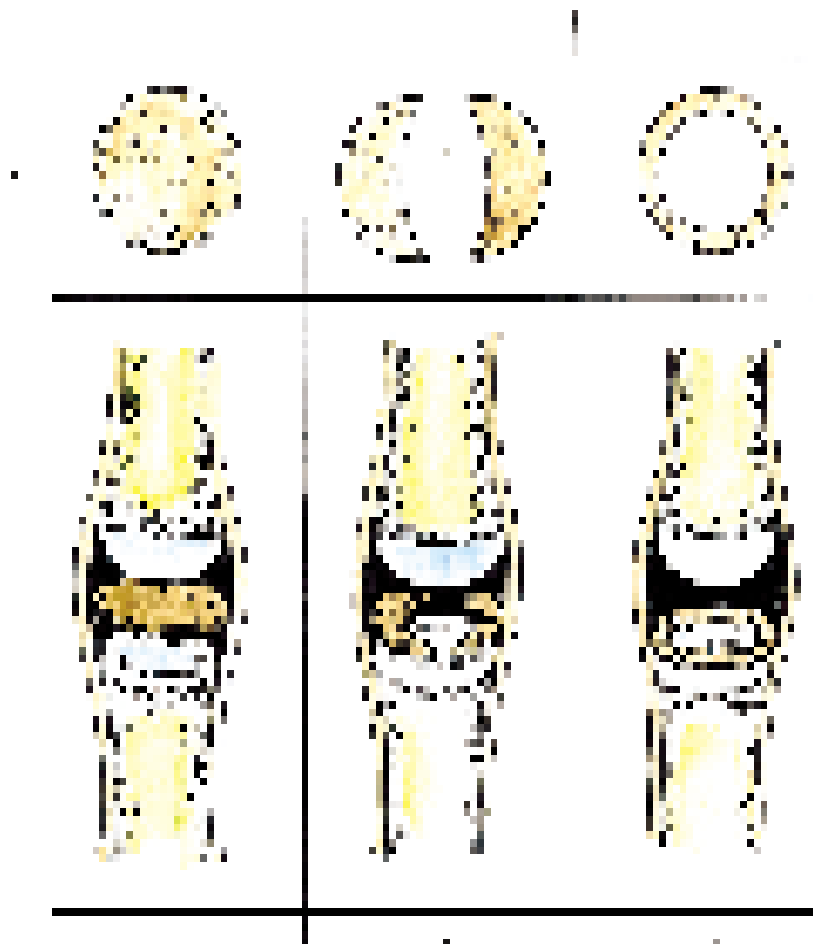


Fig. 21.7. Fibrocartílagos intraarticulares. A. Vista superior, B. Vista frontal, 1. disco, 2. menisco, 3. labro o rodete articular.

Según el número de caras articulares, las articulaciones sinoviales se clasifican en simples y compuestas. La articulación simple es la que tiene solamente 2 caras articulares. Por ejemplo, las articulaciones interfalángicas. La articulación compuesta es la que tiene más de 2 caras articulares. Por ejemplo, la articulación del codo.

Teniendo en cuenta otros criterios se pueden añadir los conceptos de articulación compleja y combinada. Se habla de articulación compleja cuando la cavidad articular se encuentra dividida total o parcialmente por un fibrocartílago intraarticular, ya sea en forma de disco o menisco. Por ejemplo, la articulación temporomandibular (con disco) y la articulación de la rodilla (con menisco). Se conoce por articulación combinada la que está constituida por 2 articulaciones separadas una de otra, pero que realizan una función conjunta y en la que por lo menos uno de los huesos que la componen es común a ambas articulaciones. Por ejemplo, las articulaciones temporomandibulares y las articulaciones radioulnares proximal y distal (cuadro 21.4).

Cuadro 21.4. Clasificación de las articulaciones sinoviales según el número de caras articulares y otros criterios

<i>Variedad</i>	<i>Característica</i>
Simple	Dos caras articulares
Compuesta	Más de dos caras articulares
Complejas	Con discos o meniscos
Combinadas	Separadas, pero con función conjunta

La clasificación de las articulaciones sinoviales según su función está determinada por el número de ejes, alrededor de los cuales se ejecutan los movimientos. Se distinguen 3 variedades de articulaciones: monoaxil, biaxil y triaxil o poliaxil.

Según la forma de las caras articulares, las articulaciones sinoviales se pueden clasificar en distintas variedades, comparables a segmentos de cuerpos geométricos que se mueven alrededor de los ejes correspondientes a su forma. Las articulaciones monoaxiales tienen la forma de cilindro (trocoideas)

y polea (tróclea o gínglimo). Las articulaciones biaxiales son: elipsoidea (condilar), doble elipsoidea (bicondilar) y en silla de montar (en silla o de encaje recíproco). Las articulaciones poliaxiales son: esferoidea (enartrosis) y plana (artrodias) (fig. 21.8).

En la articulación trocoidea las caras articulares tienen la forma de segmentos de cilindro, presentan el aspecto de rueda o de anillo osteofibroso, uno cóncavo y otro convexo, que se adaptan uno a otro. Son articulaciones monoaxiales, cuyo eje sigue la dirección longitudinal del hueso alrededor del cual se producen los movimientos de rotación. Los ejemplos más típicos

de estas articulaciones son: la articulación atlantoaxil mediana y las articulaciones radioulnares proximal y distal. También se consideran en esta variedad las articulaciones de los procesos articulares de las vértebras lumbares, las articulaciones costo-transversarias y la articulación subtalar.

El gínglimo es una articulación que tiene las caras articulares en forma de tróclea o polea (rueda de canto acanalado por donde corre una cuerda), está constituida de un lado por una depresión alargada semejante a un surco, a la cual se adapta la otra cara articular en forma de saliente alargado parecido a una



Fig. 21.8. Articulaciones sinoviales según la forma de las caras articulares. A. trocoidea o cilíndrica, B. gínglimo o tróclea, C. elipsoidea o condilar, D. doble elipse o bicondilar, E. en silla, F. esferoidea, G. plana.

cresta. Son articulaciones monoaxiales, pues los huesos que las componen se mueven alrededor de un solo eje de movimiento que generalmente es el frontal. Las articulaciones que se distinguen con esta forma son la articulación humeroulnar, articulación talocrural y las articulaciones interfalángicas de la mano y del pie.

En la articulación condilar (elipsoidea) las caras articulares representan segmentos de elipses, con una de las partes convexa y la otra cóncava. Son articulaciones biaxiales, es decir, que presentan 2 ejes de movimientos. Esta variedad se puede observar en las articulaciones radiocarpianas, mediocarpianas, metacarpofalángicas y metatarsfalángicas.

La articulación bicondilar (doble elipsoidea) constituye una forma de transición entre el gínglimo y la articulación elipsoidea. Se diferencia del gínglimo por el número de ejes, pues es una articulación biaxial porque sus caras articulares presentan gran diferencia de forma y dimensión. De la articulación elipsoidea se diferencia porque sus caras articulares están formadas por una doble elipse, o sea, que uno de los huesos presenta 2 salientes muy pronunciados en forma de elipse, llamados cóndilos, que se corresponden con las 2 caras articulares cóncavas del otro hueso. Estos cóndilos pueden encontrarse dentro de una sola cápsula articular como en la articulación de la rodilla, pero cuando están muy separados se hallan en cápsulas articulares aisladas, como en la articulación temporomandibular y la articulación atlantooccipital.

Las articulaciones en silla se caracterizan por tener cada una de las caras doble curvatura, que son cóncavas en un sentido y convexas en el otro, las caras articulares de los 2 huesos se corresponden de forma semejante a la posición que adopta un jinete sobre la silla de montar en el caballo y que también se le conoce como articulación de encaje recíproco. Son articulaciones biaxiales por presentar 2 ejes de movimientos; ejemplos de esta variedad son las articulaciones carpometacarpiano del pulgar en la mano, calcaneocuboidea en el pie y esternoclavicular.

Las enartrosis (esferoideas) tienen sus caras articulares en forma de segmentos de esferas que se corresponden entre sí, están representados de un lado por una cabeza y del otro por una cavidad, que en ocasiones se encuentra agrandada por un fibrocartílago intraarticular en forma de anillo o rodete llamado labro articular. Son articulaciones triaxiales o poliaxiales que realizan todos los movimientos alrededor de los 3 ejes fundamentales, aunque teóricamente se comprende que los movimientos pueden realizarse alrededor de múltiples ejes. Los ejemplos más destacados de esta variedad son la articulación humeral y la articulación coxal, se observa también en la articulación humerorradial y la articulación talocalcaneonavicular.

En las artrodias (planas) las caras articulares son casi planas, son consideradas como segmentos de una esfera de gran tamaño con todos sus ejes de movimientos, y se clasifican como poliaxiales; pero en la práctica los movimientos son bastantes limitados, se realiza solo un discreto deslizamiento. Esto es por causa de la poca diferencia de dimensiones entre las 2 caras articulares. Los ejemplos de esta variedad son los más abundantes y se señalarán en el estudio particular de cada articulación (cuadro 21.5).

Cuadro 21.5. Clasificación de las articulaciones sinoviales según número de ejes y forma de caras articulares

Número de ejes	Forma de caras
Monoaxiales	Trocoidea (cilíndrica) Gínglimo (tróclea o polea)
Biaxiales	Condilar (elipsoidea) Bicondilar (doble elipsoidea) En silla (en silla de montar)
Poliaxiales	Enartrosis (esferoidea) Artrodia (plana)

Anatomía radiológica de las articulaciones

En las radiografías las articulaciones continuas (fibrosas y cartilaginosas) se observan con una tonalidad oscura (radiotransparentes), porque el tejido que une los huesos tiene poca densidad. Las suturas del cráneo se pueden observar como líneas radiotransparentes y las sindesmosis, como las membranas interóseas de los huesos del antebrazo y la pierna, presentan una zona radiotransparente de mayor extensión. Las sínfisis intervertebrales y del pubis también presentan zonas radiotransparentes entre los huesos y las sincondrosis de los huesos largos en formación (en los niños), presentan radiotransparencias entre las epífisis y la diáfisis, que dan la impresión de huesos separados o aislados cuando en realidad están unidos por el cartílago epifisario (de conjunción o de crecimiento).

En las radiografías de las articulaciones sinoviales se observa la cavidad articular como una hendidura estrecha, radiotransparente, de 2 a 5 mm en el adulto (fig. 21.9), ocupada casi totalmente por los cartílagos articulares, pero en los niños pequeños la hendidura es más amplia, porque las epífisis de los huesos largos no están totalmente osificadas.



Fig. 21.9. Radiografía de la rodilla derecha anteroposterior de un adulto.

Alteraciones de las articulaciones

En las afecciones de las articulaciones se distinguen 2 grandes síndromes: la artritis y la artrosis. La artritis es un proceso inflamatorio exudativo que afecta las partes blandas o medios de unión de las articulaciones, es decir, la cápsula articular con su membrana sinovial y los ligamentos de refuerzo. La artrosis es un proceso degenerativo que afecta las partes duras de la articulación, o sea, las superficies óseas y los cartílagos articulares que las recubren.

El cambio regresivo o degenerativo más importante del cartílago es la calcificación en el proceso de sustitución del cartílago por hueso. En este proceso el cartílago se endurece y se torna más quebradizo. Además, la sustancia de cemento calcificada no permite la difusión de los nutrientes, ocasiona la muerte de las células y la resorción del tejido. Otra manifestación regresiva es la esclerosis por hiperplasia de la colágena, que puede provocar reblandecimiento de la matriz cartilaginosa. También se ha demostrado que la compresión e inmovilización de los cartílagos en posición forzada interfiere en la nutrición de las células cartilaginosas y puede ocasionar cambios degenerativos en estos.

Las lesiones traumáticas más frecuentes de las articulaciones son las contusiones, esguinces y luxaciones. El esguince es la lesión traumática causada por una torcedura o distensión de una articulación, sin llegar a la luxación y que puede provocar rotura de la cápsula y los ligamentos articulares. La luxación es la dislocación de los huesos que forman una articulación, por causa de un golpe violento o un movimiento exagerado. En general, las lesiones de las estructuras osteoarticulares provocan impotencia funcional, o sea, dificultad para realizar los movimientos en la región afectada.

Orientaciones para el estudio de las articulaciones

Para facilitar el estudio de las articulaciones es recomendable seguir un orden lógico, con un enfoque sistémico. Se deben explicar primero las características regionales más destacadas que predominan en la región donde se hallan y posteriormente precisar las características particulares de cada articulación objeto de estudio, y las características específicas de las articulaciones sinoviales de mayor movilidad (cuadro 21.6).

Características regionales de las articulaciones

- Tipo de articulación que existe o predomina en la región esquelética, de acuerdo con la clasificación por la estructura de su unión (fibrosa, cartilaginosa o sinovial).
- Nombre y situación de las articulaciones más destacadas de la región.

Características particulares de las articulaciones

- Nombre de la articulación, que generalmente se corresponde con el nombre de los huesos que la forman.
- Clasificación de las articulaciones por su estructura (fibrosa, cartilaginosa o sinovial) y determinar la variedad correspondiente.

Características específicas de las articulaciones sinoviales

- Cavidad articular que está presente en todas estas articulaciones.
- Caras articulares de los huesos que la componen, las cuales están cubiertas de cartílago articular.
- Fibrocartílagos intraarticulares que existen en algunas de estas articulaciones, ya sea en forma de disco, menisco o labro articular.
- Medio de unión fundamental constituido por la cápsula articular, compuesta por la membrana externa o fibrosa y la membrana interna o sinovial, que está reforzada por los ligamentos articulares que pueden ser extracapsulares, capsulares o intracapsulares.
- Movimientos que realizan y ejes de movimientos de la articulación.

Cuadro 21.6. Orden lógico de estudio de las articulaciones

Características regionales de las articulaciones

- Tipo de articulación que predomina
 - Nombre y situación de las articulaciones
-

Características particulares de las articulaciones

- Nombre de la articulación
 - Clasificación de la articulación por su estructura
-

Características específicas de las articulaciones sinoviales

- Cavidad articular
 - Caras articulares
 - Fibrocartílagos intraarticulares (disco, menisco o labro)
 - Medios de unión (cápsula y ligamentos articulares)
 - Ejes y movimientos
-

22. Biomecánica articular

Concepción filosófica del movimiento

El materialismo dialéctico explica que el mundo existente es único, material, eterno e infinito, que está en perpetuo movimiento conforme a leyes.

En su aspecto más general el movimiento significa cambio y es concebido como un atributo inherente a la materia. Por lo tanto, no puede haber materia sin movimiento, como no hay movimiento sin materia.

El principio de la conservación de la materia ha demostrado científicamente la indestructibilidad e increabilidad de esta y de su movimiento, considera la energía como una propiedad de la materia que representa la medida cuantitativa del movimiento y expresa la capacidad de trabajar.

La teoría de la relatividad reafirma que el movimiento de la materia se produce en el espacio y el tiempo. Esto significa que la materia en movimiento puede estar en un punto del espacio, pero no en 2 a la vez; el tiempo es la sucesión entre una fase y otra del movimiento.

En la actualidad se conocen diversas formas de movimientos entre los cuales existe estrecha interrelación. Las formas de movimiento que más se destacan son: las físicas, químicas, biológicas y sociales. Esta última es la forma superior de movimiento que contiene a las otras, y el hombre es portador de todas ellas.

Concepto de biomecánica

En el movimiento físico se distingue el movimiento mecánico, que consiste en el cambio de la posición de un cuerpo con respecto a otros cuerpos. Este tipo de movimiento se observa en el cuerpo animal, forma parte de la mecánica animal o biomecánica. Por tanto, la

biomecánica estudia el trabajo mecánico que realizan los animales mediante la dinámica y estática del cuerpo.

Movimientos mecánicos en los animales

El movimiento mecánico de traslación o de locomoción de los animales desempeña un importantísimo papel en la búsqueda y aprehensión de los alimentos. Estos movimientos están basados en el principio físico de la palanca y tienen características particulares según el tipo de animal y su medio de locomoción, ya sea acuático, aéreo o terrestre.

En los animales unicelulares o protozoos se destacan 2 tipos de movimientos: el ameboideo por la emisión de pseudópodos (en amebas), y el vibrátil mediante los cilios (en paramecio) y flagelos (en trichomonas). En los animales pluricelulares o metazoos predomina el movimiento muscular, los cuales poseen células musculares (epitelio muscular) a partir de los celentéreos.

En el humano se observan las 3 clases de movimientos mecánicos fundamentales que presentan los animales, esto constituye una prueba más del proceso filogenético. El movimiento ameboideo es realizado por los leucocitos. El movimiento vibrátil se observa en el epitelio ciliado de las vías respiratorias y en el flagelo de los espermatozoides. El movimiento muscular está presente en los distintos tipos de músculos que forman parte del cuerpo humano, el liso visceral, estriado cardíaco y estriado esquelético.

Sistema de palancas del aparato locomotor

Desde el punto de vista mecánico se puede comparar al hombre con una máquina compleja, ya que en las funciones de movimiento y equilibrio del cuerpo

humano realizadas por el aparato locomotor, interviene un sistema de palancas.

La palanca es una máquina simple, está constituida por una barra que apoyada en un punto y ejerciendo una fuerza sobre ella, vence una resistencia.

En el cuerpo humano la palanca está representada por las partes siguientes: la barra o brazo está formada por los huesos (B); el punto de apoyo corresponde a la unión de los huesos, o sea, la articulación (A); el punto de fuerza es ejercido por los músculos (F) y el punto de resistencia donde se encuentra el peso a mover (R). De acuerdo con la situación de las partes que la componen, las palancas se pueden clasificar en 3 tipos: 1. de equilibrio, 2. de fuerza y 3. de velocidad (fig. 22.1).

La palanca de primer tipo o de equilibrio se caracteriza por tener su punto de apoyo situado entre los puntos de fuerza y resistencia (FAR). Un ejemplo de este tipo de palanca en el organismo es el sostén de la cabeza sobre la columna vertebral, donde el punto de apoyo es la articulación de estas partes del esqueleto (articulación atlantooccipital), el punto de

fuerza son los músculos situados en la región posterior del cuello, que actúan sobre el punto de resistencia constituido por la cabeza e impide su inclinación hacia delante.

La palanca de segundo tipo o de fuerza se distingue por tener el punto de resistencia en el medio (FRA). Este tipo de palanca es muy rara en el organismo y se observa al elevar el cuerpo en la punta de los pies, como ocurre durante la marcha, presenta el punto de apoyo en las articulaciones metatarsofalángicas, el punto de fuerza es ejercido por los músculos situados en la parte posterior de la pierna que al contraerse tiran hacia arriba el talón, y elevan el cuerpo que representa el punto de resistencia.

La palanca de tercer tipo o de velocidad se destaca por tener el punto de fuerza en el medio (RFA). Este tipo de palanca es la más abundante en el cuerpo humano, se observa en los movimientos de los miembros, que presentan el punto de apoyo en la articulación, y la fuerza es ejercida por los músculos que mueven al hueso donde se encuentra el peso o punto de resistencia.

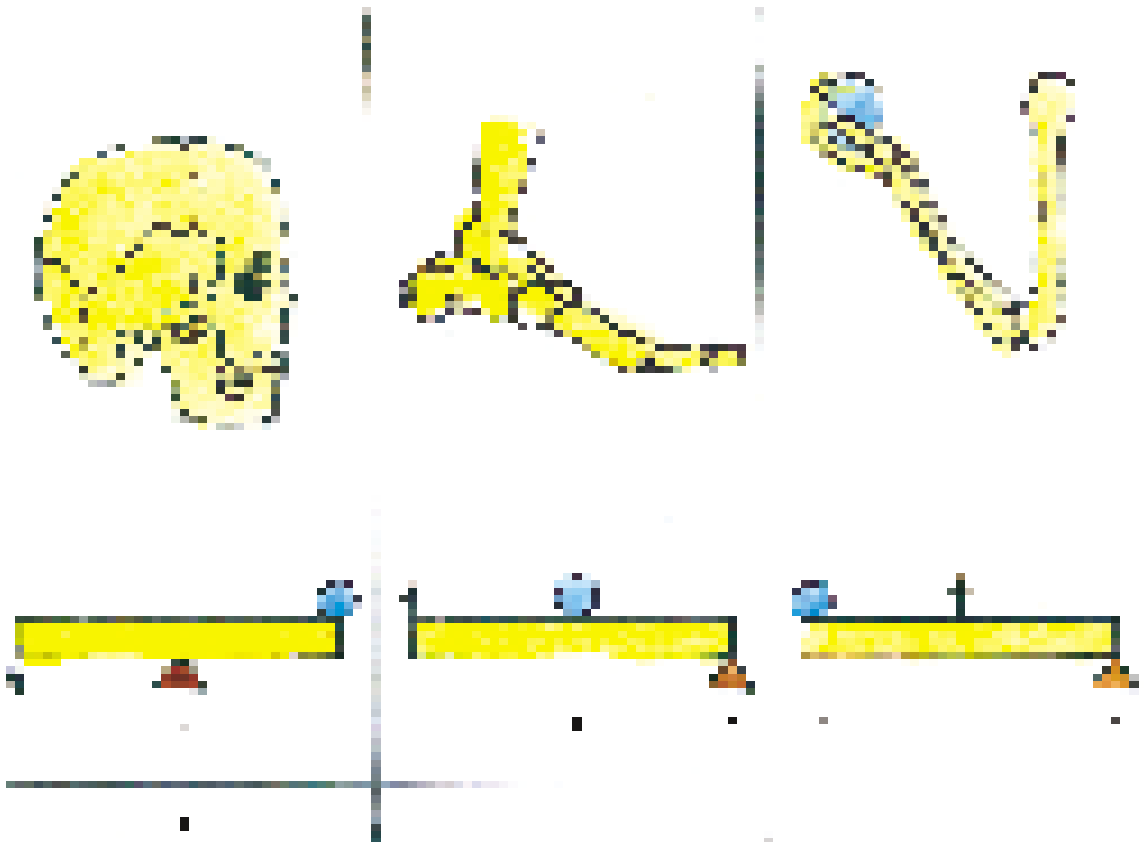


Fig. 22.1. Tipos de palancas. 1. palanca de equilibrio, 2. palanca de fuerza, 3. palanca de velocidad, A. punto de apoyo, R. punto de resistencia, F. punto de fuerza.

Factores que influyen en los movimientos articulares

Los factores que influyen en los movimientos articulares son variados, se distinguen los siguientes:

- La presencia de la cavidad articular permite el movimiento en la articulación. Por tanto, las articulaciones discontinuas o sinoviales son las que pueden tener gran movilidad.
- La forma de las caras articulares determina la función mecánica del movimiento en los huesos que conforman una articulación y viceversa (clasificación de las articulaciones por su forma).
- La disposición de las caras articulares determina la dirección del movimiento de los huesos articulados (articulaciones de cada región del cuerpo).
- El aumento del número de caras articulares contiguas incrementa el grado de movimiento (articulaciones del carpo y tarso).
- La diferencia en las dimensiones de las caras articulares determina el grado de movimiento de los huesos en las articulaciones, de tal manera, que el movimiento está aumentado cuando es mayor la diferencia de extensión de las caras articulares (articulaciones esferoidales) y está disminuido cuando esta diferencia es menor (articulaciones planas).
- La presencia de fibrocartílagos intraarticulares favorece la amplitud de los movimientos y llega a aumentar el número estos (articulación temporomandibular).
- Los movimientos articulares se encuentran limitados por distintos factores como son: los medios de unión (cápsula y ligamentos articulares), los músculos y las estructuras óseas.
- La movilidad es muy variada en los distintos individuos, en dependencia del tipo de trabajo o deporte que realizan, es menor en los pesistas y mayor en los gimnastas, llega a ser de grandes proporciones en los acróbatas y contorsionistas.

Clases de movimientos articulares

Los movimientos que se realizan en las articulaciones pueden ser activos y pasivos. Los llamados movimientos activos son aquellos que se ejecutan por el propio individuo mediante la contracción de sus músculos. Al contrario, los movimientos pasivos son provocados en el cuerpo sin que intervenga su contracción muscular. Se producen por la acción de la gravedad o mediante la exploración ejercida por otra persona, como la realizada por el personal de salud

durante el examen físico con el objetivo de diagnosticar los trastornos articulares y neuromusculares o en la fisioterapia.

Para comprender los movimientos articulares es necesario conocer previamente los ejes y planos fundamentales del cuerpo humano, pues es de suponer que todo cuerpo gira alrededor de un eje que pasa por su centro y a su vez, se desplaza paralelo a un plano.

En general, y tomando como base los 3 ejes fundamentales del cuerpo humano, se distinguen 4 clases de movimientos articulares llamados deslizamiento, rotación, angulares y circunducción.

Movimientos de deslizamiento

El deslizamiento se produce al moverse las caras articulares una sobre otra, sin abandonarse. Este movimiento está presente en todas las articulaciones sinoviales, es típico de las articulaciones de forma plana (poliaxil), donde es bastante limitado; pero al actuar en conjunto varias de estas articulaciones provocan mayor movilidad, como ocurre en el carpo, el tarso y la columna vertebral.

Movimientos de rotación

El movimiento de rotación se realiza cuando el hueso da vueltas alrededor de su eje mayor o longitudinal y se caracteriza porque no produce cambio de lugar en el hueso, sino cambio de orientación (fig. 22.2). Este movimiento es típico de las articulaciones de forma trocoidea o cilíndricas (monoaxil), aunque también puede realizarse en otras clases de articulaciones, como en las esferoidales (poliaxil).

En el esqueleto axil (cabeza y columna vertebral) la rotación se efectúa hacia la derecha y hacia la izquierda. En el esqueleto apendicular (parte libre de los miembros), la rotación se realiza hacia las partes lateral y medial. En el antebrazo la rotación lateral también se denomina supinación y la rotación medial, pronación.

Movimientos angulares

Los movimientos angulares son los cambios de situación de los huesos que componen una articulación y forman ángulos variables entre sus ejes longitudinales. Este movimiento está constituido por 2 pares de movimientos que se denominan: separación-aproximación y flexión-extensión.



Fig. 22.2. Movimientos de rotación, derecha e izquierda en esqueleto axil, lateral y medial en esqueleto apendicular.

Los movimientos de separación-aproximación (abducción-aducción) se efectúan alrededor de un eje sagital en la parte libre de los miembros (brazo, mano, muslo, pie y dedos), provocan la separación y aproximación de estos en relación con el plano medio del cuerpo (fig. 22.3); pero en los dedos de la mano la separación y aproximación se realiza en relación con el eje que pasa por el tercer dedo o dedo medio, y en el pie el eje que pasa por el segundo dedo.

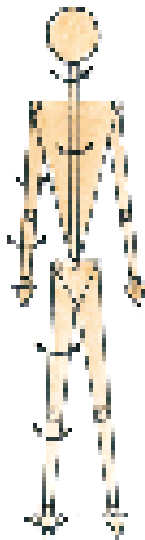


Fig. 22.3. Movimientos de separación (abducción) y aproximación (aducción) en el esqueleto apendicular.

Los movimientos de *flexión-extensión* se ejecutan alrededor de un eje frontal, se llaman *flexión* cuando disminuye el ángulo formado por los huesos articulados y los acerca uno al otro, y *extensión* cuando aumenta dicho ángulo y los huesos se apartan hasta disponerse en línea recta. Estos movimientos se observan en el esqueleto apendicular (parte libre de los miembros) (fig. 22.4) y en el esqueleto axil (cabeza y columna vertebral) (fig. 22.5).

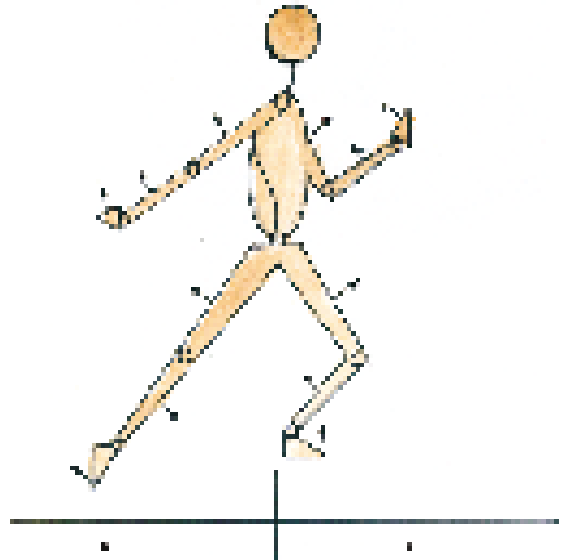


Fig. 22.4. Movimientos de: F. flexión y E. extensión en el esqueleto apendicular.

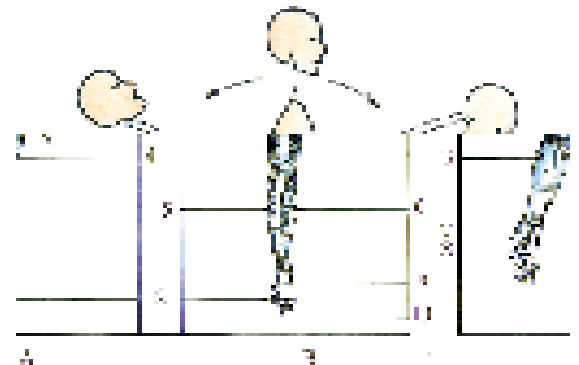


Fig. 22.5. Movimientos de: F. flexión y E. extensión en el esqueleto axil.

Los movimientos de flexión generalmente se realizan hacia delante y los de extensión hacia atrás, excepto en la región de la pierna al actuar en la articulación de la rodilla. Por este motivo, en la raíz de los miembros (articulación humeral y articulación coxal) la flexión también es conocida por flexión anterior

y la extensión por flexión posterior. Algo parecido ocurre en el pie (articulación talocrural), donde la flexión es llamada flexión dorsal y la extensión flexión plantar, mientras que en los dedos, la flexión se realiza hacia la palma de las manos y planta de los pies.

También es conveniente aclarar que los movimientos de separación y flexión del brazo llegan hasta el nivel del hombro y cuando sobrepasan este lugar se les denomina elevación. Además, en las regiones del esqueleto axil, los movimientos que se realizan alrededor del eje sagital reciben el nombre de flexión lateral derecha e izquierda (fig. 22.6).

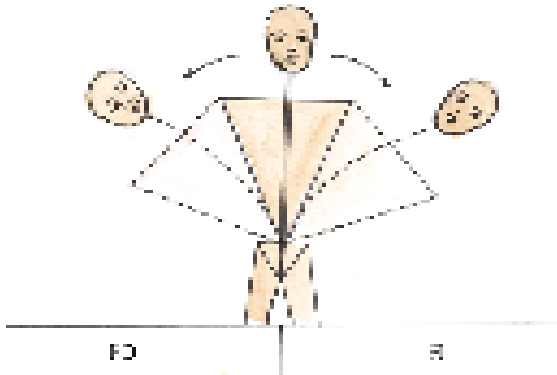


Fig. 22.6. *Movimientos de flexión lateral, derecha e izquierda, del esqueleto axil.*

Movimientos de circunducción

El movimiento de circunducción es el resultado de la sumatoria de los 4 movimientos angulares antes mencionados, se caracteriza porque es un movimiento de onda, en donde el hueso movable describe un cono cuyo vértice corresponde a la extremidad articular y la base a la extremidad opuesta (fig. 22.7).

Otras clases de movimientos articulares

En el cuerpo humano se observan además, otras clases de movimientos articulares que reciben distintas denominaciones. Estos movimientos se producen en determinadas articulaciones que presentan características particulares; los ejemplos más destacados de estos movimientos especiales son los siguientes:

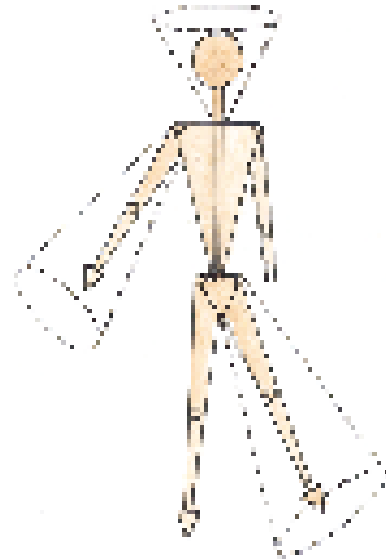


Fig. 22.7. *Movimientos de circunducción.*

- Los huesos situados en un plano horizontal, como las costillas, clavículas y mandíbula, se caracterizan porque efectúan movimientos de ascenso y descenso.
- En la mandíbula también se ejecutan movimientos hacia delante y hacia atrás que se denominan propulsión y retropulsión. Además, se efectúan movimientos laterales o de diducción.
- En el pie los movimientos no se verifican de manera aislada, pues en el tarso existen varias articulaciones que actúan en conjunto y provocan movimientos combinados que se nombran inversión y eversión. La inversión significa desviación del pie hacia dentro, se dirige la planta del pie hacia la parte medial, en ella intervienen la flexión plantar, aproximación y rotación lateral, mientras que en la eversión ocurre todo lo contrario.
- Si se observa la mano en posición de reposo se nota que el primer dedo o pulgar está colocado en una posición distinta a los otros dedos. Por lo tanto, los movimientos del pulgar presentan características particulares, de manera que en la extensión se coloca en forma lateral, en la flexión se sitúa medialmente sobre la palma, en la separación se dirige hacia delante, en la aproximación se acerca al dedo índice y en la oposición se opone a los otros dedos; este último movimiento es típico del humano.

23. Esqueleto de la cabeza, huesos y articulaciones

Características regionales del esqueleto de la cabeza

El esqueleto de la cabeza en el humano forma la parte superior del esqueleto axial y se divide para su estudio en 2 regiones: el neurocráneo y el viscerocráneo. El neurocráneo o cráneo propiamente dicho, es la parte posterior y superior de la cabeza ósea, donde se aloja el encéfalo y en la que se distinguen 2 porciones: una superior llamada calvaria o bóveda craneal y otra inferior denominada base craneal. El viscerocráneo, también conocido como región facial o de la cara, es la parte anterior e inferior de la cabeza ósea, que contribuye a formar las cavidades orbitarias, nasal y oral.

En general, la cabeza ósea realiza las funciones mecánicas del esqueleto, se destaca en las funciones de protección y sostén de órganos importantes como el encéfalo y los órganos de los sentidos, donde radican los receptores de los analizadores nerviosos del oído, la vista, el olfato y el gusto. Además, le proporciona la forma a estas regiones del cuerpo que tienen características particulares en el humano e intervienen en la biomecánica, o sea, el equilibrio y movimiento de la cabeza ósea en su articulación con la columna vertebral. Esto permite aumentar la eficacia de los órganos de los sentidos, aunque la mayoría de los huesos que la forman son prácticamente inmóviles, excepto 2 de ellos que tienen funciones especiales en la dinámica del cuerpo: la mandíbula cuyos movimientos permiten efectuar la masticación y el lenguaje oral, y el hioides que actúa como un dispositivo auxiliar de la musculatura del cuello. También presenta en la región de la cara, los segmentos iniciales de los aparatos respiratorio y digestivo, vías de paso del aire y los alimentos necesarios para el organismo.

La cabeza ósea es conocida corrientemente como "calavera", pero este nombre es inadecuado porque proviene del latín *calvaria* que significa calva, el cual es más apropiado para designar la bóveda craneal.

La cabeza ósea obtenida después de un proceso de maceración o por exhumación (desenterramiento de cadáveres) se encuentra íntegra y constituye un todo único, se mantienen todos los huesos unidos, excepto algunos huesos de la cara (mandíbula e hioides). Por esto, si se desea separar los huesos de la cabeza es necesario emplear técnicas especiales con la aplicación de la acción mecánica. El estudio de los huesos aislados es de gran ayuda para precisar su forma, porciones y detalles óseos más sobresalientes, pero su estudio debe complementarse con la cabeza ósea en conjunto, que es la forma habitual de encontrarla y donde se puede precisar la situación de los huesos que la componen.

Huesos del neurocráneo

Los huesos que componen la región del neurocráneo son 8: 4 impares que se denominan de delante hacia atrás: *frontal*, *etmoides*, *esfenoides* y *occipital*, y 2 pares de huesos llamados de arriba hacia abajo: *parietales* y *temporales*. Todos estos huesos contribuyen a formar las 2 porciones del neurocráneo, excepto los parietales que se encuentran exclusivamente en la calvaria, y el etmoides y esfenoides que se circunscriben principalmente en la base del cráneo. Además de estos huesos existen los huesecillos del oído medio, que se localizan en el interior del hueso temporal, que se nombran martillo, yunque y estribo. En algunas ocasiones también se observan en el neurocráneo los llamados huesos de suturas que se forman por centros de osificación en el nivel de las suturas y fontanelas; su conocimiento es importante para evitar confundirlos con lesiones de los huesos de esta región, al examinar una radiografía de la cabeza.

En general, los huesos que se encuentran en la calvaria son de forma plana y los que se hallan en la base del cráneo son de tipo irregular. Algunos huesos del neurocráneo tienen cavidades óseas neumáticas en su interior llamados senos, como el frontal, etmoides, esfenoides y temporales; aunque solamente uno de

ellos, el etmoides, es considerado como un verdadero hueso neumático, porque predominan en este las cavidades óseas neumáticas.

En el humano el neurocráneo tiene gran tamaño, supera en este aspecto al viscerocráneo, por el gran desarrollo que alcanza el encéfalo. Los huesos del neurocráneo se originan del mesénquima que rodea al encéfalo, con la característica de que los huesos que componen la calvaria se osifican por osteogénesis membranosa (intramembranosa) y los de la base por osteogénesis cartilaginosa (endocondral); aunque existen algunos huesos de esta región que se forman por la fusión de distintas piezas óseas que tienen una osificación diferente, por lo que son de osteogénesis mixta como el occipital y los temporales.

El *parietal* (fig. 23.1) es un hueso par, situado en la parte lateral y superior del cráneo, a ambos lados del plano medio, constituye la parte central de la calvaria, que se clasifica como un hueso plano (parecido a una concha grande cuadrilátera), y presenta 2 caras: externa (convexa) e interna (cóncava), 4 bordes: frontal, occipital, sagital y escamoso, y 4 ángulos: frontal, occipital, esfenoidal y mastoideo. Cuando el parietal se articula con los huesos vecinos sus bordes forman parte de las suturas de la calvaria y en sus ángulos se localizan las fontanelas más importantes en el feto y el niño recién nacido. En su cara interna se observan surcos vasculares.

El *frontal* (fig. 23.2) es un hueso impar, situado en la parte media y anterior del cráneo, contribuye a formar la parte anterior de la calvaria y de la base del cráneo. Además, forma parte de las órbitas y la cavidad nasal. Se clasifica como un hueso plano (semejante a una concha grande bivalva) y está compuesto por 4 porciones: escamosa, nasal y orbitarias. En el espesor

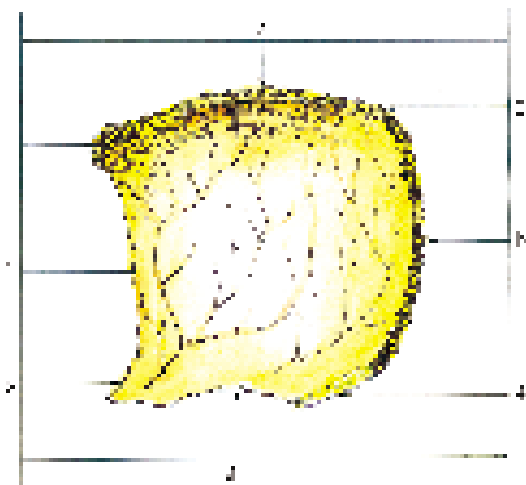


Fig. 23.1. Hueso parietal derecho. Vista interna: Bordes. a) frontal, b) occipital, c) sagital, d) escamoso. Ángulos 1. frontal, 2. occipital, 3. esfenoidal y 4. mastoideo

de una zona limitada de este hueso, en el nivel de la parte inferior de la escama donde se hallan la glabella y los arcos superciliares, existen cavidades óseas neumáticas que se denominan senos frontales.

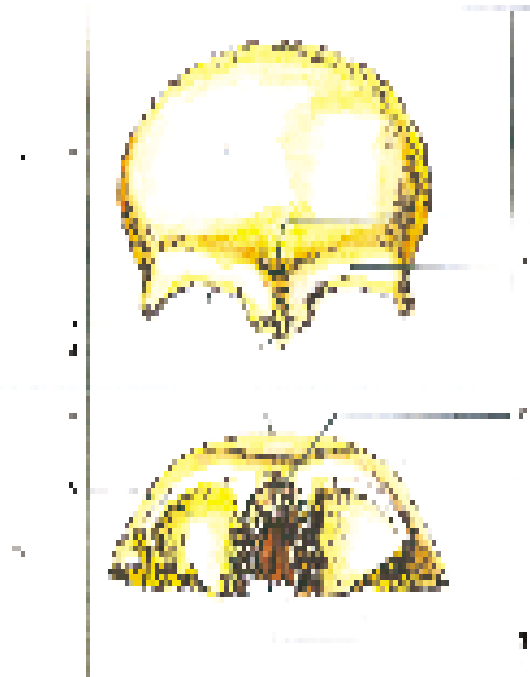


Fig. 23.2. Hueso frontal: A. Vista anterior, B. Vista inferior: Porciones a) escamosa, b) orbitarias, c) nasal. Detalles 1. glabella, 2. arco superciliar, 3. incisura etmoidal.

El *occipital* (fig. 23.3) es un hueso impar, situado en la parte media y posterior del cráneo, forma la parte posterior de la calvaria y de la base del cráneo. Es clasificado como un hueso plano (parecido a una concha grande romboidal), compuesto por 4 porciones: escamosa, basilar y laterales, que se disponen alrededor del agujero magno. Este agujero constituye el detalle más destacado de este hueso, mediante el cual se comunica la cavidad craneal con el canal vertebral y se continúa la médula espinal con el encéfalo (médula oblongada). En la escama se distingue la protuberancia occipital externa, punto de referencia que se halla en la parte posterior del cráneo, y en las porciones laterales sobresalen hacia abajo los cóndilos del occipital, mediante los cuales la cabeza se articula con la columna vertebral (articulación atlantooccipital).

El *temporal* (fig. 23.4) es un hueso par, situado en la parte lateral e inferior del cráneo que contribuye a formar parte de la base craneal y las paredes laterales de la calvaria; contiene en su interior el órgano vestíbulo coclear (oído), donde radican los receptores de los analizadores nerviosos de la audición y el equilibrio. Se clasifica como un hueso irregular (se

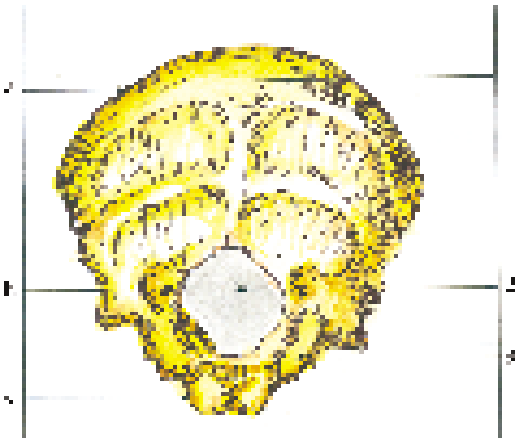


Fig. 23.3. Hueso occipital. Vista posteroinferior: Porciones a) escamosa, b) laterales, c) basilar, Detalles 1. protuberancia occipital externa, 2. agujero magno, 3. cóndilos del occipital.

puede comparar con una concha soldada a una piedra) compuesto por 3 porciones: escamosa, timpánica y petrosa. En la porción escamosa se destacan el proceso cigomático, punto de referencia que se localiza delante de la oreja y la fosa mandibular que se articula con la mandíbula. Por debajo de la porción timpánica se halla el meato acústico externo y en la porción petrosa, además de contener en su interior el órgano vestibulococlear, sobresale lateralmente el proceso mastoideo, punto de referencia ubicado detrás de la oreja, y por debajo se halla el proceso estiloideo, lugar de inserción de músculos y ligamentos.

El *esfenoides* (fig. 23.5) es un hueso impar, situado en la parte media, inferior y central del cráneo, que forma parte de la base craneal y una pequeña zona de la calvaria, contribuye además a formar las paredes de las órbitas y la cavidad nasal. Es clasificado como un hueso irregular (parecido a un murciélago), que está compuesto por 7 porciones: cuerpo, alas menores, alas mayores y procesos pterigoideos. El cuerpo del esfenoides presenta en su interior una cavidad ósea neumática llamada seno esfenoidal y en su cara superior tiene una depresión nombrada silla turca, cuyo fondo se denomina fosa hipofisial, donde se aloja la glándula endocrina llamada hipófisis.

El *etmoides* (fig. 23.6) es un hueso impar, situado en la parte media, inferior y anterior del cráneo, que se localiza en la parte anterior de la base craneal y en el centro de la cara, donde también forma parte de las órbitas y la cavidad nasal. Es clasificado como un hueso típico neumático (comparado con un panal de abejas), que está formado por 4 porciones: lámina perpendicular, lámina cribosa y laberintos etmoidales. La lámina perpendicular forma parte del septo nasal

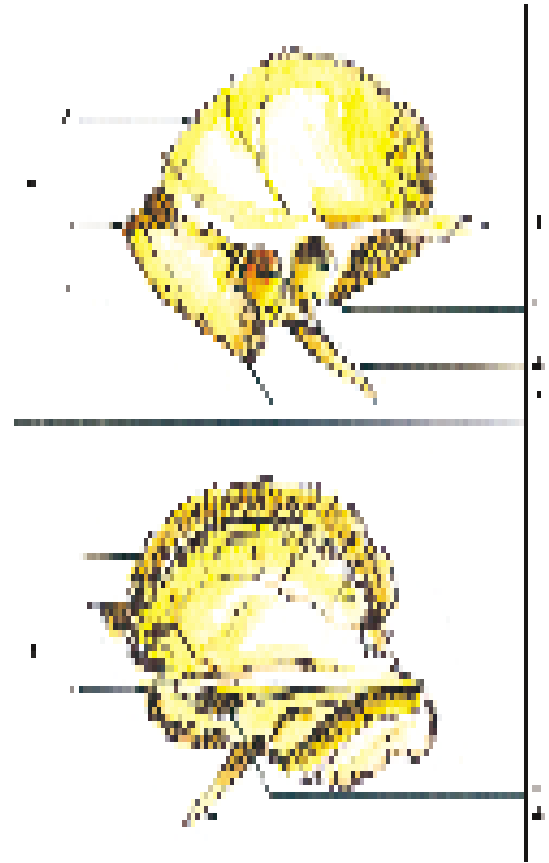


Fig. 23.4. Hueso temporal derecho. A. Vista externa, B. Vista interna: Porciones a) escamosa, b) petrosa, c) timpánica, Detalles 1. proceso cigomático, 2. fosa mandibular, 3. poro acústico externo, 4. proceso estiloideo, 5. proceso mastoideo, 6. poro acústico interno.

óseo que divide la cavidad nasal y hacia arriba forma la cresta de gallo. La lámina cribosa está perforada por numerosos agujeros pequeños que comunican la cavidad craneal con la cavidad nasal. Los laberintos etmoidales están constituidos por numerosas cavidades llamadas celdas etmoidales, limitan lateralmente con las órbitas y presentan en su parte medial las conchas nasales superior y media.

Huesos del viscerocráneo

Los huesos del viscerocráneo son 15, de estos 3 son impares: la mandíbula (maxilar inferior), el vómer y el hioides. Los otros huesos son pares y se nombran: maxilar (maxilar superior), palatino, cigomático (pómulo o malar), lagrimal (unguis), nasal (propio de la nariz) y concha nasal inferior (cornete inferior).

En general los huesos de la cara son de forma plana, pequeños y ligeros, excepto el maxilar que pre-

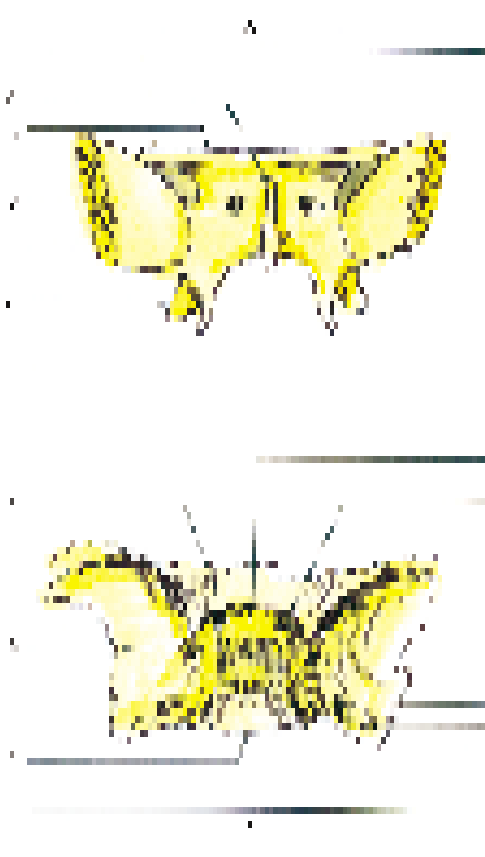


Fig. 23.5. Hueso esfenooidal. A. Vista anterior, B. Vista posterosuperior: Porciones a) cuerpo, b) alas menores, c) alas mayores, d) procesos pterigoideos, Detalles. 1. abertura anterior del seno esfenooidal, 2. fosa hipofisial en silla turca, 3. canal óptico, 4. fisura orbitaria superior, 5. agujero redondo, 6. agujero oval, 7. agujero espinoso.

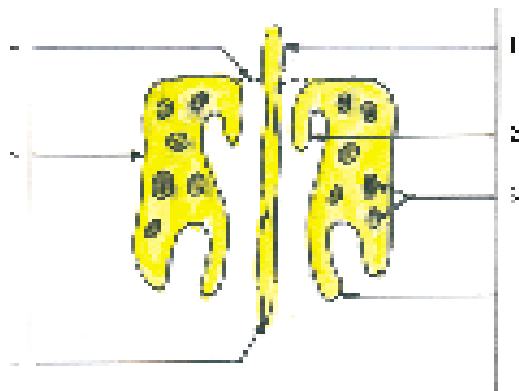


Fig. 23.6. Hueso etmoidal. Vista posterior: Porciones a) lámina cribrosa, b) laberintos etmoidales, c) lámina perpendicular, Detalles. 1. cresta de gallo, 2. concha nasal superior, 3. celdas etmoidales 4. concha nasal media.

senta una gran cavidad ósea neumática o seno en su interior, por lo que se le considera como un hueso típico neumático. Además, la mandíbula y el maxilar se caracterizan porque tienen implantados los dientes en uno de sus bordes.

La mayoría de los huesos del viscerocráneo se desarrolla principalmente por osteogénesis membranosa, algunos de ellos se derivan de los arcos branquiales (mandíbula, maxilar, palatino y cigomático), pero existen otros que se originan junto con los huesos de membrana del neurocráneo (lagrimales, nasales y vómer). Solamente las conchas nasales inferiores y el hioides se desarrollan por osteogénesis cartilaginosa.

La *mandíbula* (maxilar inferior) (fig. 23.7) es un hueso impar, situado en la parte media e inferior de la cara, contribuye a formar parte de la cavidad oral. Se une con los huesos temporales del neurocráneo y forma la única articulación movable o sinovial en la cabeza, que desempeña un papel importante en el aparato masticador y como auxiliar del lenguaje oral. Por su forma se puede considerar como un hueso plano, con la particularidad de ser alargado y tener una gran incurvación; se parece a una herradura. La mandíbula está compuesta por 3 porciones: cuerpo y ramas que presentan 2 caras (externa e interna). En el cuerpo de la mandíbula se distinguen 2 bordes, el inferior o base de la mandíbula y el superior o arco alveolar, donde se implantan las raíces de los dientes inferiores. En la parte anterior del cuerpo de la mandíbula sobresale la protuberancia mentoniana y lateralmente los agujeros mentonianos. En la rama de la mandíbula se destacan el ángulo de la mandíbula, punto de referencia situado debajo de la oreja, el proceso coronoideo hacia delante y el proceso condilar hacia atrás, que se articula con el hueso temporal. En la cara interna de la rama se halla el orificio de la mandíbula que conduce al canal de la mandíbula por donde pasan los vasos y nervios de este hueso.

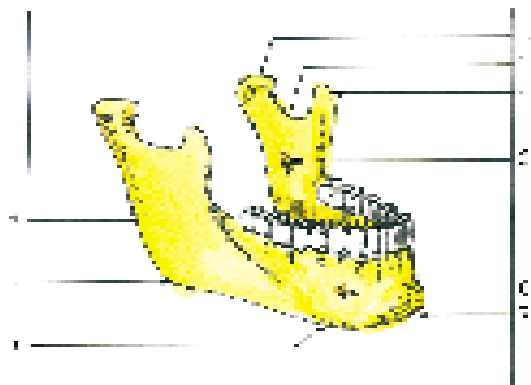


Fig. 23.7. Mandíbula. Vista externa: Porciones. a) rama de la mandíbula, b) cuerpo de la mandíbula, Detalles. 1. ángulo de la mandíbula, 2. proceso condilar, 3. incisura de la mandíbula, 4. proceso coronoideo, 5. agujero de la mandíbula, 6. agujero mentoniano, 7. protuberancia mentoniana.

El *maxilar* (maxilar superior) (fig. 23.8) es un hueso par situado en la parte anterior del centro de la cara, a ambos lados del plano medio, que participa en la formación de las cavidades de la cara, o sea, oral, nasal y órbitas. Se clasifica como un hueso neumático por presentar una cavidad ósea de grandes dimensiones y está compuesto por un cuerpo que presenta 4 caras: anterior, orbitaria, nasal e infratemporal y de donde sobresalen 4 procesos: frontal, cigomático, palatino y alveolar. En el interior del cuerpo del maxilar se halla la cavidad ósea o seno maxilar, en el borde del proceso alveolar se implantan las raíces de los dientes superiores y el proceso palatino contribuye a formar el paladar óseo.

El *palatino* (fig. 23.8) es un hueso par, situado en la parte posterior del centro de la cara, a ambos lados del plano medio y por detrás del maxilar. Se puede clasificar por su forma como un hueso plano compuesto por 2 láminas óseas que se disponen formando un ángulo diedro, llamadas lámina perpendicular y lámina horizontal. La primera, forma parte de la pared lateral de la cavidad nasal y la otra, forma la parte posterior del paladar óseo.

El *cigomático* (pómulo o malar) (ver fig. 24.3) es un hueso par situado en la parte lateral y superior de la cara, constituye una parte arquitectónica importante de esta región, origina los relieves de las mejillas y forma los límites laterales de las órbitas. Es un hueso plano pequeño e irregularmente cuadrangular parecido a una estrella de 4 puntas.

El *lagrimal* (unguis) (ver fig. 24.3) es un hueso par situado en la parte anterior de la pared medial de

cada órbita. Es un hueso plano pequeño semejante a una uña.

El *nasal* (hueso propio de la nariz) (ver fig. 24.3) es un hueso par, situado en la parte anterior y superior de la cara, a ambos lados del plano medio, contribuye a formar la parte anterosuperior de la cavidad nasal. Es un hueso plano pequeño con el aspecto de una lámina rectangular.

La *concha nasal* inferior (cornete inferior) (ver fig. 24.7) es un hueso par, situado en la parte inferior de la pared lateral de la cavidad nasal, aumenta la superficie de esta cavidad y constituye un hueso independiente a diferencia de las conchas nasales superior y media que pertenecen al etmoides. Es un hueso plano pequeño parecido a una concha.

El *vómer* (ver fig. 24.6) es un hueso impar situado en la parte media de la cavidad nasal, que contribuye a dividir esta cavidad al formar la parte posteroinferior del septo nasal óseo. Es un hueso plano pequeño, semejante a una reja de arado.

El *hioides* (fig. 23.9) es un hueso impar, situado en la parte media, anterior y superior del cuello, en la base de la lengua, entre la mandíbula y la laringe, que se caracteriza porque está aislado y no presenta articulación directa con otros huesos; está unido al resto del esqueleto mediante ligamentos y músculos y actúa como un dispositivo auxiliar en el trabajo de los músculos de la región anterior del cuello. El hioides se puede clasificar como un hueso plano, con la particularidad de ser alargado y tener una marcada incurvación, es comparado con una herradura pequeña, compuesto por un cuerpo y los cuernos mayores y menores.

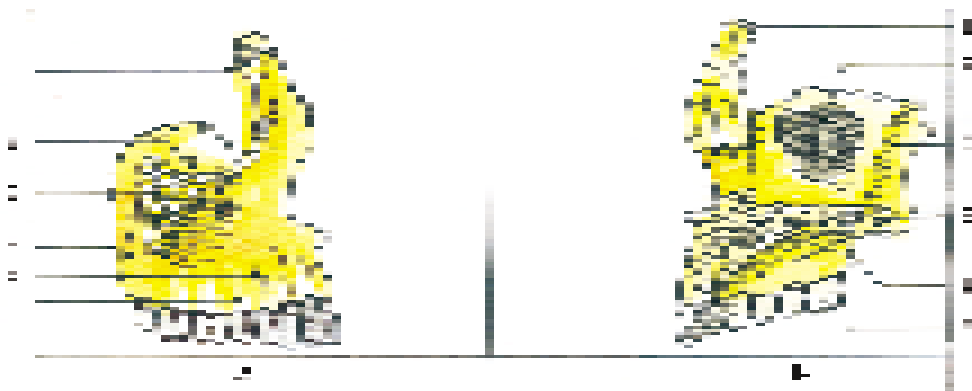


Fig. 23.8. *Maxilar derecho.* A. Vista externa, B. Vista interna o cara nasal y hueso palatino, Caras a) orbitaria, b) infratemporal, c) anterior, Procesos. 1. frontal, 2. cigomático, 3. alveolar, 4. palatino, Otros elementos. 5. lámina horizontal del hueso palatino, 6. lámina perpendicular del hueso palatino, 7. hiato maxilar.

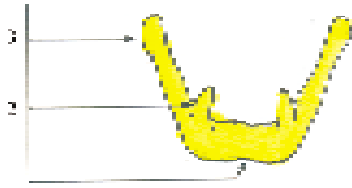


Fig. 23.9. Hueso hioideo. Vista anterior 1. cuerpo, 2. cuerno menor, 3. cuerno mayor.

Articulaciones de la cabeza

La mayoría de los huesos de la cabeza. Excepto la mandíbula y el hioides, están unidos entre sí mediante articulaciones continuas de tipo cartilaginosa en la base del cráneo, y de tipo fibrosa en la calvaria y la cara, que no permiten movimiento y le proporcionan a la cabeza ósea en conjunto, la solidez necesaria que favorece la protección de los órganos contenidos en ella. En el esqueleto de la cabeza solo existe una articulación de tipo sinovial, la articulación temporomandibular, donde los movimientos de la mandíbula tienen una función importante en el acto de la masticación y como auxiliar del lenguaje oral (cuadro 23.1).

En la base del cráneo predominan las articulaciones cartilaginosas de la variedad sincondrosis, porque el medio de unión de los huesos está constituido por cartílago hialino y reciben el nombre de los huesos que unen. Por ejemplo: sincondrosis esfenootmoidal, esfenopetrosa y esfenoccipital.

En la *calvaria* los huesos se unen mediante articulaciones fibrosas de la variedad conocida como sutura, que se caracteriza porque el medio de unión es una delgada capa de tejido conectivo fibroso y reciben nombres especiales: sutura sagital (interparietal), coronal (frontoparietal), lambdoidea (occipitoparietal) y escamosa (temporoparietal).

En la *región facial o de la cara*, al igual que en la calvaria, los huesos se unen por articulaciones fibrosas principalmente del tipo sutura y reciben el nombre de los huesos que unen. Por ejemplo suturas internasales, intermaxilares y nasomaxilar. Además, se observan otras variedades de articulaciones fibrosas como la gonfosis (articulación dentoalveolar) y esquindilexis (articulación esfenovomeriana).

En el feto y en el niño recién nacido se observa en la calvaria otra variedad de articulación fibrosa, la sindesmosis, formada por membranas interóseas denominadas fontanelas del cráneo, que representan las áreas no osificadas del cráneo membranoso situadas generalmente en los puntos de unión de las suturas. Se distinguen las que se hallan en los ángulos de los huesos parietales, nombradas fontanelas anterior, posterior, esfenoidales y mastoideas, que se osifican poco tiempo después del nacimiento (fig. 23.10). Las fontanelas facilitan el proceso del parto al permitir que los huesos del cráneo se monten uno sobre otro; además, favorecen el crecimiento del cráneo durante los primeros años de la vida posnatal. La fontanela anterior es la mayor y se osifica totalmente entre los 9 y 18 meses, es palpable fácilmente en el niño recién nacido, permite determinar el grado de desarrollo craneal y de hidratación del niño, así como el estado anormal de la presión intracraneal. También, a través de esta fontanela se pueden obtener muestras de sangre (del seno sagital superior).

Cuadro 23.1. Articulaciones de la cabeza

Localización	Clasificación	Nombre
Cráneo	Base <i>Cartilaginosa</i> (Sincondrosis)	Sincondrosis (varias)
	Calvaria <i>Fibrosa</i> (Suturas) (Sindesmosis)	Sutura sagital Sutura coronal Sutura lambdoidea Sutura escamosa Fontanelas
Cara	<i>Fibrosas</i> (Gonfosis) (Esquindilexis)	Suturas (varias) Gonfosis dentoalveolar Esquindilexis esfenovomeriana
	<i>Sinovial</i> temporomandibular	Articulación

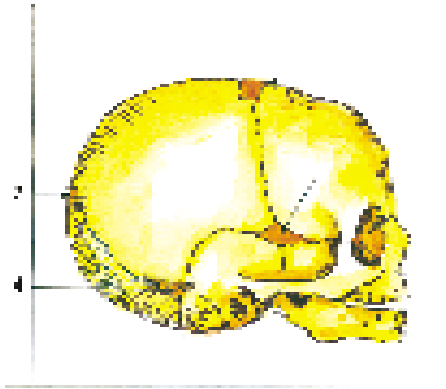


Fig. 23.10. Cabeza ósea de niño recién nacido. Vista lateral derecha. Fontanelas 1. anterior, 2. posterior, 3. esfenoidal, 4. mastoidea.

En el período de envejecimiento las articulaciones continuas entre los huesos de la cabeza, tanto del tipo fibroso como cartilaginoso, se pueden transformar en sinostosis, al osificarse el tejido de unión de los huesos; pero cuando estas articulaciones se osifican prematuramente pueden provocar deformaciones de la cabeza ósea.

La articulación temporomandibular (fig. 23.11) es par y une la mandíbula con los huesos temporales del cráneo, constituye la única articulación sinovial que se encuentra en la cabeza ósea, clasificada como de tipo simple, compleja, combinada y forma condilar. Sus caras articulares están formadas por la cabeza del proceso condilar de la mandíbula y la fosa mandibular del temporal, entre los que se hallan un fibrocartilago intraarticular, el disco articular y su medio de unión fundamental es la cápsula articular reforzada por ligamentos (ligamentos lateral, esfenomandibular y estilomandibular). Teóricamente esta articulación es de tipo biaxial por tener forma bicondilar, pero la existencia del disco articular le proporciona mayor movilidad; los movimientos de la mandíbula son los siguientes: descenso y ascenso alrededor del eje frontal, como el ejecutado al abrir y cerrar la boca; diducción o lateralidad hacia la derecha e izquierda alrededor del eje vertical; y los de propulsión y retropulsión, que consisten en un deslizamiento de la mandíbula junto con el disco articular en dirección anteroposterior. En la articulación temporomandibular se produce con relativa frecuencia la luxación de la mandíbula, al realizar un movimiento exagerado en el acto de abrir la boca.

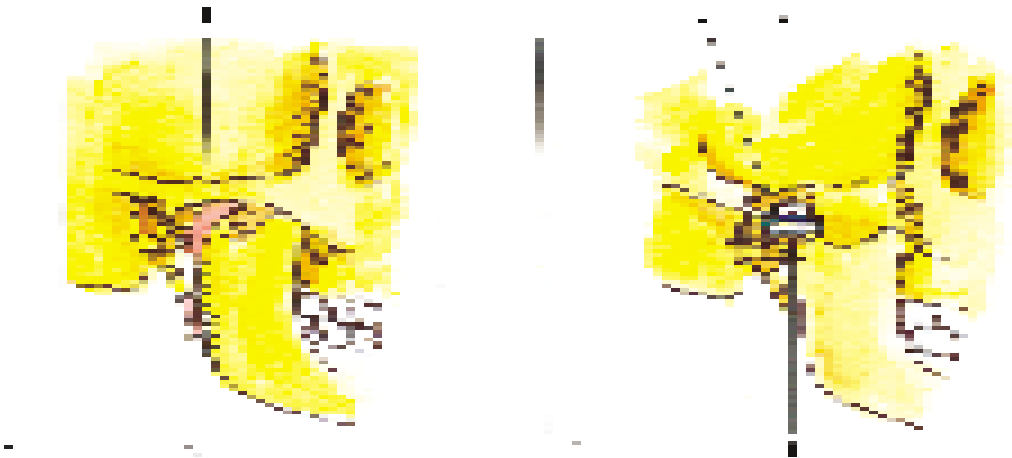


Fig. 23.11. Articulación temporomandibular derecha. A. Vista externa; B. Corte sagital, a) fosa mandibular del temporal, b) cóndilo de la mandíbula, 1. ligamento lateral, 2. ligamento estilomandibular, 3. disco articular.

25. Esqueleto de cuello y tronco: huesos y articulaciones

Características regionales del esqueleto del cuello y tronco

El esqueleto del cuello y tronco forma la mayor parte del esqueleto axial y está compuesto por la columna vertebral y el tórax óseo.

La columna vertebral está situada en la parte posterior y media del cuello y tronco, conforma en su interior el canal vertebral donde se aloja la médula espinal y se divide para su estudio en 5 regiones denominadas: cervical, torácica, lumbar, sacra y cóccigea. Esta columna realiza las funciones generales o mecánicas del esqueleto, se distingue en la función de sostén del cuerpo que en el humano adopta la posición bípeda o erecta, y de protección de órganos importantes como la médula espinal y las vísceras situadas en las cavidades torácica, abdominal y pelviana. Le proporciona la forma a estas regiones del cuerpo e interviene en la mecánica animal, actúa en los movimientos y el equilibrio del tronco, cuello y cabeza.

El tórax óseo está situado en la parte superior del tronco, forma la cavidad torácica donde se hallan órganos importantes como el corazón y los pulmones. Entre las funciones mecánicas del esqueleto de esta región se destaca la protección de los órganos situados en la cavidad torácica y en la parte superior de la cavidad abdominal. Intervienen en la mecánica animal con la realización de los movimientos del esqueleto torácico, que permiten aumentar y disminuir el volumen de la cavidad torácica y facilitar la respiración. El tórax óseo le proporciona la forma a esta región y sostiene el esqueleto de los miembros superiores cuya unión con el tronco es fundamentalmente de tipo muscular.

Huesos de la columna vertebral

La columna vertebral está formada generalmente por 33 huesos impares llamados vértebras, que se superponen una sobre otra y se agrupan en las 5 regiones antes mencionadas, existen 7 cervicales, 12 torá-

cicas, 5 lumbares, 5 sacras y 4 cóccigeas, pero las vértebras de las 2 últimas regiones se fusionan formando un solo hueso en cada región, el sacro y el cóccix.

Las vértebras se nombran según la posición que ocupan en cada región y se enumeran de arriba hacia abajo. Por ejemplo: primera vértebra cervical (C I), segunda vértebra cervical (C II), o primera vértebra torácica (T I), segunda vértebra torácica (T II), aunque algunas poseen nombres particulares como el atlas (C I) y el axis (C II).

Las vértebras se clasifican por su forma como huesos irregulares, pero al fusionarse en el sacro y el cóccix presentan cada uno de esos huesos así constituidos, una forma plana. El esqueleto de la columna vertebral se origina del mesodermo paraaxial que está situado a ambos lados de la notocorda y del tubo neural, a partir de las esclerotomas o zonas ventromediales de las somitas o segmentos primitivos, con la particularidad de que los cuerpos vertebrales se forman por la fusión de las partes contiguas de 2 somitas vecinas y por lo tanto tienen un origen intersegmentario; la osteogénesis de las vértebras es de tipo cartilaginosa (endocondral).

Las vértebras (fig. 25.1) son huesos impares, situados uno sobre otro, para formar la columna vertebral, localizada en la parte posterior y media del cuello y tronco, por lo tanto, todas las vértebras son dorsales. Las vértebras se clasifican como huesos irregulares (parecidos a unas sortijas), que presentan determinadas características comunes. Están constituidas por 2 porciones importantes, el cuerpo y el arco vertebral, que circunscriben el agujero vertebral. El arco vertebral está formado hacia delante por los pedículos y hacia atrás por las láminas y soporta 7 prolongaciones óseas llamadas procesos espinosos, transversos, articulares superiores y articulares inferiores. Al superponerse las vértebras una sobre otra, forman entre los pedículos los agujeros intervertebrales (de conjunción), por donde pasan los nervios espinales procedentes de la médula espinal. Cuando los agujeros intervertebrales se estrechan, como ocurre en las artrosis con formaciones osteofíticas de estas regiones, los nervios espinales

24. Esqueleto de la cabeza en conjunto

Aspecto general de la cabeza ósea

El estudio de cada hueso de la cabeza de forma independiente se realizó en el capítulo anterior con el objetivo de facilitar la comprensión de la cabeza ósea en conjunto, que es en realidad la forma natural de presentación de esta región del esqueleto. Ya se explicó que la cabeza ósea se divide en 2 regiones: el cráneo o neurocráneo y la cara o viscerocráneo.

El cráneo está situado en la parte posterosuperior de la cabeza, forma la cavidad craneal donde se aloja el encéfalo y está constituido por una porción superior, la calvaria y otra inferior o base craneal, que están limitadas por una línea imaginaria que se extiende desde la protuberancia occipital externa hasta los bordes supraorbitales del frontal, y pasan lateralmente por los procesos cigomáticos del temporal.

La cara se encuentra en la parte anteroinferior de la cabeza y en esta se localizan las cavidades orbitarias, nasal y oral, aunque esta última cavidad no existe realmente en el esqueleto.

La cara está fusionada al cráneo y en la zona de unión de estas 2 regiones se distinguen a ambos lados las fosas temporal, infratemporal y pterigopalatina.

Para el estudio de la cabeza ósea en conjunto se observa esta en distintas posiciones, su superficie externa puede describirse en 6 vistas (normas): superior (norma vertical), posterior (norma occipital), laterales (normas laterales), anterior (norma facial) e inferior (norma basilar).

Para completar el estudio de esta región se realiza un corte sagital paramedio de la cabeza, que resulta de utilidad para observar las paredes de la cavidad nasal. También es conveniente observar un corte frontal de cara para comprender la disposición de las cavidades orbitales y nasal, así como sus relaciones con los senos maxilares. Además, para facilitar el estudio de la superficie interna del cráneo se realiza un corte

horizontal que se extiende desde la protuberancia occipital externa hasta las eminencias superciliares del frontal.

Vistas superior y posterior

En la vista superior o norma vertical de la cabeza ósea (fig. 24.1) se observa la parte superior de la calvaria que tiene la forma convexa parecida a un ovoide, con su extremo más ancho posterior donde se distinguen 4 prominencias que se corresponden con los centros primarios de osificación de los huesos de esta región: el frontal hacia delante, el occipital hacia atrás y los parietales lateralmente. También se destacan las suturas que unen estos huesos, que reciben nombres especiales: sagital (interparietal), coronal (frontoparietal) y lambdoidea (occipitoparietal).

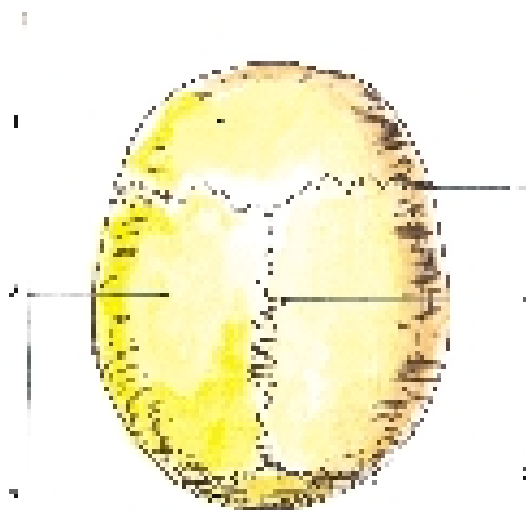


Fig. 24.1. Vista superior de cabeza ósea. 1. hueso frontal, 2. hueso parietal, 3. hueso occipital, 4. sutura coronal, 5. sutura sagital, 6. sutura lambdoidea.

En la vista posterior o norma occipital (fig. 24.2) se encuentra la parte posterior de la calvaria y de la base del cráneo, se observa la parte posterior de los huesos occipital, parietales y temporales, así como las suturas que los unen; se destacan la sagital y la lambdoidea. Los detalles óseos más destacados en esta vista son la protuberancia occipital externa y los procesos mastoideos de los temporales.

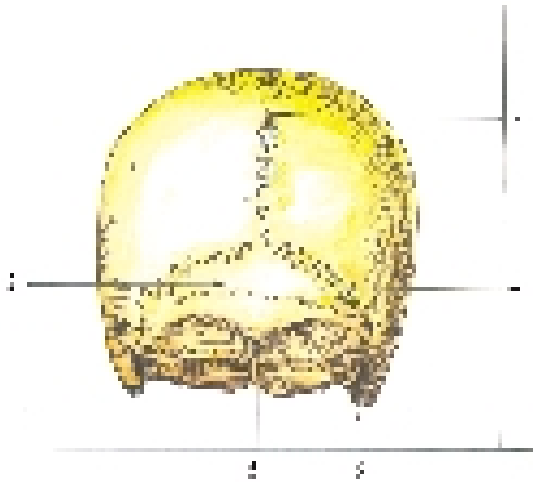


Fig. 24.2. Vista posterior de cabeza ósea. 1. hueso parietal, 2. hueso occipital, 3. sutura sagital, 4. sutura lambdoidea, 5. protuberancia occipital externa, 6. proceso mastoideo.

Vista lateral

Las vistas o normas laterales de la cabeza ósea son 2, derecha e izquierda (fig. 24.3). En ellas se pueden observar todos los huesos del neurocráneo, excepto el etmoides. Además, se distinguen varios huesos del viscerocráneo, el más sobresaliente es el cigomático y también la mandíbula si se agrega este hueso al conjunto óseo articulado de la cabeza.

Las suturas que se pueden ver en esta posición son numerosas, pero la que más se distingue es la escamosa (temporoparietal). Los detalles óseos más destacados en esta vista son en el límite entre la calvaria y la base del cráneo, el arco cigomático formado por los procesos que unen los huesos temporal y cigomático. En la base del cráneo correspondiente al hueso temporal se distinguen el poro acústico externo y el proceso mastoideo.

En la vista lateral también se observan 3 fosas que se denominan de acuerdo con la posición que ocupan, la temporal hacia arriba, la infratemporal hacia abajo y la pterigopalatina situada profundamente. Las

2 primeras están limitadas por el arco cigomático y la última se puede observar en el nivel de la fosa infratemporal, a través de la fisura pterigomaxilar. Estas fosas están ocupadas por músculos, vasos y nervios de la región correspondiente (fig. 24.4).

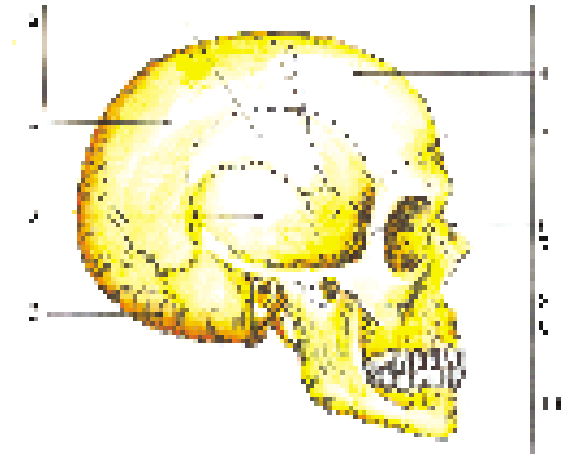


Fig. 24.3. Vista lateral derecha de la cabeza ósea. a) fosa temporal limitada por línea punteada, Huesos 1. parietal, 2. temporal, 3. occipital, 4. frontal, 5. esfenoides, 6. nasal, 7. lagrimal, 8. cigomático, 9 maxilar, 10. mandíbula.

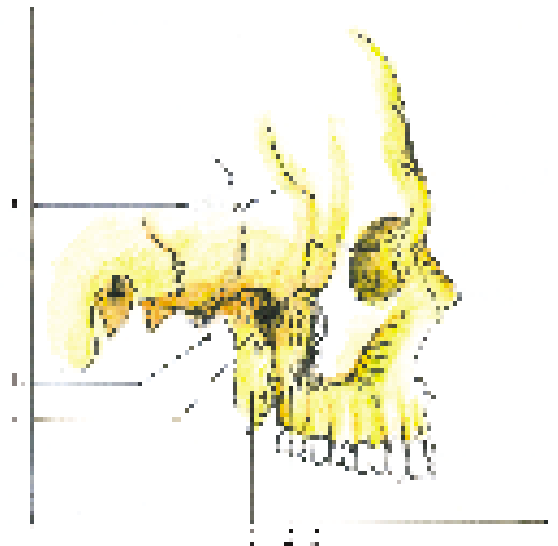


Fig. 24.4. Vista lateral derecha de la cabeza ósea, sin mandíbula y seccionado el arco cigomático. a) fosa temporal, b) fosa infratemporal, c) fosa pterigopalatina, 1. proceso pterigoideo del esfenoides, 2. hueso maxilar, 3. arco cigomático (seccionado).

Vista anterior

En la vista anterior o norma facial (fig. 24.5) se distingue la parte anterior de la cara o viscerocráneo, compuesta por numerosos huesos; están expuestos superficialmente los nasales, los maxilares, la mandíbula y lateralmente los cigomáticos. Además, se observan las suturas que unen estos huesos y las cavidades orbitarias, nasal y oral.

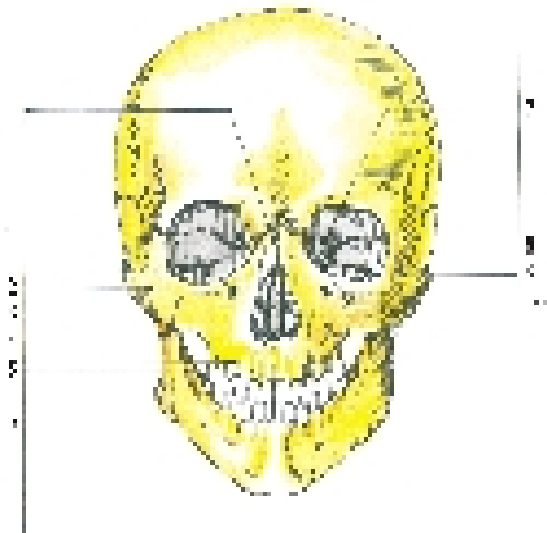


Fig. 24.5. Vista anterior de la cabeza ósea. 1. hueso nasal, 2. hueso cigomático, 3. hueso concha nasal inferior, 4. septo nasal óseo, 5. hueso maxilar, 6. mandíbula, 7. canal óptico, 8. fisura orbitaria superior, 9. fisura orbitaria inferior, 10. fosa del saco lagrimal.

Las órbitas son 2 cavidades situadas a ambos lados de la parte anterosuperior de la cara, donde se alojan los bulbos de los ojos que son parte de los órganos de la visión. Estas cavidades tienen la forma comparada a una pirámide de 4 lados cuyo vértice está situado profundamente hacia atrás y la base se corresponde con el orificio anterior o adito de la órbita. Presenta 4 paredes que limitan con otras cavidades óseas: la pared superior limita con la cavidad craneal, la inferior con el seno maxilar, la medial con la cavidad nasal y la lateral con la fosa temporal. También presenta comunicaciones importantes con las cavidades óseas vecinas; el canal óptico y la fisura orbitaria superior comunican con la cavidad craneal, la fisura orbitaria inferior comunica con las fosas infratemporal y pterigopalatina, y el canal nasolagrimal comunica con la cavidad nasal.

La cavidad nasal está situada en la parte media y superior de la cara, presenta un gran orificio anterior

en forma de pera, por lo que se le denomina abertura piriforme y 2 orificios posteriores llamados coanas que comunican con la faringe. Esta cavidad está dividida en 2 mitades, derecha e izquierda, por un tabique medio o septo nasal compuesto por la lámina perpendicular del etmoides y el vómer que constituye una pared común a ambas mitades de la cavidad nasal, cada una está limitada por otras 3 paredes, que según sus posiciones se denominan inferior, superior y laterales (fig. 24.6). La pared inferior o piso está constituida por el paladar óseo, que a su vez representa el techo de la cavidad oral. La pared superior o techo está formada en sentido anteroposterior por los huesos nasal, frontal, lámina cribosa del etmoides y cuerpo del esfenoides. Las paredes laterales (fig. 24.7) presentan una estructura compleja compuesta por varios huesos de la cara y el cráneo, donde se destacan las conchas nasales superior y media pertenecientes al etmoides y la concha nasal inferior, que es un hueso independiente de la cara. El espacio comprendido entre cada concha nasal y la pared lateral de la cavidad nasal se denomina meato nasal, superior, medio e inferior; sus nombres indican a qué concha nasal corresponden y el espacio entre las conchas y el septo se conoce como meato nasal común.



Fig. 24.6. Corte sagital de cabeza ósea. Huesos. 1. esfenoides, 2. frontal, 3. nasal, 4. lámina perpendicular del etmoides, 5. vómer, 6. maxilar, 7. parietal, 8. temporal, 9. occipital.

Alrededor de la cavidad nasal se encuentran unas cavidades óseas neumáticas llamadas senos paranasales, con los cuales mantiene comunicación y actúan como dispositivos de resonancia en la fonación y auxiliares en la ventilación durante la respiración; pues la mucosa que reviste las paredes de estas

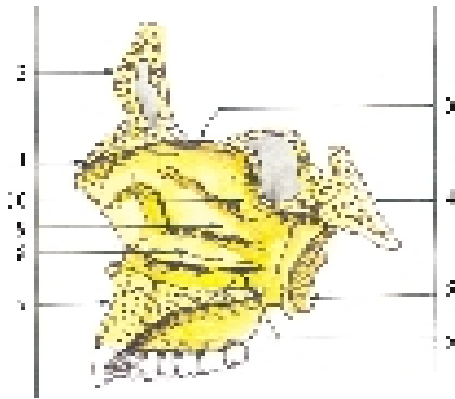


Fig. 24.7. Pared lateral derecha de la cavidad nasal. Huesos 1. nasal, 2. frontal, 3. lámina cribosa del etmoides, 4. cuerpo del esfenoides, 5. proceso pterigoideo del esfenoides, 6. palatino, 7. maxilar, 8. concha nasal inferior, 9. concha nasal media del etmoides, 10. concha nasal superior del etmoides.

cavidades tiene una rica vascularización, y permite calentar el aire contenido en su interior, que al mezclarse con el aire inspirado facilita que este adquiera la temperatura corporal. El conocimiento de los senos paranasales y sus comunicaciones con la cavidad nasal es importante en el diagnóstico de las sinusitis, que consiste en la inflamación de la mucosa de estos senos por causa generalmente de infecciones nasofaríngeas. Los senos paranasales se localizan en los huesos que limitan la cavidad nasal. En las paredes laterales se hallan los senos maxilares y en la pared superior se encuentran en sentido anteroposterior los senos frontal, etmoidal y esfenoidal (fig. 24.8). La mayoría de estos senos (maxilares, frontal, celdas etmoidales anteriores y medias) desembocan en el meato nasal medio. El resto de los senos (celdas etmoidales posteriores y esfenoidal) se abren en el nivel del meato nasal superior. En el meato nasal inferior solo desemboca el canal nasolagrimal, a través del cual el líquido lagrimal se vierte en la cavidad nasal, lo que explica por qué durante el llanto se intensifica la secreción nasal.

La cavidad oral está situada en la parte inferior de la cara. En la cabeza ósea la cavidad oral carece de paredes inferior y posterior, y no se puede considerar en el esqueleto como una verdadera cavidad; están presentes solo las paredes anterior, laterales y superior. Las paredes anterior y laterales están representadas por el cuerpo de la mandíbula y los procesos alveolares de los maxilares, en cuyos bordes se implantan los dientes. La pared superior está constituida por el paladar óseo (fig. 24.9), que está formado por los procesos palatinos de los maxilares y las láminas horizontales de los palatinos.



Fig. 24.8. Comunicaciones de la cavidad nasal. MI. meato inferior, MM. meato medio, MS. meato superior, ZO. zona olfatoria, O. órbita, SF. seno frontal, CC. cavidad craneal, SE. seno esfenoidal, 1. canal nasolagrimal, 2. seno maxilar, 3. comunicación del seno frontal, 4. celdas etmoidales anteriores, 5. celdas etmoidales medias, 6. celdas etmoidales posteriores, 7. comunicación del seno esfenoidal, 8. orificio esfenopalatino.



Fig. 24.9. Paladar óseo. Vista inferior 1. proceso palatino del maxilar, 2. lámina horizontal del palatino, 3. agujero incisivo, 4. agujero palatino mayor, 5. coana.

Vista inferior

En la vista inferior o norma basilar (fig. 24.10) se observa la base craneal externa, que está compuesta por la parte inferior del cráneo o neurocráneo y de la cara o viscerocráneo. Se extiende desde los dientes incisivos por delante hasta la protuberancia occipital externa por detrás y está limitada lateralmente por una

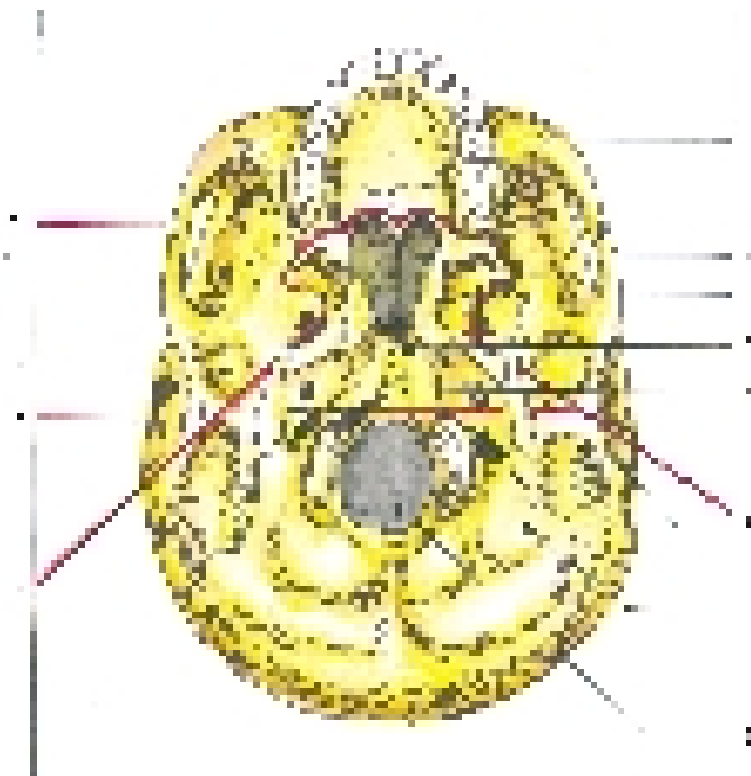


Fig. 24.10. Base del cráneo externa. A. Límite anterior, B. Límite posterior, C. Límite lateral, 1. paladar óseo, 2. coanas, 3. procesos pterigoideos del esfenoides, 4. cuerpo del esfenoides, 5. porción basilar del occipital, 6. proceso mastoideo del temporal, 7. escama del occipital, 8. agujero magno, 9. fosa mandibular, 10. fosa infratemporal.

línea que pasa por los arcos cigomáticos y procesos mastoideos. Para facilitar el estudio, la base craneal externa se puede dividir en 5 zonas: anterior, media, posterior y laterales; que están limitadas hacia delante por el borde posterior del paladar óseo, hacia atrás por una línea que se extiende entre los 2 procesos mastoideos y pasa por el borde anterior del agujero magno, y a cada lado por una línea oblicua que se extiende desde el proceso mastoideo hasta la lámina lateral del proceso pterigoideo y pasa por el borde anterior de la porción petrosa del temporal. La zona anterior está compuesta por el paladar óseo. La zona media está formada por el cuerpo y los procesos pterigoideos del esfenoides, la porción basilar del occipital y las porciones petrosas de los temporales. La zona posterior está constituida por las porciones laterales y la parte inferior de la escama del occipital. La zona lateral comprende hacia delante la fosa infratemporal (alas mayores del esfenoides) y hacia atrás la fosa mandibular del temporal (porción escamosa del temporal).

Cara interna de la base craneal y de la calvaria

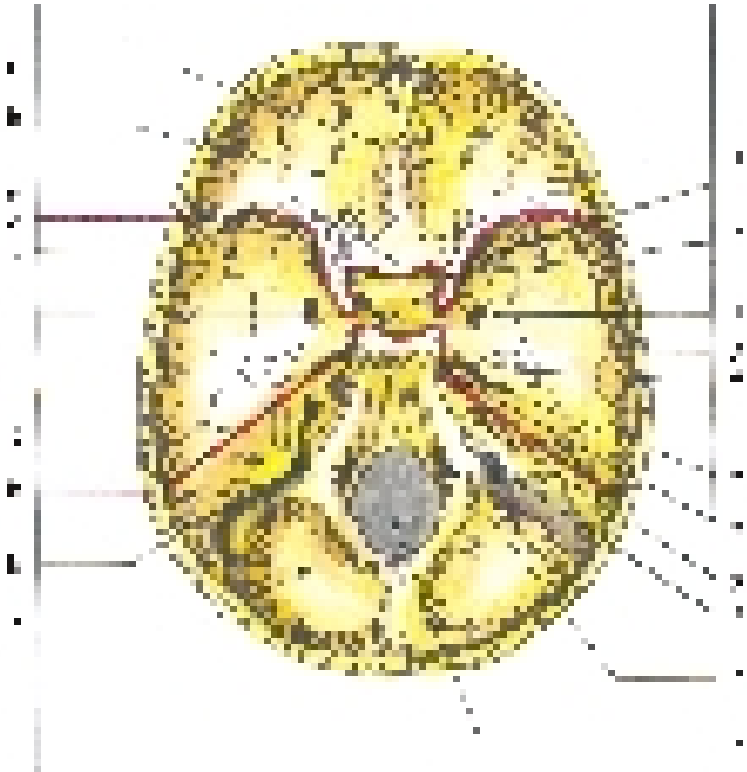
En la base craneal interna (fig. 24.11) se observan marcas que reflejan la forma del encéfalo y el trayecto de vasos sanguíneos que se apoyan en las paredes óseas; presenta además numerosos orificios que

comunican la cavidad craneal con las regiones vecinas de la cara y el cuello, por donde pasan vasos y nervios. En la cara interna de la base del cráneo se destacan 3 grandes depresiones, dispuestas como escalones, que se denominan de acuerdo con su situación: fosa craneal anterior, media y posterior, y están limitadas entre sí hacia delante por los bordes posteriores de las alas menores del esfenoides y hacia atrás por los bordes superiores de las porciones petrosas de los temporales.

La fosa craneal anterior aloja los lóbulos frontales del cerebro y está formada por las porciones orbitarias del frontal, la lámina cribosa del etmoides y las alas menores del esfenoides. En la parte media de esta fosa sobresale la cresta de gallo del etmoides donde se inserta la duramadre y en la lámina cribosa del etmoides se observan numerosos orificios pequeños que comunican con la cavidad nasal.

La fosa craneal media contiene los lóbulos temporales del cerebro y la hipófisis entre otras estructuras y está compuesta por el cuerpo y las alas mayores del esfenoides, las caras anteriores de las porciones petrosas y las partes inferiores de las porciones escamosas de los temporales. En el cuerpo del esfenoides se distinguen la silla turca con la fosa hipofisial. En esta fosa se hallan 7 pares de agujeros: el canal óptico y la fisura orbitaria superior que comunican con la órbita, el agujero redondo comunica con la fosa pterigopalatina, los agujeros oval y espinoso comunican con la fosa infratemporal, el agujero rasgado y el orificio interno del canal carotídeo están relacionados con la porción petrosa del temporal.

Fig. 24.11. Base del cráneo interna. A. Límite anterior, B. Límite posterior, a) lámina cribosa del etmoides, b) porción orbitaria del frontal, c) alas menores del esfenoides, d) alas mayores del esfenoides, e) cuerpo del esfenoides, f) escama del temporal, g) porción petrosa del temporal, h) ángulo mastoideo del parietal, i) escama del occipital, Orificios 1. de la lámina cribosa, 2. fisura orbitaria superior, 3. canal óptico, 4. redondo, 5. oval, 6. espinoso, 7. rasgado, 8. interno del canal carotídeo, 9. poro acústico interno, 10. yugular, 11. canal del hipogloso, 12. magno del occipital.



La fosa craneal posterior alberga el cerebelo y la médula oblongada. Está constituida por las porciones del occipital que forman parte de la base del cráneo, o sea, las porciones basilar, laterales y parte inferior de la escama. Además, contribuyen a formar esta fosa, la cara posterior del cuerpo del esfenoides, las caras posteriores de las porciones petrosas de los temporales y los ángulos mastoideos de los parietales. En el centro de esta fosa se destaca el agujero magno del occipital y a cada lado de este se observa el canal del hipogloso. También se encuentran el poro acústico interno y el agujero yugular relacionados con la porción petrosa del temporal (cuadro 24.1).

La cara interna de la calvaria es cóncava y en ella se observan las suturas señaladas en la cara externa y una serie de irregularidades óseas en forma de relieve, que representan las huellas labradas en el hueso por los órganos y vasos sanguíneos contenidos en la cavidad craneal.

Anatomía de superficie del esqueleto de la cabeza

El esqueleto de la cabeza está dividido en 2 regiones, el cráneo o neurocráneo y la cara o viscerocráneo. A su vez, el cráneo se subdivide en base del cráneo y calvaria.

Las estructuras óseas que se distinguen en la superficie de la cabeza corresponden principalmente a las regiones de la calvaria y de la cara y en algunas zonas, estas estructuras se complementan con cartílagos, como ocurre en la nariz y las orejas (fig. 24.12).

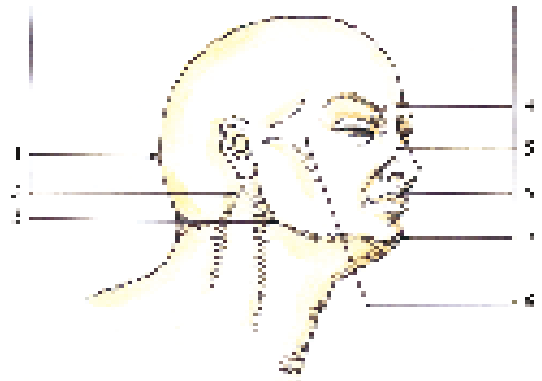


Fig. 24.12. Anatomía de superficie del esqueleto de la cabeza. 1. protuberancia occipital externa, 2. proceso mastoideo del temporal, 3. ángulo de la mandíbula, 4. glabella, 5. huesos nasales, 6. huesos maxilares, 7. mandíbula, 8. hueso cigomático.

En la región del cráneo, la calvaria está cubierta por una delgada capa de tejidos blandos que carecen de grasa, por lo que las irregularidades de la superficie ósea pueden ser palpadas con facilidad y observadas

Cuadro 24.1. *Orificios de la base del cráneo: vista interna*

<i>Fosa craneal</i>	<i>Orificios</i>	<i>Estructuras que lo atraviesan</i> (arterias [A], venas [V] y nervios [N])
Anterior	Lámina cribosa	N. olfatorios (I)
Media	Canal óptico	A. oftálmica N. óptico (II)
	Fisura orbital superior	V. oftálmica N. oculomotor (III) N. troclear (IV) Rama oftálmica del N. trigémino (V) N. abductor (VI)
	Redondo	Rama maxilar del N. trigémino (V)
	Oval	Rama mandibular del N. trigémino (V)
	Espinoso	A. meníngea media
	Interno del canal carotídeo	A. carótida interna
	Rasgado	Vasos meníngeos
Posterior	Poros acústico interno	N. facial (VII) N. vestíbulo coclear (VIII)
	Yugular	V. yugular interna N. glossofaríngeo (IX) N. vago (X) N. accesorio (XI)
	Canal del hipogloso	N. hipogloso (XII)
	Magno	Médula oblongada

cuando los cabellos están cortados al rape. Además, en el cráneo se encuentran algunas elevaciones óseas que generalmente son palpables y visibles, como la protuberancia occipital externa que se localiza en la parte posterior, la glabella y los arcos superciliares en la parte anterior y el proceso mastoideo situado lateralmente detrás de la oreja.

En la región facial o de la cara las estructuras óseas son más difíciles de observar porque están recubiertas de músculos y el tejido adiposo es relativamente más abundante. En esta región se pueden palpar y observar los huesos nasales, cigomáticos, maxilares y la mandíbula. También se palpan los bordes supra-orbitarios e infraorbitarios y con la boca abierta se puede palpar el paladar óseo cubierto de mucosa. Además, en la parte anterosuperior y media del cuello se palpa el hueso hioideo.

Anatomía radiológica del esqueleto de la cabeza

Las radiografías que más se utilizan en la cabeza ósea son las que se realizan en posición lateral y frontal

(fig. 24.13) aunque también se toman vistas selectivas complementarias de determinadas regiones.

En la radiografía lateral de la cabeza se observa la cabeza ósea en conjunto, en un plano sagital (fig. 24.13). En la calvaria se distingue el espesor de los huesos planos de esta región, compuestos por las láminas externa e interna y el diploe; así como las suturas y surcos vasculares, cuyo conocimiento es importante para no confundirlos con las fisuras provocadas por algún traumatismo craneal. En la base del cráneo se reconocen las fosas craneales anterior, media y posterior. En la fosa craneal anterior se destacan su piso que representa también el techo de las órbitas y de la cavidad nasal y hacia delante se observa la radiotransparencia correspondiente al seno frontal. En la fosa craneal media sobresale la silla turca donde se aloja la glándula hipófisis y por debajo de esta se encuentra la radiotransparencia del seno esfenoidal. En el límite entre las fosas craneales media y posterior, por encima de la columna vertebral, se observa una radioopacidad intensa correspondiente a la porción petrosa del temporal y por detrás de esta, se encuentra un área radiotransparente de aspecto poroso que indica la situación del proceso mastoideo del temporal. En la cara las imágenes de los huesos se superponen,

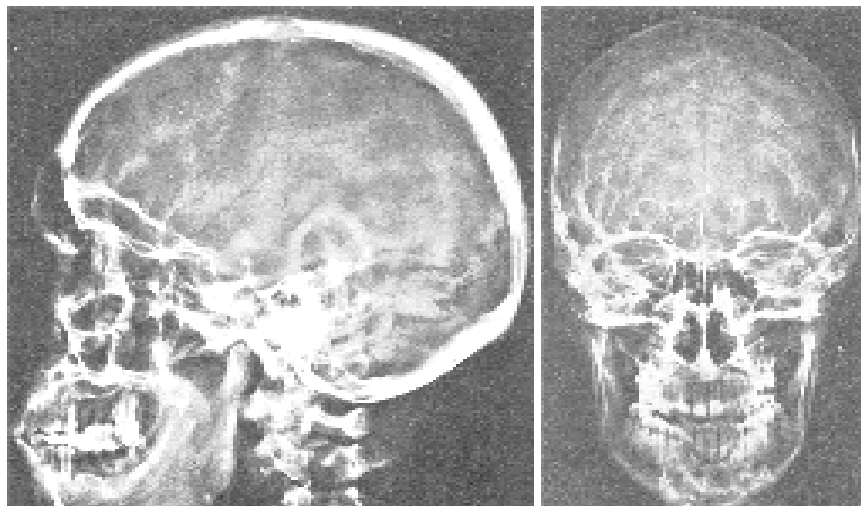


Fig. 24.13. Radiografía de la cabeza. A. lateral, B. frontal.

lo que dificulta su examen, aunque se puede distinguir la mandíbula con los dientes y la articulación temporomandibular. Además, se observa la radiotransparencia de las órbitas y por debajo de estos los senos maxilares superpuestos a la cavidad nasal.

En la radiografía frontal, posteroanterior de la cabeza (aplicar la frente y nariz sobre la placa) se observa también la cabeza ósea en conjunto, pero en un plano frontal (fig. 24.13). En la calvaria se pueden ver las suturas y en el centro de la cara la radiotransparencia causada por la cavidad nasal, dividida en el medio por el septo nasal óseo y en las paredes laterales se pueden observar las conchas nasales, inferior y media. Rodeando a la cavidad nasal se localizan en la parte superior los senos frontales, en la parte laterosuperior las órbitas, en la parte lateroinferior los senos maxilares y en la parte inferior los maxilares con los dientes; más abajo se destaca la mandíbula con los dientes.

Alteraciones del esqueleto de la cabeza

Las variaciones de la cabeza ósea según la edad están relacionadas con la etapa del desarrollo del individuo (fig. 24.14), se distinguen en el recién nacido la presencia de las fontanelas y un mayor tamaño del neurocráneo; en la etapa preescolar (antes de los 6 años) se intensifica el crecimiento del neurocráneo, en la etapa escolar (6 a 12 años) existe un período de calma relativa en el crecimiento de la cabeza: en la adolescencia (12 a 20 años) se intensifica el crecimiento del viscerocráneo, al final de la edad adulta se osifican las suturas de la cabeza y en la vejez los huesos involucionan y se hacen más delgados y ligeros. Las

diferencias sexuales más destacadas de la cabeza ósea se manifiestan porque el varón presenta la frente más oblicua y las eminencias más pronunciadas, mientras que la hembra tiene la frente más vertical y las eminencias menos marcadas (fig. 24.15). Las variaciones individuales más interesantes resultan los huesos supernumerarios (huesos suturales) y las modificaciones en cuanto al tamaño y la forma de la cabeza ósea (fig. 24.16). Algunos autores han llegado a plantear mediante la llamada "teoría racista", que los cráneos largos alojan encéfalos más desarrollados, propios de las "razas superiores", pero es evidente el carácter anticientífico de esta teoría, pues el desarrollo social y cultural de los pueblos depende de factores socioeconómicos y no de factores biológicos.

Las afecciones más importantes del esqueleto de la cabeza son las malformaciones congénitas, que en la región del neurocráneo generalmente están relacionadas con trastornos del desarrollo del encéfalo (microcefalia, macrocefalia por hidrocefalia y craneosquisis o fisura congénita del cráneo), mientras que en la región del viscerocráneo se observan con relativa frecuencia los trastornos del desarrollo del paladar (paladar hendido) y de la mandíbula (prognatismo y micrognatismo).

Las lesiones traumáticas más frecuentes del esqueleto de la cabeza son las contusiones y fracturas, que tienen gran importancia porque pueden afectar los órganos contenidos en la cavidad craneal, el encéfalo y sus envolturas (meninges), los nervios craneales y vasos sanguíneos de esta región. Las fracturas de la calvaria pueden ser de tipo lineal, estrelladas y deprimidas, con posibles lesiones vasculares y encefálicas. Las fracturas de la base del cráneo son de pronóstico más grave por la mayor intensidad del trauma, que provoca generalmente lesiones asociadas de las estructuras intracraneales.

Las fracturas de los huesos de la cara producen deformaciones que le dan un aspecto alarmante al rostro y pueden dificultar la respiración y la deglución.

En el esqueleto de la cabeza también se observa con relativa frecuencia la luxación de la mandíbula producida por un movimiento exagerado al abrir la boca, que se mantiene en esa posición al desplazarse hacia delante los cóndilos de la mandíbula; la causa principal es el fallo en el tono de los músculos masticadores.

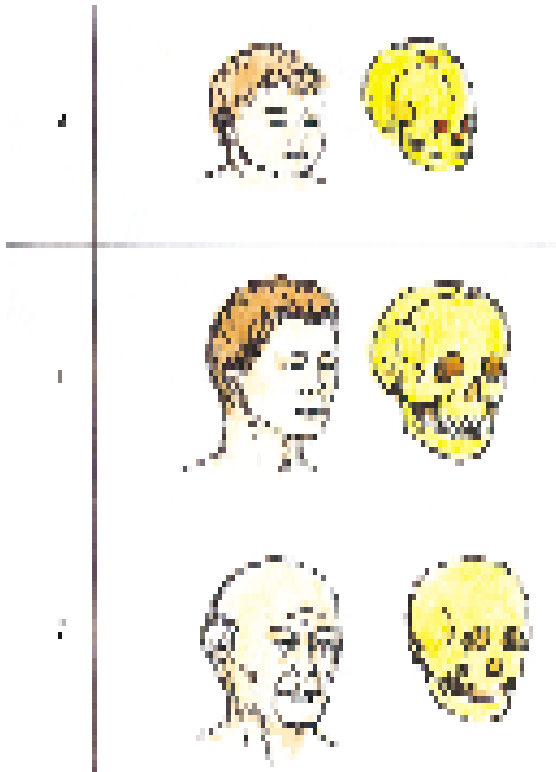


Fig. 24.14. Variaciones de la cabeza ósea según la edad. A. niño, B. adulto, C. viejo.

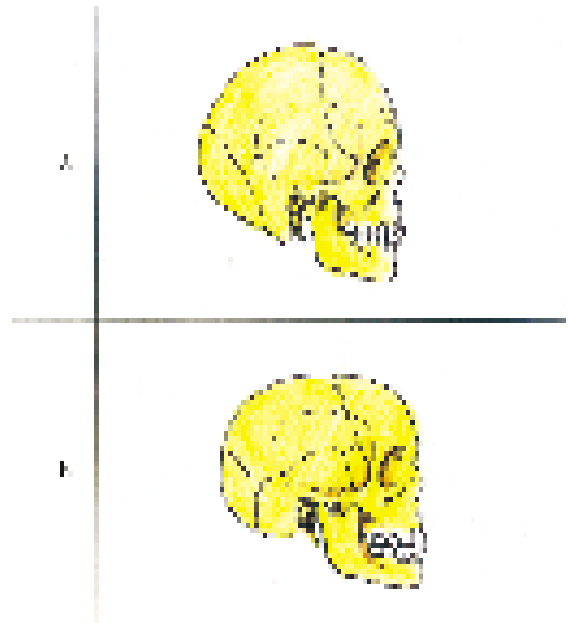


Fig. 24.15. Variaciones sexuales de la cabeza. A. masculina, B. femenina

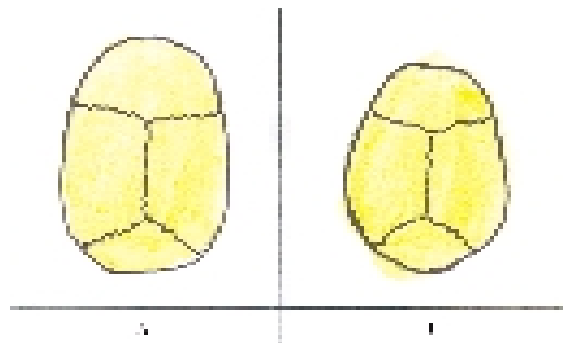


Fig. 24.16. Variaciones individuales de la cabeza ósea. A. cráneo largo, B. cráneo corto.

son comprimidos y causan la irritación de estos, lo que provoca dolor en su trayecto.

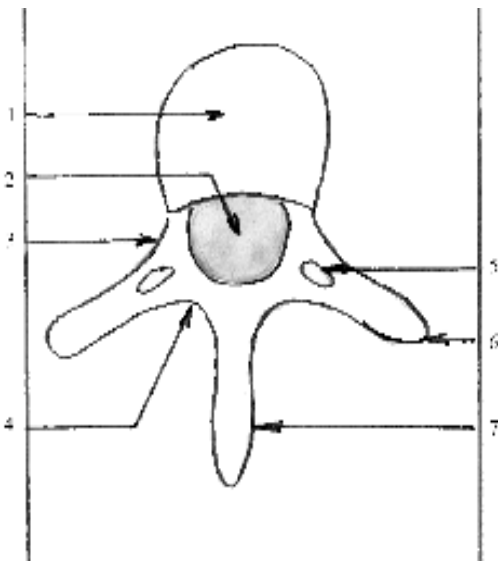


Fig. 25.1. Características comunes de las vértebras. Vista superior 1. cuerpo vertebral, 2. agujero vertebral, 3. pedículo del arco vertebral, 4. lámina del arco vertebral, 5. proceso articular superior, 6. proceso transverso, 7. proceso espinoso.

Las vértebras presentan diferencias de una región a otra, condicionadas por sus funciones, que pueden observarse en cada una de las estructuras comunes ya estudiadas. Sin embargo, las características regionales fundamentales son las siguientes (fig. 25.2): en las vértebras cervicales existen los agujeros de los procesos transversos (agujeros transversarios). Las vértebras torácicas tienen fositas costales a ambos lados del cuerpo, que generalmente son 2 pares, superiores e inferiores y también cuentan con fositas costales en los extremos de los procesos transversos, excepto las 2 últimas vértebras. Las vértebras lumbares se distinguen porque carecen de agujeros en los procesos transversos y de fositas costales, pero son más voluminosas. Las vértebras sacras y coccígeas se caracterizan porque están fusionadas formando en cada región un solo hueso, el sacro más grande y el cóccix más pequeño.

Las vértebras situadas en los extremos de cada región presentan características particulares, las más destacadas son las 2 primeras y la última cervical. La primera vértebra cervical (C I) (fig. 25.3) también llamada atlas porque sostiene la cabeza ósea, como el gigante

de la mitología griega de ese nombre castigado por Júpiter a sostener el Universo sobre sus hombros, se caracteriza por carecer de cuerpo vertebral y por tanto, su agujero vertebral es el mayor de todas las vértebras. La segunda vértebra cervical (C II) (fig. 25.4) nombrada axis porque actúa de eje en los movimientos de rotación de la cabeza, como los ejecutados al indicar negación, se caracteriza por presentar una prolongación ósea en la parte superior del cuerpo llamada diente del axis, que representa el cuerpo del atlas y actúa como eje alrededor del cual gira la primera vértebra cervical y con ella el cráneo. La séptima vértebra cervical (C VII) (fig. 25.5) se destaca por tener un proceso espinoso muy largo, y se le denomina vértebra prominente que se observa fácilmente en la nuca cuando la persona flexiona la cabeza. En la región torácica algunas vértebras tienen características particulares con respecto al número de fositas costales (primera y 3 últimas vértebras torácicas). En la región lumbar por lo general todas las vértebras presentan características similares, sin embargo, al comparar la primera con la quinta, esta última se destaca por ser más voluminosa.

El sacro (fig. 25.6) es un hueso único, resultante de la fusión de las 5 vértebras sacras, que está situado en la parte inferior de la columna vertebral, y contribuye a formar la pared posterior de la pelvis. Por su forma es un hueso plano, triangular, que presenta las porciones siguientes: 2 caras, la pelviana cóncava y la dorsal convexa; 2 bordes, derecho e izquierdo; la base (superior) y el ápice (inferior). Además, conforma en su interior el canal sacro. Los detalles óseos más destacados de las caras de este hueso son los orificios sacros pelvianos y dorsales, por donde pasan las ramas anteriores y posteriores de los nervios espinales sacros. En la parte superior de los bordes se distinguen las caras auriculares, llamadas así porque tienen forma de oreja, mediante las cuales el sacro se une con los huesos coxales (ílion). El borde anterior de la base del sacro, junto con el cuerpo de la última vértebra lumbar, forma un saliente óseo hacia delante llamado promontorio, que tiene gran importancia como punto de referencia en las mediciones o diámetros de la pelvis para valorar el paso del feto durante el parto. En la cara dorsal del sacro se fusionan los procesos de estas vértebras formando 5 crestas (mediana, intermedias y laterales).

El cóccix (fig. 25.6), al igual que el sacro, es un hueso único formado generalmente por la fusión de las 4 vértebras coccígeas. Está situado en la parte inferior del sacro, constituye la última pieza ósea de la columna vertebral y representa en el humano los rudimentos de la cola de los vertebrados. De acuerdo con su forma se puede clasificar como un hueso plano, triangular y pequeño, en el cual se consideran las mismas porciones que en el sacro, o sea, 2 caras, 2 bordes, la base y el ápice, pero carece de canal vertebral.

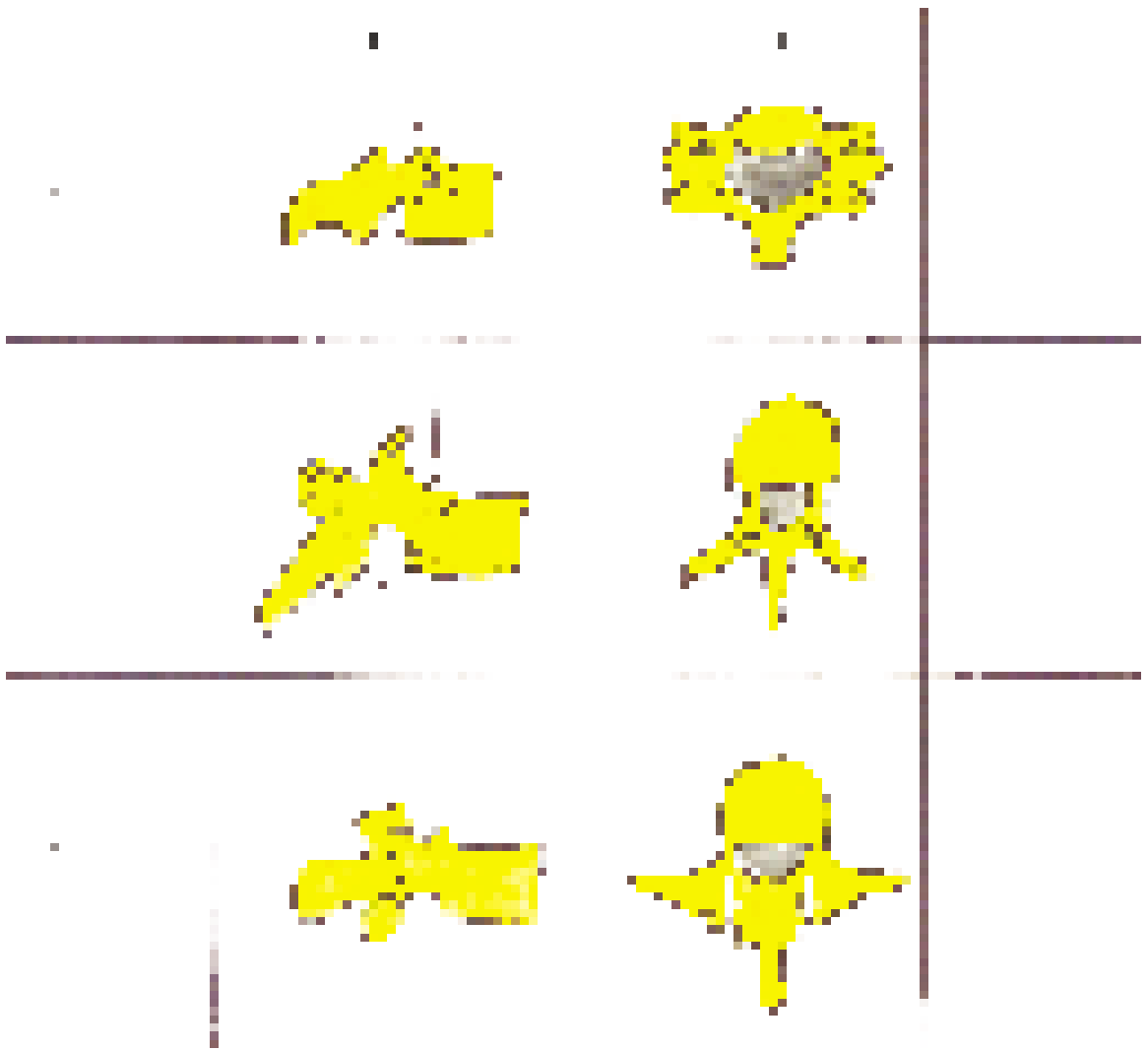


Fig. 25.2. Características regionales fundamentales de las vértebras. A. cervicales, B. torácicas, C. lumbares, a) Vista lateral derecha, b) Vista superior, 1. agujero del proceso transverso, 2. fosita costal superior, 3. fosita costal inferior, 4. fosita costal del proceso transverso.

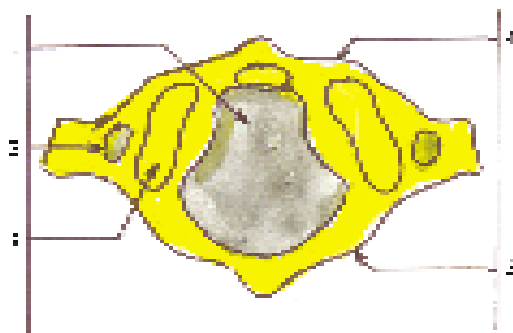


Fig. 25.3. Primera vértebra cervical (atlas). Vista superior
1. agujero vertebral, 2. agujero del proceso transverso, 3. fosita articular superior, 4. arco anterior, 5. arco posterior.

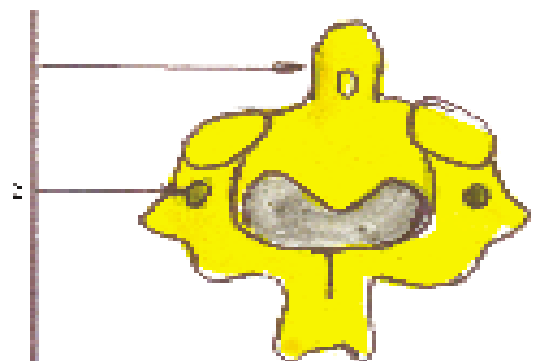


Fig. 25.4. Segunda vértebra cervical (axis). Vista posterior
1. diente del axis, 2. agujero del proceso transverso.

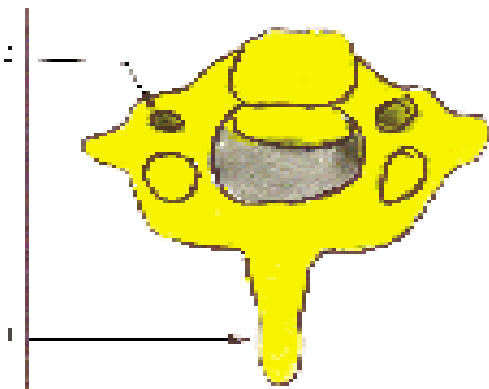


Fig. 25.5. Séptima vértebra cervical (prominente). Vista superior 1. proceso espinoso, 2. agujero del proceso transverso.

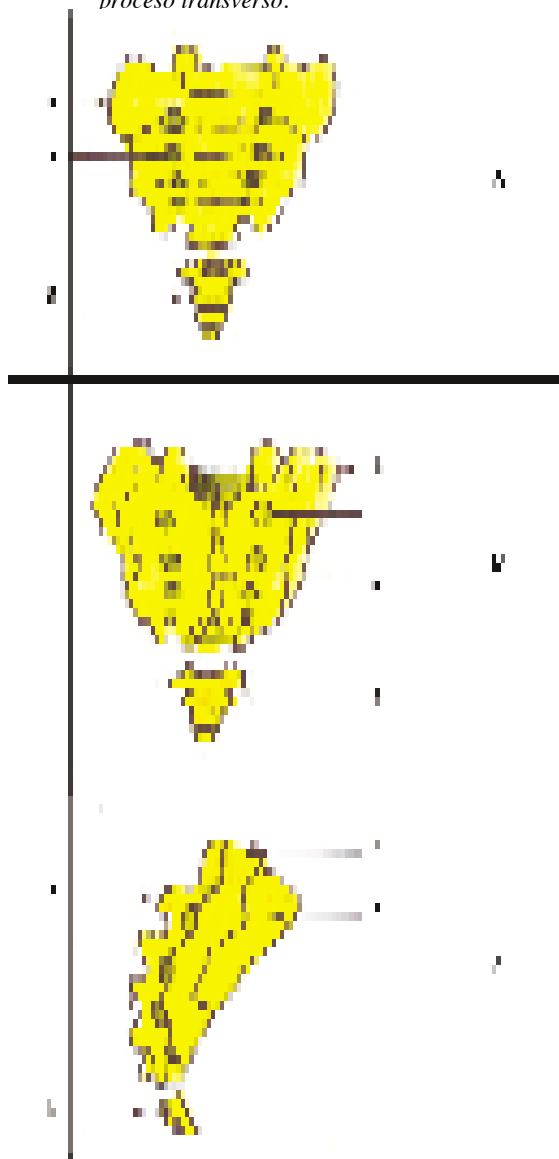


Fig. 25.6. Huesos sacro y cóccix. A. Vista anterior, B. Vista posterior, C. Vista lateral derecha, a) sacro, b) cóccix, 1. orificios sacros pelvianos, 2. orificios sacros dorsales, 3. cresta sacra mediana, 4. tuberosidad del sacro, 5. cara auricular del sacro.

Huesos del tórax

El tórax óseo está constituido por las 12 vértebras torácicas en su parte posterior, el esternón en su parte anterior y 12 pares de costillas situadas lateralmente.

Las *costillas*, al igual que las vértebras, se denominan enumerándolas de acuerdo con la posición que ocupan, se comienza por la superior.

Como ya se explicó antes, las vértebras son huesos irregulares y los otros huesos de esta región, esternón y costillas, se clasifican como huesos planos.

Las costillas se originan a partir de los procesos costiformes que se desarrollan en las partes ventrolaterales de los esbozos de las vértebras y se extienden en el espesor de la hoja somática del mesodermo lateral. Luego se origina el esternón en el nivel de los extremos anteriores de las costillas, en el espesor del mesénquima local. Todos los huesos del tórax se osifican mediante osteogénesis cartilaginosa (endocondral).

El *esternón* (fig. 25.7) es un hueso impar, situado en la parte anterior y media del tórax, entre las 2 clavículas y los 7 primeros pares de costillas con las cuales se articula. Se clasifica como un hueso plano alargado, semejante a una espada de gladiador, presenta 3 porciones que se fusionan en la edad adulta y se denominan de arriba hacia abajo: manubrio, cuerpo y proceso xifoideo. En los bordes del esternón se distinguen de arriba hacia abajo las incisuras yugulares, claviculares y costales. En la unión del manubrio con el cuerpo se forma un saliente óseo hacia delante llamado ángulo esternal (ángulo de Louis), que puede ser observado o palpado y se extiende hacia los lados hasta la segunda incisura costal. El proceso xifoideo es la porción más pequeña del esternón que puede ser muy variable en su tamaño, forma y disposición. Por su fácil acceso y las características de su estructura ósea, en el esternón se realizan punciones para extraer médula ósea roja, con el objetivo de hacer investigaciones hematológicas con finalidades diagnósticas.

Las costillas (fig. 25.8) son huesos pares situados entre el segmento torácico de la columna vertebral y el esternón, contribuyen a formar las paredes laterales del tórax. Las costillas están compuestas de una parte ósea posterior, el hueso costal y otra cartilaginosa anterior, el cartílago costal. El hueso costal tiene la forma plana, alargado e incurvado, parecido a una cinta, que presenta características comunes, constituido por 3 porciones llamadas de atrás hacia delante: cabeza, cuello y cuerpo costal. La cabeza costal tiene generalmente 2 caras articulares que se unen con los cuerpos vertebrales de 2 vértebras contiguas. En el límite entre el cuello y el cuerpo costal se destaca el tubérculo costal que tiene una cara

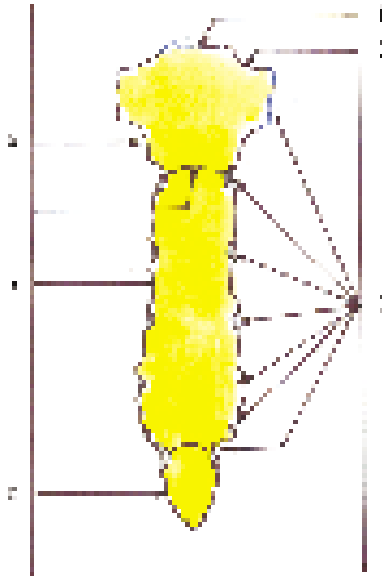


Fig. 25.7. Esternón. Vista anterior, a) manubrio, b) cuerpo, c) proceso xifoideo, 1. incisura yugular, 2. incisura clavicular, 3. incisuras costales, 4. ángulo esternal.

articular que se une con los procesos transversos de las vértebras. En el cuerpo costal se observan 2 caras, externa convexa e interna cóncava, y 2 bordes, superior grueso e inferior delgado. Además, en el cuerpo costal se destacan el ángulo costal y el surco costal, donde se alojan los vasos y nervios intercostales. Por esta razón se recomienda puncionar la cavidad torácica sobre el borde superior de las costillas, para no lesionar los elementos vasculonerviosos intercostales que se encuentran más cerca del borde inferior.

El cartílago costal es de tipo hialino y forma la parte anterior de la costilla. Estos cartílagos se caracterizan por su elasticidad, llegan a resistir considerables presiones y le proporcionan gran resistencia a la pared torácica. Los primeros 7 pares de

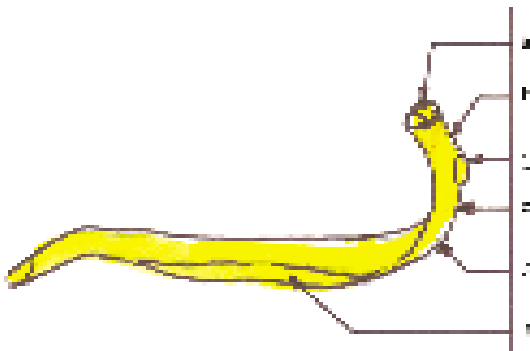


Fig. 25.8. Características comunes de una costilla (derecha). Vista interna, a) cabeza, b) cuello, c) cuerpo costal, 1. tubérculo, 2. ángulo, 3. surco costal.

costillas se unen directo al esternón mediante su cartílago costal, y se denominan costillas verdaderas o vertebroesternales (I-VII). Los 3 pares siguientes se denominan costillas falsas o vertebrocondrales (VIII-X), pues sus cartílagos no llegan directo al esternón porque se unen al cartílago de la costilla precedente, los cartílagos de las 2 últimas terminan libremente en el espesor e los músculos anchos del abdomen y se conocen también como costillas flotantes o vertebrales (XI-XII).

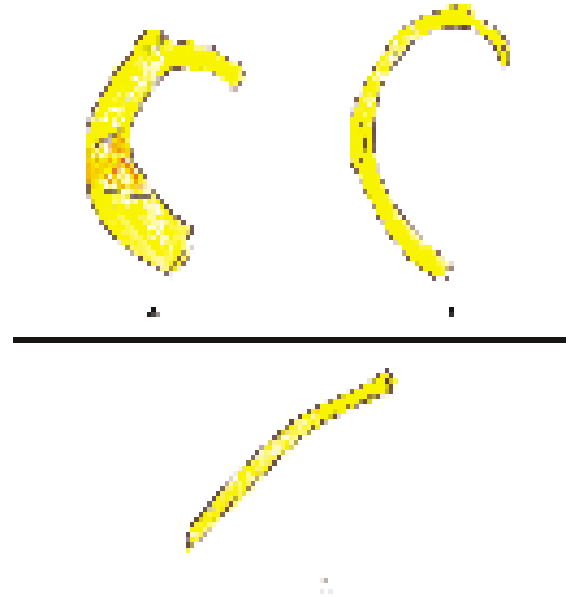


Fig. 25.9. Características particulares de las costillas. A. primera, B. segunda, C. duodécima.

Las costillas que presentan características particulares son las de los extremos (fig. 25.9). Las 2 primeras costillas se caracterizan porque son más pequeñas y muy incurvadas. Las 2 últimas costillas son también pequeñas, pero poco incurvadas.

Articulaciones de la columna vertebral

Los huesos de la columna vertebral se unen entre sí mediante las articulaciones intervertebrales que son de diferentes tipos y se localizan entre las porciones que componen las vértebras, o sea, el cuerpo y el arco vertebral. Las articulaciones entre los cuerpos vertebrales son de tipo cartilaginosa y las articulaciones entre los arcos vertebrales son de 2 tipos, sinoviales entre los procesos articulares, y fibrosas entre las láminas y los otros procesos óseos (espinosos y transversos). Las vértebras sacras y cóccigeas se fusionan formando los huesos sacro y

cóccix, constituyen estas uniones un ejemplo típico de sinostosis. También existen articulaciones (As.) de la columna vertebral con otras regiones del esqueleto como la cabeza (As. atlantooccipitales), el tórax (As. costovertebrales) y el cinturón de los miembros inferiores (As. sacroiliacas), que son de tipo sinovial (cuadros 25.1 y 25.2).

Cuadro 25.1. *Articulaciones de la columna vertebral*

Localización	Clasificación	Nombre
Cuerpos vertebrales	Cartilaginosa (sífnisis)	Sífnisis intervertebral
Arcos vertebrales	Sinoviales	Articulaciones cigapofisiales (de los procesos articulares)
	Fibrosas (sindesmosis)	Ligamentos cortos

Cuadro 25.2. *Articulaciones de la columna vertebral con otras regiones*

Localización	Clasificación	Nombre
Cabeza	Sinovial	Articulación atlantooccipital
Tórax	Sinovial	Articulación costovertebral
Cinturón de los miembros inferiores	Sinovial	Articulación sacroiliaca

Las articulaciones entre los cuerpos vertebrales llamadas sífnisis intervertebrales (figs. 25.10 y 25.11) se clasifican como articulaciones cartilaginosa de la variedad sífnisis, porque están formadas por un disco intervertebral de tejido cartilaginosa fibroso o fibrocartilago. En la estructura del disco intervertebral se distinguen 2 partes, una periférica más dura denominada anillo fibroso y otra central más blanda nombrada núcleo pulposo, que está formado por los restos de la notocorda y actúa como un muelle o cojinete, al amortiguar los choques de compresión que recibe la columna vertebral. Estas articulaciones están reforzadas por un par de ligamentos largos llamados ligamentos longitudinales anterior y posterior, que se extienden a todo lo largo de la columna vertebral por delante y detrás de los cuerpos vertebrales, limitan los movimientos de extensión y flexión de la columna vertebral.

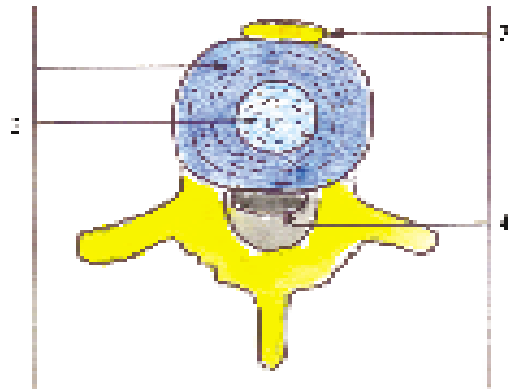


Fig. 25.10. *Corte horizontal de un disco intervertebral. 1. anillo fibroso, 2. núcleo pulposo, 3. ligamento longitudinal anterior, 4. ligamento longitudinal posterior.*

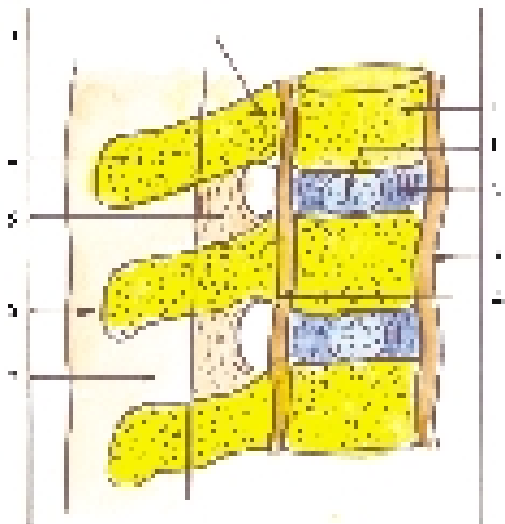


Fig. 25.11. *Corte sagital de un segmento de la columna vertebral. a) cuerpo vertebral, b) arco vertebral, c) proceso espinoso, 1. núcleo pulposo del disco intervertebral, 2. anillo fibroso del disco intervertebral, 3. ligamento longitudinal anterior, 4. ligamento longitudinal posterior, 5. ligamento amarillo, 6. ligamento supraespinoso, 7. ligamento interespinoso.*

En ocasiones el disco intervertebral experimenta alteraciones estructurales y da lugar a la hernia discal que se produce con más frecuencia en la región lumbar. En estos casos el anillo fibroso se debilita y el núcleo pulposo hace prominencia, generalmente hacia atrás en dirección al canal vertebral, porque el anillo fibroso es más delgado en ese lado. Estas hernias comprimen e irritan las raíces nerviosas de la médula espinal, lo que provoca dolores en la región correspondiente.

Las articulaciones entre los procesos articulares nombradas articulaciones cigapofisiales se clasifican como articulaciones sinoviales, simples y combinadas, de forma plana en las regiones cervical y torácica y trocoidea (cilíndrica) en la región lumbar; con la particularidad de que las caras articulares de la región cervical se disponen en un plano horizontal, las torácicas en un plano frontal y las lumbares sagitalmente. En estas articulaciones como todas las sinoviales, el medio de unión fundamental está constituido por la cápsula articular.

Las articulaciones entre los arcos vertebrales de tipo fibroso están formadas por varios ligamentos cortos que se disponen entre las láminas vertebrales (ligamentos amarillos), procesos transversos (ligamentos intertransversarios) y procesos espinosos (ligamentos interespinales). Estos ligamentos limitan los movimientos de la columna vertebral, en dependencia del lugar donde se encuentran. Los ligamentos amarillos contribuyen a completar la pared posterior del canal vertebral, y cuando se realiza una punción lumbar el trocar atraviesa el ligamento amarillo del lugar seleccionado, lo que da la sensación de vacío al introducirse en el canal vertebral.

Los movimientos entre las vértebras vecinas aisladas no son muy amplios. Sin embargo, al sumarse los pequeños movimientos de las articulaciones intervertebrales le proporcionan gran movilidad a la columna vertebral en conjunto, es más movable en las regiones lumbar y cervical y menos movable en la torácica, porque en esta última región los discos intervertebrales son más delgados y las vértebras están articuladas con las costillas. En la región sacra las

vértebras carecen de movilidad, por la fusión existente entre estas (sinostosis). Los movimientos de la columna vertebral en conjunto (esqueleto axial) se observan en el tronco y cuello y consisten en la rotación derecha e izquierda alrededor del eje vertical; la flexión lateral, derecha e izquierda alrededor del eje sagital; la flexión y extensión alrededor del eje frontal; y la circunducción alrededor de los ejes sagital y frontal (fig. 25.12).

Articulaciones de la columna vertebral con el cráneo

La articulación de la columna vertebral con el cráneo está formada directamente por la articulación atlantooccipital que se clasifica como una articulación sinovial, simple y combinada, cuyas caras articulares tienen la forma condilar y están constituidas por los cóndilos del occipital y las fositas articulares superiores del atlas. Además participan de forma indirecta las articulaciones de las 2 primeras vértebras cervicales, constituidas por las articulaciones atlantoaxiales laterales, similares a las articulaciones sinoviales que existen entre los procesos articulares de las vértebras y la articulación atlantoaxial mediana, que une el diente del axis con el atlas y se clasifica como una sinovial de forma trocoidea (cilíndrica).

La cabeza en su unión con la columna vertebral (articulación atlantooccipital) realiza movimientos limitados de flexión y extensión alrededor del eje frontal

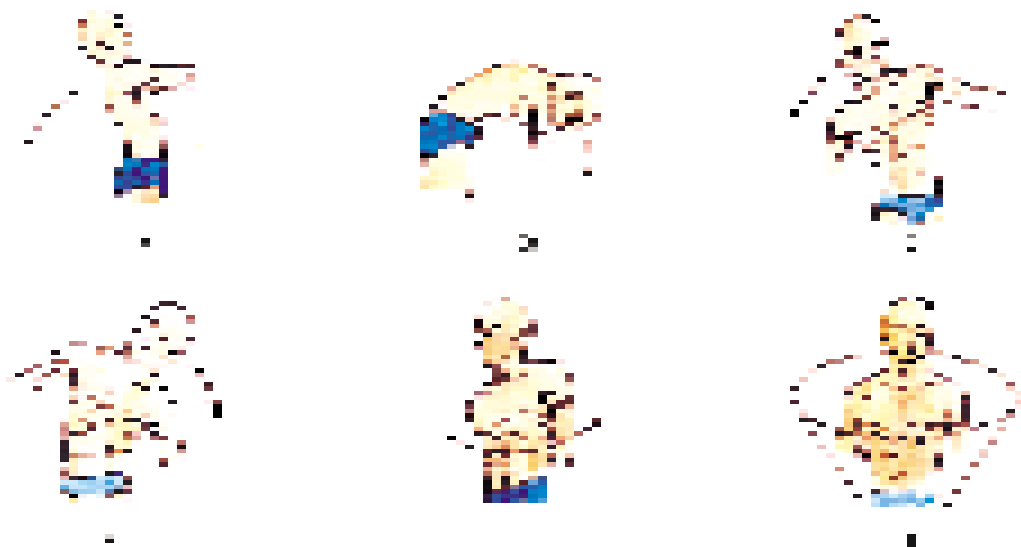


Fig. 25.12. Movimientos de la columna vertebral. A. extensión, B. flexión, C. flexión lateral derecha, D. flexión lateral izquierda, E. rotación derecha-izquierda, F. circunducción.



Fig. 25.13. *Movimientos de la cabeza. A. extensión, B. flexión, C. flexión lateral derecha, D. flexión lateral izquierda, E. rotación derecha-izquierda, F. circunducción.*

y de flexiones laterales derecha e izquierda alrededor del eje sagital, que al combinarse provocan el movimiento de circunducción; pero en realidad, los movimientos de la cabeza son más amplios porque en estos movimientos intervienen también las articulaciones de las vértebras cervicales en conjunto y en especial las formadas entre las 2 primeras vértebras, o sea, entre el atlas y el axis (articulaciones atlantoaxiales laterales y mediana). Específicamente en la articulación atlantoaxial mediana se producen los movimientos de rotación derecha e izquierda del atlas, alrededor del eje vertical que pasa por el diente del axis, con la particularidad de que la cabeza rota junto con el atlas (fig. 25.13).

Articulaciones del tórax

En la composición del esqueleto del tórax, las costillas tienen una función importante al unirse por sus 2 extremos a los otros componentes óseos de esta región, forman articulaciones principalmente de tipo sinovial y cartilaginosa, que están reforzadas por ligamentos (fig. 25.14).

Las costillas se unen por su extremidad posterior con las vértebras torácicas mediante las articulaciones costovertebrales, que están formadas por 2 articulaciones sinoviales, la articulación de la cabeza costal y la articulación costotransversaria.

Los cartílagos costales de los primeros 7 pares de costillas (costillas verdaderas) se unen por su extremidad anterior con el esternón, forman las

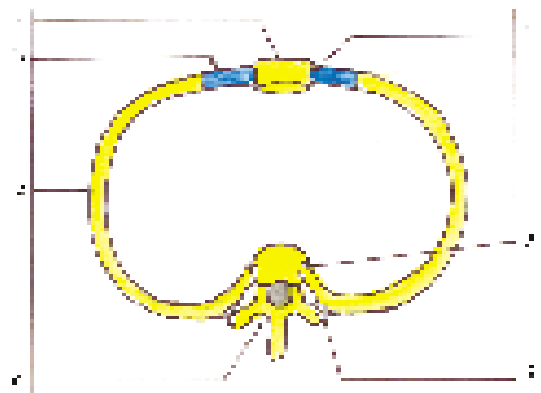


Fig. 25.14. *Articulaciones de las costillas. Vista superior a) esternón, b) cartílago costal, c) costilla, d) vértebra, 1. articulación esternocostal, 2. articulación de la cabeza costal, 3. articulación costotransversaria.*

articulaciones esternocostales que generalmente son sinoviales, excepto del primer cartílago costal que es cartilaginosa de la variedad sincondrosis.

Los cartílagos costales de la quinta a la novena costilla (V-IX) se unen entre sí por medio de articulaciones intercondrales que generalmente son de tipo sinovial.

Las 3 porciones que forman el esternón, manubrio, cuerpo y proceso xifoideo, están unidas por articulaciones cartilaginosa de la variedad sincondrosis; aunque la articulación superior o manubrio esternal se convierte después en sínfisis y en el adulto ambas articulaciones se osifican para transformar estas uniones en sinostosis (cuadro 25.3).

Cuadro 25.3. *Articulaciones del tórax*

Localización	Clasificación	Nombre
Costillas-vértebras	Sinoviales	Articulaciones costovertebrales(de la cabeza costal) (costotransversaria)
Costillas-esternón	Cartilaginosas (sincondrosis) Sinoviales	Sincondrosis esternocostal (I) Articulaciones esternocostales (II-VII)
Porciones del esternón	Cartilaginosas (sincondrosis) (sífnisis)	Sincondrosis y sínfnisis esternales

En el tórax se observan los movimientos de ascenso y descenso de las costillas (fig. 25.15), que se realizan de forma combinada entre todas las articulaciones de esta región (costovertebrales y esternocostales), al producirse una rotación alrededor de los ejes longitudinales que pasan por los cuellos costales; además el esternón se mueve junto con las costillas.

En los movimientos de ascenso de las costillas se observa que sus extremos anteriores se alejan de la columna vertebral, aumenta el diámetro sagital o anteroposterior del tórax, de forma parecida al que se

realiza con una "bomba de agua" por la dirección oblicua de las costillas hacia delante y abajo. Además, se observa a ambos lados del tórax cómo los cuerpos costales se separan del plano medio del cuerpo, aumenta el diámetro frontal o transversal del tórax, de forma semejante al "asa de cubo", por la forma incurvada que presentan las costillas.

Los movimientos del tórax tienen estrecha relación con los movimientos respiratorios, pues durante el ascenso de las costillas se produce la inspiración (acto de pasar el aire a los pulmones) y en el descenso la espiración (acto de expulsar el aire de los pulmones); después las costillas vuelven a su posición de reposo.

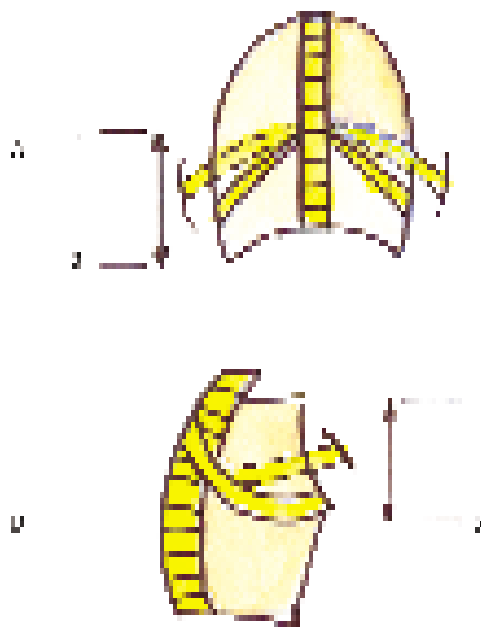


Fig. 25.15. *Movimientos de las costillas.* A. Vista posterior, B. Vista lateral derecha
1. ascenso, 2. descenso.

26. Esqueleto del cuello y tronco en conjunto

Aspecto general de la columna vertebral

La columna vertebral se caracteriza porque tiene una disposición vertical y está más engrosada en su parte inferior, al nivel de la base del sacro, por la función de esta columna de sostener el peso del cuerpo en la posición erecta, que se trasmite a los miembros inferiores. A partir de la base del sacro la columna vertebral se estrecha abruptamente hasta terminar en el cóccix, por la desaparición de la cola y no ejercer esta región funciones de sostén.

En una vista anterior (fig. 26.1) se distingue en el medio una columna cilíndrica compuesta por los cuerpos vertebrales y los discos intervertebrales. A ambos lados de esta columna se destacan los procesos transversos de las vértebras torácicas y lumbares, aunque en esta última región se trata en realidad de los procesos costiformes.

En una vista posterior se observa en el medio una columna lineal constituida por los procesos espinosos y a cada lado los procesos transversos y costiformes ya mencionados en la vista anterior. Entre los procesos espinosos y transversos se encuentran las láminas de los arcos vertebrales.

En una vista lateral (fig. 26.1) se aprecia hacia delante la columna cilíndrica formada por los cuerpos vertebrales y los discos intervertebrales, y en la unión del sacro con la quinta vértebra lumbar se observa el promontorio. Inmediatamente por detrás de esta columna se hallan, entre los pedículos, los agujeros intervertebrales por donde pasan los nervios espinales. Por detrás de los pedículos se encuentran los procesos transversos que están más desarrollados en la región torácica y en la parte posterior se localizan los procesos espinosos, que son más sobresalientes en las regiones torácica y lumbar. Además, llama la atención en esta vista, que la columna vertebral no es rectilínea, pues



Fig. 26.1. Columna vertebral. A. Vista anterior, B. Vista lateral, a) región cervical, b) región torácica, c) región lumbar, d) región sacro-coccígea, 1. lordosis cervical, 2. cifosis torácica, 3. lordosis lumbar, 4. cifosis sacra.

presenta una serie de curvaturas en forma de S, que facilitan mantener el equilibrio del cuerpo en la posición bípeda.

Curvaturas de la columna vertebral

En un plano sagital (vista lateral) la columna vertebral presenta 4 curvaturas fisiológicas bien definidas (fig. 26.1). Las cifosis torácica y sacra, de convexidad posterior, que se consideran curvaturas primarias porque tienen la misma dirección de la columna vertebral del feto. Las lordosis cervical y lumbar, de

convexidad anterior, que se consideran secundarias porque compensan las curvaturas primarias.

Estas curvaturas se intensifican o aparecen en la medida en que el niño va adoptando distintas posiciones en su desarrollo (fig. 26.2). El niño recién nacido presenta una cifosis discreta y total en su columna vertebral, pero cuando ya sostiene la cabeza se forma la lordosis cervical (3 meses), cuando se sienta se acentúa la cifosis torácica (6 meses) y cuando camina surge la lordosis lumbar y se intensifica la cifosis sacra (12 meses). La lordosis lumbar constituye una característica propia del humano al adoptar la posición bípeda.

En un plano frontal (vista anterior y posterior) la columna vertebral es rectilínea, aunque es bastante frecuente observar curvaturas poco manifiestas de convexidad lateral, derecha e izquierda, denominadas escoliosis, que aparecen generalmente en la región torácica, con la convexidad dirigida en sentido de la mano dominante (diestros o zurdos).

Aspecto general del tórax óseo

El tórax óseo en conjunto tiene la forma de un cono truncado en su vértice superior y algo aplanado de delante hacia atrás, que presenta las siguientes porciones, vértice, base y las paredes anterior, posterior y laterales (fig. 26.3).

El vértice se dispone en un plano oblicuo hacia delante y abajo, se localiza en esta porción la abertura torácica superior que está limitada por el cuerpo de la primera vértebra torácica, la primera costilla y el manubrio esternal (incisura yugular).

La base es de mayor amplitud y está dispuesta en un plano oblicuo hacia delante y arriba. En esta porción se encuentra la abertura torácica inferior que está limitada por el cuerpo de la duodécima vértebra torácica, la duodécima costilla, los cartílagos costales de las 6 últimas costillas y el proceso xifoideo del esternón. En estas estructuras se inserta el músculo diafragma que cierra esta abertura y separa así la cavidad torácica de la abdominal. En la parte anterior de la base se distinguen a ambos lados, los arcos costales, constituidos por los cartílagos de las llamadas costillas falsas (VIII-X) que están unidos entre sí y convergen hacia el proceso xifoideo formando el ángulo infraesternal.

La pared anterior es corta y está compuesta por el esternón y los cartílagos costales. En esta pared se destaca el ángulo esternal (ángulo de Louis), que sobresale hacia delante en el lugar de unión entre el manubrio y el cuerpo del esternón.

La pared posterior es larga y está formada por las vértebras torácicas y la parte posterior de las costillas. En la cara externa de esta pared se observan a ambos lados de los procesos espinosos, 2 surcos verticales paralelos donde se alojan los músculos profundos del dorso. Por su cara interna, hacia la cavidad torácica, sobresale en el medio la columna formada por los cuerpos vertebrales y los discos intervertebrales. A ambos lados de esta columna se destacan 2 surcos, también verticales y paralelos llamados surcos pulmonares por su relación con estos órganos.

Las paredes laterales son las más largas y están constituidas por los cuerpos de las costillas, separados por los espacios intercostales que se encuentran ocupados por los músculos intercostales.

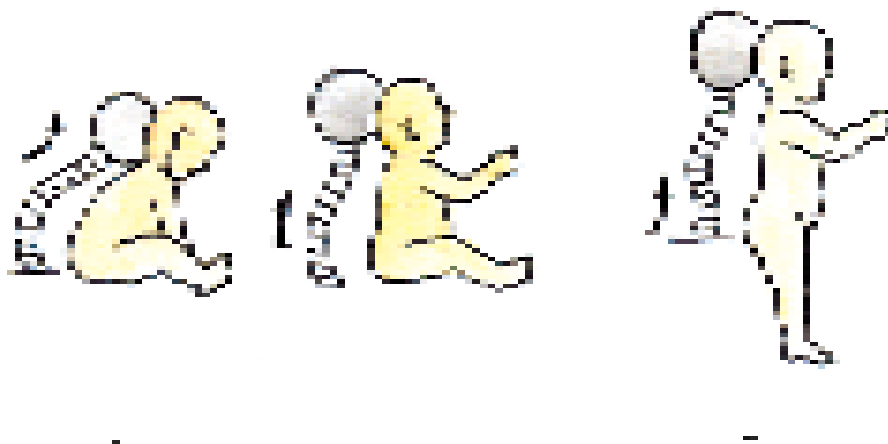


Fig. 26.2. Desarrollo de las curvaturas de la columna vertebral en el niño. A. lordosis cervical sostiene la cabeza, B. cifosis torácica en posición sentada, C. lordosis lumbar en posición de pie.

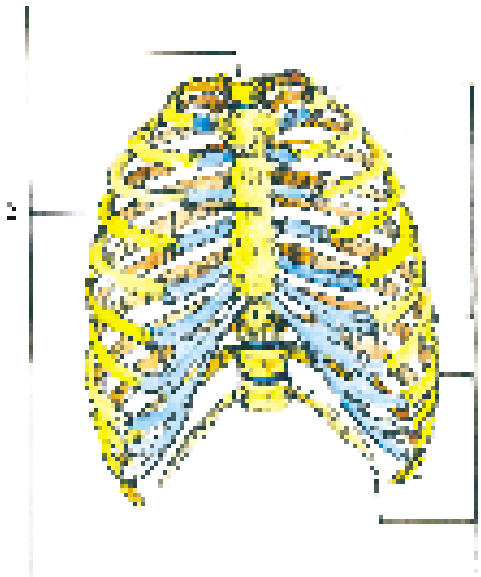


Fig. 26.3. *Tórax óseo en vista anterior. 1. porción torácica de la columna vertebral, 2. esternón, 3 costillas verdaderas (I-VII), 4. costillas falsas (VIII-IX) 5. costillas flotantes (XI-XII).*

Anatomía de superficie del esqueleto del cuello y tronco

El esqueleto del cuello y tronco está compuesto por la columna vertebral y el tórax óseo, que presentan algunas estructuras que pueden ser observadas y palpadas en la superficie de estas regiones (fig. 26.4).

En el dorso del tronco y cuello (región vertebral) se pueden ver y palpar en la línea medioposterior, los relieves formados por los procesos espinosos de las vértebras, que se hacen más evidentes cuando se flexionan el tronco y el cuello. Se destaca fácilmente el proceso espinoso de la séptima vértebra cervical o vértebra prominente, que constituye un punto de referencia importante porque a partir de este se pueden contar las vértebras. En esta región también se encuentran otros puntos de referencia importantes como el ángulo costovertebral, lugar de unión de la XII costilla con la XII vértebra torácica, donde se proyecta el riñón de cada lado. Además, al trazar el plano supracrestal que pasa por las crestas iliacas de los huesos coxales, se determina la situación del proceso espinoso de la cuarta vértebra lumbar, que se toma como punto de referencia para realizar la punción lumbar. Hacia abajo se palpa la cara dorsal del sacro.

En la pared anterior del tórax (región preesternal) se palpa el esternón en toda su extensión por causa de su situación superficial, puede distinguirse en su extremo superior la incisura yugular (al nivel de la

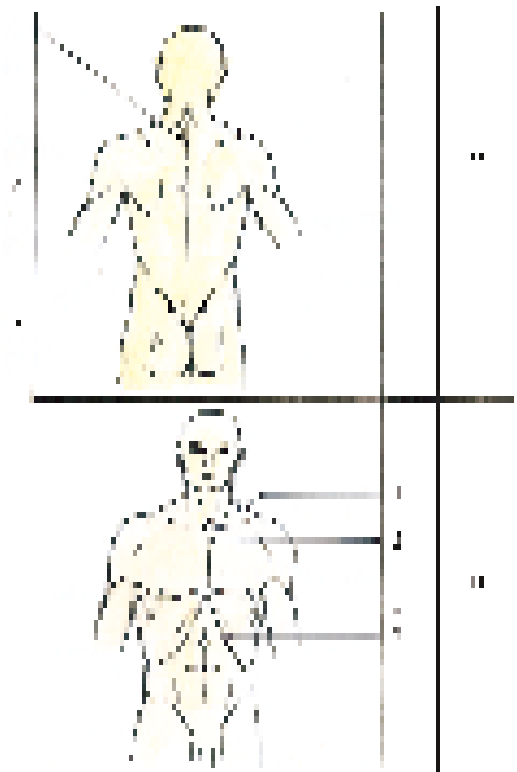


Fig. 26.4. *Anatomía de superficie del esqueleto del tronco. A. Vista posterior, B. Vista anterior: 1. proceso espinoso de vértebra prominente, 2. surco medio posterior, 3. cóccix, 4. incisura yugular, 5. ángulo esternal, 6. ángulo infraesternal, 7. arco costal.*

segunda vértebra torácica). Más hacia abajo se destaca el ángulo esternal (ángulo de Louis) al nivel de la cuarta vértebra torácica, que constituye un punto de referencia importante porque a ambos lados se articulan las segundas costillas, a partir de las cuales se pueden contar las otras. En la parte inferior de esta región se distingue el proceso xifoideo del esternón (al nivel de la novena vértebra torácica), donde se forma el ángulo infraesternal al confluir en este punto los arcos costales. En las paredes laterales del tórax se palpan los cuerpos de las costillas.

Anatomía radiológica del esqueleto del cuello y tronco

En la columna vertebral se realizan radiografías de las distintas regiones y en diferentes posiciones que generalmente son la frontal, lateral y oblicuas (fig. 26.5).

En las radiografías frontales anteroposteriores se observan las curvaturas laterales de la columna vertebral o escoliosis, también se destacan los cuerpos vertebrales y los espacios intervertebrales, donde se hallan los discos, los procesos transversos y los

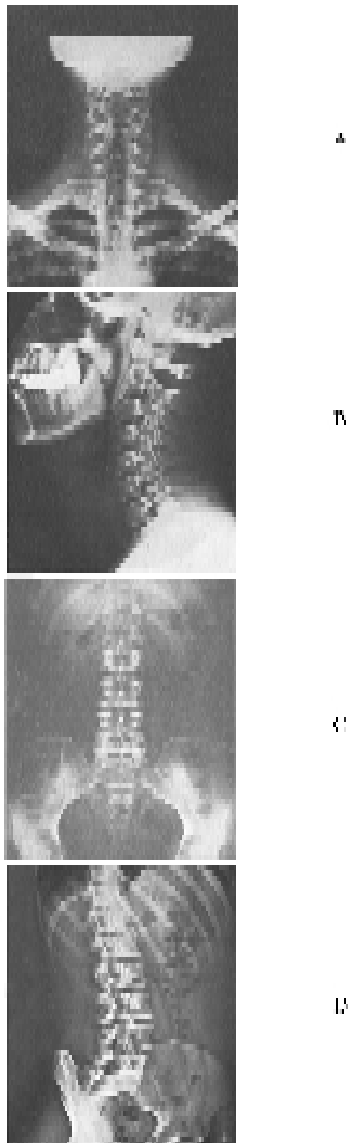


Fig. 26.5. Radiografías de la columna vertebral. A. frontal cervical, B. lateral cervical, C. frontal lumbar, D. oblicua lumbar.

procesos espinosos superpuestos a los cuerpos. En la región cervical no se distinguen en esta posición las 2 primeras vértebras (atlas y axis), al quedar ocultas por la radioopacidad de la mandíbula y para poder observarlas es necesario tomar la radiografía con la boca abierta. En la región torácica se destacan las uniones de las costillas con las vértebras.

En las radiografías laterales son visibles las curvaturas de la columna vertebral en un plano sagital, llamadas lordosis y cifosis y se distinguen los cuerpos vertebrales, espacios intervertebrales (discos), agujeros intervertebrales (de conjunción) y los procesos espinosos. En la región lumbar se destaca el promontorio o saliente óseo dirigido hacia delante,

localizado en la unión de la quinta vértebra lumbar con el sacro.

En las radiografías oblicuas se destacan mejor los agujeros intervertebrales (de conjunción) y las articulaciones de los procesos articulares.

En el tórax óseo es habitual realizar la radiografía frontal (fig. 26,6), donde se pueden contar las costillas, comenzando por las partes posteriores que parten de las vértebras y son más horizontales y luego se cuentan las partes anteriores que son más oblicuas.

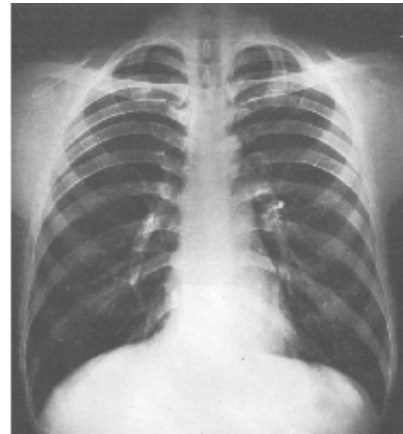


Fig. 26.6. Radiografía del tórax frontal (anteroposterior).

Alteraciones del esqueleto del cuello y tronco

El esqueleto del cuello y tronco, o sea, de la columna vertebral y del tórax, también presentan numerosas variaciones de acuerdo con la edad, el sexo y el individuo; consistentes en modificaciones del número, tamaño, forma y posición de los huesos. Entre las variaciones más interesantes de estas regiones se encuentran las modificaciones numéricas por aumento, disminución o fusión de los huesos (sacralización del cóccix o de la V vértebra lumbar, lumbarización de la I vértebra sacra o de la XII vértebra torácica, la occipitalización del atlas y la presencia de la costilla cervical).

Las afecciones del esqueleto de estas regiones pueden ser congénitas y adquiridas. La malformación congénita más frecuente de la columna vertebral es la espina bífida o fisura congénita de la parte posterior del arco vertebral de una o varias vértebras contiguas, con predominio en la región lumbosacra, pero cuando la malformación es de mayor extensión se denomina raquisquisis. También se pueden observar con relativa frecuencia las vértebras en cuña o hemivértebras, que

contribuyen a incrementar las curvaturas de la columna vertebral como la escoliosis y cifosis.

En el tórax óseo se pueden producir deformaciones como el tórax en embudo o excavado, generalmente de origen congénito y el tórax en quilla o de gallina, que suele ser adquirido como consecuencia del raquitismo. En las articulaciones de estas regiones las afecciones más frecuentes e importantes son la hernia discal y las artrosis.

Las lesiones traumáticas del esqueleto del cuello y tronco más frecuentes son las contusiones y fracturas, aunque también pueden ocurrir esguinces y luxaciones en las regiones de mayor movilidad como el segmento cervical de la columna vertebral. Las fracturas de la columna vertebral se producen generalmente por mecanismos indirectos de distintos tipos como la compresión, flexión, extensión, rotación y arrancamiento. Su complicación principal es la lesión parcial o total de la médula espinal que se manifiesta por trastornos neurológicos de la motilidad y

sensibilidad, esta puede ser mortal cuando ocurre la sección completa de la médula en su segmento más craneal (por encima de la IV vértebra cervical).

Las fracturas costales son las lesiones traumáticas más frecuentes del esqueleto axil y se producen generalmente en los viejos por mecanismos indirectos de flexión de las costillas situadas en la parte media del tórax, pues las costillas superiores se encuentran más protegidas y las costillas inferiores poseen gran movilidad elástica. Un tipo de fractura muy peculiar y de pronóstico grave es la que da lugar al llamado tórax batiente o flácido; esta se caracteriza por fracturas múltiples que abarcan un área extensa de la pared torácica, la cual pierde su estabilidad y por tal motivo presenta movimientos respiratorios paradójicos. En general, las lesiones traumáticas del tórax tienen un pronóstico grave, no tanto por las lesiones óseas que producen, sino por las lesiones asociadas de las vísceras intratorácicas, que son las causantes de una alta mortalidad (lesiones pleuropulmonares y cardiovasculares).

27. Esqueleto de los miembros: huesos y articulaciones

Características regionales del esqueleto de los miembros

El esqueleto de los miembros forma el llamado esqueleto apendicular, constituido por 2 pares de largos apéndices, los superiores e inferiores, que se unen a ambos lados del tronco y cada uno de ellos está compuesto de 2 partes, una fija y otra libre. La parte fija es la que une el miembro con el tronco y contribuye a formar el cinturón óseo de los miembros superiores e inferiores. La parte libre comprende 3 segmentos que reciben nombres distintos según se trate de los miembros superiores o inferiores. En los miembros superiores estos segmentos se llaman brazo, antebrazo y mano y esta última está subdividida en 3 regiones: carpo, metacarpo y dedos, mientras que en los miembros inferiores se denominan muslo, pierna y pie, que también se subdivide este último en 3 regiones, tarso, metatarso y dedos.

La función fundamental del esqueleto de los miembros es la de ejecutar los grandes movimientos del cuerpo. Es mayor el movimiento en los miembros superiores, donde también se encuentran las manos, que constituyen en el humano verdaderos instrumentos de trabajo, y están adaptadas para la función prensora y el tacto con las que se pueden realizar movimientos variados de alta precisión y finura. En determinadas ocasiones estos miembros también pueden actuar como instrumentos de comunicación por medio de la gesticulación.

La función principal de los miembros inferiores es de sostén del cuerpo en la posición bípeda y realizar la marcha, y son considerados como instrumentos de locomoción.

En correspondencia con sus funciones el esqueleto de los miembros superiores presenta huesos más delgados y ligeros, cuyas articulaciones tienen mayor movilidad, mientras que en los miembros inferiores los huesos son más gruesos y pesados con articulaciones de menor movilidad y mayor fortaleza.

Huesos de los miembros superiores

Como ya se explicó antes el esqueleto de los miembros superiores está compuesto de 2 partes, una fija y otra libre. La parte fija es la que une el miembro con el tronco y contribuye a formar el cinturón óseo de los miembros superiores que está constituido a cada lado por 2 huesos, la escápula (omóplato) por detrás y la clavícula por delante, articulada con el esternón. La parte libre comprende 3 segmentos: el brazo que tiene un solo hueso, el húmero. El antebrazo cuenta con 2 huesos, la ulna (cúbito) en posición medial y el radio en la parte lateral. La mano está subdividida en 3 regiones: el carpo con 8 huesos, el metacarpo con 5 y los dedos con 14 falanges.

La mayoría de los huesos de los miembros superiores se clasifican entre los de tipo largo, existen además, huesos planos en el cinturón y huesos cortos en el carpo.

El esqueleto de los miembros superiores se origina del mesénquima local que deriva de la hoja somática del mesoderma lateral, a partir de un par de abultamientos que aparecen en la parte ventrolateral del tronco, al nivel de las regiones cervicotorácicas y sus huesos se osifican por medio de osteogénesis cartilaginosa (endocondral), con excepción de la clavícula cuya osificación es mixta.

La clavícula (fig. 27.1) está situada en la parte anterior, superior y lateral del tórax, forma parte del cinturón óseo de los miembros superiores. Por su forma se puede clasificar como un hueso plano, alargado, semejante a una S itálica, en el que se distinguen 3 porciones, la extremidad esternal, engrosada, la extremidad acromial, aplanada y el cuerpo situado entre las 2 extremidades donde se distinguen 2 caras, superior e inferior y 2 bordes, anterior y posterior. En las extremidades se observan las caras articulares esternal y acromial. Por su desarrollo la clavícula se caracteriza por ser el primer hueso que se osifica, esto ocurre aproximadamente en la sexta semana del

desarrollo prenatal y su osteogénesis es mixta, pues su parte media es de origen membranoso y sus extremos son de origen cartilaginoso.

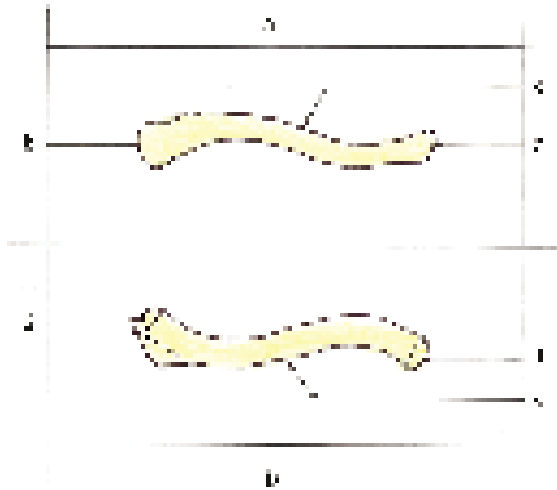


Fig. 27.1. *Clavícula derecha.* A. Vista superior B. Vista inferior, a) extremidad externa, b) extremidad acromial, c) cuerpo, 1. cara articular externa, 2. cara articular acromial.

La escápula (omóplato) (fig. 27.2) está situada en la parte posterior, superior y lateral del tórax, se extiende al nivel de las 7 primeras costillas y forma parte del cinturón óseo de los miembros superiores. Por su forma es un hueso plano, triangular, presenta 2 caras llamadas costal y dorsal, 3 bordes nombrados, superior, medial y lateral y 3 ángulos denominados superior, inferior y lateral. Los detalles óseos más destacados son en la cara dorsal, la espina de la escápula que termina lateralmente en el acromion, en el borde superior el proceso coracoideo y en el ángulo lateral la cavidad glenoidea que presenta una cara articular importante.

El húmero (fig. 27.3) está situado en el brazo y se clasifica por su forma como un hueso largo (parecido a un bastón con el puño redondeado), presenta 3 porciones: epífisis proximal, epífisis distal y diáfisis. El detalle óseo más destacado en la epífisis proximal es la cabeza del húmero, que se articula con la escápula y sobresalen los tubérculos mayor y menor donde se insertan músculos. En la epífisis distal se distinguen 2 caras articulares, la cabecita y la tróclea humeral y sobresalen a ambos lados los epicóndilos lateral y medial.

La ulna (cúbito) (fig. 27.4) está situada en la parte medial del antebrazo, tiene la forma de los huesos largos (semejante a un bastón con el puño incurvado) y presenta 3 porciones: epífisis proximal, epífisis distal y

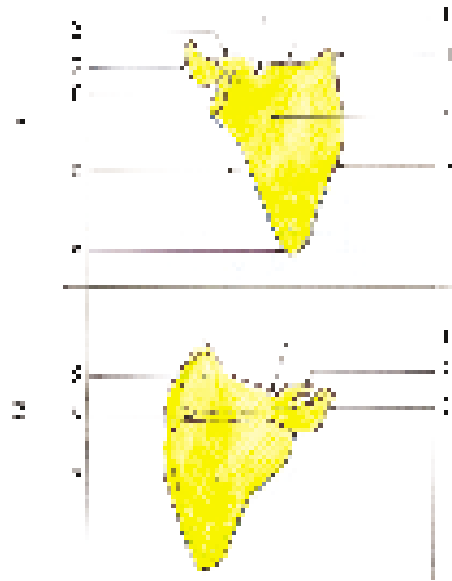


Fig. 27.2. *Escápula derecha.* A. Vista anterior B. Vista posterior a) borde superior, b) borde medial, c) borde lateral, d) ángulo superior, e) ángulo inferior, f) ángulo lateral con la cavidad glenoidea, 1. incisura escapular, 2. proceso coracoideo, 3. acromion, 4. fosa subescapular, 5. fosa supraespinosa, 6. espina de la escápula, 7. fosa infraespinosa.

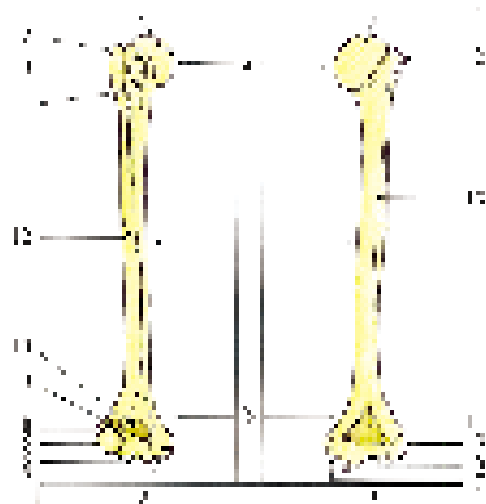


Fig. 27.3. *Húmero derecho.* A. Vista anterior, B. Vista posterior, a) epífisis proximal, b) epífisis distal, c) diáfisis, 1. cabeza, 2. tubérculo mayor, 3. tubérculo menor, 4. surco intertubercular, 5. cabecita, 6. tróclea, 7. epicóndilo medial, 8. epicóndilo lateral, 9. fosa radial, 10. fosa coronoidea, 11. fosa olecraniana, 12. tuberosidad deltoidea, 13. surco del nervio radial.

diáfisis. En la epífisis proximal se destacan 2 eminencias, el olécranon posterosuperior y el proceso coronoideo anteroinferior, entre las cuales se

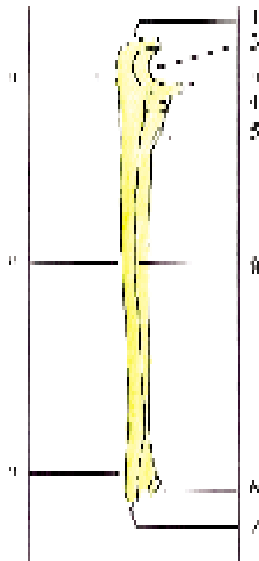


Fig. 27.4. Una derecha. Vista lateral a) epífisis proximal, b) epífisis distal, c) diáfisis, 1. olécranon, 2. proceso coronoideo, 3. incisura troclear, 4. incisura radial, 5. tuberosidad, 6. cabeza, 7. proceso estiloides, 8. borde interóseo.

encuentran 2 caras articulares, las incisuras troclear y radial. En la epífisis distal se distinguen la cabeza ulnar que se articula con el radio y el proceso estiloides dirigido hacia abajo.

El radio (fig. 27.5) está situado en la parte lateral del antebrazo, se clasifica como un hueso largo (comparado a una pala pequeña) y tiene 3 porciones: epífisis proximal, epífisis distal y diáfisis. En la epífisis proximal se encuentra la cabeza radial con sus caras articulares y en la epífisis distal se halla la cara articular carpiana, la incisura ulnar y el proceso estiloides, dirigido hacia abajo. La fractura del extremo distal del radio en extensión (de Colles) es la más frecuente de todas las fracturas.

Los huesos de la mano se agrupan en 3 regiones: *carpo*, *metacarpo* y *dedos* (fig. 27.6). El *carpo* está constituido por 8 huesos cortos situados en 2 filas, con 4 huesos en cada una. En la fila superior o proximal se encuentran en sentido lateromedial los huesos *escafoideo*, *semilunar*, *triquetro* (piramidal) y *pisiforme*; mientras que en la fila inferior o distal se hallan en igual sentido los huesos *trapezio*, *trapezoide*, *grande* y *ganchoso*. El conocimiento de los períodos de osificación de estos huesos permite determinar la edad aproximada del niño, mediante una radiografía de la mano. El *metacarpo* está compuesto por 5 huesos largos, pequeños llamados *metacarpianos*, que se nombran numerándolos a partir del borde lateral de la mano. Los *dedos* de la mano están formados

también por huesos largos, pequeños, que se denominan *falanges*: *proximal*, *media* y *distal*, excepto el primer dedo que carece de falange media. En la mano también existen huesos *sesamoideos* que se localizan principalmente en el nivel de las articulaciones falángicas del primer dedo.

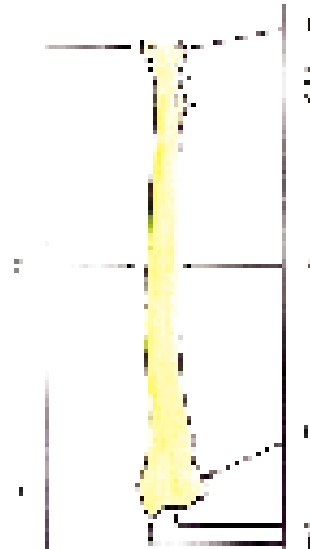


Fig. 27.5. Radio derecha. Vista anterior a) epífisis proximal, b) epífisis distal, c) diáfisis, 1. cabeza con la circunferencia articular, 2. cuello, 3. tuberosidad, 4. proceso estiloides, 5. cara articular carpiana, 6. incisura ulnar, 7. borde interóseo.

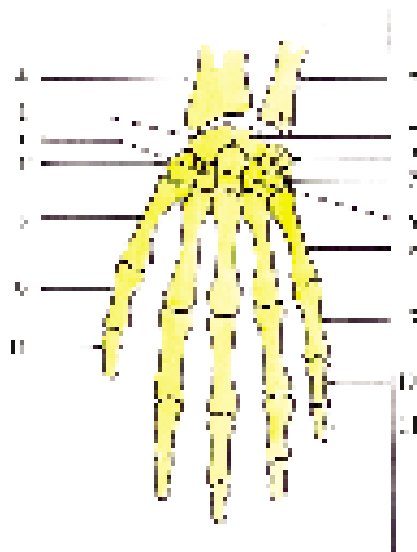


Fig. 27.6. Huesos de la mano derecha. Vista anterior a) radio, b) ulna, 1. escafoideo, 2. semilunar, 3. pisiforme superpuesto al triquetro, 4. trapezio, 5. trapezoide, 6. grande, 7. ganchoso, 8. metacarpiano, 9. falange proximal, 10. falange media, 11. falange distal.

Articulaciones de los miembros superiores

Los huesos de los miembros superiores están unidos fundamentalmente por articulaciones de tipo *sinovial*, cuyas caras articulares presentan diversas formas en dependencia de la función o movimiento que realizan y se nombran generalmente de acuerdo con los huesos que unen.

En el cinturón de los miembros superiores se encuentran 2 pares de articulaciones sinoviales de poca movilidad. (A. esternoclavicular y A. acromioclavicular). En general la unión de los miembros superiores con el tronco se caracteriza porque tiene un punto de unión esquelético muy débil (A. esternoclavicular), pero está reforzado por numerosos músculos, por eso tiene un predominio muscular que le permite a los miembros superiores ampliar sus movimientos y actuar como una grúa de plataforma giratoria.

En la parte libre de los miembros superiores se destacan 3 pares de articulaciones sinoviales de gran movilidad (A. humeral, A. del codo y A. radiocarpiana).

Los 2 huesos del antebrazo de cada lado se unen entre sí por medio de 3 articulaciones, 2 de ellas de tipo sinovial en los extremos (A. radioulnar proximal y distal) y la otra fibrosa del tipo de las sindesmosis que une las diáfisis de estos huesos (membrana interósea) (ver fig. 27.11).

En la mano existen numerosas articulaciones sinoviales que al actuar independientemente presentan una movilidad limitada, pero la acción en conjunto de estas articulaciones le proporcionan a la mano

movimientos diversos que facilitan su función de prensión, su adaptación como órgano de trabajo, lo que constituye una característica particular del humano (ver figs. 27.14 y 27.15) (cuadro 27.1).

La articulación humeral, escapulohumeral o del hombro (fig. 27.7) une el cinturón óseo con el esqueleto de la parte libre de los miembros superiores al articular la escápula con el húmero, que se clasifica como una sinovial, simple, de forma esferoidal. Sus caras articulares corresponden a la cabeza del húmero y la cavidad glenoidea de la escápula, donde se fija un fibrocartílago intraarticular en forma de anillo, el labro o rodete glenoideo y su medio de unión fundamental es la cápsula articular que se caracteriza porque es delgada y presenta un solo ligamento (ligamento coracohumeral), pero está reforzada por los músculos que se insertan en esta región. La articulación humeral es la de mayor movilidad del cuerpo humano y como todas las articulaciones esferoideas sus movimientos se realizan alrededor de los 3 ejes fundamentales de este (poliaxial). Los movimientos del húmero son de separación (abducción) y aproximación (aducción) alrededor del eje sagital, de flexión y extensión alrededor del eje frontal y cuando se combinan estos movimientos se efectúa la circunducción. Además, se realiza la rotación lateral y medial alrededor del eje longitudinal del hueso, que se corresponde con el eje vertical del cuerpo (fig. 27.8). La elevación del brazo es posible por la rotación de la escápula, en la que el ángulo inferior de esta es desplazado lateralmente. Por causa de la gran movilidad de esta articulación y la laxitud de su cápsula, se produce con bastante frecuencia la luxación escapulohumeral.

Cuadro 27.1. Articulaciones (A) de los miembros superiores (MS)

Localización	Clasificación	Nombre
Cinturón MS	Sinoviales	A. esternoclavicular A. acromioclavicular
Parte libre MS	Sinoviales de gran movilidad	A. humeral A. del codo A. radiocarpiana
Antebrazo	Sinoviales Fibrosa (sindesmosis)	A. radioulnar proximal A. radioulnar distal Membrana interósea
Mano	Sinoviales	As. intercarpianas A. mediocarpiana As. carpometacarpianas As. intermetacarpianas As. metacarpofalángicas As. interfalángicas

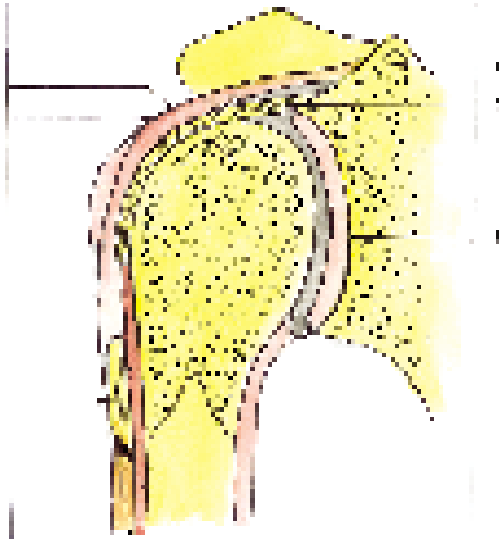


Fig. 27.7. *Articulación humeral derecha. Corte frontal a) cabeza del húmero, b) escápula, 1. cápsula articular, 2. tendón de la cabeza larga del músculo bíceps braquial, 3. labro glenoidal.*

La articulación del codo o cubital (fig. 27.9) une el hueso del brazo (húmero) con los del antebrazo (ulna y radio) y se clasifica como una sinovial, compuesta por 3 articulaciones: humeroulnar, humerorradial y radioulnar proximal. La articulación humeroulnar tiene forma de gínglimo o tróclea y sus caras articulares son la tróclea del húmero y la incisura troclear de la ulna. La articulación humerorradial tiene forma esferoidal y está constituida por la cabecita del húmero y la cabeza del radio. La articulación radioulnar proximal tiene forma

trocoidea o cilíndrica y está compuesta por la circunferencia articular de la cabeza del radio y la incisura radial de la ulna. El medio de unión principal es la cápsula articular, en cuyo interior están incluidas las 3 articulaciones antes mencionadas y está reforzada por ligamentos importantes (ligamento anular del radio, y ligamentos colaterales ulnar y radial). En la articulación del codo se realizan 2 clases de movimientos en los huesos del antebrazo, la flexión y extensión alrededor del eje frontal y la rotación medial (pronación) y lateral (supinación) alrededor del eje vertical, que está combinada con la articulación radioulnar distal (figs. 27.10 y 27.11) y arrastra en su movimiento a la mano.

La articulación radiocarpiana o de la muñeca (fig. 27.12) une el radio con la primera fila de huesos del carpo, excepto el pisiforme, constituye la unión esquelética entre el antebrazo y la mano. Algunos autores incluyen en la articulación de la muñeca la denominada cámara distal, formada por la unión de las 2 filas del carpo o articulación mediocarpiana. La articulación radiocarpiana es clasificada como una sinovial, compuesta por varios huesos cuyas caras articulares en conjunto presentan la forma elipsoidea (condilar), constituidas por la cara articular carpiana del radio y los huesos de la fila proximal del carpo, excepto el pisiforme. Además, presenta un disco articular que completa la superficie articular proximal y la separa de la articulación radioulnar distal. Los medios de unión consisten en la cápsula articular y los ligamentos que la refuerzan (ligamentos radiocarpianos palmar y dorsal y ligamentos colaterales carporradial y carpoulnar). La articulación radiocarpiana es de tipo



Fig. 27.8. *Movimientos del brazo en la articulación humeral. A. separación-aproximación, B. flexión-extensión, C. circunducción, D. rotación lateral-medial.*

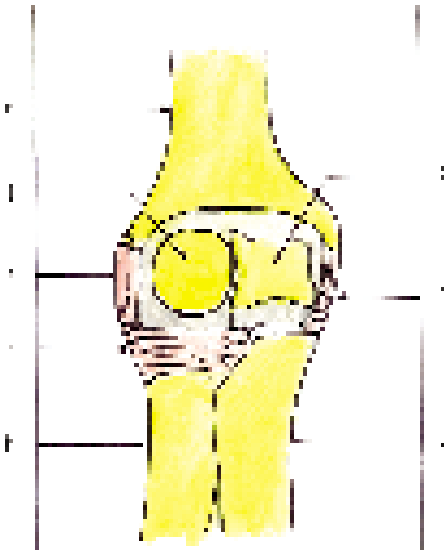


Fig. 27.9. *Articulación del codo derecho abierta por delante. a) húmero, b) radio, c) ulna, 1. cabecita humeral, 2. tróclea humeral, 3. ligamento colateral radial, 4. ligamento colateral ulnar, 5. ligamento anular del radio.*

biaxial y por lo tanto realiza 2 clases de movimientos en la mano, la flexión-extensión alrededor del eje frontal y la separación-aproximación alrededor del eje sagital. Además, cuando estos movimientos se combinan provocan la circunducción (fig. 27.13). Los movimientos de rotación lateral y medial que se observan en la mano, en realidad se efectúan por los huesos del antebrazo.

Los movimientos de la mano adquieren mayor amplitud por la acción conjunta de las articulaciones carpianas. Además, se complementan con los movimientos de los dedos que se efectúan fundamentalmente en las articulaciones metacarpofalángicas e interfalángicas. En general, los movimientos de los dedos de la mano son de flexión-extensión (hacia la palma y dorso de la mano), separación-aproximación (en relación con el eje de la mano que pasa por el dedo medio) y la circunducción (combinación de estos movimientos) (fig. 27.14); con la particularidad de que el dedo pulgar está colocado en una posición distinta a los otros dedos y por lo tanto, sus movimientos presentan características especiales; a esto se añade el movimiento de oposición que es típico del humano (fig. 27.15).



Fig. 27.10. *Movimientos del antebrazo en la articulación del codo. A. flexión-extensión, B. rotación lateral o supinación, C. rotación medial o pronación.*



Fig. 27.11. Articulaciones de los huesos del antebrazo derecho. Vista anterior. a) radio, b) ulna, 1. articulación radioulnar proximal, 2. articulación radioulnar distal, 3. membrana interósea del antebrazo.

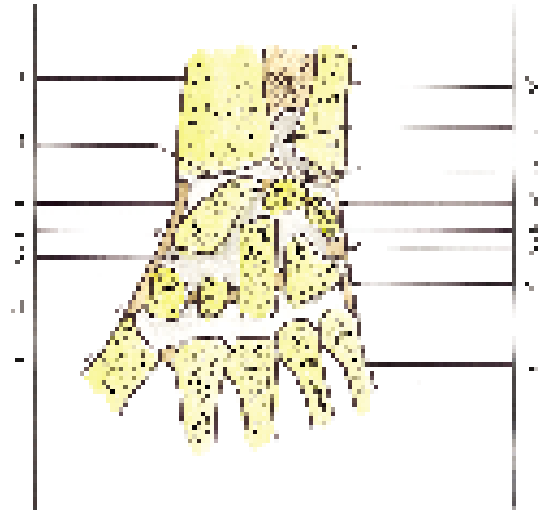


Fig. 27.12. Corte frontal de la mano derecha. a) radio, b) ulna, c) huesos de la hilera proximal del carpo, d. huesos de la hilera distal del carpo, e. metacarpianos, 1. articulación radioulnar distal, 2. disco articular, 3. articulación radiocarpiana, 4. ligamento colateral carpo radial, 5. ligamento colateral carpoulnar, 6. articulación medio-carpiana.



Fig. 27.13. Movimientos de la mano. A. Separación, B. aproximación, C. extensión, D. flexión, E. circunducción.

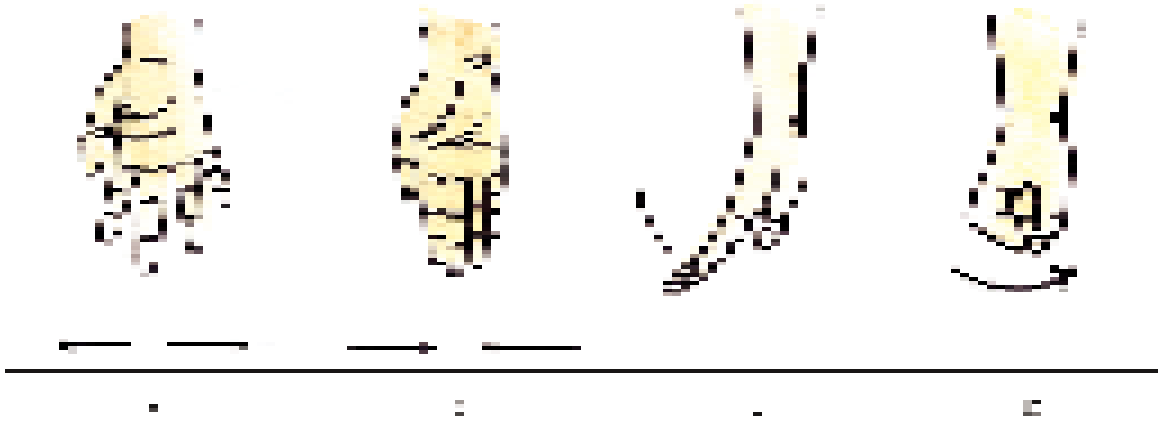


Fig. 27.14. Movimientos de los dedos de la mano. A. separación, B. aproximación, C. extensión, D. flexión.

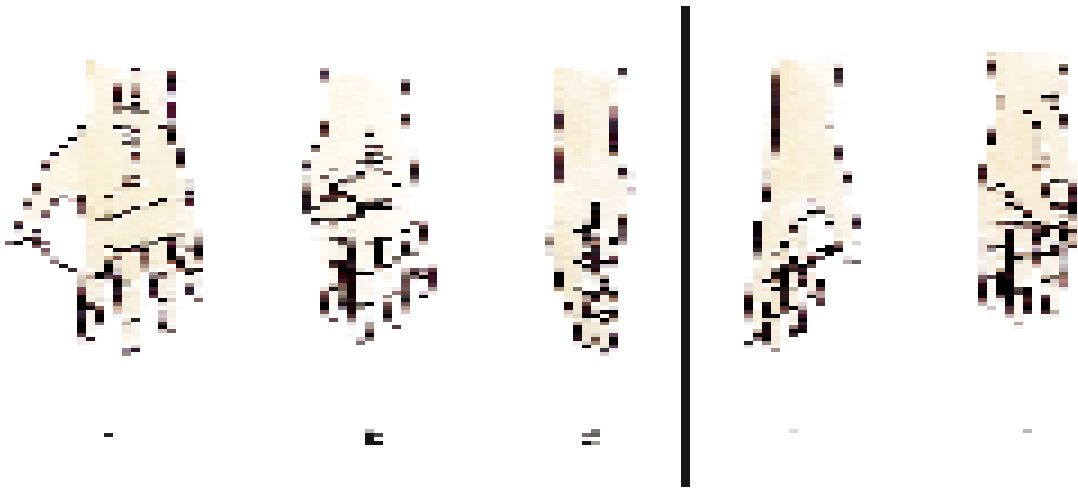


Fig. 27.15. Movimientos del pulgar. A. Extensión, B. flexión, C. aproximación, D. separación, E. oposición.

Huesos de los miembros inferiores

El esqueleto de los miembros inferiores, al igual que los superiores, está compuesto de 2 partes, una fija y otra libre. La parte fija une el miembro con el tronco y contribuye a formar el cinturón óseo de los miembros inferiores, compuesto por un par de huesos, los coxales, que se unen entre sí por delante y con el sacro por detrás para formar un anillo óseo llamado pelvis.

La parte libre comprende 3 segmentos: *el muslo* que cuenta con un solo hueso, el *fémur*. La pierna tiene 2 huesos, la *tibia* en su parte medial y la *fíbula* (peroné) en posición lateral. Entre los segmentos antes mencionados se encuentra la región de la rodilla que presenta en su parte anterior la patela (rótula). El pie se subdivide en 3 regiones, el tarso con 7 huesos, el metatarso con 5 y los dedos con 14 falanges. En estos miembros los huesos que predominan son también del

tipo largo, se observan además, huesos planos en el cinturón y huesos cortos en el tarso y la rodilla.

El esqueleto de los miembros inferiores, como el de los superiores se origina del mesénquima local que se deriva de la hoja somática del mesodermo lateral, a partir de unos esbozos que aparecen en la parte ventromedial del tronco en el nivel de las regiones lumbosacras y todos sus huesos se osifican mediante la osteogénesis cartilaginosa (endocondral).

El coxal (fig. 27.16) está situado en la parte lateral de la pelvis y unido por delante con el del lado opuesto, constituye el cinturón óseo de los miembros inferiores. Ambos coxales se unen por detrás con el sacro formando la pelvis ósea. Por su forma es un hueso plano, irregularmente cuadrilátero, parecido a una hélice. En el niño recién nacido está compuesto por 3 piezas óseas independientes, que se fusionan en la adolescencia y forman un hueso único, donde representan sus porciones que se denominan: *ilion*,

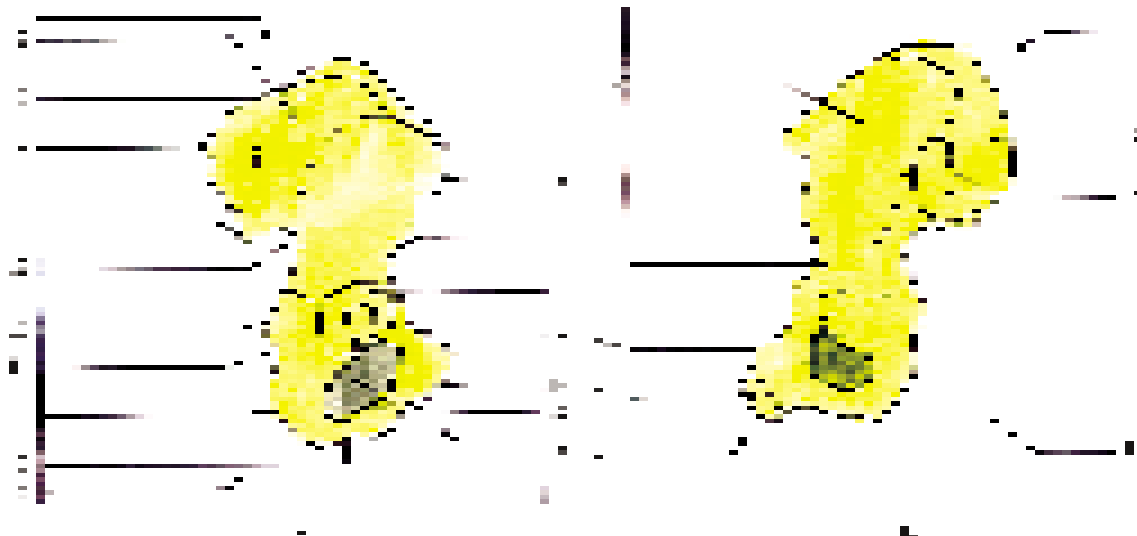


Fig. 27.16. Hueso coxal derecho. A. Vista externa, B. Vista interna, a) ilion, b) isquion, c) pubis, 1. cara semilunar del acetábulo, 2. fosa glútea, 3. cresta iliaca, 4. espina iliaca anterosuperior, 5. espina iliaca anteroinferior, 6. espina iliaca posterosuperior, 7. espina iliaca posteroinferior, 8. rama del isquion, 9. tuberosidad isquiática, 10. espina isquiática, 11. incisura isquiática menor, 12. incisura isquiática mayor, 13. rama superior del pubis, 14. rama inferior del pubis, 15. agujero obturado, 16. fosa iliaca, 17. línea arqueada, 18. tuberosidad iliaca, 19. cara auricular, 20. tubérculo púbico, 21. cara sinfisial.

isquion y *pubis*. El *ilion* está situado hacia arriba y está compuesto de 2 partes, *cuerpo* y *ala*. El *isquion* está situado hacia abajo y está formado por 2 partes, *cuerpo* y *rama*. El *pubis* está situado hacia delante y está constituido por 3 partes: *cuerpo*, *rama superior* y *rama inferior*. El detalle óseo más destacado de este hueso es el *acetábulo*, cavidad que se articula con el fémur y donde se reúnen los cuerpos de las 3 porciones del coxal. También se distingue el agujero obturado, enmarcado por el isquion y el pubis. En el ala del ilion sobresale el borde superior o cresta iliaca que se extiende entre las espinas iliacas anterosuperior y posterosuperior y presenta en su parte posterior la cara auricular que se articula con el sacro y en su parte inferior e interna la línea arqueada que la separa del isquion donde se distinguen la tuberosidad y espina isquiáticas. Por su estructura el ala del ilion constituye una fuente de obtención de hueso y médula ósea para realizar injertos (autoplástico).

El *fémur* (fig. 27.17) está situado en el muslo. Es el hueso más largo y grueso que existe en el cuerpo humano (parecido a un bastón con el puño oblicuo), cuya longitud representa aproximadamente un cuarto de la altura de la persona y está compuesto por 3 porciones: *epífisis proximal*, *epífisis distal* y *diáfisis*. El detalle óseo más destacado en la epífisis proximal es la cabeza del fémur que se articula con el coxal y se une al resto del hueso mediante el cuello femoral. Además, sobresalen 2 eminencias rugosas llamadas trocánteres mayor y menor, donde se insertan los músculos. En la epífisis distal se distinguen 2 caras articulares, los *cóndilos lateral* y *medial* que se unen por delante formando la cara patelar y a ambos lados sobresalen los *epicóndilos lateral* y *medial*.

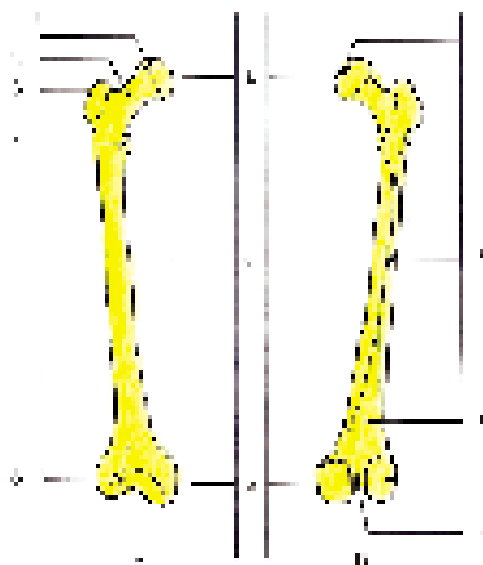


Fig. 27.17. Fémur derecho. A. Vista anterior, B. Vista posterior, a. epífisis proximal, b. epífisis distal, c. diáfisis, 1. cabeza, 2. cuello, 3. trocánter mayor, 4. trocánter menor, 5. fosita de la cabeza, 6. cara patelar, 7. cóndilos, 8. fosa intercondilar, 9. línea áspera, 10. cara poplítea.

La patela o rótula (fig. 27.18) está situada en la parte anterior de la rodilla, incluida en el espesor del tendón del músculo cuadríceps femoral. Se clasifica como un hueso corto y es considerado como el hueso sesamoideo más grande del esqueleto. En la patela se reconocen las porciones siguientes: base, ápice, 2 bordes y 2 caras, una anterior rugosa y otra posterior articular.

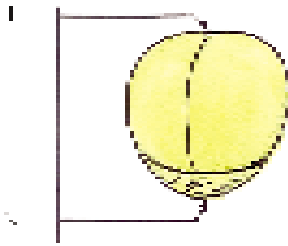


Fig. 27.18. Patela derecha. Cara posterior o articular. 1. Base, 2. ápice.

La tibia (fig. 27.19) está situada en la parte medial de la pierna, transmite el peso del cuerpo a los huesos del pie, en la posición erecta. Por su forma es un hueso largo (parecido a un bastón con el puño voluminoso), que presenta 3 porciones, epífisis proximal, epífisis distal y diáfisis. La epífisis proximal se amplía hacia ambos lados por 2 eminencias llamadas cóndilos lateral y medial, donde se encuentran las caras articulares superiores, separadas por la eminencia intercondilar. En la epífisis distal se destaca el maleolo medial, conocido corrientemente como tobillo, y las caras articulares maleolar e inferior de la tibia.

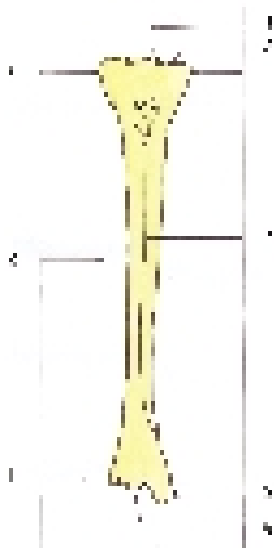


Fig. 27.19. Tibia derecha. Vista anterior a) epífisis proximal, b) epífisis distal, c) diáfisis. 1. cóndilos, 2. caras articulares superiores, 3. eminencia intercondilar, 4. tuberosidad, 5. maleolo medial, 6. cara articular inferior, 7. borde anterior.

La fíbula o peroné (fig. 27.20) está situada en la parte lateral de la pierna. Tiene la forma de los huesos largos (semejante a un bastón delgado), que presenta 3 porciones, *epífisis proximal*, *epífisis distal* y *diáfisis*.

En la epífisis proximal se destaca la cabeza de la fíbula con su cara articular y en la epífisis distal el maleolo lateral con su cara articular.



Fig. 27.20. Fíbula derecha. Vista medial a) epífisis proximal, b) epífisis distal, c) diáfisis, 1. ápice de la cabeza, 2. cara articular de la cabeza, 3. cara articular maleolar, 4. fosa maleolar lateral, 5. borde interóseo.

Los huesos del pie están situados en 3 regiones, *tarso*, *metatarso* y *dedos* (fig. 27.21). El *tarso* está compuesto por 7 huesos cortos dispuestos en 2 filas. La *fila posterior* o proximal cuenta con 2 huesos, el *talo* (astrágalo) hacia arriba y el *calcáneo* hacia abajo. La *fila anterior* o distal tiene 5 huesos dispuestos en 2 partes, medial y lateral. En la parte medial se encuentra por delante del talo, el hueso navicular y por delante de este, los cuneiformes: medial, intermedio y lateral, mientras que en la parte lateral solo hay un hueso, el cuboideo, situado delante del calcáneo. El metatarso está constituido por 5 pequeños huesos largos, parecidos a los metacarpianos de la mano, que se nombran numerándolos a partir del borde medial del pie. Los dedos del pie al igual que en la mano, están formados por huesos largos pequeños, llamados falanges proximal, media y distal, pero el primer dedo o dedo grueso no tiene falange media. Además, en el pie se observan huesos sesamoideos en las regiones cercanas a las articulaciones del primer dedo.

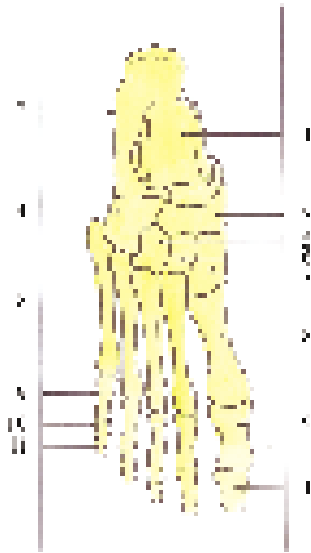


Fig. 27.21. *Pie derecho. Vista superior. 1. tarso, 2. calcáneo, 3. navicular, 4. cuboideo, 5. cuneiforme medial, 6. cuneiforme intermedio, 7. cuneiforme lateral, 8. metatarsiano, 9. falange proximal, 10. falange media, 11. falange distal.*

Articulaciones de los miembros inferiores

Los huesos de los miembros inferiores están unidos principalmente por articulaciones sinoviales, aunque estas articulaciones tienen menos movilidad que en los miembros superiores; porque además de participar en los movimientos de la marcha, tienen que soportar y transmitir el peso del cuerpo en la posición bípeda.

En el cinturón de los miembros inferiores del adulto se encuentran un par de articulaciones sinoviales de poca movilidad (articulaciones sacroiliacas) y una articulación cartilaginosa (sínfisis púbica), que están reforzadas por potentes ligamentos, entre los que se destacan el sacroespinal y el sacrotuberal (fig. 27.22). En las primeras etapas del desarrollo las 3 piezas óseas que forman el coxal están unidas por articulaciones cartilaginosas temporales o sincondrosis, las que se transforman en sinostosis en la adolescencia. En general, la unión de los miembros inferiores con el tronco se caracteriza porque tiene un predominio óseo que le proporciona solidez, permitiéndole soportar el peso del cuerpo y actuar como una grúa de plataforma fija.

En la parte libre de los miembros inferiores se distinguen 3 pares de articulaciones sinoviales de gran movilidad (articulación coxal, articulación de la rodilla y articulación talocrural).

Los 2 huesos de la pierna se unen entre sí por medio de 3 articulaciones, una de ellas es sinovial de poca movilidad en el extremo superior o proximal



Fig. 27.22. *Articulaciones del cinturón de los miembros inferiores. Vista superior de la pelvis 1. articulación sacroiliaca, 2. sínfisis púbica, 3. ligamento sacroespinal, 4. ligamento sacrotuberal.*

(articulación tibiofibular) y las otras 2, fibrosas del tipo sindesmosis, en el extremo inferior o distal (sindesmosis tibiofibular) y uniendo las diáfisis de ambos huesos (membrana interósea) (ver fig. 27.27).

En el pie hay numerosas articulaciones sinoviales que de forma parecida a las de la mano presentan una movilidad limitada cuando se consideran aisladamente, pero en conjunto aumentan la amplitud de los movimientos de esta región (ver fig. 27.28) (cuadro 27.2).

La articulación coxal, coxofemoral o de la cadera (fig. 27. 23) une el cinturón óseo con el esqueleto de la parte libre de los miembros inferiores y articula el coxal con el fémur. Es una articulación sinovial, simple, de forma esferoidal; sus caras articulares son la cabeza del fémur y la cavidad acetabular del coxal, donde presenta un fibrocartilago intraarticular en forma de anillo, el labro acetabular. El medio de unión fundamental es la cápsula articular que se caracteriza porque es gruesa y está reforzada por varios ligamentos (ligamentos iliofemoral, isquiofemoral, pubofemoral y de la cabeza). En el espesor del ligamento de la cabeza se encuentran vasos sanguíneos que contribuyen a nutrir la cabeza del fémur. En la articulación coxal se realizan los movimientos del fémur alrededor de los 3 ejes fundamentales del cuerpo (poliaxial). Estos movimientos son de separación y aproximación alrededor del eje sagital, de flexión y extensión alrededor del eje frontal y la combinación de estos movimientos produce la circunducción. Además, se efectúan los movimientos de rotación lateral y medial alrededor del eje vertical (fig. 27. 24).

Cuadro 27.2. Articulaciones (A) de los miembros inferiores (MI)

Localización	Clasificación	Nombre
Cinturón MI	Sinovial	Articulación sacroiliaca
	Cartilaginosa (sínfisis)	Sínfisis púbica
Parte libre MI	Sinoviales de gran movilidad	Articulación coxal
		Articulación de la rodilla
		Articulación talocrural
Pierna	Sinovial	Articulación tibiofibular
	Fibrosa (sindesmosis)	Sindesmosis tibiofibular
		Membrana interósea
Pie	Sinoviales	Articulaciones intertarsianas
		Articulación transversa del pie
		Articulaciones tarsometatarsianas
		Articulaciones intermetatarsianas
		Articulaciones etatarsofalángicas
		Articulaciones interfalángicas



Fig. 27.24. Movimientos del muslo en la articulación coxal. A. separación-aproximación, B. flexión-extensión, C. circunducción, D. rotación lateral-medial.

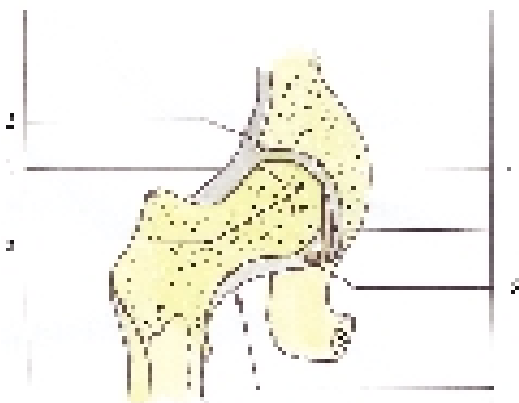


Fig. 27.23. Articulación coxal. Corte frontal a) acetábulo del coxal, b) cabeza del fémur, 1. cápsula articular, 2. labro del acetábulo, 3. ligamento transverso del acetábulo, 4. ligamento de la

La articulación de la rodilla (fig. 27. 25) une los huesos correspondientes a las regiones del muslo, pierna y rodilla, excepto la fíbula; articula el fémur, la tibia y la patela. Es una articulación sinovial, compuesta, compleja y de forma bicondilar, cuyas caras articulares son la cara patelar y los cóndilos del fémur, las caras articulares superiores de la tibia y la cara articular de la patela. Cuenta con 2 fibrocartílagos intraarticulares en forma de media luna, llamados meniscos lateral y medial. Los medios de unión están compuestos por la cápsula articular y numerosos ligamentos que la refuerzan y le proporcionan gran

estabilidad (ligamento patelar, ligamentos colaterales tibial y fibular y ligamentos cruzados anterior y posterior). La articulación de la rodilla es de tipo biaxial. Alrededor del eje frontal se realizan los movimientos principales de esta articulación que son de flexión y extensión de la pierna. Alrededor del eje vertical se producen los movimientos de rotación lateral y medial de la pierna, que son muy limitados y solo se pueden realizar con la pierna flexionada (figs. 27. 26 y 27.7).

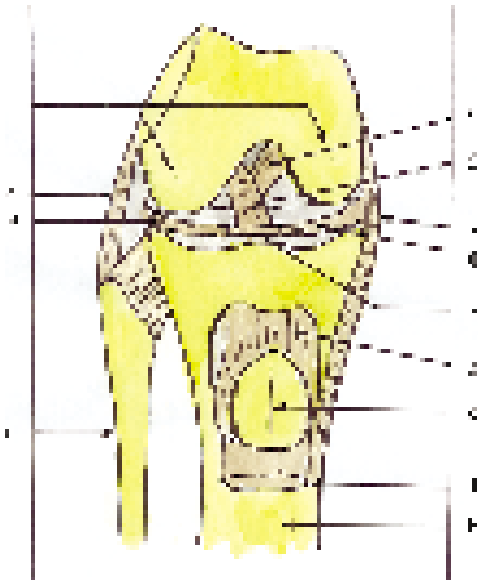


Fig. 27.25. *Articulación de la rodilla derecha abierta por delante. a) condilos del fémur, b) tibia, c) patela, d) fíbula, 1. tendón del músculo cuadríceps femoral, 2. ligamento patelar, 3. ligamento colateral tibial, 4. ligamento colateral fibular, 5. ligamento cruzado anterior, 6. ligamento cruzado posterior, 7. ligamento transverso de la rodilla, 8. menisco medial, 9. menisco lateral.*



Fig. 27.26. *Movimiento de la pierna en la articulación de la rodilla. Flexión-extensión.*

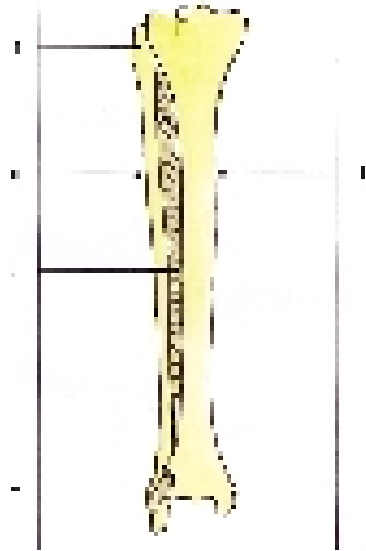


Fig. 27.27. *Articulaciones de los huesos de la pierna. a) fíbula, b) tibia, 1. articulación tibiofibular, 2. sindesmosis tibiofibular, 3. membrana interósea.*

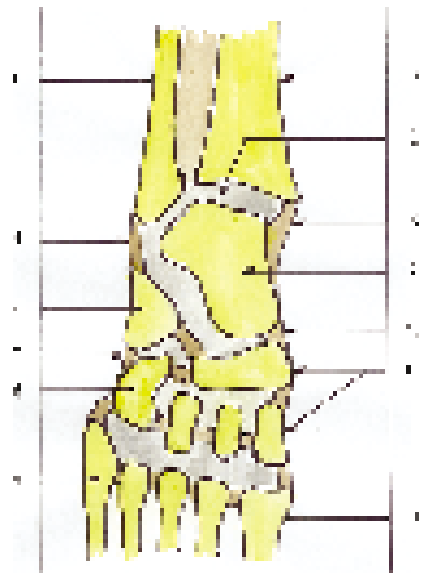


Fig. 27.28. *Corte que pasa por las articulaciones talocrural y del pie. a) fíbula, b) tibia, c) huesos de la hilera proximal del tarso, d) huesos de la hilera distal del tarso, e) metatarsianos, 1. articulación talocrural, 2. articulación transversa del pie, 3. ligamento medial, 4. ligamento calcáneo fibular.*

La articulación talocrural, tibiotarsiana o del tobillo (fig. 27.28) une los 2 huesos de la pierna, la tibia y la fibula, con el talo del tarso para formar la unión esquelética entre la pierna y el pie. Algunos autores incluyen en la articulación del tobillo las otras articulaciones del talo con los huesos vecinos (calcáneo y navicular). La articulación talocrural se clasifica como una articulación sinovial, compuesta, en forma de gínglimo o tróclea, cuyas caras articulares son la inferior de la tibia, maleolares de la tibia y la fibula que abarcan en forma de horquilla la tróclea talar. Los

medios de unión son la cápsula articular y los ligamentos (ligamentos medial y laterales). En esta articulación se producen los movimientos de flexión (flexión dorsal) y extensión (flexión plantar) del pie alrededor del eje frontal (fig. 27.29). Sin embargo, en el pie óseo en conjunto se producen movimientos combinados de mayor amplitud, por la acción conjunta de las articulaciones talocrural e intertarsianas, que se denominan inversión (flexión plantar, aproximación y rotación lateral) y evasión (flexión dorsal, separación y rotación medial) (fig. 27. 29).



Fig. 27.29. Movimientos del pie. A. flexión, B. extensión, C. separación, D. aproximación, E. rotación lateral, F. rotación medial.

28. Esqueleto de los miembros en conjunto

Aspecto general del esqueleto de los miembros

Como ya se explicó antes, en el esqueleto de los miembros, tanto superiores como inferiores, se distinguen 2 partes: una *fija* y otra *libre*.

El esqueleto de los miembros superiores (fig. 28.1) en conjunto no presenta características especiales, se destacan en la parte fija 2 huesos planos, la clavícula por delante y la escápula por detrás. La parte libre está compuesta por un sistema de palancas articuladas, donde se realizan los grandes movimientos de esta región, que está formada por 3 segmentos en los que predominan los huesos largos. En el brazo se encuentra el húmero. En el antebrazo se hallan la ulna (cúbito) en la parte medial y el radio en la lateral. En la mano se localizan los huesos del carpo, metacarpo y falanges de los dedos, que en conjunto representan en el hombre un verdadero instrumento de trabajo. Los huesos del carpo en conjunto forman por su cara palmar el surco carpiano, por donde pasan los tendones de los músculos flexores de los dedos.

En el esqueleto de los miembros inferiores (fig. 28.2) la parte fija está compuesta por un hueso plano, el coxal, que al articularse con el del otro lado forma el cinturón óseo de estos miembros y al unirse este cinturón con el sacro por detrás forma la pelvis ósea. La parte libre también está formada por un sistema de palancas articuladas cuya función fundamental es la locomoción y mantener la posición bípeda o erecta en el humano. Esta parte de los miembros inferiores está compuesta por 3 segmentos en los que predominan los huesos largos. En el muslo se localiza el fémur. En la pierna se observan la tibia en su parte medial y la fibula (peroné) en la lateral. En la región de la rodilla, se encuentra la patela (rótula) por delante. En el pie se hallan los huesos del tarso, metatarso y falanges de los dedos. De todas estas regiones del esqueleto de

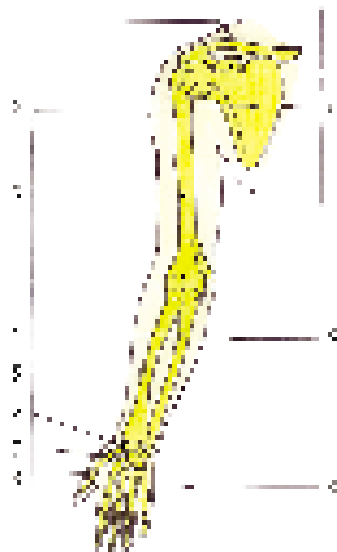


Fig. 28.1. Esqueleto del miembro superior derecho. Vista anterior a) cinturón, b) brazo, c) antebrazo, d) mano, 1. clavícula, 2. escápula, 3. húmero, 4. ulna, 5. radio, 6. huesos del carpo, 7. metacarpios, 8. falanges de los dedos.

los miembros inferiores, 2 de ellas, la pelvis y el pie presentan en conjunto características especiales, por lo que serán estudiadas a continuación con mayor amplitud.

Aspecto general de la pelvis ósea

La pelvis representa un anillo óseo que une los miembros inferiores con el tronco y forma una cavidad donde se alojan vísceras importantes de los aparatos genitourinario y digestivo, así como elementos vasculonerviosos. Además, es la vía de paso del feto en el acto del parto.

La pelvis ósea está constituida por los 2 coxales, el sacro y el cóccix y se divide para facilitar su estudio en 2 porciones: la pelvis mayor hacia arriba y la pelvis

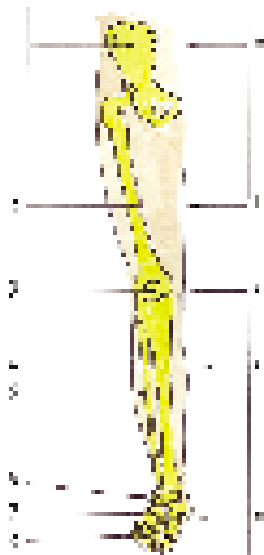


Fig. 28.2. Esqueleto del miembro inferior derecho. Vista anterior a) cinturón, b) muslo, c) rodilla, d) pierna, e) pie, 1. coxal, 2. fémur, 3. patela, 4. tibia, 5. fibula, 6. huesos del tarso, 7. metatarsianos, 8. falange de los dedos.

menor hacia abajo. El límite entre estas 2 porciones es la línea terminal que está compuesta a ambos lados de atrás hacia delante, por el promontorio en la base del sacro, la línea arqueada del ilion, la cresta pectínea del pubis y el borde superior de la sínfisis del pubis (fig. 28.3).

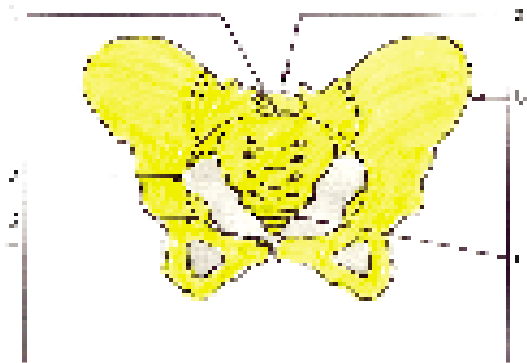


Fig. 28.3. Pelvis ósea. Vista anterosuperior a) coxal, b) sacro, c) cóccix; línea terminal formada por. 1. promontorio, 2. línea arqueada, 3. cresta pectínea, 4. borde superior de la sínfisis del pubis.

La pelvis mayor carece de paredes óseas por delante y está limitada lateralmente por las alas del ilion, presenta posteriormente un espacio ocupado por las 2 últimas vértebras lumbares.

Las paredes óseas de la pelvis menor están constituidas hacia delante por las porciones púbicas de los coxales, hacia atrás por los huesos sacro y cóccix y hacia los lados por los cuerpos de las porciones iliacas e isquiáticas de los coxales.

La pelvis menor constituye la llamada cavidad pelviana que presenta una abertura superior y otra inferior. La abertura superior de la cavidad pelviana se corresponde con la línea terminal ya mencionada, que la separa de la pelvis mayor. La abertura inferior está formada a ambos lados, de atrás hacia delante, por el cóccix, ligamento sacrotuberal, tuberosidad y rama del isquion, rama inferior del pubis y borde inferior de la sínfisis del pubis.

Pelvimetría y diámetros de la pelvis

La pelvimetría consiste en la medición de los diámetros de la pelvis, o sea, de las líneas imaginarias que unen 2 puntos opuestos de la pelvis, que se puede realizar con el compás obstétrico o pelvímeter y la radiografía de esta región; esto tiene gran importancia obstétrica. Las dimensiones de los diámetros de la pelvis en la mujer oscilan de 9 a 13 cm.

En la abertura superior de la cavidad pelviana los diámetros más utilizados son el transversal (entre ambas líneas arqueadas del ilion), los oblicuos (entre la articulación sacroiliaca de un lado y la eminencia iliopúbica del otro) y los anteroposteriores o conjugados que miden la distancia entre el promontorio y diferentes partes de la sínfisis del pubis: el conjugado anatómico (suprapúbico), el conjugado obstétrico (retropúbico), y el conjugado diagonal (subpúbico) (fig. 28.4).

En la abertura inferior de la cavidad pelviana se utilizan el diámetro anteroposterior o recto (entre el ápice del cóccix y el borde inferior de la sínfisis del pubis) y transversal o bisquiático (entre las tuberosidades isquiáticas de ambos coxales). De todos estos diámetros, el transversal de la abertura superior es el más largo (13 cm) y el anteroposterior o recto de la abertura inferior es el más corto (9 cm).

La pelvis en su posición normal está inclinada hacia delante. Esta inclinación de la pelvis se mide por el ángulo formado al unirse hacia delante el plano horizontal con el plano de la abertura superior de la pelvis, que se corresponde con el diámetro anteroposterior, conjugado anatómico.

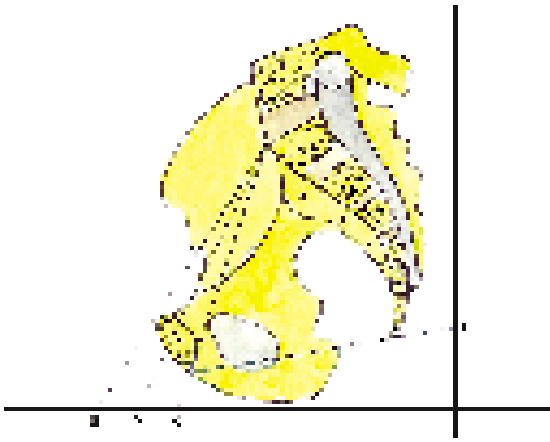


Fig. 28.4. Pelvis ósea. Corte sagital. Diámetros) conjugado anatómico, b) conjugado obstétrico, c) conjugado diagonal, d) recto de la abertura inferior.

Aspecto general del pie óseo

En el humano, el pie tiene la función de sostener el peso del cuerpo en la posición bípeda. Por tal motivo, presenta una forma abovedada que le proporciona elasticidad en los movimientos de la marcha.

Los huesos del pie en conjunto se disponen formando una bóveda de concavidad plantar, donde se describen 2 arcos, uno longitudinal y otro transversal (fig. 28.5).

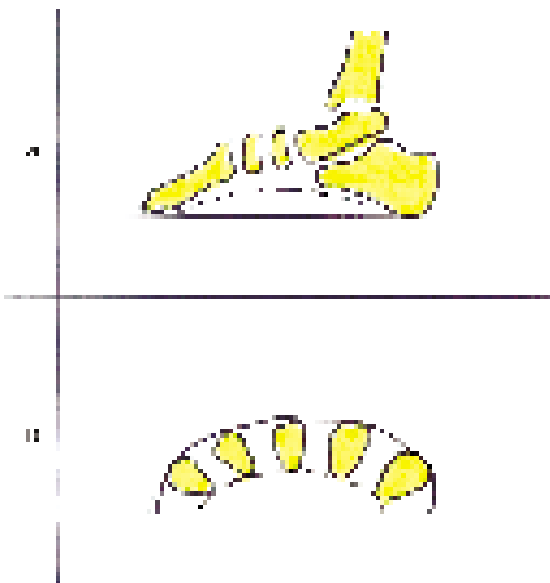


Fig. 28.5. Pie óseo derecho. A. vista medial de corte sagital, B. vista anterior de corte transversal.

El arco longitudinal se apoya posteriormente en el calcáneo y tiene 5 puntos de apoyo anteriores en la cabeza de los metatarsianos, presenta además, su borde medial más elevado que el lateral.

El arco transversal se extiende desde el borde lateral del pie hasta el medial, abarca los huesos de la fila distal del tarso y los metatarsianos.

La bóveda del pie está reforzada por ligamentos y músculos, entre los que se destaca el ligamento plantar largo que se extiende desde el calcáneo hasta los metatarsianos, y se inserta además en el hueso cuboideo.

Anatomía de superficie del esqueleto de los miembros

Las estructuras óseas de los miembros superiores que se destacan en la superficie del cuerpo se hallan en la región escapular del dorso del tronco, la región axilar correspondiente al pecho y las regiones de estos miembros ya mencionados antes (deltoidea, brazo, codo, antebrazo y mano) (fig. 28.6). En la región escapular del dorso del tronco se distinguen algunas porciones y detalles de la escápula, como la cara dorsal, el ángulo inferior, el borde medial y la espina. En la región axilar correspondiente a la región pectoral o del pecho se pueden palpar con el brazo separado, el borde lateral de la escápula y la cabeza del húmero. En la región deltoidea (hombro) se palpa la clavícula y por debajo de ella (en la fosa infraclavicular) el proceso coracoideo de la escápula. Además, se palpan el acromion de la escápula, los tubérculos mayor y menor del húmero y la cabeza de este hueso cuando se mantiene el brazo en rotación lateral. En la región del brazo se palpa el húmero. En la región del codo se reconocen los epicóndilos medial y lateral del húmero, el olécranon de la ulna y la cabeza del radio. En la región del antebrazo se palpan el radio y la ulna y en su extremidad distal se localizan los procesos estiloides de estos huesos, así como la cabeza de la ulna. En la región de la mano se pueden palpar los huesos del carpo según sus posiciones. En el dorso del metacarpo se palpan los metacarpianos y en los dedos las falanges.

Las estructuras óseas de los miembros inferiores que se distinguen en la superficie del cuerpo se encuentran en la región púbica perteneciente al abdomen y en las regiones correspondientes a estos miembros (glútea, muslo, rodilla, pierna y pie) (fig. 28.7). En la región púbica o parte inferior y media de la pared anterior del abdomen se palpa la sínfisis púbica. En la región glútea (cadera) se pueden palpar algunas porciones y detalles del coxal, como la cresta iliaca, las espinas ilíacas anterosuperior y posterosuperior (esta

última indicada por una depresión). Además, en la parte inferior de la nalga y con el muslo flexionado se palpa la tuberosidad isquiática. En la parte lateral de esta región se localiza el trocánter mayor del fémur. En la región del muslo, el fémur se palpa con dificultad. En la región de la rodilla se distingue por delante la patela (rótula) y los epicóndilos del fémur a los lados.

En la región de la pierna se palpa en toda su extensión la tibia, en su extremidad proximal la cabeza de la fíbula (peroné) y en su extremidad distal los maleolos medial y lateral (tobillos). En la región del pie se pueden palpar los huesos del tarso, principalmente el calcáneo. En el dorso del pie se palpan los metatarsianos y en los dedos las falanges.

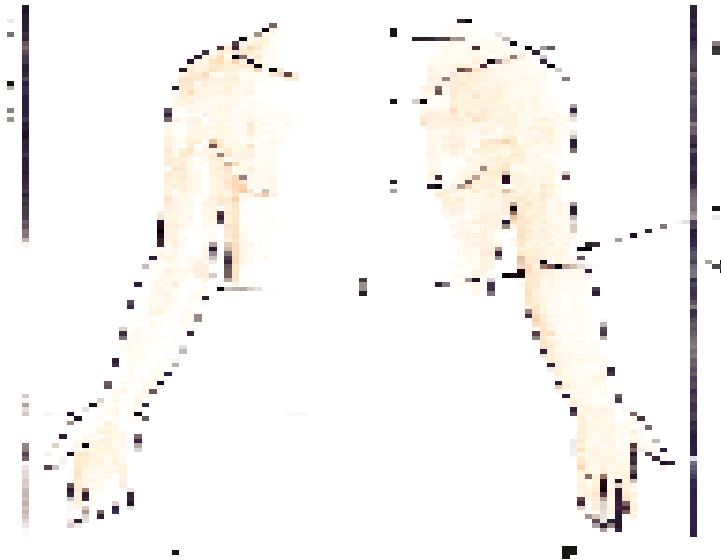


Fig. 28.6. Anatomía de superficie del esqueleto del miembro superior derecho. A. Vista anterior, B. Vista posterior, 1. clavícula, 2. espina de la escápula, 3. acromion, 4. borde medial de la escápula, 5. ángulo inferior de la escápula, 6. tubérculo mayor del húmero, 7. tubérculo menor del húmero, 8. epicóndilo medial del húmero, 9. cabeza del radio, 10. olécranon de la ulna, 11. proceso estiloideo de la ulna, 12. proceso estiloideo del radio.



Fig. 28.7. Anatomía de superficie del esqueleto del miembro inferior derecho. A. Vista anterior, B. Vista posterior, 1. cresta iliaca, 2. espina iliaca anterosuperior, 3. espina iliaca posterosuperior, 4. tubérculo púbico, 5. tuberosidad isquiática, 6. trocánter mayor del fémur, 7. patela, 8. cabeza de la fíbula, 9. tuberosidad de la tibia, 10. borde anterior de la tibia, 11. maleolo medial, 12. maleolo lateral.

Anatomía radiológica del esqueleto de los miembros

En los miembros superiores se realizan con bastante frecuencia las radiografías de las regiones deltoidea (hombro), codo y mano, con la utilización fundamentalmente de la posición frontal y para complementar esta vista se emplean otras posiciones de acuerdo con la región de que se trate. En la radiografía frontal (anteroposterior) de la región deltoidea o del hombro (fig. 28.8), se observa la articulación humeral con sus caras articulares, la epífisis proximal del húmero con sus detalles (cabeza, cuello, tubérculos mayor y menor), la escápula, la extremidad acromial y cuerpo de la clavícula, y las costillas superiores. En las radiografías frontal y lateral del codo (fig. 28.9) se observan la articulación del codo con sus caras articulares, la epífisis distal del húmero con sus detalles (cabecita, tróclea y epicóndilos), la epífisis proximal de la ulna con sus detalles (olécranon y proceso coronoideo) y la epífisis proximal del radio con sus detalles (cabeza y cuello). En la radiografía frontal dorso-palmar de la mano (fig. 28.10) se ven las epífisis distales de los huesos del antebrazo, el radio más ancho con su proceso estiloides y la ulna más delgada, con su cabeza y proceso estiloides, los huesos del carpo, metacarpo y las falanges de los dedos. La radiografía del carpo en el niño (fig. 28.11) es utilizada para calcular la edad ósea del individuo que tiene una correspondencia aproximada con su edad real, pues los huesos del carpo se osifican en etapas determinadas del infante (1 a 6 años), excepto el pisiforme que se osifica a los 10 años aproximadamente.



Fig. 28.8. Radiografía del hombro derecho, frontal anteroposterior.



Fig. 28.9. Radiografía del codo derecho. A. frontal, B. lateral.



Fig. 28.10. Radiografía de mano derecha frontal.



Fig. 28.11. Radiografía de mano derecha frontal de un niño.

En los miembros inferiores se realizan frecuentemente las radiografías de la pelvis y de las regiones glútea (cadera), rodilla y pie, con el empleo sobre todo de la posición frontal, aunque también se utilizan otras posiciones complementarias según la región. En la radiografía frontal (anteroposterior) de la pelvis (fig. 28.12) se observa todo el cinturón óseo de los miembros inferiores, constituidos por los 2 coxales que junto al sacro y cóccix forman la pelvis ósea. Además se ven la últimas vértebras lumbares y las epífisis proximales de los fémures, por lo que pueden compararse las estructuras óseas de ambos lados. En la radiografía frontal de la región glútea o cadera (fig. 28.13) se destaca la articulación coxal con sus caras articulares, el hueso coxal con sus porciones (ilion, isquion y pubis) y la epífisis proximal del fémur con sus detalles (cabeza, cuello, trocánter mayor y trocánter menor). En la radiografía frontal y lateral de la rodilla (fig. 28.14) se observa la articulación con sus caras articulares y los huesos que la componen, o sea, la epífisis distal del fémur con los cóndilos y epicóndilos, la epífisis proximal de la tibia con la eminencia intercondílea y la patela. También es visible la extremidad proximal de la fíbula con su cabeza, que no forma parte de la articulación de la rodilla. En la radiografía frontal de la articulación talocrural o del tobillo (fig. 28.15) se aprecia la disposición de la horquilla tibiofibular sobre el talo, formada por la cara articular inferior de la tibia y los maleolos medial y lateral. En la radiografía lateral de la articulación talocrural o del tobillo (fig. 28.15) se observan superpuestas las epífisis distales de los huesos de la pierna (tibia y fíbula) y por debajo de estas se destacan los huesos del tarso (el talo sobre el calcáneo, por

delante del calcáneo el cuboideo, por delante del talo el navicular y por delante de este los cuneiformes). En la radiografía dorsoplantar del pie se distinguen mejor los huesos metatarsianos, las falanges de los dedos y los huesos sesamoideos de esta región. En general, las radiografías del esqueleto de los miembros en los niños muestran los centros de osificación de los huesos según van apareciendo y se observa la separación de las distintas piezas óseas que formarán el hueso definitivo en el adulto, esto debe tenerse en cuenta para no confundirlas con las fracturas. Por ejemplo en el coxal (ilion, isquion y pubis) y en los huesos largos (epífisis y diáfisis) (fig. 28.16).



Fig. 28.12. Radiografía de pelvis frontal.



Fig. 28.13. Radiografía de cadera derecha frontal.

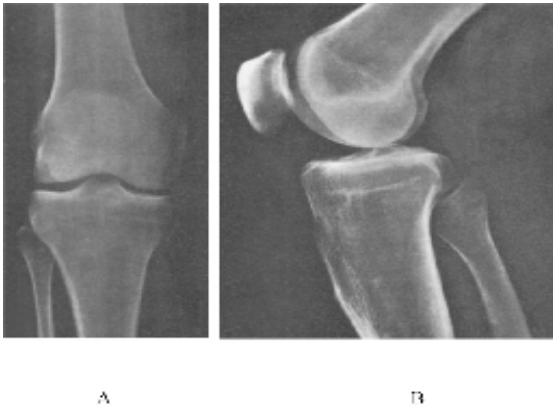


Fig. 28.14. Radiografía de rodilla derecha. A. frontal, B. lateral.

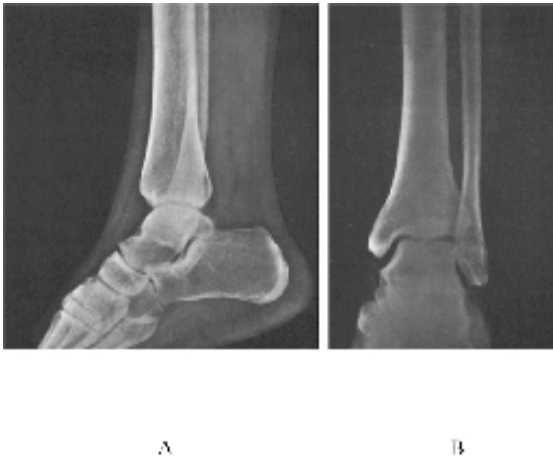


Fig. 28.15. Radiografía del tobillo. A. frontal, B. lateral.

Alteraciones del esqueleto de los miembros

El esqueleto de los miembros, al igual que el esqueleto de otras regiones, presenta variaciones según la edad, el sexo y el individuo, que comprenden modificaciones del número, tamaño, forma y disposición de los huesos. Las variaciones según la edad, más destacadas, están relacionadas con el proceso de osificación y desarrollo de los huesos, principalmente de los largos, cuyo



Fig. 28.16. Radiografía de rodilla derecha frontal de un niño.

crecimiento es proporcional al crecimiento total del cuerpo. Las variaciones según el sexo más significativas se observan en la pelvis ósea que en la hembra está adaptada a la función de reproducción, en general es más ancha y baja, con las alas del ilion dispuestas más horizontales. Además, la abertura superior de la cavidad pelviana presenta una forma oval transversa y el ángulo subpúbico es más abierto (arco subpúbico) (fig. 28.17). Las variaciones individuales son muy numerosas y algunas de ellas pueden considerarse como afecciones del esqueleto cuando provocan serios trastornos morfofuncionales.

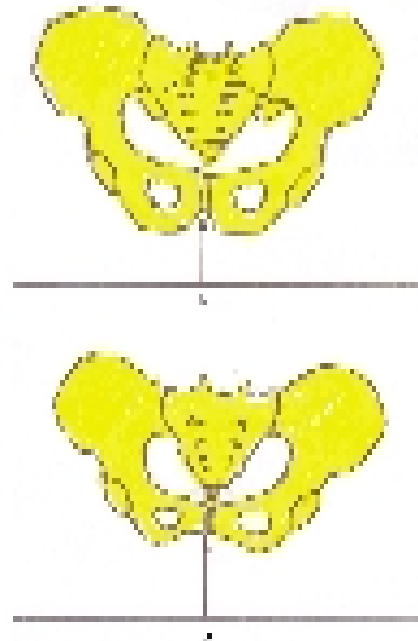


Fig. 28.17. Pelvis ósea. Vista anterosuperior A. masculina, B. femenina, a. ángulo subpúbico, b. arco subpúbico.

Las afecciones del esqueleto de los miembros que más llaman la atención son las malformaciones congénitas, especialmente aquellas que provocan mayores limitaciones en sus funciones, como la falta de los miembros (amelia), la fusión de los miembros inferiores (sirenomelia) y la unión de las manos y los pies directamente del tronco, de forma parecida a las aletas de las focas (focomelia). En ocasiones los segmentos de los miembros están completos pero son anormalmente pequeños (micromelia), como se observa en los enanos acondroplásicos, por causa de un defecto de la proliferación del cartílago epifisario de los huesos largos. Las malformaciones más frecuentes del esqueleto de los miembros ocurren en los dedos, por su aumento (polidactilia) o su fusión (sindactilia). También es relativamente frecuente la mano y pie hendido (pinza de langosta). Además, en los pies se

pueden presentar distintos tipos de deformaciones (plano, cavo, varo, valgo, equino y calcáneo), que generalmente se encuentran combinados como el equinovaro (en inversión forzada) y el calcáneo valgo (en eversión forzada). En las articulaciones de los miembros las afecciones más frecuentes son las artritis y las artrosis.

Las lesiones traumáticas del esqueleto de los miembros son muy frecuentes, provocan serios trastornos en sus funciones y limitan su amplia movilidad. Entre las lesiones traumáticas más frecuentes de los miembros se destacan los esguinces del tobillo, la luxación escapulohumeral, y las fracturas de los huesos en la parte libre de los miembros, principalmente del antebrazo y la pierna y de la cadera en los ancianos (del cuello del fémur).

29. Parte activa del sistema osteomioarticular o sistema muscular (Miología)

Concepto y funciones generales del músculo esquelético

Los *músculos esqueléticos* son órganos carnosos, blandos, de color rojo pardo, que tienen la propiedad de contraerse, y constituyen la parte activa del sistema osteomioarticular. Estos músculos realizan la función de la mecánica animal, al provocar los movimientos del cuerpo y mantienen el equilibrio o postura de este. Además, producen energía calórica. Los músculos esqueléticos en el humano son numerosos, existen aproximadamente 400, que se insertan la mayoría de ellos en los huesos, pero algunos lo hacen en otras estructuras.

Porciones de los músculos esqueléticos

En general, las porciones fundamentales de los músculos esqueléticos son el vientre y los extremos (fig. 29.1).

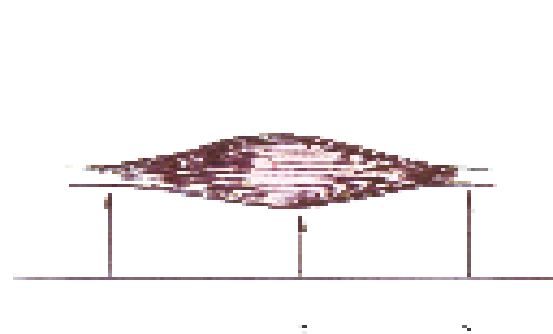


Fig. 29.1. Porciones de un músculo esquelético. 1. extremo, 2. vientre muscular, 3. extremo.

El vientre o cuerpo muscular es la parte carnosa que se contrae activamente.

Los extremos corresponden a la parte fija o de inserción de los músculos. El extremo proximal, en relación con el plano medio del cuerpo, se denomina cabeza o inserción de origen y el extremo distal se llama cola o inserción terminal. La mayoría de los músculos esqueléticos se insertan en los huesos, pero también lo hacen en cartílagos (laríngeos), piel (cutáneos), mucosa (linguales) y tejido fibroso (oculares). Los extremos de los músculos generalmente están constituidos por los tendones que son estructuras formadas de tejido conectivo denso regular, de color blanco brillante, mediante los cuales los músculos se insertan en las estructuras correspondientes. Los tendones anchos y delgados reciben el nombre de aponeurosis y algunos tendones no se encuentran en los extremos, sino dividiendo la parte carnosa en 2 o más vientres, por lo que se les conocen como intersecciones musculares.

Cuando un músculo se contrae, acortando sus fibras, uno de sus extremos permanece fijo y el otro se mueve. Habitualmente las cabezas de los músculos son los puntos fijos y las colas los puntos móviles, aunque a veces ocurre lo contrario. Por lo tanto, el punto móvil de un músculo puede ser uno u otro extremo de forma alterna.

Elementos auxiliares de los músculos esqueléticos

Entre los elementos auxiliares de los músculos esqueléticos se destacan los siguientes:

- Las fascias o membranas de tejido conectivo denso irregular que envuelven a los músculos.
- Las vainas fibrosas de los tendones que son condensaciones de las fascias por donde pasan los tendones de los músculos.

- Las vainas sinoviales que tapizan internamente a las vainas fibrosas y facilitan el deslizamiento de los tendones.
- Las bolsas sinoviales son prolongaciones de la membrana sinovial en forma de saco, situadas cerca de las articulaciones, que también favorecen el deslizamiento de los tendones.
- Los huesos sesamoideos son huesos cortos, generalmente de tamaño pequeño, que están incluidos en el espesor de los tendones, cerca de sus inserciones, por lo que refuerzan de esta manera la inserción tendinosa y aumentan su fuerza.
- Los músculos sinergistas son los que cooperan en la acción de otro músculo, fijan la articulación para proporcionar la base estable a partir de la cual se efectúa el movimiento o para eliminar los movimientos indeseados.

Además, según el tipo de movimiento que realizan los huesos en las articulaciones alrededor de los ejes fundamentales del cuerpo, provocados por la acción muscular, se pueden distinguir distintos tipos de músculos que actúan como antagonistas entre sí:

Leyes de distribución de los músculos esqueléticos

Las leyes de distribución de los músculos esqueléticos en el cuerpo humano más destacadas son las siguientes:

- Estos músculos son pares o tienen 2 mitades simétricas de acuerdo con la simetría bilateral del cuerpo.
- Algunos músculos del tronco son segmentarios, en correspondencia con la estructura segmentaria de la región.
- Los músculos se extienden en línea recta, que es la distancia mínima entre los 2 puntos de inserción.
- Los músculos se disponen perpendicularmente al eje de movimiento de la articulación sobre la cual actúan.

- Músculos flexores y extensores, disminuyen o aumentan el ángulo entre los 2 huesos que se mueven.
- Músculos abductores y aductores (separadores y aproximadores), separan o aproximan los huesos al plano medio del cuerpo o de una región determinada.
- Músculos elevadores y depresores, realizan los movimientos de ascenso (hacia arriba) y descenso (hacia abajo).
- Músculos rotadores (mediales y laterales, hacia la derecha y hacia la izquierda), hacen girar el hueso alrededor de su eje longitudinal. Los primeros provocan los movimientos en el esqueleto apendicular y los otros en el esqueleto axial.
- Supinadores y pronadores, son rotadores que actúan en el antebrazo, giran la palma de la mano hacia delante y hacia atrás.

Acción muscular

La *acción muscular* es un tipo particular de movimiento provocado por un músculo al contraerse y tirar de la estructura donde se encuentra insertado.

En el organismo los movimientos de los huesos se realizan en las articulaciones y son provocados por músculos aislados o grupos musculares que se disponen convenientemente entre los huesos que componen la articulación.

De acuerdo con su acción los músculos pueden ser agonistas, antagonistas y sinergistas:

- Los músculos agonistas provocan la acción deseada.
- Los músculos antagonistas realizan un efecto opuesto sobre el hueso y tienen que relajarse para permitir que se efectúe el movimiento deseado.

Clasificación y nomenclatura de los músculos

Los músculos esqueléticos se pueden clasificar de diversas maneras, teniendo en cuenta distintos factores, por lo tanto, los nombres que reciben son muy variados.

- Por su forma, basada en las 3 dimensiones fundamentales que todo cuerpo tiene en el espacio: largo, ancho y corto (fig. 29.2).
- Por el parecido de su forma con alguna figura geométrica u objeto conocido: triangular, cuadrado, romboideo, trapecio, piramidal, redondo, serrato, etc. (fig. 29.2).
- Por el número de cabezas o inserciones de origen: bíceps, tríceps y cuádriceps (fig.29.2).
- Por el número de colas o inserciones terminales: bicaudal, tricaudal o policaudal.
- Por el número de vientres, digástrico y poligástrico (fig. 29.2).

- Por la dirección de sus fibras en relación con el cuerpo: recto, oblicuo, transverso, orbicular (circular).
 - Por la disposición de sus fibras con sus tendones, que recuerdan la forma de una pluma: peniforme y semipeniforme.
 - Por su localización: superficial-profundo, lateral-medial, externo-interno.
 - Por la acción muscular que realizan: agonistas, antagonistas y sinergistas.
 - Por el tipo de movimiento que provocan en los huesos y que se realizan alrededor de los ejes fundamentales de las articulaciones: flexores-extensores, abductores-aductores, rotadores, etcétera.
- Por las regiones esqueléticas del cuerpo donde se encuentran. Esta es la clasificación que se utiliza generalmente para estudiar los distintos grupos musculares que existen en el cuerpo humano:
 - En el esqueleto axial: cabeza, cuello y tronco (dorso, tórax, abdomen y perineo).
 - En el esqueleto apendicular de los miembros superiores: cinturón, brazo, antebrazo y mano.
 - En el esqueleto apendicular de los miembros inferiores: cinturón, muslo, pierna y pie.

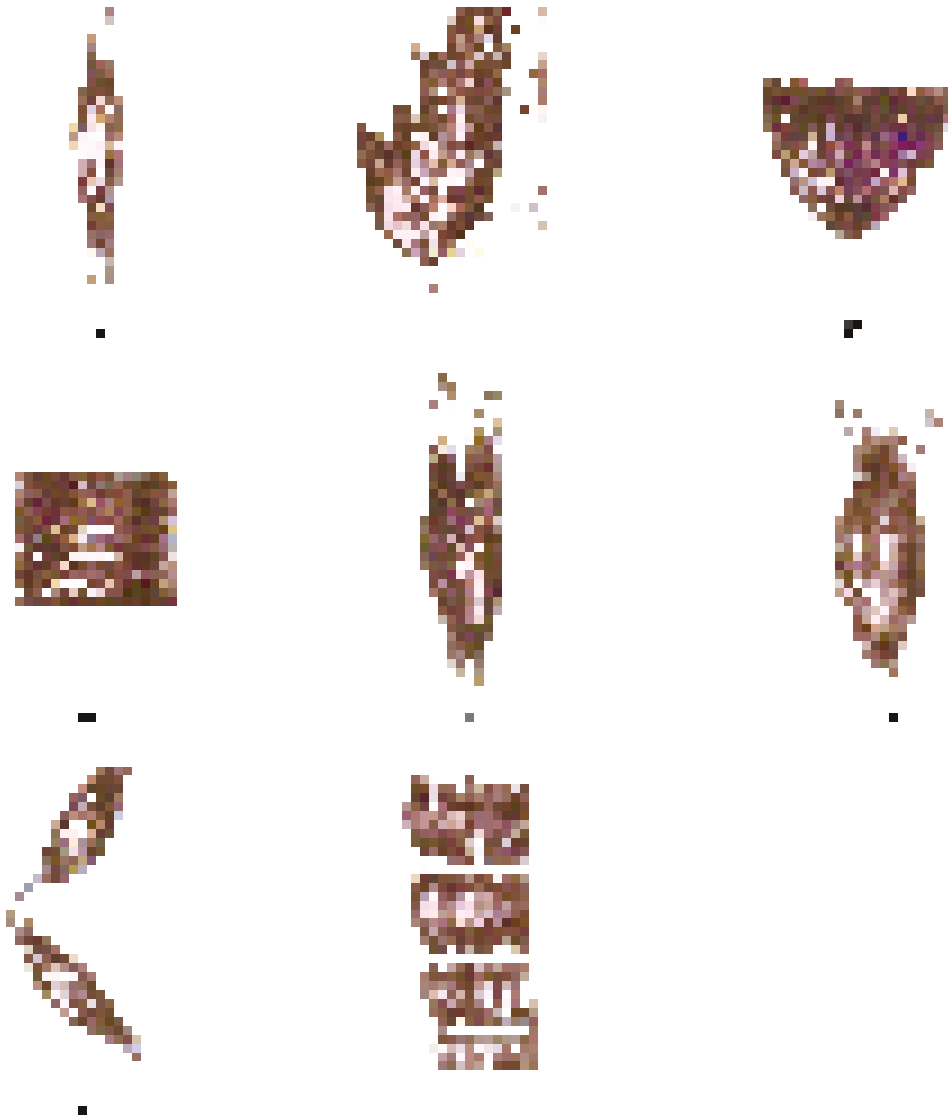


Fig. 29.2. Tipos de músculos esqueléticos. A. largo, B. ancho, C. triangular, D. cuadrado, E. bíceps, F. tríceps, G. digástrico, H. poligástrico.

Exploración muscular

Para estudiar la acción de un músculo se utilizan diversos métodos de exploración, los más importantes son los siguientes:

Método anatómico o de disección. Es de gran ayuda en el estudio de los músculos situados profundamente, se tienen en cuenta sus inserciones y se tira directo de ellos para determinar su acción.

Método de inspección y palpación. Se emplea frecuentemente por el personal de la salud al realizar el examen físico de los pacientes para estudiar los músculos superficiales.

Método clínico. Es el estudio que se realiza a los enfermos que padecen de parálisis muscular, ya sea por trastornos del sistema nervioso central o por lesiones nerviosas periféricas.

Métodos especiales de laboratorio. Con la utilización de equipos diseñados especialmente para estudiar determinadas propiedades de los músculos. Por ejemplo: el electromiógrafo que registra en una gráfica las corrientes eléctricas producidas por la contracción muscular; el ergógrafo y el dinamómetro que estudian el trabajo muscular.

Alteraciones de los músculos esqueléticos

En las alteraciones de la musculatura esquelética se distinguen las variaciones, afecciones y lesiones traumáticas.

Las variaciones de la musculatura esquelética están relacionadas fundamentalmente con la edad, el sexo y el individuo. Las variaciones según la edad se corresponden con las distintas etapas del desarrollo del individuo en el transcurso de su vida, el desarrollo muscular es menor en el niño, aumenta progresivamente hasta alcanzar su máximo desarrollo en el adulto y luego disminuye en la vejez (atrofia senil). Las variaciones según el sexo están determinadas porque en general el desarrollo muscular de la mujer es menor que en el hombre. Las variaciones individuales pueden ser congénitas (músculos supernumerarios y modificaciones musculares) y adquiridas, por causa de múltiples factores, principalmente de tipo mecánico en dependencia de la actividad física que realice el individuo (hipertrofia y atrofia muscular).

Las afecciones de la musculatura esquelética (miopatías) pueden ser primarias de los músculos o secundarias de enfermedades generales o de algún

sistema orgánico, especialmente del sistema nervioso, con el cual el sistema muscular mantiene estrecha relación morfofuncional. Las miopatías se caracterizan porque los músculos presentan diversas alteraciones en su estructura, las más frecuentes son las atrofias e inflamaciones musculares (miositis) y con menor frecuencia los tumores benignos (miomas) y malignos (sarcomas). Estas alteraciones estructurales pueden provocar trastornos funcionales de los músculos (trastornos motores).

Las lesiones traumáticas más frecuentes de los músculos esqueléticos son las contusiones, heridas y rupturas de las fibras musculares, ocasionadas por la tracción exagerada de estas.

Las lesiones de las fibras nerviosas que inervan los músculos provocan trastornos motores (de trofismo, reflectividad y motilidad), que pueden ser de origen central o periférico según ocurran en la parte central o periférica del sistema nervioso. Los trastornos del trofismo o de la nutrición producen atrofia muscular. Los trastornos de la reflectividad o de la reacción ante un estímulo se expresan por la pérdida, disminución o aumento de los reflejos. Los trastornos de la motilidad o de la acción muscular se manifiestan por parálisis, completa o incompleta (paresia). La parálisis de origen periférico o de los nervios solo afecta a músculos aislados o determinados grupos musculares. La parálisis de origen central se caracteriza porque afecta a muchos músculos de una región, como los de la mitad del cuerpo (hemiplejia), de un miembro (monoplejia), de miembros homólogos (paraplejia braquial o crural), de los 4 miembros (cuadriplejia).

Orientaciones para el estudio de los músculos

Al estudiar los músculos es de gran ayuda seguir un orden lógico y precisar las características regionales más destacadas que predominan en la región donde se localizan; después especificar las características particulares más importantes de los músculos que se estudian aisladamente (cuadro 29.1).

Características regionales de los músculos

- Nombre de las regiones y grupos musculares.
- Situación, extensión, acción, origen e inervación en conjunto de la musculatura de la región y de cada grupo muscular.
- Nombre y situación de los músculos.

Características particulares de los músculos

- Nombre del músculo, está generalmente relacionado con su característica más destacada.
- La situación del músculo, precisa en qué parte del grupo muscular se localiza.
- La extensión, determina entre qué huesos o porciones óseas se encuentra y aclara por qué lado cruza en la articulación sobre la cual actúa.
- Inserciones de origen y terminal, precisa en qué detalles anatómicos se fijan sus extremos y facilita la comprensión de la acción muscular con mayor exactitud.
- La acción muscular, es el tipo particular de movimiento que se realiza cuando el músculo se contrae y mueve la estructura donde se inserta.
- La inervación, es un aspecto de gran importancia por la estrecha relación que existe entre los sistemas muscular y nervioso.

Cuadro 29.1. Orden lógico de estudio de los músculos

Características regionales de los músculos

- Nombre de las regiones y grupos musculares
 - Situación, extensión, acción, origen e inervación de cada región y grupo muscular.
 - Nombre y situación de los músculos
-

Características particulares de los músculos

- Nombre del músculo
 - Situación en el grupo muscular
 - Extensión del músculo
 - Inserciones de origen y terminal del músculo
 - Acción muscular
 - Inervación del músculo
-

30. Estructura y desarrollo de los músculos

Características generales del tejido muscular

El *tejido muscular* es uno de los 4 tejidos básicos del organismo, se origina del mesodermo y se caracteriza porque está constituido por células que han alcanzado un alto grado de especialización, cuya propiedad fundamental es la contractilidad; esto permite al organismo realizar las funciones de la mecánica animal, es decir, la dinámica y estática del cuerpo.

En correspondencia con su función, las células musculares han logrado una marcada diferenciación, adoptan una forma alargada, por lo que se denominan fibras musculares y la terminología utilizada para designar las estructuras celulares difiere de la empleada en otros tejidos. Por ejemplo, la membrana plasmática es llamada sarcolema y el citoplasma, sarcoplasma. Además, presenta 3 organitos citoplasmáticos altamente diferenciados: los microfilamentos o miofilamentos, que constituyen los elementos contráctiles; el retículo endoplásmico o retículo sarcoplásmico, que ejerce el control de las contracciones; y las mitocondrias o sarcosomas, que proporcionan la energía necesaria en las contracciones.

Las *fibras musculares* están unidas por tejido conectivo que le proporciona dureza al músculo y en cuyo espesor se encuentran fibras nerviosas, capilares sanguíneos y linfáticos. Las fibras musculares se agrupan formando estructuras más complejas. En determinados tipos de músculos (lisos viscerales y estriado cardíaco) constituyen la capa o túnica muscular que forma parte de las paredes de los órganos donde se localizan. En otros tipos de músculos (estriados esqueléticos), forman haces y fascículos que se reúnen en fascículos cada vez más grandes, hasta formar el músculo (fig. 30.1). El tejido conectivo que se encuentra mezclado con el tejido muscular recibe

distintos nombres según la estructura que rodea; endomisio, en la fibra muscular, perimisio en los fascículos y epimisio en el músculo completo (fig. 30.1) (cuadro 30.1).

Cuadro 30.1. Características generales del tejido muscular

VARIEDAD, uno de los cuatro tejidos básicos
ESPECIALIZADO, en la función de la mecánica animal
PROPIEDAD, contractilidad
CÉLULAS, alargadas (fibras musculares)
MEDIO DE UNIÓN, el tejido conectivo
ORIGEN, del mesodermo
ORGANIZACIÓN, en haces o fascículos y capas o túnicas

Clasificación del tejido muscular

El tejido muscular se clasifica teniendo en cuenta varias características, como la estructura (liso y estriado), localización (visceral, cardíaco y esquelético), función (involuntario y voluntario) e inervación (autónomo y somático). Teniendo como base estos criterios se describen 3 tipos de tejido muscular: liso, estriado cardíaco y estriado esquelético (fig. 30.2).

El *tejido muscular liso* se destaca porque las fibras musculares son fusiformes, tienen un solo núcleo central y las miofibrillas carecen de estriaciones transversales. El sarcolema no es bien diferenciado y está rodeado por una membrana basal fina. Se localiza en las paredes de los vasos sanguíneos y vísceras huecas. Está inervado por el sistema nervioso autónomo (de la vida vegetativa), por lo que sus contracciones son independientes de la voluntad, o sea, son involuntarios.

El *tejido muscular estriado cardíaco* se distingue porque las fibras musculares son cilíndricas con ramificaciones dispuestas en forma de red, que le dan el aspecto de un sincitio. Tienen generalmente un solo núcleo central y las miofibrillas presentan estriaciones transversales que se observan con poca nitidez.

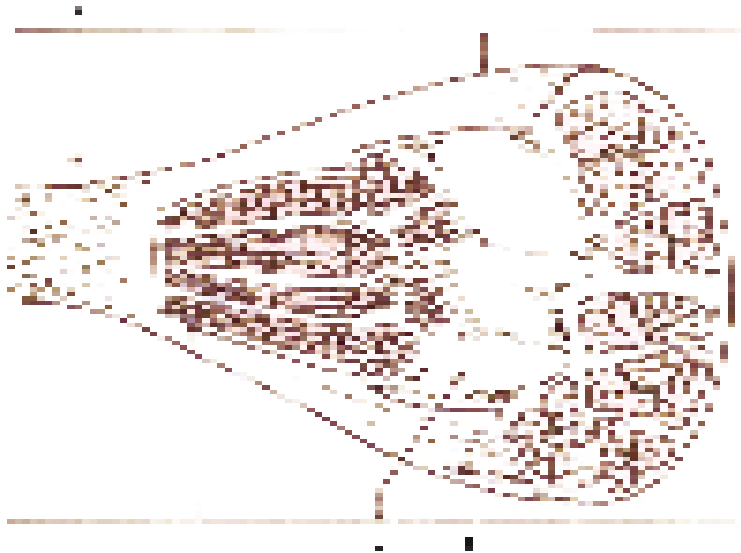


Fig. 30.1. Estructura de un músculo esquelético. A. tendón, B. vientre, 1. fibra muscular rodeada de endomisio, 2. perimisio, 3. epimisio.

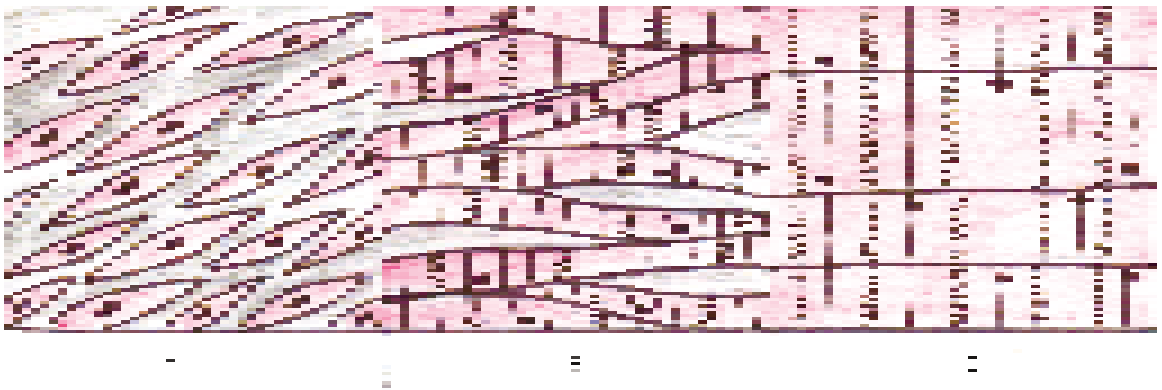


Fig. 30.2. Estructura del tejido muscular. A. liso, B. estriado cardíaco, C. estriado esquelético.

Cuadro 30.2. Clasificación del tejido muscular

Estructura	Localización	Función	Inervación
Liso	Visceral	Involuntario	S N autónomo
Estriado	Cardíaco		
	Esquelético	Voluntario	S N somático

En los lugares de contacto en los extremos de las fibras musculares se aprecia el espesor del sarcolema con el aspecto de líneas oscuras transversales irregulares, en zig zag, llamadas discos intercalares. Estas fibras musculares se localizan en el corazón y constituyen el miocardio, donde existen otros tipos de fibras especializadas que pertenecen al sistema de conducción del impulso cardíaco (fibras de Purkinje). Está inervado por el sistema nervioso autónomo y por lo tanto su acción es involuntaria.

El *tejido estriado esquelético* se caracteriza porque las fibras musculares son cilíndricas y muy largas. Contiene numerosos núcleos situados en la periferia y las miofibrillas presentan estriaciones transversales que se destacan bien. Poseen un sarcolema bien diferenciado, rodeado por una membrana basal gruesa. Por lo general este tejido se encuentra formando los músculos que se insertan en el esqueleto. Está inervado por el sistema nervioso somático (de la vida animal o de relación) y sus contracciones dependen de la voluntad, aunque en realidad estas acciones están basadas en mecanismos reflejos (cuadro 30.3).

Composición de las fibras musculares

Las *fibras musculares* están formadas por *miofibrillas* y estas a su vez por *miofilamentos* que son proteínas contráctiles, entre las que se destacan 2 tipos: las gruesas de *miosina* y las delgadas de *actina*.

En los músculos estriados esqueléticos las fibras musculares presentan el aspecto de estriaciones transversales, compuestas por bandas claras y oscuras, por causa de la disposición regular de los miofilamentos gruesos y delgados en las miofibrillas.

A continuación se explica el significado de estas estriaciones (fig. 30.3):

- La banda A (anisotrópica o birrefringente) es oscura y contiene miofilamentos gruesos y delgados, interdigitados.
- La banda I (isotrópica o monorrefringente) es clara y contiene solamente miofilamentos delgados.
- La línea Z es la línea transversal oscura que se halla en el centro de la banda clara (I) y constituye el lugar donde se unen los miofilamentos delgados de las sarcómeras vecinas.
- Las sarcómeras es la porción de una miofibrilla comprendida entre 2 líneas Z adyacentes y constituye la unidad lineal de la contracción.
- La banda H es la banda clara situada en el centro de la banda oscura (A), que representa la zona media de la sarcómera, donde solo hay miofilamentos gruesos en la fibra muscular relajada; pero en la contracción, los miofilamentos delgados se desplazan hacia el centro de la sarcómera, rellenan los espacios entre los miofilamentos gruesos, esta zona se oscurece y al mismo tiempo disminuye la banda I que puede llegar a desaparecer en una contracción extrema, y provocar una reducción de la sarcómera sin alterarse la longitud de los miofilamentos.

Mecanismo de la contracción muscular

El mecanismo de la contracción muscular es un proceso químico complejo, que libera gran cantidad de energía y se explica por la teoría del deslizamiento de los miofilamentos. De acuerdo con esta teoría, los miofilamentos delgados se deslizan entre los miofilamentos gruesos hacia el centro de la sarcómera.

Cuadro 30.3. Características de las fibras musculares

Tipo	Forma	Núcleo	Miofibrilla
Liso visceral	Fusiforme	Único central	Sin estriaciones transversales
Estriado cardíaco	Cilíndrica con ramificaciones	Único central	Con estriaciones transversales poco nítidas
Estriado esquelético	Cilíndrica	Numerosos periféricos	Con estriaciones transversales bien nítidas

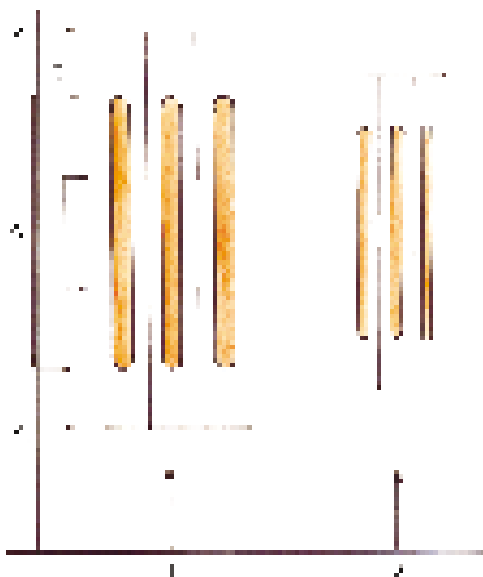


Fig. 30.3. Aspecto de una sarcomera. 1. relajada, 2. contraída.

Cuando se produce el estímulo específico se libera el calcio acumulado en el retículo sarcoplásmico que induce la contracción y activa las fuerzas de atracción entre los miofilamentos. La energía requerida en la contracción es proporcionada por el trifosfato de adenosina (ATP) que se produce en las mitocondrias o sarcosomas.

Características de la contracción muscular

La *contractilidad* es la propiedad fundamental del tejido muscular que consiste en la facultad que tiene el músculo de acortarse disminuyendo su longitud, o de aumentar su tensión. Es decir, son los cambios de forma y de tensión que se producen en el músculo. A la primera se le denomina *contracción isotónica* porque el músculo mantiene igual tensión pero acorta su longitud y se produce en los músculos que tienen algún extremo móvil, sobre los cuales se provoca un movimiento. A la segunda se le llama *contracción isométrica* porque el músculo mantiene igual longitud pero aumenta su tensión y se presenta en los músculos cuyos extremos están fijos, donde no se provoca un movimiento aparente como el que mantiene la postura del cuerpo. Sin embargo, la mayor parte de las contracciones musculares que ocurren en el organismo son en realidad una mezcla de los 2 tipos.

También se describen 2 tipos básicos de contracción muscular: la simple y la tetánica. La contracción simple es la contracción breve de un músculo aislado provocada experimentalmente por la

aplicación de un estímulo único, directo o indirecto. La contracción tetánica es la que ocurre en los músculos del organismo que se caracteriza por ser prolongada y es provocada por una serie de estímulos. Algunas enfermedades se caracterizan por presentar crisis de contracciones tetánicas, exageradamente prolongadas (espasmos tónicos), como el tétanos, enfermedad infecciosa causada por el bacilo tetánico, y la tetania, neuropatía causada por trastornos en el metabolismo del calcio. Cuando la contracción tetánica es muy prolongada puede ocurrir la contractura, o sea, que el músculo se fatiga y demora su recuperación a la normalidad; pero cuando el músculo está privado de circulación sanguínea se produce una contracción irreversible como se observa en la rigidez cadavérica.

En general, los músculos estriados esqueléticos son de contracción rápida, aunque se describen 2 tipos de fibras musculares, lentas y rápidas. Las fibras musculares lentas o rojas son más pobres en miofibrillas y más ricas en sarcoplasma, con abundantes mitocondrias y mioglobina (proteína pigmentada semejante a la hemoglobina de los eritrocitos), que predominan en los músculos posturales y son más resistentes a la fatiga. Las fibras musculares rápidas o blancas son más ricas en miofibrillas y pobres en sarcoplasma con pocas mitocondrias y mioglobina, predominan en los músculos que provocan gran movilidad como los de los miembros.

Los músculos lisos son de contracción lenta y prolongada, provocada por estímulos poco frecuentes y con bajo gasto de energía. Este tipo de contracción es conocido por tono (contracción parcial sostenida) que también se presenta en los músculos esqueléticos posturales, o sea, que permite conservar la postura del cuerpo o una parte de este.

El músculo estriado cardíaco se contrae de forma rítmica y automática, por causa del sistema especial de excitación y conducción que posee este tejido.

Fuerza y trabajo muscular

Otro aspecto de gran importancia en la contractilidad es la fuerza y el trabajo muscular.

La fuerza de los músculos depende del número de fibras musculares y su grosor, lo que se puede determinar por la sección transversal del músculo. Por lo tanto, la fuerza total de un músculo es la suma de las fuerzas ejercidas por sus fibras. El trabajo muscular depende de la magnitud de acortamiento del músculo y del peso que este levanta. La contracción prolongada e intensa puede originar la fatiga, o sea, la disminución de la capacidad de trabajo del músculo. Como se puede apreciar, la fatiga representa un obstáculo fisiológico para aumentar la productividad del trabajo y es una de las causas básicas de enfermedades en el hombre. Sin

embargo, la teoría evolucionista afirma que precisamente el trabajo es un factor esencial en el desarrollo del hombre. Además, está demostrado que la inactividad del organismo ocasiona el debilitamiento de sus fuerzas, la atrofia muscular, por lo que no es el trabajo mismo el que hace daño al organismo, sino su incorrecta organización.

Origen y desarrollo del sistema muscular

En general, todos los músculos derivan de la hoja germinativa media o mesodermo, con excepción de los músculos internos del ojo (de la pupila y cuerpo ciliar) y las células mioepiteliales (de las glándulas mamarias y sudoríparas).

Los músculos lisos se originan de la hoja visceral o esplácnica del mesodermo lateral que rodea al intestino primitivo.

El músculo estriado cardíaco proviene del mesodermo que forma el área cardiogénica.

Los músculos estriados esqueléticos se originan al igual que el esqueleto, de distintas zonas del mesodermo correspondientes a las regiones de la cabeza, el cuello, el tronco y los miembros. El origen de los músculos esqueléticos se puede determinar sobre la base de su inervación, pues estos músculos reciben la inervación del lugar donde se originan (unidad motora).

Los músculos de la cabeza y parte del cuello se originan del mesodermo de los arcos branquiales y algunos de ellos como los de la lengua y los extrínsecos del ojo se derivan de los somitas más craneales (miotomas occipitales y preóticos). Estos músculos están inervados por nervios craneales procedentes del encéfalo.

Los músculos del tronco y parte del cuello se originan de los somitas que se forman en el mesodermo paraaxil, específicamente del miotoma, con la particularidad de que los músculos del dorso derivan de la parte dorsal de estos (epímero), y los músculos anterolaterales derivan de la parte ventral (hipómero). Posteriormente continúan su desarrollo en el espesor de la hoja somática del mesodermo lateral. Estos músculos están inervados por nervios espinales procedentes de la médula espinal.

En las paredes laterales del tórax los músculos mantienen el carácter segmentario, por la presencia de las costillas. Sin embargo, en las paredes laterales del abdomen los músculos de los diversos segmentos se fusionan formando grandes capas musculares. Además, en la pared anterior del cuello y tronco los músculos se disponen formando columnas longitudinales.

Los músculos de los miembros se originan del mesénquima local que se desarrolla en la base de los esbozos de los miembros y deriva de la hoja somática del mesodermo lateral, pero por su inervación también se plantea que se originan de los somitas (miotomas) pues están inervados por nervios espinales, los superiores por el plexo braquial y los inferiores por el plexo lumbosacro.

En el proceso de desarrollo se observan músculos que se originan en un lugar y se desplazan a otro, aunque en este proceso también influye el desarrollo que ocurre a partir del mesénquima local en las distintas regiones del cuerpo. Por ejemplo, el diafragma se origina en la región cervical y se desplaza hacia la parte inferior del tórax. También existen músculos que se originan en los miembros que se desplazan hacia el tronco (centrípetos) y a la inversa, músculos que se originan en el tronco y se desplazan hacia los miembros (centríferos). Aquellos músculos que se mantienen en su lugar de origen se consideran músculos propios de la región (autóctonos) (cuadro 30.4).

Cuadro 30.4. *Desarrollo de los músculos*

<i>Músculos</i>	<i>Origen</i>
Liso visceral	Mesodermo lateral (hoja visceral)
Estriado cardíaco	Mesodermo de área cardiogénica
Estriado esquelético	
De cabeza y cuello	Mesodermo de arcos branquiales Mesodermo paraaxil (somitas craneales)
De cuello y tronco	Mesodermo paraaxil (somitas) y mesodermo lateral (hoja parietal)
De miembros	Mesénquima local que se deriva del mesodermo lateral (hoja parietal)

Inervación muscular

La actividad muscular está regida por el sistema nervioso, mediante mecanismos reflejos basados en la propiedad fundamental de la estructura nerviosa, consistente en la conducción de los impulsos nerviosos o conductividad, que se realiza por mediación del llamado arco reflejo.

Cuando se produce un estímulo específico se excitan las estructuras receptoras y el estímulo se transforma en impulso nervioso que es conducido por las fibras aferentes o sensitivas hacia los centros de este sistema, donde se realiza la función de análisis y

síntesis para elaborar una respuesta a la situación creada. Esta respuesta es transmitida por las fibras eferentes o motoras hacia las estructuras efectoras localizadas en los órganos que ejecutan la acción (generalmente músculos y glándulas).

Los músculos están inervados por nervios procedentes del encéfalo (nervios craneales) y de la médula espinal (nervios espinales), en dependencia de la región del cuerpo donde se originan.

Los nervios craneales son 12 pares que se clasifican desde el punto de vista funcional en: sensoriales (I olfatorio, II óptico y VIII vestíbulo coclear); motores (III oculomotor, IV troclear, VI abductor, XI accesorio y XII hipogloso) y mixtos (V trigémino, VII facial, IX glosofaríngeo y X vago). En general el territorio de inervación de los nervios craneales está localizado en las regiones de la cabeza y el cuello, aunque el nervio X vago tiene un extenso recorrido, llega a inervar numerosas vísceras torácicas y abdominales.

Los nervios espinales son 31 pares (8 cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacros y 1 coccígeo), todos ellos son mixtos. En general, las ramas posteriores de estos nervios mantienen la segmentación e inervan la piel y los músculos propios del dorso del tronco y cuello, y las ramas anteriores inervan la pared ventral del tronco y los miembros; se caracterizan porque sus fibras se entrecruzan formando plexos nerviosos (cervical, braquial, lumbar, sacro y coccígeo), excepto en la región torácica que mantienen la segmentación y forman los nervios intercostales.

Desde el punto de vista funcional, los músculos estriados esqueléticos están inervados por el llamado sistema nervioso somático o cerebro espinal, también conocido como *de la vida de relación, animal o voluntario*. Se caracteriza porque inerva las estructuras orgánicas que derivan de la hoja somática del mesodermo lateral, somitas y arcos branquiales. Sus fibras motoras proceden segmentariamente de determinadas regiones del encéfalo y de la médula espinal, forman parte de algunos nervios craneales y de los nervios espinales. Estas fibras motoras establecen conexiones directas con las placas motoras terminales de los órganos efectores, provocan generalmente reacciones rápidas y dependientes de la voluntad.

En los músculos estriados esqueléticos la unión neuromuscular (mioneural o placa motora terminal) es una estructura compleja que forma una *sinapsis* entre una fibra nerviosa y una fibra muscular, donde se libera acetilcolina.

Los músculos lisos y estriado cardíaco están inervados por el sistema nervioso visceral o ganglionar, también llamado *de la vida vegetativa, autónomo o*

involuntario, que se caracteriza porque inerva las estructuras orgánicas que derivan de la hoja visceral del mesodermo lateral y área cardiogénica respectivamente. Sus fibras motoras proceden también de determinadas regiones del encéfalo y de la médula espinal, forman parte de algunos nervios craneales y espinales. Estas fibras motoras no establecen una conexión directa con los órganos efectores, sino que presentan un ganglio intercalado en su trayecto periférico, provocan generalmente reacciones lentas, prolongadas y rítmicas, independientemente de la voluntad.

En los músculos lisos viscerales y estriados cardíacos la unión neuromuscular es difusa, forman plexos nerviosos en las paredes de las vísceras, donde las terminaciones nerviosas secretan 2 tipos de mediadores químicos; la noradrenalina en las fibras adrenérgicas del simpático y la acetilcolina en las fibras colinérgicas del parasimpático, que tienen acciones antagónicas, recíprocas, de excitación e inhibición, y permiten mantener un equilibrio armónico de las funciones vegetativas. La parte simpática del sistema nervioso autónomo tiene una acción más general, aumenta la actividad, especialmente en los estados de tensión o estrés; mientras que la parte parasimpática tiene una acción más localizada, disminuye la actividad y funciona durante el estado de reposo del organismo. Esta inervación intrínseca de las vísceras le proporciona cierta autonomía, aunque siempre existe una subordinación a los centros nerviosos superiores (cuadro 30.5).

Cuadro 30.5. *Inervación de los músculos*

Músculos	Inervación
Liso visceral	SN autónomo
Estriado cardíaco	
Estriado esquelético	SN somático
De cabeza	Nervios craneales
De cuello	Nervios craneales y espinales (cervicales)
De tronco	Nervios espinales
De miembros superiores	Nervios espinales (plexo braquial)
De miembros inferiores	Nervios espinales (plexo lumbosacro)

31. Músculos de la cabeza

Características regionales de los músculos de la cabeza

Los músculos de la cabeza se caracterizan porque están situados en las regiones de la cabeza, se insertan en distintas estructuras, ya sean huesos, cartílagos, piel, mucosa o tejido fibroso, pertenecientes a distintos sistemas orgánicos localizados en esta región. Estos músculos actúan sobre las estructuras donde se insertan. Algunos mueven la mandíbula y participan en el mecanismo de la masticación, otros mueven la piel y provocan la mímica o expresión del rostro. También existen músculos que intervienen en los movimientos de determinadas estructuras pertenecientes a los órganos de los sentidos y de los segmentos iniciales de los aparatos digestivo y respiratorio, que en esta región mantienen estrecha relación. La mayoría de los músculos de la cabeza se originan del mesodermo de los arcos branquiales y algunos de ellos derivan de los somitas más craneales (miotomas occipitales) y del mesénquima que rodea la lámina precordial (miotomas preótic), son inervados por nervios craneales.

En la cabeza se distinguen 4 grupos musculares: de los órganos de los sentidos (músculos del bulbo del ojo y músculos de los huesecillos del oído), del aparato digestivo (músculos de la lengua, músculos palatinos y músculos faríngeos), masticadores y faciales o de la mímica (de la calvaria, periauriculares, periorbitales, perinasales y periorales).

Los músculos de los órganos de los sentidos y del aparato digestivo se estudiarán cuando se traten los temas correspondientes a estos órganos. Los otros 2 grupos musculares de esta región, los masticadores y de la mímica están relacionados con el aparato locomotor y se estudiarán a continuación.

Músculos masticadores

Los músculos masticadores (figs. 31.1 y 31.2) (masetero, temporal, pterigoideo lateral y pterigoideo medial) se caracterizan porque están situados en la cabeza, se extienden desde el macizo óseo craneal hasta la mandíbula. Actúan sobre la articulación temporomandibular moviendo la mandíbula, e intervienen de esta manera en el mecanismo de la masticación. Se originan del primer arco branquial y están inervados por la rama mandibular del nervio trigémino (V nervio craneal).

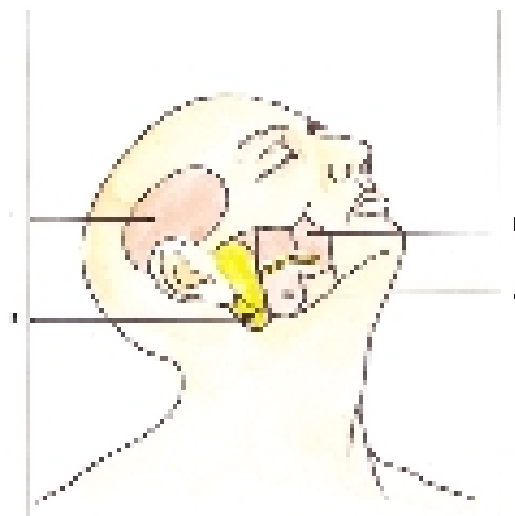


Fig. 31.1. *Músculos masticadores.* Vista lateral derecha
1. músculo temporal, 2. músculo masetero, a) glándula parotídea y su conducto, b) músculo buccinador.

Los músculos masticadores más destacados por su situación son los que se hallan más superficiales en la parte lateral de la cabeza, el masetero que cubre la

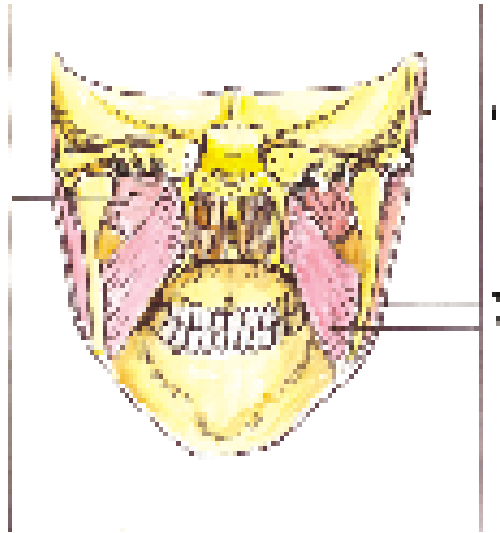


Fig. 31.2. *Músculos masticadores: Vista posterior 1. músculo temporal, 2. músculo masetero, 3. músculo pterigoideo medial, 4. músculo pterigoideo lateral.*

rama de la mandíbula y el temporal en la fosa temporal, donde son palpables. Los pterigoideos están situados profundamente en la fosa infratemporal.

Los músculos masticadores actúan sobre la articulación temporomandibular, provocan los movimientos de la mandíbula, excepto el descenso que es realizado por los músculos anteriores del cuello que se insertan en la mandíbula. El ascenso de la mandíbula es realizado por músculos cuyas fibras se dirigen hacia arriba (temporal, masetero y pterigoideo medial). La retropulsión es provocada por músculos cuyas fibras se dirigen hacia atrás (fibras posteriores del temporal). La propulsión es ejecutada por músculos cuyas fibras se dirigen hacia delante y se contraen bilateralmente (principalmente pterigoideo lateral). En la diducción intervienen los mismos músculos que actúan en la propulsión, pero cuando se contraen unilateralmente, mueven la mandíbula hacia el lado opuesto.

En la lesión de la rama mandibular del nervio trigémino se produce la parálisis de los músculos masticadores del mismo lado y la mandíbula se desvía hacia el lado afectado.

Músculos faciales o de la mímica

Los músculos faciales o de la mímica también están situados en la cabeza, pero son superficiales o cutáneos, se insertan por alguna de sus partes en la piel. Actúan moviendo la piel, provocan la expresión facial o mímica del rostro. Derivan del segundo arco

branquial y están inervados por el nervio facial (VII nervio craneal). Algunos de estos músculos se localizan en la calvaria y otros se agrupan alrededor de los orificios naturales de la cabeza, como las cavidades orbitarias, nasal, oral y poro acústico externo; se disponen en forma anular los que cierran los orificios (músculos orbiculares) y en sentido radial los que lo abren.

De acuerdo con su localización se distinguen 5 subgrupos (fig. 31.3): de la calvaria o epicraneanos (occipitofrontal), periauriculares (auriculares anterior, posterior y superior), periorbitarios (orbicular de los ojos y corrugador superciliar), perinasales (prócer, nasal y depresor del septo nasal) y periorales (orbicular de la boca, buccinador, risorio, cigomáticos mayor y menor, elevadores del ángulo de la boca y del labio superior, depresores del ángulo de la boca y del labio inferior y mentoniano).

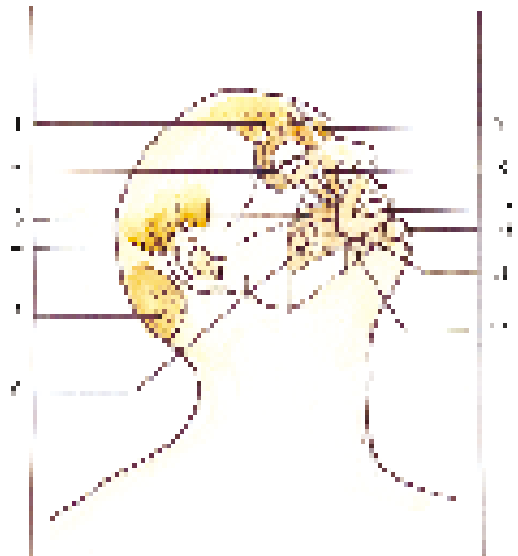


Fig. 31.3. *Músculos faciales o de la mímica. Vista lateral derecha 1. vientre frontal del músculo occipitofrontal, 2. músculo orbicular de los ojos, 3. músculos cigomáticos, 4. músculos auriculares, 5. vientre occipital del músculo occipitofrontal, 6. músculo buccinador, 7. músculo prócer, 8. músculo nasal, 9. músculo orbicular de la boca, 10. músculo mentoniano, 11. músculo depresor del labio inferior, 12. músculo depresor del ángulo de la boca.*

Los músculos faciales más destacados por su acción son: el orbicular de los ojos ("cierra los ojos"), orbicular de la boca ("cierra la boca") y buccinador (proporciona tonicidad a la mejilla y ayuda a expulsar el contenido del vestíbulo oral).

La lesión del nervio facial provoca la parálisis facial del mismo lado, el individuo presenta dificultad para cerrar el ojo del lado afectado y los labios se desvían

hacia el lado sano, por la acción unilateral de los músculos que se mantienen actuando normalmente.

Anatomía de superficie de la musculatura de la cabeza

Entre los músculos masticadores se pueden palpar los músculos temporales y maseteros cuando se contraen (al cerrar la boca fuertemente). Además, en la superficie del músculo masetero se palpa el conducto de la glándula salival parotídea, que tiene una dirección sagital (fig. 31.4).

Al contraerse los músculos de la mímica, el rostro adquiere determinada expresión que refleja el estado anímico de la persona como la alegría (músculos cigomáticos), tristeza (músculos depresores de los ángulos de la boca), atención (músculo frontal) y preocupación (músculo corrugador superciliar) (fig. 31.5).

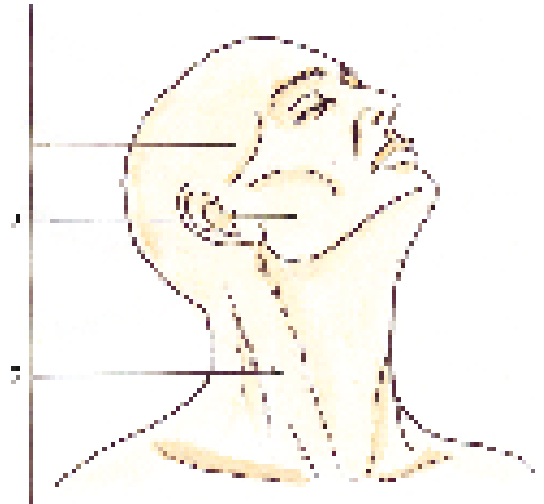


Fig. 31.4. Anatomía de superficie de la musculatura de la cabeza y cuello. 1. músculo temporal, 2. músculo masetero, 3. músculo esternocleidomastoideo.

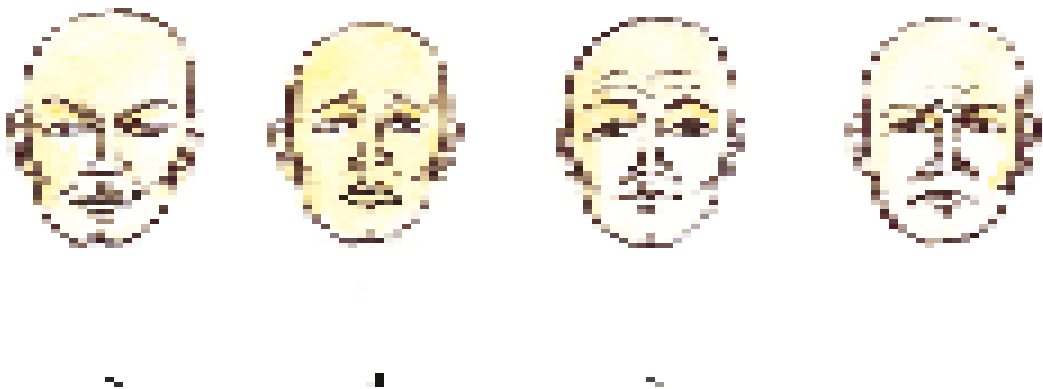


Fig. 31.5. Expresiones de la cara. A. alegría, B. tristeza, C. atención, D. preocupación.

32. Músculos del cuello

Características regionales de los músculos del cuello

Los músculos del cuello se caracterizan porque están situados en las regiones del cuello y al igual que los músculos de la cabeza se insertan en distintas estructuras pertenecientes a diferentes aparatos orgánicos. Estos músculos actúan sobre las estructuras donde se insertan, participan en los movimientos de la cabeza en general y del hioides y la mandíbula en particular. También intervienen en los movimientos de la piel y las estructuras del aparato respiratorio localizadas en esta región, como la laringe. Algunos músculos del cuello se originan del mesodermo de los arcos branquiales y otros de los somitas cervicales y están inervados por nervios craneales y espinales cervicales respectivamente.

En el cuello se destacan 6 grupos musculares: del aparato respiratorio (laríngeos), superficiales del cuello (platisma), esternocleidomastoideo, anterior del cuello (suprahioideos e infrahioideos), profundos del cuello (laterales y prevertebrales) y posteriores del cuello (largos y cortos).

Los músculos laríngeos se estudiarán cuando se aborde el tema correspondiente al aparato respiratorio.

Músculo superficial del cuello (platisma)

El músculo superficial del cuello o platisma se caracteriza por ser un músculo cutáneo porque se inserta en la piel de las regiones anterior, esternocleidomastoidea y lateral de cuello; se extiende desde la parte anterosuperior del tórax hasta el cuerpo de la mandíbula. Actúa moviendo la piel de las regiones del cuello donde se inserta, provoca la expresión de

asco, por lo que se le considera como un músculo de la mímica que también se origina del segundo arco branquial y está inervado por el nervio facial (VII nervio craneal).

Músculo esternocleidomastoideo

El músculo esternocleidomastoideo (fig. 32.1) tiene gran importancia como punto de referencia, representa por sí solo a la región del mismo nombre, situada entre las regiones anterior y lateral del cuello. Recibe su nombre por las estructuras óseas donde se inserta, se extiende en forma oblicua hacia abajo, delante y medialmente, desde la base del cráneo (proceso mastoideo del temporal) hasta la parte anterosuperior del tórax y el cinturón de los miembros superiores (esternón y clavícula). Actúa fundamentalmente sobre la cabeza moviéndola en distintas direcciones. Este músculo tiene un origen mixto, deriva de los arcos branquiales más caudales y de los somitas cervicales, esto se demuestra porque presenta doble inervación, el nervio accesorio (XI nervio craneal) en su parte superior y los nervios espinales cervicales en la inferior.

Los músculos esternocleidomastoideos intervienen en todos los movimientos de la cabeza, que se realizan en las articulaciones atlantooccipital y atlantoaxiales. Estos movimientos son la flexión-extensión, flexión lateral derecha e izquierda, circunducción y rotación derecha e izquierda. En la contracción unilateral el músculo esternocleidomastoideo flexiona la cabeza hacia el mismo lado y la rota hacia el lado opuesto. En la contracción bilateral extiende o flexiona la cabeza según el centro de gravedad esté desplazado hacia atrás o delante.

En la tortícolis se produce una inclinación viciosa de la cabeza y el cuello por causas diversas, que puede estar ocasionada por espasmos del músculo esternocleidomastoideo provocado generalmente por malos hábitos de postura al dormir.

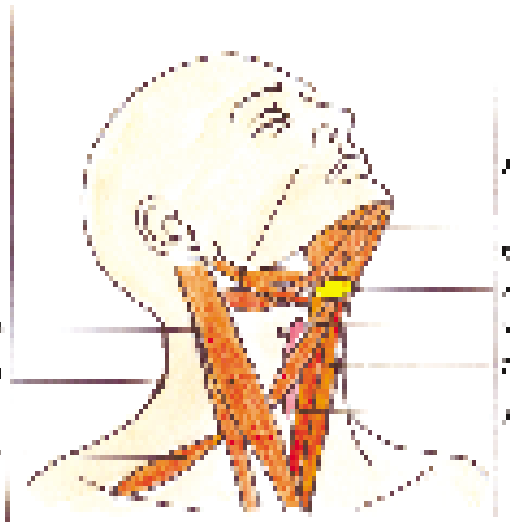


Fig. 32.1. *Músculos del cuello. Vista lateral derecha. 1. músculo esternocleidomastoideo, 2. vientre inferior del omohioideo, 3. músculo estilohioideo, 4. músculo milohioideo, 5. vientre anterior del músculo digástrico, 6. vientre superior del músculo omohioideo, 7. músculo esternohioideo, 8. músculo esternotiroideo, a) glándula tiroidea, b) hueso hioideo.*

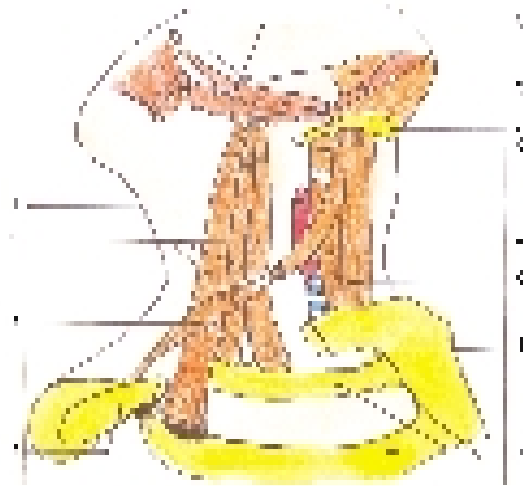


Fig. 32.2. *Músculos del cuello. Vista lateral derecha sin músculo esternocleidomastoideo 1. músculos escalenos (anterior, medio y posterior), 2. músculo omohioideo, 3. músculo estihioideo, 4. músculo milohioideo, 5. vientre anterior del músculo digástrico, 6. músculo tirohioideo, 7. músculo esternotiroideo, 8. músculo esternohioideo, a) glándula tiroidea, b) clavícula seccionada, c) hueso hioideo, d) esternón, e) costillas I y II.*

Músculos anteriores del cuello

Como su nombre lo indica, este grupo muscular está situado en la región anterior del cuello, se inserta en el hueso hioideo sobre el cual actúa y según la posición que presente en relación con este hueso, se distinguen 2 subgrupos: suprahioideos e infrahioideos.

Los músculos suprahioideos (figs. 32.1 y 32.2) (digástrico, estilohioideo, milohioideo y genihioideo) se extienden desde el hioides hasta la cabeza ósea, algunos de ellos se insertan en la mandíbula (vientre anterior del digástrico, milohioideo y genihioideo) y otros en la base del cráneo (vientre posterior del digástrico y estilohioideo). En general, los músculos que se insertan en la mandíbula actúan sobre esta, se originan del primer arco branquial y están inervados por la rama mandibular del trigémino. Los músculos que se insertan en la base del cráneo actúan sobre el hueso hioideo, se originan del segundo arco branquial y están inervados por el nervio facial.

Los músculos suprahioideos más destacados por su situación son el digástrico que tiene 2 vientres, anterior y posterior y el milohioideo que forma el suelo de la boca.

Los músculos infrahioideos (figs. 32.1 y 32.2) (esternohioideo, esternotiroideo, tirohioideo y omohioideo) se extienden desde el hioides hasta la parte anterosuperior del tórax y cinturón óseo de los miembros superiores. Actúan sobre las estructuras donde se insertan como el hioides y la laringe. Todos estos músculos son propios del cuello, o sea, que se originan de los somitas cervicales y están inervados por nervios espinales cervicales.

Los músculos infrahioideos más destacados por su situación son el esternohioideo, que es el más superficial y el omohioideo, que presenta 2 vientres, superior e inferior.

Los músculos anteriores del cuello actúan sobre el hioides, provocan su ascenso los músculos suprahioideos y su descenso los músculos infrahioideos. Además, los músculos suprahioideos que se insertan en la mandíbula producen su descenso, por lo que son considerados como antagonistas de los músculos masticadores. También los músculos infrahioideos que se insertan en la laringe intervienen en su ascenso y descenso, en dependencia de la dirección que tienen sus fibras.

Músculos profundos del cuello

Los músculos profundos del cuello están situados profundamente en esta región, se insertan en el segmento cervical de la columna vertebral y de acuerdo con su localización se distinguen 2 subgrupos musculares: laterales y prevertebrales.

Los músculos laterales del cuello (fig. 32.2) (escalenos anterior, medio y posterior) se extienden desde la parte lateral del segmento cervical de la columna vertebral (procesos transversos) hasta la parte superior y lateral del tórax (2 primeras costillas), con la particularidad de que los escalenos anterior y medio se insertan en la primera costilla y el escaleno posterior lo hace en la segunda costilla. Estos músculos actúan sobre el segmento cervical de la columna vertebral y las 2 primeras costillas. Son músculos propios del cuello y están inervados por nervios espinales cervicales.

Los músculos escalenos o laterales del cuello se destacan porque entre los músculos escalenos anterior y medio, por encima de la primera costilla, pasan la arteria subclavia y los troncos nerviosos del plexo braquial; lugar donde estas estructuras vasculonerviosas pueden ser comprimidas por modificaciones en la inserción de estos músculos, o lo que es más frecuente, por la presencia de una costilla supernumeraria cervical que provoca una serie de síntomas que se conocen como "síndrome de compresión vasculonerviosa del miembro superior".

Los músculos prevertebrales (largos de la cabeza y el cuello y rectos anterior y lateral de la cabeza) se extienden por delante del segmento cervical de la columna vertebral; la mayoría de ellos llegan a insertarse en la base del cráneo, específicamente en el hueso occipital, por lo que también se denominan suboccipitales. Estos músculos actúan sobre el segmento cervical de la columna vertebral y la cabeza. Son músculos propios del cuello y están inervados por nervios espinales cervicales.

Los músculos profundos del cuello actúan principalmente sobre el segmento cervical de la columna vertebral. Los músculos laterales o escalenos en conjunto, al contraerse de forma bilateral provocan

la flexión de este segmento de la columna vertebral y en la contracción unilateral lo flexionan hacia el mismo lado. También pueden ascender las costillas superiores y actuar como auxiliares de la inspiración. Los músculos prevertebrales en conjunto flexionan la cabeza y el segmento cervical de la columna vertebral.

Músculos posteriores del cuello

Los músculos posteriores del cuello están situados en la región posterior del cuello o nuca, se extienden por detrás del segmento cervical de la columna vertebral y se insertan, la mayoría de ellos, en el hueso occipital situado en la base del cráneo, por lo que también se nombran suboccipitales. Actúan sobre el esqueleto del cuello. Se originan de los somitas cervicales y están inervados por los nervios espinales cervicales (ramas posteriores). De acuerdo con su tamaño, los músculos posteriores del cuello se dividen en 2 subgrupos: largos (esplenio de la cabeza y el cuello) y cortos (rectos posteriores y oblicuos de la cabeza).

Los músculos posteriores del cuello se encuentran junto con otros músculos del dorso del tronco con los que se confunden y por lo tanto se estudian en conjunto; su acción principal es la extensión de la cabeza.

Anatomía de superficie de la musculatura del cuello

En el cuello se pueden observar el músculo platisma cuando se contrae y el músculo esternocleidomastoideo que se hace más prominente cuando se rota la cabeza hacia el lado opuesto (fig. 31.4). El músculo esternocleidomastoideo constituye un punto de referencia importante; forma la región del mismo nombre que cubre el paquete vasculonervioso del cuello y separa las regiones anterior y lateral del cuello, que tienen forma triangular (trígonos cervicales anterior y posterior).

33. Músculos del tronco

Características regionales de los músculos del tronco

Los músculos del tronco se caracterizan porque están situados en las distintas regiones de este, se extienden entre los huesos de la columna vertebral y del tórax; aunque algunos de ellos también se extienden hacia otras regiones, como la cabeza y los miembros. Estos músculos actúan sobre las estructuras óseas donde se insertan, mueven la columna vertebral y las costillas y aquellos músculos que se extienden hasta otras regiones también pueden mover la cabeza y los miembros. Los músculos del tronco se originan de los somitas (cervicales, torácicos, lumbares y sacros), luego el miotoma crece y se extiende ventralmente por la pared corporal, en el espesor de la hoja somática del mesodermo lateral y están inervados por los nervios espinales procedentes de los distintos segmentos de la médula espinal.

Algunos de estos músculos, específicamente los más profundos, son autóctonos o propios del tronco porque se mantienen en el mismo lugar de su origen; otros son centrífugos porque se desplazan desde su origen en el tronco hacia otras regiones y los músculos más superficiales son centrípetos porque se desplazan desde otras regiones hacia el tronco.

En el tronco se distinguen 5 grupos musculares: del dorso (superficiales y profundos), del tórax (superficiales y profundos), diafragma, del abdomen (posteriores, laterales y anteriores) y del perineo (del diafragma urogenital y del diafragma pelviano).

Los músculos del perineo se estudiarán cuando se trate el tema correspondiente al aparato urogenital.

Músculos del dorso

Los músculos del dorso están situados en la región dorsal del tronco y del cuello, aunque en esta última se encuentran mezclados con los músculos de la nuca.

En general según su localización se clasifican en 2 subgrupos: superficial y profundo.

Los músculos superficiales del dorso (fig. 33.1) se disponen en 3 capas superpuestas: primera capa (trapecio y dorsal ancho), segunda capa (romboideos mayor y menor y elevador de la escápula), y tercera capa (serratos posteriores superior e inferior). Los músculos de las 2 primeras capas se extienden hasta el cinturón óseo de los miembros superiores; aunque uno de ellos se extiende también hasta la cabeza (trapecio) y otro, solo se extiende hasta el húmero en el brazo (dorsal ancho), mientras que los músculos de la tercera capa se extienden hasta las costillas. En general, estos músculos actúan sobre las estructuras donde se insertan, se originan de los somitas cervicales y torácicos y están inervados por nervios espinales de estas regiones, aunque los músculos más superficiales presentan características particulares en estos aspectos (trapecio y dorsal ancho).

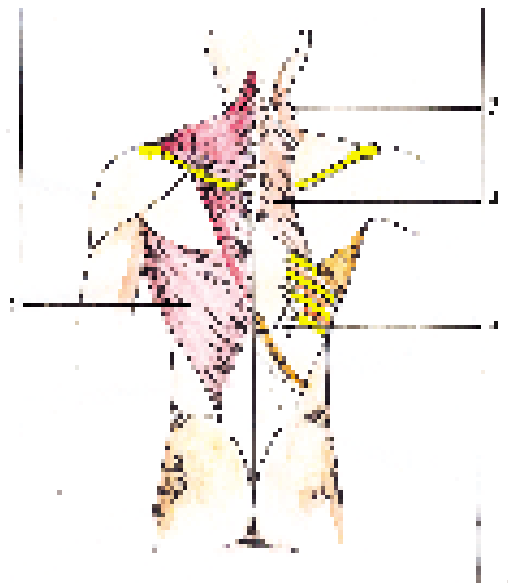


Fig. 33.1. *Músculos superficiales del dorso. 1. músculo trapecio, 2. músculo dorsal ancho, 3. músculo elevador de la escápula, 4. músculo romboideo, 5. músculo serrato posteroinferior. Nota: en el lado derecho se quitaron los músculos trapecio y dorsal ancho.*

Los músculos superficiales del dorso más destacados son el trapecio y el dorsal ancho porque son los más superficiales y extensos de esta región. Además, presentan otras características particulares que los distinguen. El trapecio también se inserta en la cabeza, tiene un origen mixto semejante al músculo esternocleidomastoideo del cuello, deriva de los arcos branquiales más caudales y de los somitas cervicales, por lo que presenta doble inervación, el nervio accesorio (XI) en su parte superior y los nervios espinales cervicales en su parte inferior. El dorsal ancho es el único músculo de esta región que se inserta en el húmero, se origina del esbozo de los miembros superiores y por lo tanto está inervado por ramos cortos del plexo braquial, formado por las ramas anteriores de los nervios espinales cervicales y torácicos (CV-TI).

Los músculos superficiales del dorso actúan moviendo la cabeza, los miembros superiores (cinturón óseo y húmero) y las costillas. En los movimientos de la cabeza de extensión y flexión lateral solo interviene el músculo trapecio. En los movimientos del cinturón óseo de los miembros superiores que comprenden el ascenso, descenso y aproximación de la escápula, participan los músculos de las 2 primeras capas que se insertan en estas estructuras, en dependencia de la dirección de sus fibras. En los movimientos del húmero (brazo) actúa solamente el músculo dorsal ancho, provoca la aproximación, rotación medial y extensión, como ocurre al sacar el pañuelo del bolsillo posterior del pantalón. En los movimientos de las costillas de ascenso (inspiratorio) y descenso (expiratorio) colaboran los músculos de la tercera capa, en dependencia de la dirección de sus fibras. También el músculo dorsal ancho es auxiliar de la inspiración cuando se mantienen fijos los miembros superiores y llega incluso a elevar el tronco como sucede en el acto de reparar.

Los músculos profundos del dorso del tronco (fig. 33.2) se disponen formando 2 tractos (columnas); el tracto de músculos más superficiales y largos (erector espinal, compuesto por 3 fascículos musculares: iliocostal, longísimo y espinal) y el tracto de músculos más profundos y cortos (transversoespinales, interespinales, intertransversarios). Estos músculos se extienden entre las vértebras, alcanzan algunos de ellos las costillas y actúan sobre estas estructuras óseas. La mayoría de estos músculos son propios o autóctonos del dorso del tronco porque se mantienen en el mismo lugar de su origen y están inervados por las ramas posteriores de los nervios espinales del cuello y tronco.

El músculo profundo del dorso más destacado es el erector espinal, que tiene gran potencia en su acción como lo indica su nombre. Los músculos profundos

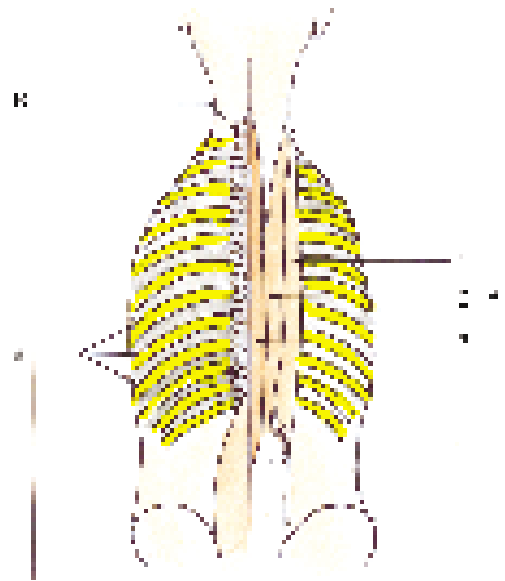


Fig. 33.2. *Músculos profundos del dorso.* A. Tracto muscular más superficial o erector espinal con fascículos 1. iliocostal, 2. longísimo, 3. espinal; B. Tracto muscular más profundo, a. músculos intercostales externos.

del dorso actúan en conjunto y mantienen erecta la columna vertebral en la posición bípeda. Además, intervienen en los movimientos de la columna vertebral y la cabeza, realizan la extensión, flexión lateral y rotación derecha e izquierda de estas regiones esqueléticas, en dependencia de la dirección de sus fibras y si la contracción es unilateral o bilateral. En general, los déficits de inervación de la musculatura dorsal del tronco se deben a lesiones de origen central y pasan inadvertidas, solo llaman la atención las alteraciones motoras de los miembros.

Músculos del tórax

Los músculos del tórax están situados en las paredes del tórax óseo y de acuerdo con su localización se clasifican en 2 subgrupos: superficial y profundo.

Los músculos superficiales del tórax (fig. 33.3) (pectorales mayor y menor, subclavio y serrato anterior) se extienden desde la región pectoral del tronco hasta el cinturón óseo de los miembros superiores, excepto uno de ellos que se extiende hasta el húmero, en el brazo (pectoral mayor). Estos músculos actúan sobre las estructuras donde se insertan, se originan de los somitas cervicales y torácicos, excepto los pectorales que derivan del esbozo de los miembros superiores; todos están inervados por ramos cortos del plexo braquial formado por las ramas anteriores de los nervios espinales cervicales y torácicos (CV-TI).

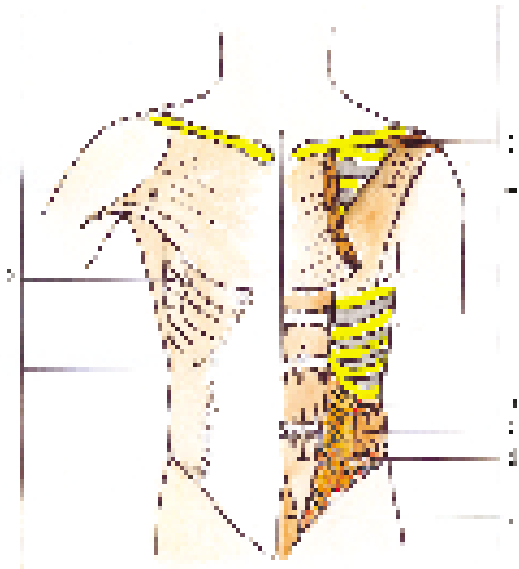


Fig. 33.3. Músculos del tórax y abdomen. 1. pectoral mayor, 2. serrato anterior, 3. subclavio, 4. pectoral menor, a) oblicuo externo, b) oblicuo interno, c) transverso, d) recto del abdomen, e) piramidal. Nota: en el lado izquierdo se quitaron los músculos más superficiales (pectoral mayor y oblicuo externo).

El músculo superficial del tórax más destacado es el pectoral mayor, porque es el más superficial de esta región y el único que se inserta en el húmero, provoca movimientos en el brazo.

Los músculos superficiales del tórax actúan moviendo los miembros superiores, específicamente el cinturón óseo y el húmero (brazo). En los movimientos del húmero actúa solo el músculo pectoral mayor, realiza la aproximación, la rotación medial y la flexión, como en el acto de dar un abrazo. En los movimientos del cinturón óseo intervienen los otros músculos en dependencia del lugar donde se insertan y la dirección de sus fibras, y así provocan el descenso y la propulsión de los huesos que lo componen. También el músculo serrato anterior mueve lateralmente el ángulo inferior de la escápula, colabora de esta manera en la separación y elevación del brazo. Además, estos músculos son auxiliares de la inspiración, al elevar las costillas donde se insertan cuando se mantiene fijo el miembro superior.

Los músculos profundos del tórax (fig. 33.4) (intercostales externos, internos e íntimos, transverso del tórax y subcostales), se extienden entre las costillas donde se insertan y actúan. Estos músculos son propios del tórax y están inervados por las ramas anteriores de los nervios espinales torácicos (nervios intercostales).

Los músculos profundos del tórax más destacados por su localización son los intercostales

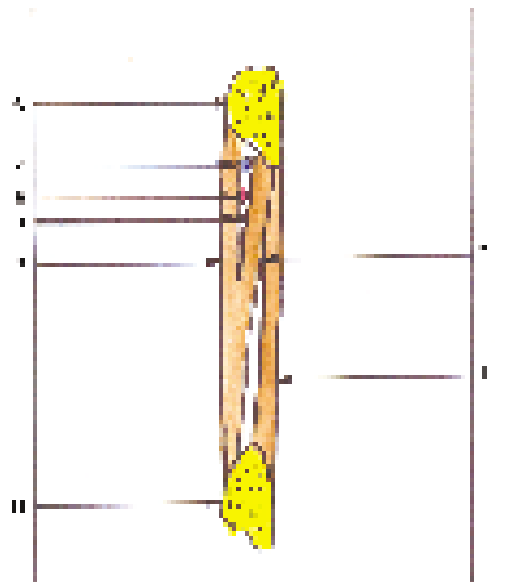


Fig. 33.4. Corte transversal de costillas y músculos intercostales. 1. externo, 2. interno, 3. íntimo, v. vena, a) arteria, n. nervio intercostal, A. costilla superior, B. costilla inferior.

externos e internos. Los músculos intercostales externos (fig.33.2) tienen sus fibras oblicuas hacia delante y abajo; se extienden por todo el espacio intercostal, excepto en la región cercana al esternón, donde son sustituidos por la membrana intercostal externa. Los músculos intercostales internos tienen sus fibras oblicuas hacia delante y arriba, se extienden por todo el espacio intercostal, excepto en la región cercana a la columna vertebral, donde son sustituidos por la membrana intercostal interna.

Los músculos profundos del tórax actúan sobre las costillas, participan en los movimientos respiratorios de inspiración y espiración. En general, se consideran a los músculos intercostales externos como inspiratorios y a los músculos intercostales internos como espiratorios.

Las lesiones de los nervios intercostales generalmente se producen por fracturas costales, por traumatismos violentos del tórax y el déficit motor que ocasionan no es significativo, predominan en estos casos el dolor y las lesiones de otros órganos de esta región.

Diafragma

El diafragma es un músculo impar situado en la abertura torácica inferior, que se inserta en las estructuras osteocartilaginosas que conforman esta abertura, separa en forma de tabique la cavidad torácica de la abdominal y tiene una acción importante en los movimientos respiratorios. Este músculo se origina en el cuello (somitas cervicales) y se desplaza hacia la parte inferior del tórax, por lo que su inervación está dada por ramas del plexo cervical (nervios frénicos).

El diafragma (fig. 33.5) es un músculo ancho en forma de bóveda, cuya convexidad es superior y está compuesto por una parte central tendinosa y otra periférica carnosa. La parte central tendinosa se denomina centro tendinoso y presenta forma de hoja de trébol con 3 folíolos, anterior, derecho e izquierdo. La parte carnosa está constituida por las porciones esternal, costales y lumbar, las cuales están separadas por los trígonos esternocostal y lumbocostal, que son unos espacios triangulares desprovistos de fibras musculares y cubiertos solamente por membranas.

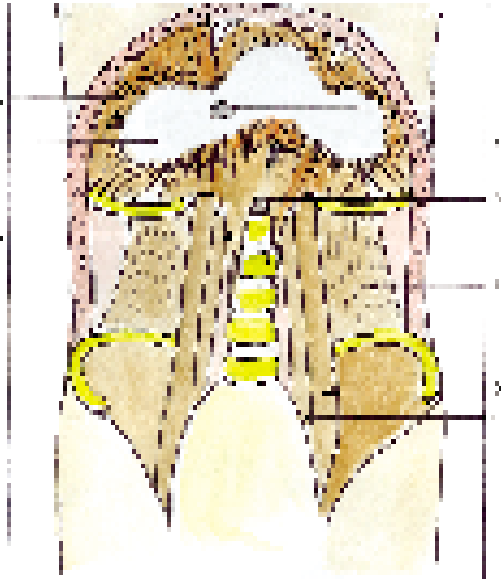


Fig. 33.5. Diafragma. Vista inferior abdominal 1. porción carnosa, 2. porción tendinosa, 3. pilares del diafragma, 4. agujero de la vena cava, 5. hiato esofágico, 6. hiato aórtico, a) músculo cuadrado lumbar, b) músculo iliopsoas, c) músculo psoas menor.

En la porción lumbar se observan los pilares del diafragma, derecho e izquierdo y los ligamentos arqueados, medio, medial y lateral, que cruzan por delante del hiato aórtico y los músculos psoas mayor y cuadrado lumbar, respectivamente. En el diafragma se distinguen 3 grandes orificios por donde pasan diversas estructuras. El hiato aórtico situado en la parte más posterior de la región lumbar, entre los pilares del diafragma, por donde pasa la arteria aorta y el conducto torácico (linfático). El hiato esofágico situado en la parte anterior de la región lumbar, por donde pasan el esófago y los nervios vagos y que constituye un punto débil del diafragma, donde se producen con relativa frecuencia las hernias diafragmáticas. El orificio de la vena cava se encuentra en el centro tendinoso, pero un poco desplazado hacia la derecha y es

atravesado por la vena cava inferior. Además, existen fisuras de los pilares, por donde pasan otras estructuras vasculonerviosas (venas ácigos y hemiácigos, los nervios espláncnicos y el tronco simpático).

La bóveda del diafragma es irregular, es más alta a la derecha por la presencia del hígado en esa parte del abdomen, se relaciona hacia la izquierda con el estómago y el bazo y en la cavidad torácica se relaciona con el corazón y la base de los pulmones.

El diafragma es el músculo principal de la respiración. Al contraerse se aplana y desciende, aumenta el volumen de la cavidad torácica y disminuye la cavidad abdominal, pero al mismo tiempo, disminuye la presión intratorácica y aumenta la presión intraabdominal, esto favorece la entrada del aire a los pulmones y el retorno al corazón de la sangre que circula por las venas.

Las contracciones involuntarias del diafragma producen un fenómeno espasmódico conocido por *hipo* y la lesión del nervio frénico provoca la parálisis del diafragma; el hemidiafragma afectado presenta una posición más elevada que el normal.

Músculos del abdomen

Los músculos del abdomen están situados en las paredes de la cavidad abdominal, se extienden entre el borde de la abertura torácica inferior y el borde superior de la pelvis. Estos músculos contribuyen a proteger las vísceras de esta región y actúan como prensa abdominal, aumentan la presión intraabdominal. Además, intervienen en los movimientos del tronco y colaboran en el mantenimiento de la posición erecta de la columna vertebral. Se originan de los somitas toracolumbares y del mesoderma lateral (hoja parietal) y están inervados por los nervios espinales de estas regiones.

Los músculos del abdomen se agrupan de acuerdo con la posición que ocupan en las paredes de esta región, se distinguen los subgrupos: posterior, lateral y anterior.

Los músculos posteriores del abdomen (figs. 33.5 y 33.6) (cuadrado lumbar) están constituidos por un par de músculos, situados en las regiones lumbares a ambos lados de la columna vertebral, entre la última costilla y la cresta iliaca del coxal. Estos músculos se pueden observar en la cara interna de la pared posterior del abdomen, al lado del músculo psoas mayor, que pertenece a la región del cinturón de los miembros inferiores.

Los músculos laterales del abdomen (figs. 33.3 y 33.6) (oblicuo externo, oblicuo interno y transversal) están compuestos por 3 músculos anchos, superpuestos uno sobre otro, los cuales tienen una

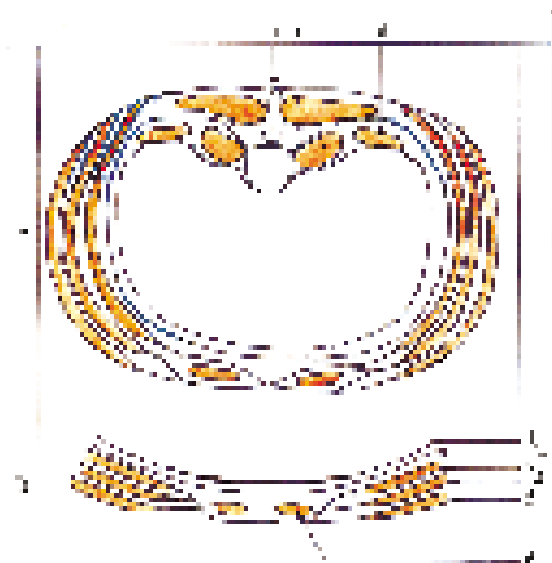


Fig. 33.6. Corte horizontal (transversal) del abdomen. A. supraumbilical, B. infraumbilical, a) vértebra, b) músculo del dorso, c) músculo psoas mayor, d) músculo cuadrado lumbar, 1. peritoneo, 2. fascia transversal, 3. músculo transverso, 4. músculo oblicuo interno, 5. músculo oblicuo externo, 6. músculo recto del abdomen.

extensión amplia en la pared lateral del abdomen y representan en esta región la continuación de los músculos profundos del tórax (intercostales externos e internos y el transverso del tórax), por lo que sus fibras presentan la misma dirección. Además, sus aponeurosis forman en la pared anterior de esta región la vaina de los músculos rectos del abdomen y se fusionan con las del lado opuesto en la línea media anterior formando la línea blanca (línea alba), que se extiende desde el proceso xifoideo del esternón hasta el borde superior de la sínfisis del pubis.

Los músculos anteriores del abdomen (figs. 33.3 y 33.6) (recto y piramidal del abdomen) están representados por 2 pares de músculos que se encuentran envueltos por una vaina aponeurótica, ya citada anteriormente (vaina de los músculos rectos del abdomen). El músculo piramidal es rudimentario. Por lo tanto, el músculo recto del abdomen es el más destacado por su situación y extensión y se caracteriza por ser un músculo poligástrico.

Los músculos del abdomen constituyen una faja de sostén y protección de las vísceras abdominales, en la parte de esta cavidad que no está protegida por el esqueleto. Estos músculos en conjunto actúan como prensa abdominal, aumentan con su contracción la presión intraabdominal y contribuyen de esta manera a expulsar al exterior el contenido de los órganos huecos; facilitan el vómito, la defecación, la micción y

el parto. Además, contribuyen a expulsar el aire de los pulmones durante la espiración forzada. Los músculos del abdomen también participan en los movimientos del tronco, según la dirección de sus fibras y ayudan a mantenerlo en posición erecta.

Regiones de la pared anterior del abdomen

Para facilitar la localización de cualquier punto en la pared anterior del abdomen y la proyección de los órganos intraabdominales, esta pared se divide en distintas regiones limitadas por 4 líneas imaginarias: 2 horizontales y 2 verticales (fig. 33.7).

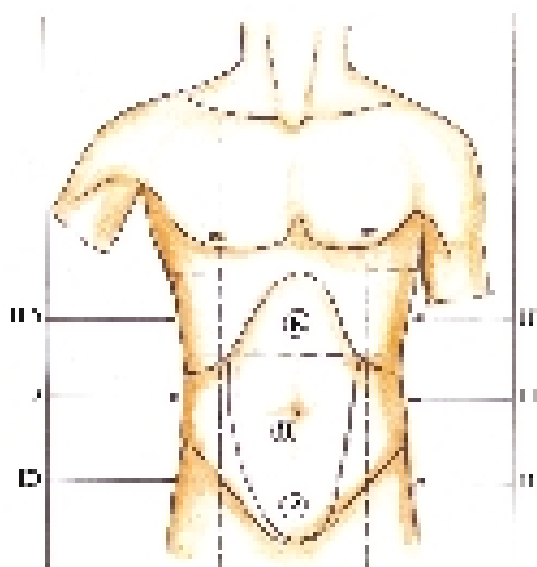


Fig. 33.7. Regiones de la pared anterior del abdomen. Impares. E. epigastro, U. umbilical, P. púbica. Pares. HD. hipocondrio derecho, HI. hipocondrio izquierdo, LD. lateral derecha, LI. lateral izquierda, ID. inguinal derecha, II. inguinal izquierda.

Las líneas horizontales corresponden a los planos subcostal (en el nivel de los décimos cartílagos costales) e interespinal (en el nivel de las espinas iliacas anterosuperiores). Las líneas verticales corresponden a las líneas pararectales (bordes laterales de los músculos rectos del abdomen), pero en general el relieve de estos músculos no está bien definido, por lo que se toman como puntos de referencia las líneas medioclaviculares o mamilares, que completan la división de la pared anterior del abdomen en 9 cuadrantes (fig. 33.7). Las regiones impares situadas en el medio se denominan: epigástrica (epigastro), umbilical (mesogastro) y púbica (hipogastro). Las

regiones pares, derecha e izquierda, se nombran hipocondríacas (hipocondrio), laterales (flancos) e inguinales (iliacas).

La pared anterior del abdomen también se puede subdividir de una forma más simple, mediante 2 líneas que se cruzan perpendicularmente en el nivel del ombligo, formando 4 cuadrantes que se nombran según su posición: superior-derecha, superior-izquierda, inferior-derecha e inferior-izquierda.

Canal inguinal

En el espesor de la pared anterior del abdomen, específicamente en la región inguinal (parte inferior y laterales del abdomen) se encuentra el canal inguinal, que constituye un trayecto de unos 5 cm de longitud dirigido en forma oblicua hacia abajo, delante y medialmente, en el cual se destacan su contenido, las paredes y los orificios (fig. 33.8).

El canal inguinal contiene en la hembra el ligamento redondo del útero y en el varón el funículo espermático (cordón espermático).

El canal inguinal está formado por 4 paredes que se denominan según su posición: anterior, posterior, superior e inferior. La pared anterior está compuesta por la aponeurosis del músculo oblicuo externo del abdomen. La pared inferior está constituida por el ligamento inguinal, que es el borde inferior de la aponeurosis del músculo oblicuo externo incurvado hacia atrás, que se extiende a manera de puente entre la espina iliaca anterosuperior y el tubérculo del pubis en el coxal. La pared superior está representada por los bordes inferiores de los músculos oblicuo interno y transverso del abdomen. En la parte medial de esta pared, las fibras aponeuróticas de estos 2 músculos se unen formando el tendón conjunto, que se dirige hacia abajo y se inserta en el pubis. La pared posterior está formada solamente por la fascia transversal, que está tapizada internamente por el peritoneo y constituye un punto débil del canal inguinal.

El canal inguinal presenta 2 orificios, los anillos inguinales superficial y profundo. El anillo inguinal superficial está situado en el nivel del pubis, en el extremo medial de la pared anterior del canal inguinal, formado por la aponeurosis del músculo oblicuo externo del abdomen. El anillo inguinal profundo se encuentra en el extremo lateral de la pared posterior, formado por la fascia transversal, en un punto equidistante entre la espina iliaca anterosuperior y el tubérculo del pubis; este lugar es otro punto débil del canal inguinal.

Como se ha explicado anteriormente, en el canal inguinal existen 2 puntos débiles, la pared posterior y el anillo inguinal profundo, por donde se producen con bastante frecuencia las hernias inguinales, directas e indirectas (oblicuos externas), respectivamente.

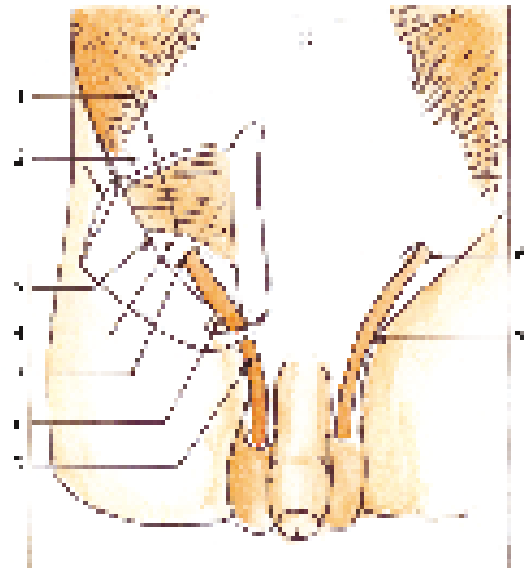


Fig. 33.8. Canal inguinal del hombre. 1. pared superior (músculos oblicuo interno y transverso), 2. pared anterior (aponeurosis del músculo oblicuo externo), 3. pared inferior (ligamento inguinal), 4. pared posterior (fascia transversal), 5. anillo inguinal profundo, 6. anillo inguinal superficial, 7. funículo espermático.

Anatomía de superficie de la musculatura del tronco

En un individuo atlético se pueden observar los relieves de los músculos superficiales de las regiones del tronco (figs. 33.9 y 33.10). En la región dorsal se distinguen los bordes laterales de los músculos dorsal ancho y el trapecio. En la región pectoral se destaca el músculo pectoral mayor. En la región abdominal se observa el relieve del músculo recto del abdomen. Además, se puede determinar la situación del canal inguinal con la ubicación del anillo inguinal profundo en un punto equidistante entre la espina iliaca anterosuperior y el tubérculo del pubis. También se puede explorar el canal inguinal con el dedo índice invaginando la piel del escroto e introduciéndolo a través del anillo inguinal superficial.

La acción del diafragma se refleja en los movimientos del tórax durante la respiración (inspiración y espiración). Normalmente la bóveda del diafragma se encuentra al nivel del quinto espacio intercostal izquierdo, en el punto correspondiente a la línea medio claviculillar o mamilar de ese lado; es más alta su localización en el lado derecho. Esta situación de la bóveda diafragmática explica la posibilidad de lesiones en las vísceras abdominales superiores, también llamadas vísceras toracoabdominales, como el hígado, estómago y bazo, en las heridas penetrantes de la parte inferior del tórax óseo, por debajo de los pezones.

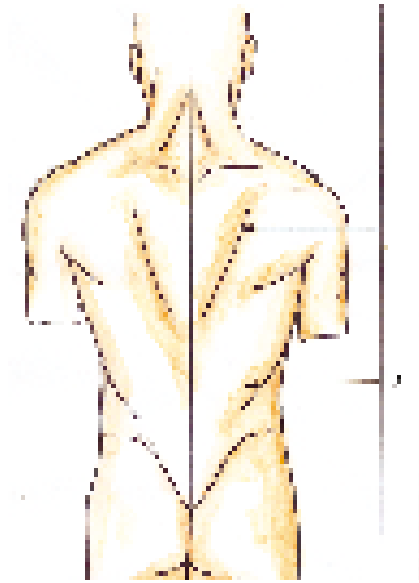


Fig. 33.9. Anatomía de superficie de la musculatura del tronco. Vista posterior 1. relieve del músculo trapecio, 2. relieve del músculo dorsal ancho.

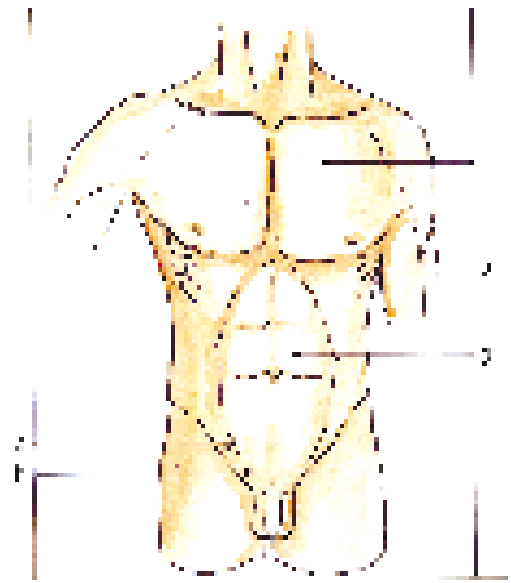


Fig. 33.10. Anatomía de superficie de la musculatura del tronco. Vista anterior 1. relieve del músculo pectoral mayor, 2. relieve del músculo serrato anterior, 3. relieve del músculo recto del abdomen, a) punto de localización del anillo inguinal profundo, b) punto de localización del anillo inguinal superficial.

34. Músculos de los miembros superiores

Características regionales de los músculos de los miembros superiores

Los músculos de los miembros superiores se caracterizan porque están situados en las distintas regiones que componen estos miembros y se extienden entre los huesos que se encuentran en estas. Se disponen alrededor de las articulaciones que los unen y algunos de ellos llegan a sobrepasar más de una articulación, por lo que se denominan poliarticulares. Estos músculos actúan sobre los huesos de estos miembros y provocan los grandes movimientos de esta parte del cuerpo, donde se encuentra la mano que constituye un verdadero instrumento de trabajo y representa una característica particular del humano. Los músculos de los miembros superiores son autóctonos o propios de esta región que se originan a partir de una condensación del mesénquima, en la base del esbozo de estos miembros que se desarrollan en la superficie ventrolateral del tronco del embrión, al nivel de los últimos segmentos cervicales y primeros torácicos (CV-TI). Algunos autores consideran que este mesénquima proviene de la hoja somática del mesodermo lateral y otros plantean que derivan de los somitas cervicotorácicos, porque están inervados por ramos del plexo braquial, formado por las ramas anteriores de los nervios espinales cervicotorácicos (CV-TI).

En los miembros superiores se destacan 4 grupos musculares que se nombran según la región esquelética donde se encuentran localizados: del cinturón, del brazo (anteriores y posteriores), del antebrazo (anteriores, laterales y posteriores) y de la mano (tenar, hipotenar y del medio).

Músculos del cinturón

Los músculos del cinturón de los miembros superiores (figs. 34.1, 34.2 y 34.3) (deltoideo, supraespinoso, infraespinoso, redondo menor, redondo mayor y subescapular) se extienden desde el cinturón óseo de estos miembros (escápula y clavícula) hasta el hueso del brazo (húmero), disponiéndose alrededor de la articulación humeral sobre la cual actúan moviendo el brazo. Estos músculos son autóctonos o propios de los miembros superiores y están inervados por ramos cortos del plexo braquial (nervios axilar, supraescapular y subescapular). El músculo del cinturón de los miembros superiores más destacado por su situación es el deltoideo que le proporciona al hombro su forma redondeada.

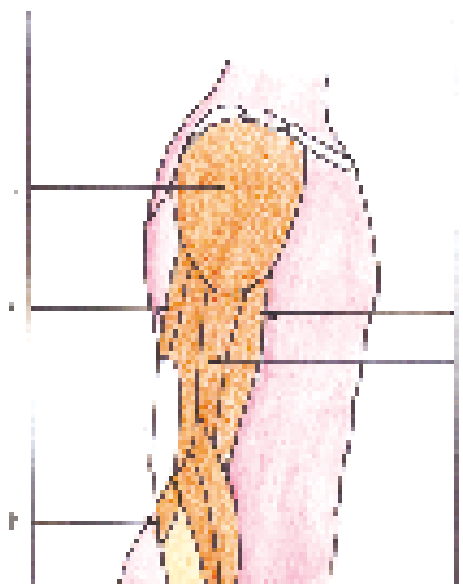


Fig. 34.1. Músculos del cinturón y brazo. Vista lateral
1. músculo deltoideo, a) músculo tríceps braquial,
b) músculo ancóneo, c) músculo bíceps braquial,
d) músculo braquial.



Fig. 34.2. *Músculos del cinturón y brazo. Vista anterior*
 1. deltoideo, 2. subescapular, 3. redondo mayor,
 a) coracobraquial, b) bíceps braquial, c) braquial.



Fig. 34.3. *Músculos del cinturón y brazo. Vista posterior*
 1. supraespinoso, 2. infraespinoso, 3. redondo menor, 4. redondo mayor, 5. deltoideo (seccionado), a) tríceps braquial, b) ancóneo.

Todos los músculos del cinturón de los miembros superiores actúan sobre la articulación humeral provocando los movimientos del brazo (húmero), de separación, aproximación, flexión, extensión,

circunducción, rotación medial y lateral, en dependencia de la dirección de sus fibras y el lado de la articulación por donde pasan. En general, los músculos que pasan por arriba de la articulación son separadores del brazo (deltoideo y supraespinoso). Los músculos que pasan por delante son aproximadores, rotadores mediales y flexores (fibras anteriores del deltoideo). Los músculos que pasan por detrás son aproximadores, rotadores laterales y extensores (fibras posteriores del deltoideo, infraespinoso y redondo menor). Los músculos que pasan por la axila procedentes del dorso son aproximadores, rotadores mediales y extensores (redondo mayor y subescapular), aunque el subescapular no interviene en la extensión por su situación ventral en la escápula.

En la articulación humeral también participan los músculos del tronco que se insertan en el húmero, uno superficial del dorso (dorsal ancho) y otro superficial del tórax (pectoral mayor). Además, colaboran en los movimientos de esta articulación los músculos del brazo que se insertan en la escápula.

Músculos del brazo

Los músculos del brazo se dividen en 2 subgrupos: anterior y posterior.

Los músculos anteriores del brazo (figs. 34.1 y 34.2) (bíceps braquial, coracobraquial y braquial) se extienden desde el hueso del brazo (húmero) y del cinturón (escápula), hasta los huesos del antebrazo (ulna y radio), pasan por delante de la articulación del codo donde realizan su acción fundamental, y provocan la flexión del antebrazo, excepto uno de ellos (coracobraquial), que se extiende solamente entre la escápula y el húmero, e interviene en la articulación humeral, moviendo el brazo. Estos músculos son propios de los miembros superiores y están inervados por un ramo largo del plexo braquial (nervio músculo cutáneo).

El músculo del subgrupo anterior del brazo más destacado por su situación es el bíceps braquial, que se halla más superficial y está compuesto por 2 cabezas, larga y corta. Además en su extensión sobrepasa 2 articulaciones, la del codo y la humeral, por lo que es biarticular.

Los músculos posteriores del brazo (figs. 34.1 y 34.3) (tríceps braquial y ancóneo) se extienden desde el hueso del brazo (húmero) y del cinturón (escápula) hasta el antebrazo (ulna), pasan por detrás de la articulación del codo en la que realizan su acción fundamental, la extensión del antebrazo. Estos músculos son propios de los miembros superiores y están inervados por un ramo largo del plexo braquial (nervio radial).

El músculo del subgrupo posterior del brazo más destacado es el tríceps braquial que se encuentra más superficial y está compuesto por 3 cabezas que se denominan: larga, lateral y medial. La cabeza larga tiene su inserción de origen en el cinturón (escápula) y actúa también en la articulación humeral.

Los músculos del brazo actúan fundamentalmente sobre la articulación del codo, provocan los movimientos del antebrazo, excepto el coracobraquial que solo actúa en la articulación humeral. En general los músculos anteriores del brazo son flexores del antebrazo, aunque el bíceps braquial también interviene en la supinación, como en la acción de pedir con la mano; y los músculos posteriores del brazo son extensores del antebrazo.

Los músculos del brazo que se insertan en el cinturón (escápula) actúan sobre la articulación humeral colaborando en los movimientos del brazo. Los del subgrupo anterior realizan la aproximación y flexión (bíceps braquial y coracobraquial). Los del subgrupo posterior realizan la aproximación y extensión (tríceps braquial).

En la articulación del codo también intervienen varios músculos del antebrazo que se insertan en el húmero.

Músculos del antebrazo

Los músculos del antebrazo están distribuidos en 3 subgrupos: anterior, lateral y posterior.

Los músculos anteriores del antebrazo son muy numerosos y se disponen en 4 capas (fig. 34.4): *primera capa* (pronador redondo, flexor radial del carpo, palmar largo y flexor ulnar del carpo), *segunda capa* (flexor superficial de los dedos), *tercera capa* (flexor largo del pulgar y flexor profundo de los dedos) y *cuarta capa* (pronador cuadrado). Los músculos más superficiales (2 primeras capas) tienen su inserción de origen en el epicóndilo medial del húmero y los más profundos (2 últimas capas) se inician en los huesos del antebrazo. Por lo general estos músculos son poliarticulares y en su porción distal presentan largos tendones que se extienden hasta los huesos de la mano y de los dedos, pero algunos de ellos (pronadores) no alcanzan estas regiones y se extienden entre los huesos del antebrazo. En general, estos músculos son flexores y pronadores y realizan la acción que sus nombres indican, intervienen en los movimientos de los dedos, la mano y el antebrazo. Los músculos anteriores del antebrazo son propios de los miembros superiores y están inervados por ramos largos del plexo braquial (la mayoría por el nervio mediano y los más mediales por el nervio ulnar). El músculo anterior del antebrazo más destacado por su situación es el pronador redondo, que se localiza en la parte lateral de la primera capa y limita con el subgrupo lateral del antebrazo.

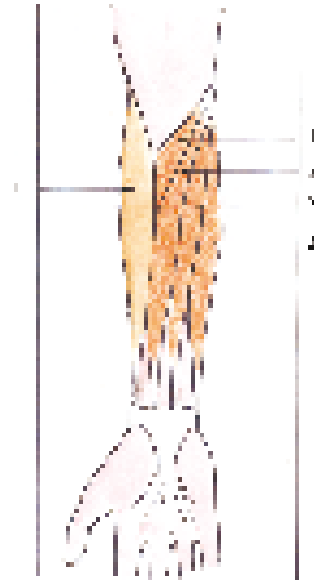


Fig. 34.4. *Músculos del antebrazo. Grupo anterior, capa superficial 1. pronador redondo, 2. flexor radial del carpo, 3. palmar largo, 4. flexor ulnar del carpo, a) braquiorradial (del grupo lateral).*

Los músculos laterales del antebrazo (fig. 34.5) (braquiorradial, extensor radial largo del carpo y extensor radial corto del carpo) están situados en el borde lateral o radial del antebrazo y se extienden desde el epicóndilo lateral del húmero o cerca de él, hasta la epífisis distal del radio (braquiorradial) y los huesos de la mano (extensores). En general estos músculos actúan como extensores de la mano y flexores del antebrazo. Son propios de los miembros superiores y están inervados por un ramo largo del plexo braquial (nervio radial). El músculo lateral del antebrazo más destacado por su situación y acción es el braquiorradial que limita con el subgrupo anterior de esta región y mantiene el antebrazo en posición de reposo, intermedia entre la supinación y pronación.

Los músculos posteriores del antebrazo son también muy numerosos y están distribuidos en 2 capas (fig. 34.6); la *primera capa*, superficial (extensor de los dedos, extensor del meñique y extensor ulnar del carpo) y la *segunda capa*, profunda (supinador, abductor largo del pulgar, extensor corto del pulgar, extensor largo del pulgar y extensor del índice). Los músculos de la capa más superficial se inician en el epicóndilo lateral del húmero y los profundos en los huesos del antebrazo, la mayoría de ellos se extiende mediante largos tendones, hasta los huesos de la mano y de los dedos. En general, estos músculos son extensores y supinadores y actúan como sus nombres indican, participan en los movimientos de los dedos, la mano y el antebrazo. Los músculos posteriores del antebrazo son propios de los miembros superiores y están inervados por un ramo largo del plexo braquial (nervio radial).

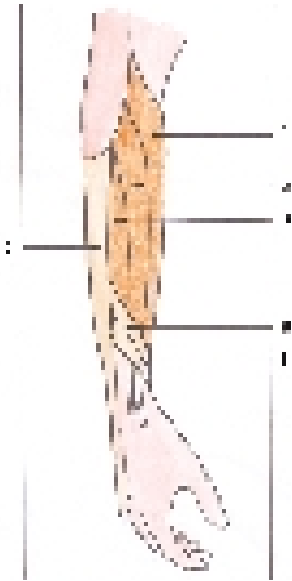


Fig. 34.5. *Músculos del antebrazo. Grupo lateral 1. braquiorradial, 2. extensor radial largo del carpo, 3. extensor radial corto del carpo, a) separador largo del pulgar, b) extensor corto del pulgar, c) extensor de los dedos.*



Fig. 34.6. *Músculos del antebrazo. Grupo posterior, capa superficial 1. extensor de los dedos, 2. extensor del meñique, 3. extensor ulnar del carpo, 4. separador largo del pulgar, 5. extensor corto del pulgar, a) braquiorradial, b) extensor radial largo del carpo, c) extensor radial corto del carpo.*

Los músculos del antebrazo actúan sobre los dedos, la mano y el antebrazo. En general, los músculos anteriores del antebrazo son flexores de los dedos, la mano y el antebrazo, y además, pronadores del antebrazo. Los músculos laterales del antebrazo son

extensores de la mano y flexores del antebrazo. Los músculos posteriores del antebrazo son extensores de los dedos, la mano y el antebrazo y además, supinadores del antebrazo. Los músculos que pasan por el borde lateral o radial de la mano actúan como separadores de esta y los que pasan por su borde medial o ulnar son aproximadores.

Músculos de la mano

Una parte de la musculatura de la mano está compuesta por largos tendones procedentes del antebrazo y otra está constituida por los músculos propios de la mano. Estos últimos son cortos y están situados en la palma de la mano, se distribuyen en 3 subgrupos localizados en las regiones tenar, hipotenar y del medio de la mano (fig. 34.7).



Fig. 34.7. *Músculos de la mano. A. región tenar (músculos separador corto y flexor corto del pulgar), B. región hipotenar (músculos separador corto y flexor corto del meñique), C. región del medio de la mano (músculos lumbricales).*

Los músculos de la región tenar (abductor y flexor corto del pulgar, oponente y aductor del pulgar) se extienden hacia el dedo pulgar sobre el cual actúan y la mayoría de ellos están inervados por el nervio mediano.

Los músculos de la región hipotenar (palmar corto, abductor, flexor corto y oponente del meñique) se extienden hacia el dedo meñique y actúan sobre este. Todos estos músculos están inervados por el nervio ulnar.

Los músculos de la región del medio de la mano (lumbricales, interóseos palmares y dorsales) se

extienden hacia los dedos II-V, sobre los cuales actúan y la mayoría de estos músculos están inervados por el nervio ulnar.

En el hombre la mano representa un verdadero instrumento de trabajo, capaz de realizar movimientos variados y precisos, gracias al perfeccionamiento alcanzado por la musculatura que actúa en esta. La mayoría de los músculos del antebrazo y los propios de la mano actúan sobre los dedos donde se insertan y provocan los movimientos que sus nombres indican. En general los músculos propios de la mano de la región tenar actúan sobre el dedo pulgar, los de la región hipotenar sobre el dedo meñique y los del medio de la mano sobre los dedos II-V.

Anatomía de superficie de la musculatura de los miembros superiores

(fig. 34.8)

En la región deltoidea (hombro) se puede observar la forma redondeada que le proporciona el músculo deltoideo a esta región. En la región anterior del brazo se destaca el músculo bíceps braquial cuando se flexiona el antebrazo y en la región posterior del brazo se distingue el músculo tríceps braquial cuando se realiza la extensión forzada del antebrazo. En la

depresión del pliegue del codo (fosa cubital) se pueden delimitar los músculos colindantes de los subgrupos anterior y lateral del antebrazo (músculo pronador redondo y músculo braquiorradial).

En la región anterior del carpo se pueden palpar los tendones de los músculos flexores y en la palma de la mano se destacan las eminencias musculares de las regiones tenar e hipotenar. En el dorso de la mano se palpan los tendones de los músculos extensores y en la parte lateral del dorso del carpo se observa al extender el dedo pulgar una depresión llamada "tabaquera anatómica", formada por los tendones de los músculos extensores corto y largo del pulgar.

Trastornos motores por lesiones nerviosas periféricas

La lesión del nervio axilar (circunflejo) aislada es rara y provoca la parálisis de los músculos que inervan en el cinturón de los miembros superiores (músculo deltoideo y músculo redondo menor), que se manifiesta por dificultad para realizar el movimiento de separación del brazo.

La lesión del nervio radial es la más frecuente de las lesiones nerviosas periféricas de los miembros superiores, especialmente en su inicio al nivel de la axila; produce la parálisis de los músculos que inervan en la región posterior del brazo y antebrazo, e imposibilita

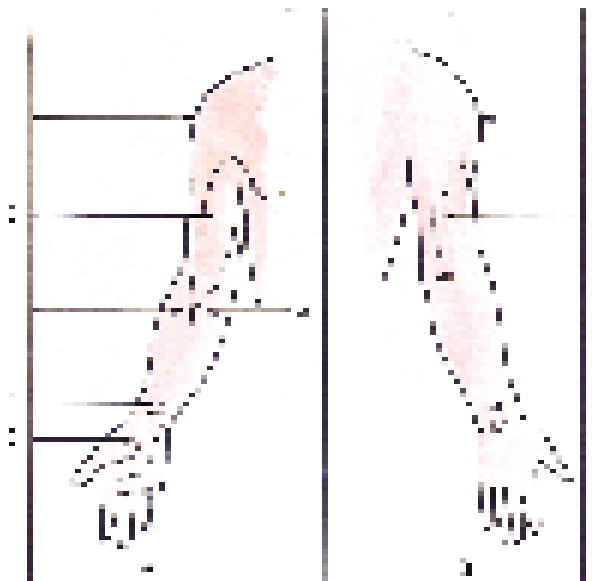


Fig. 34.8. Anatomía de superficie de la musculatura del miembro superior (derecho). A. Vista anterior, B. Vista posterior 1. músculo deltoideo, 2. músculo bíceps braquial, 3. músculo tríceps braquial, 4. músculo braquiorradial, 5. músculo pronador redondo, 6. tendones de los músculos flexores, 7. eminencia tenar, 8. eminencia hipotenar, 9. tendones de los músculos extensores.

la extensión del antebrazo, la mano y los dedos, lo que ocasiona la "mano péndula" (fig.34.9). En la lesión al nivel del tercio medio del brazo no se afecta el músculo tríceps braquial y el individuo puede extender el antebrazo. En la lesión al nivel del codo los músculos posteriores del antebrazo están parcialmente afectados y la persona puede extender la mano con alguna dificultad, pero se mantiene la incapacidad para extender los dedos.



Fig. 34.9. Mano péndula, por lesión del nervio radial.

La lesión del nervio músculo cutáneo aislada es rara y provoca la parálisis de los músculos que inerva en la región anterior del brazo, se manifiesta por la dificultad para flexionar el antebrazo.

La lesión del nervio mediano al nivel del codo es relativamente frecuente y ocasiona la parálisis de los músculos que inervan en la región anterior del antebrazo y región tenar de la mano, por lo que el individuo tiene dificultad para realizar la pronación del antebrazo y la flexión de la mano y de los 3 dedos más laterales. Además, el dedo pulgar modifica su posición y permanece en el mismo plano que los otros dedos de forma parecida que la "mano de mono" (fig. 34.10 A) y cuando se trata de cerrar la mano, el dedo índice queda extendido como en la "expresión de indicar" (mano de predicador) (fig. 34.10 B). La lesión al nivel del carpo solo afecta a los músculos que inervan en la mano y presenta trastornos discretos en la movilidad del pulgar.

La lesión del nervio ulnar (cubital) al nivel del codo es también relativamente frecuente y produce la parálisis de los músculos que inervan en la región anterior del antebrazo y regiones hipotenar y del medio de la mano; se manifiesta por dificultades en los movimientos de flexión y aproximación de la mano y sobre todo en los movimientos de los dedos, como la flexión del meñique, la separación y aproximación de los dedos y la aproximación del pulgar. Además, se observa la "mano de garra" (fig.34.11) que se caracteriza



Fig. 34.10. A. Mano de mono, B. Mano en expresión de indicar, por lesión del nervio mediano.

por tener los dedos hiperextendidos en las articulaciones metacarpofalángicas y algo flexionados en las articulaciones interfalángicas. En la lesión al nivel del carpo se mantiene la dificultad de separar y aproximar los dedos y se acentúa la "mano en garra".

Trastornos sensitivos por lesiones nerviosas periféricas

Los nervios antes mencionados son mixtos (motores y sensitivos), por lo que sus lesiones también provocan trastornos de la sensibilidad de la piel, en



Fig. 34.11. Mano en garra, por lesión del nervio ulnar.

las regiones que inervan (fig. 34.12): el nervio axilar en la región deltoidea, específicamente en la parte superior y lateral del brazo; el nervio radial en las regiones posteriores del brazo y antebrazo y la mitad lateral del dorso de la mano; el nervio musculocutáneo en la parte anterolateral del antebrazo; el nervio mediano en la parte lateral de la palma de la mano y en las porciones

distales del dorso de los dedos más laterales; el nervio ulnar en la parte medial de la mano, tanto por su cara palmar como dorsal. Además, existen otros nervios en estas regiones que solamente son sensitivos: el nervio braquiocutáneo medial inerva la parte anteromedial del brazo y el nervio antebraquiocutáneo medial la parte anteromedial del antebrazo.

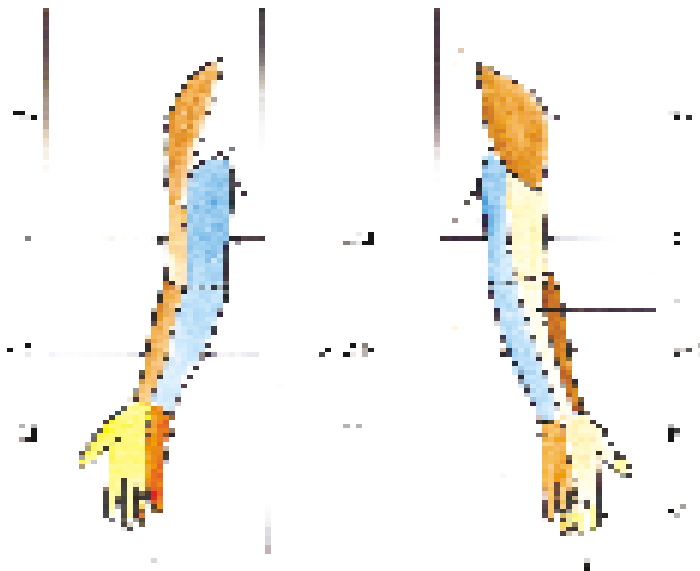


Fig. 34.12. *Inervación cutánea del miembro superior (derecho): A. Vista anterior, B. Vista posterior, Ax. nervio axilar, R. nervio radial, Mc. nervio músculo cutáneo, M. nervio mediano, BCM. nervio braquial cutáneo medial, ABCM. nervio antebraquial cutáneo medial, U. nervio ulnar.*

35. Músculos de los miembros inferiores

Características regionales de los músculos de los miembros inferiores

Los músculos de los miembros inferiores presentan características similares a las de los miembros superiores, pero son más robustos, y menos numerosos en correspondencia con sus funciones. Estos músculos están situados en las regiones de los miembros inferiores y se extienden entre los huesos que se hallan en estas; se disponen alrededor de las articulaciones que los unen, aunque algunos de ellos son poliarticulares y actúan sobre las palancas óseas que se encuentran en estas regiones, mantienen la estática del cuerpo en la posición bípeda o vertical y provocan los movimientos de estos miembros durante la marcha. Se originan también de una condensación del mesénquima, pero localizada en la base de los esbozos de los miembros inferiores que se desarrollan en la superficie ventrolateral del tronco del embrión, al nivel de los segmentos lumbosacros; aunque se discute si este mesénquima procede de la hoja somática del mesodermo lateral o de los somitas lumbosacros, pues están inervados por ramos de los plexos lumbares y sacros, que se forman por las ramas anteriores de los nervios espinales de estas regiones.

En los miembros inferiores se distinguen 4 grupos musculares que se corresponden con las regiones esqueléticas de estos miembros; del cinturón (anteriores y posteriores), del muslo (anteriores, posteriores y mediales), de la pierna (anteriores, laterales y posteriores) y del pie (dorsales y plantares).

Músculos del cinturón

Los músculos del cinturón de los miembros inferiores o de la pelvis se dividen en 2 subgrupos: anterior y posterior.

Los músculos anteriores del cinturón de los miembros inferiores (fig. 35.1) (iliopsoas y psoas menor) se caracterizan porque uno de ellos (iliopsoas) se extiende desde la región lumbar de la columna vertebral y pelvis (fosa iliaca) hasta el hueso del muslo (fémur), y pasa por delante de la articulación coxal sobre la cual actúa, moviendo el muslo. El otro músculo (psoas menor) es inconstante y se extiende solamente desde la región lumbar hasta la pelvis. Estos músculos son propios de los miembros inferiores y están inervados por ramos del plexo lumbar.

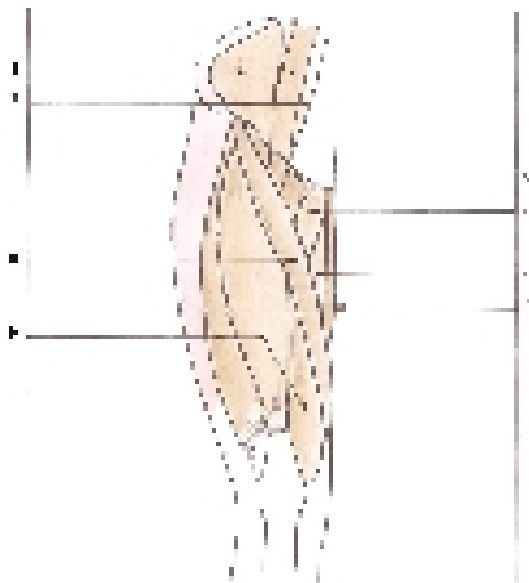


Fig. 35.1. Músculos del cinturón y muslo. Vista anterior
1. iliopsoas, 2. psoas menor, a) sartorio, b) cuádriceps femoral (del grupo anterior del muslo), c) pectíneo, d) aproximador largo, e) aproximador magno, f) delgado (del grupo medial del muslo).

El músculo más destacado de este subgrupo es el iliopsoas por su situación y acción. Además, está compuesto por 2 cabezas, el iliaco y el psoas mayor y es el único que se inserta en el trocánter menor del fémur.

Los músculos posteriores del cinturón de los miembros inferiores (fig. 35.2) (glúteos máximo, medio y mínimo, tensor de la fascia lata, piriforme, obturadores interno y externo, gemelos superior e inferior y cuadrado femoral), se extienden desde los huesos de la pelvis hasta el hueso del muslo (fémur); casi todos se insertan en el trocánter mayor o cerca de él, y pasan por la parte posterior y lateral de la articulación coxal sobre la cual actúan, moviendo el muslo. Estos músculos son propios de los miembros inferiores y la mayoría de ellos están inervados por ramos cortos del plexo sacro. El músculo más destacado de este subgrupo es el glúteo máximo, por ser el más superficial y voluminoso, y constituye un lugar apropiado para aplicar las inyecciones intramusculares.



Fig. 35.2. *Músculos del cinturón y muslo. Vista posterior*
 1. glúteo medio, 2. tensor de la fascia lata, 3. glúteo máximo, a) bíceps femoral, b) semitendinoso, c) semimembranoso.

Los músculos del cinturón de los miembros inferiores actúan sobre la articulación coxal, provocan los movimientos del muslo (fémur), en dependencia de la dirección de sus fibras y el lado de la articulación por donde pasan. En general, el músculo del subgrupo anterior que pasa por la parte anteromedial de la articulación es flexor y rotador lateral del muslo (iliopsoas). Los músculos del subgrupo posterior que pasan por la parte anterolateral de la articulación son flexores y rotadores mediales (tensor de la fascia lata y fibras anteriores de los glúteos medio y mínimo), los que pasan por la parte lateral son separadores (principalmente los glúteos medio y mínimo) y los que pasan por la parte posterior son extensores y rotadores

laterales (la mayoría de los músculos del subgrupo posterior, sobre todo el glúteo máximo).

El movimiento de aproximación del muslo es realizado fundamentalmente por los músculos del subgrupo medial del muslo (aductores). En los movimientos de la articulación coxal también intervienen otros músculos del muslo que se insertan en el cinturón (coxal).

Músculos del muslo

Los músculos del muslo se dividen en 3 subgrupos: anterior, posterior, y medial.

Los músculos anteriores del muslo (fig. 35.1) (sartorio y cuádriceps femoral) se extienden desde el cinturón óseo (porción iliaca del coxal) hasta la pierna (tibia), aunque la mayor parte del cuádriceps femoral se inicia en el hueso del muslo (fémur). Los 2 músculos de esta región son biarticulares porque cruzan el área correspondiente a 2 articulaciones, coxal y rodilla, sobre las cuales actúan; pero la acción fundamental la ejercen en la articulación de la rodilla moviendo la pierna, con la particularidad de que estos músculos pasan por distintos lados de la articulación, y provocan diferentes movimientos. Estos músculos son propios de los miembros inferiores y están inervados por un ramo largo del plexo lumbar (nervio femoral).

El músculo sartorio se destaca porque es el músculo más largo del cuerpo y está situado superficialmente en la región anterior del muslo, se dirige en forma oblicua, de espiral, desde la porción iliaca del coxal (espina iliaca anterosuperior) hasta la región medial de la rodilla y se inserta en la tuberosidad de la tibia.

El músculo cuádriceps femoral se distingue porque está compuesto por 4 cabezas, el recto femoral que se inicia en la porción iliaca del coxal (espina iliaca anteroinferior) y los vastos medial, lateral e intermedio que se inician en el fémur y en su extremo distal se reúnen formando un tendón común que se fija en la patela, y continuará hacia abajo con el ligamento patelar hasta terminar en la tuberosidad de la tibia. Golpeando este ligamento se explora el reflejo patelar (rotuliano), que provoca la contracción del músculo cuádriceps femoral y la consiguiente extensión de la pierna.

Los músculos posteriores del muslo (fig. 35.2) (bíceps femoral, semitendinoso, semimembranoso y poplíteo) se extienden desde el cinturón óseo (porción isquiática del coxal) hasta los huesos de la pierna (tibia y fíbula), por lo que son biarticulares; actúan sobre 2 articulaciones, coxal y rodilla, excepto uno de ellos (poplíteo) que se extiende entre el muslo (fémur) y la pierna (tibia) y actúa solamente en la articulación de la

rodilla, donde se ejerce la acción fundamental de este subgrupo muscular, moviendo la pierna. Estos músculos son propios de los miembros inferiores y están inervados por un ramo largo del plexo sacro (nervio isquiático). La mayoría de los músculos de este subgrupo se destacan porque tienen una extensión larga, excepto el poplíteo, el bíceps femoral se localiza en la parte posterolateral del muslo y el semitendinoso superpuesto sobre el semimembranoso en la parte posteromedial de esta región.

Los músculos mediales del muslo (fig. 35.1) (pectíneo, aductores largo, corto y magno y el grácil o delgado) se extienden desde el cinturón óseo (porción púbica del coxal) hasta el muslo (fémur), pasan por debajo de la articulación coxal sobre la cual actúan moviendo el muslo, y solo uno de ellos (músculo delgado) es biarticular porque se extiende hasta la pierna (tibia) y actúa también en la articulación de la rodilla. Estos músculos son propios de los miembros inferiores y están inervados por un ramo largo del plexo lumbar (nervio obturador).

El triángulo femoral (triángulo de Scarpa) está situado en la parte superior de la región anteromedial del muslo, limitado hacia arriba por el ligamento inguinal, lateralmente por el músculo sartorio y medialmente por el músculo aductor largo. Su fondo está formado por los músculos iliopsoas y pectíneo, entre los cuales pasa el paquete vasculonervioso del muslo, constituido por la vena, la arteria y el nervio femoral.

Los músculos del muslo actúan en la articulación coxal moviendo el muslo y en la articulación de la rodilla moviendo la pierna. En general los músculos anteriores del muslo actúan principalmente sobre la articulación de la rodilla, con la particularidad de que solo uno de ellos (músculo cuádriceps femoral) pasa por delante de esta articulación provocando la extensión de la pierna y el otro músculo (músculo sartorio) pasa por la parte medial de la rodilla realizando la flexión y rotación medial de la pierna. Además, estos músculos participan en la articulación coxal colaborando en el movimiento de flexión del muslo. Los músculos posteriores del muslo actúan fundamentalmente sobre la articulación de la rodilla como flexores de la pierna y la mayoría de ellos también son rotadores mediales, excepto el músculo bíceps femoral que es rotador lateral. Estos músculos también actúan en la articulación coxal, colaborando en el movimiento de extensión del muslo, excepto el músculo poplíteo. Los músculos mediales del muslo actúan principalmente en la articulación coxal, provocando la aproximación del muslo y el músculo delgado también interviene en la articulación de la rodilla colaborando en la flexión y rotación medial de la pierna.

En la articulación de la rodilla también intervienen los músculos de la pierna (músculo gastrocnemio) que tienen su inserción de origen en el fémur (muslo).

Músculos de la pierna

Los músculos de la pierna se dividen en 3 subgrupos: anterior, lateral y posterior.

Los músculos anteriores de la pierna (fig. 35.3) (tibial anterior, extensor largo del dedo grueso y extensor largo de los dedos) se extienden desde los huesos de la pierna hasta el dorso del pie y de los dedos. En general son poliarticulares y actúan sobre las estructuras óseas donde se insertan, en los dedos y pie. Estos músculos son autóctonos de los miembros inferiores y están inervados por ramos del plexo sacro (nervio fibular profundo, rama del nervio isquiático).



Fig. 35.3. *Músculos de la pierna. Grupo anterior 1. tibial anterior, 2. extensor largo de los dedos, 3. extensor largo del dedo grueso.*

Los músculos laterales de la pierna (fig. 35.4) (fibular largo y fibular corto) se extienden desde la fíbula en la pierna, hasta la planta del pie, el músculo fibular largo termina en el borde medial y el fibular corto en el borde lateral. Estos músculos pasan por detrás del maleolo lateral donde se identifican fácilmente, son poliarticulares y actúan sobre el pie. Los músculos laterales de la pierna son autóctonos de los miembros inferiores y están inervados por ramos del plexo sacro (nervio fibular superficial, rama del nervio isquiático).

Los músculos posteriores de la pierna se disponen en 2 capas. La capa superficial (fig. 35.5) (tríceps sural y plantar) y la capa profunda (tibial posterior, flexor largo del dedo grueso y flexor largo de los dedos). La capa superficial está formada fundamentalmente por el músculo tríceps sural que constituye la masa principal

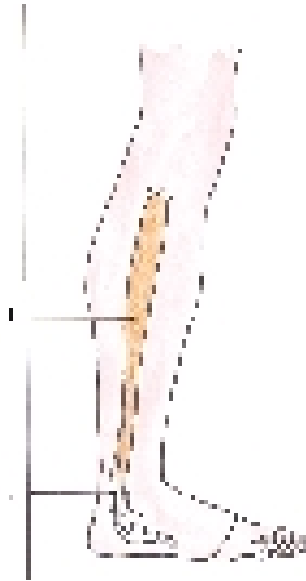


Fig. 35.4. *Músculos de la pierna. Grupo lateral 1. fibular largo, 2. fibular corto.*

del relieve de la pantorrilla y se extiende desde el hueso del muslo (fémur) y huesos de la pierna (tibia y fíbula), hasta el tarso del pie (calcáneo). Este músculo es biarticular y actúa sobre las articulaciones de la rodilla y talocrural, interviene en los movimientos de la pierna y del pie. Los músculos de la capa más profunda se extienden desde los huesos de la pierna (tibia y fíbula) hasta la planta del pie y de los dedos, pasan por detrás del maleolo medial. Estos músculos son poliarticulares y actúan sobre las estructuras óseas donde se insertan en el pie y los dedos. Los músculos posteriores de la pierna son autóctonos de los miembros inferiores y están inervados por ramos del plexo sacro (nervio tibial, rama del nervio isquiático).

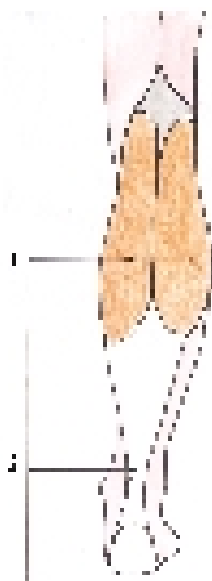


Fig. 35.5. *Músculos de la pierna. Grupo posterior 1. músculos gastrocnemios, 2. tendón del calcáneo.*

El músculo más destacado de la pierna por su situación y acción es el músculo tríceps sural, que está compuesto por 2 músculos. Uno de ellos es el gastrocnemio (gemelos), situado superficialmente y formado por 2 cabezas, lateral y medial, que se inician en el fémur cerca de sus cóndilos. El otro músculo es el sóleo que tiene forma de suela de zapato, cubierto por el anterior y se inicia en los huesos de la pierna. Estos músculos se unen distalmente formando el tendón del calcáneo (tendón de Aquiles) que termina insertándose en el calcáneo y se caracteriza por su gran potencia; es capaz de elevar el cuerpo sobre la punta del pie, por lo que es de suma importancia en la marcha.

Los músculos de la pierna actúan principalmente sobre el pie y los dedos de esta región y en menor proporción sobre la articulación de la rodilla. En general, los músculos anteriores de la pierna son extensores de los dedos y flexores del pie. Los músculos laterales de la pierna son extensores, separadores y rotadores mediales del pie. Los músculos posteriores de la pierna son flexores de los dedos y extensores del pie. También intervienen en la aproximación y rotación lateral del pie y además, refuerzan la planta del pie. Solamente el gastrocnemio actúa en la articulación de la rodilla colaborando en la flexión de la pierna.

Músculos del pie

Los músculos propios del pie son cortos y se dividen en 2 subgrupos: dorsales y plantares (fig. 35.6).

Los músculos dorsales del pie (fig. 35.6A) (extensor corto del dedo grueso y extensor corto de los dedos) son 2 músculos íntimamente relacionados, que llegan a considerarse como uno solo. Están situados en el dorso del pie, por debajo de los tendones del músculo extensor largo de los dedos, procedentes de la región anterior de la pierna y se extienden desde el calcáneo hasta las falanges proximales de los dedos, actúan como sus nombres indican, como extensores de los dedos. Estos músculos son propios del pie y están inervados por ramos del plexo sacro (nervio fibular profundo, rama del nervio isquiático).

Los músculos plantares del pie (fig. 35.6 B) constituyen la mayoría de los músculos propios del pie y se distribuyen en 3 subgrupos: plantar medial (abductor, flexor corto y aductor del dedo grueso), plantar lateral (abductor y flexor corto del V dedo) y plantar medio (flexor corto de los dedos, cuadrado plantar, lumbricales e interóseos plantares y dorsales). En general, los músculos plantares se extienden hacia los dedos del pie, sobre los cuales actúan según indican sus nombres. Los del subgrupo medial mueven el I dedo, los del subgrupo lateral mueven el V dedo y los del subgrupo medio mueven los dedos II-V. Además, estos músculos refuerzan la bóveda plantar y están inervados por ramos del plexo sacro (nervios plantares medial y lateral, rama del nervio tibial).

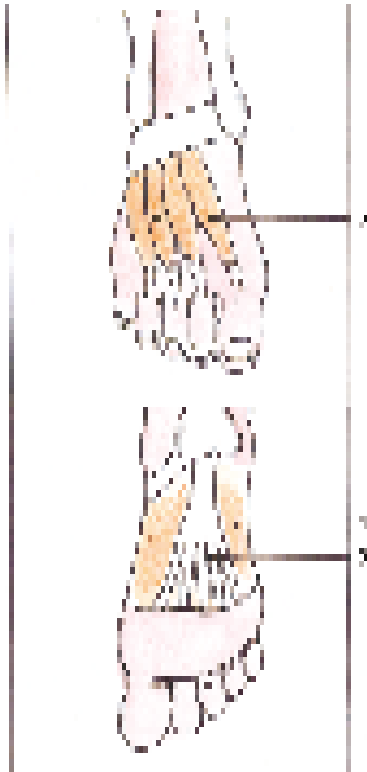


Fig. 35.6. *Músculos del pie. A. del dorso, B. de la planta*
 1. músculo extensor corto de los dedos, 2. músculo extensor corto del dedo grueso, 3. grupo plantar medial, 4. grupo plantar lateral, 5. grupo medio de la planta del pie.

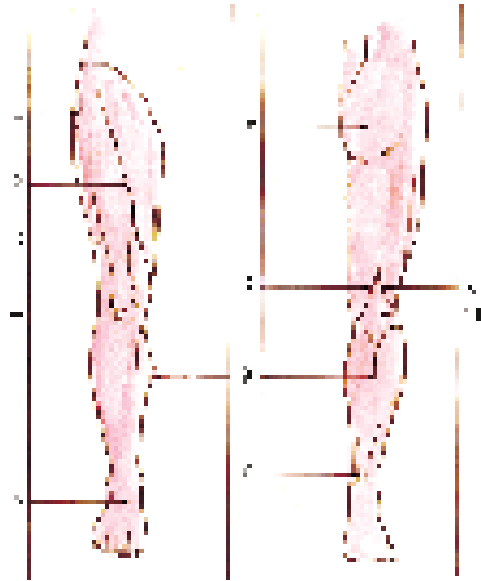


Fig. 35.7. *Anatomía de superficie de la musculatura del miembro inferior (derecho). A. Vista anterior, B. Vista posterior.*
 1. músculo tensor de la fascia lata, 2. músculo sartorio, 3. músculo cuádriceps femoral, 4. tendón patelar, 5. tendones de los músculos extensores largos de los dedos, 6. músculo glúteo máximo, 7. músculo semitendinoso, 8. músculo bíceps femoral, 9. músculo gastrocnemios, 10. tendón del calcáneo, 11. fosa poplítea.

Anatomía de superficie de la musculatura de los miembros inferiores

(fig. 35.7)

En la región glútea se puede palpar el músculo glúteo máximo cuando se contrae en la posición militar de firme. Este músculo está cubierto por una capa gruesa de tejido adiposo, que puede ser abundante en las mujeres de determinadas razas y ocasiona un relieve exagerado de esta región conocido con el nombre de esteatopigia. La región glútea es el lugar más adecuado para aplicar las inyecciones intramusculares por el gran volumen de la masa muscular glútea, aunque se debe tener cuidado para evitar lesiones de los grandes vasos y nervio isquiático que pasa por esta región, por lo que se recomienda realizar la inyección en el cuadrante superior y lateral de la nalga.

En la región anterior del muslo es posible observar en un individuo atlético, el relieve de los músculos cuádriceps femoral y sartorio cuando se contraen.

En la región anterior de la rodilla es importante saber localizar el ligamento patelar (entre el ápice de la patela y la tuberosidad de la tibia) para explorar el reflejo patelar o rotuliano. En la región posterior de la rodilla, limitando la fosa poplítea, se pueden palpar los tendones de los músculos bíceps femoral por la parte lateral y semitendinoso por la parte medial.

En la región posterior de la pierna se destaca el relieve formado por los músculos gastrocnemios que en su extremo proximal limitan la fosa poplítea por debajo y en su extremo distal se continúan con el tendón calcáneo.

En el dorso del pie se pueden palpar los tendones de los músculos extensores largos de los dedos.

Trastornos motores por lesiones nerviosas periféricas

La lesión del nervio femoral (crujal) es rara y provoca la parálisis del músculo cuádriceps femoral que impide

la extensión de la pierna, por lo que el individuo presenta dificultades para andar, especialmente en superficies inclinadas y al subir escaleras.

La lesión del nervio obturador también es rara, y paraliza los músculos que inervan en el grupo medial del muslo que se expresa por dificultad en la aproximación de este, como en el movimiento de cruzar el muslo afectado sobre el sano cuando la persona está sentada.

La lesión del isquiático (ciático) es la más frecuente de las lesiones nerviosas periféricas de los miembros, por su gran tamaño y grosor. Cuando la lesión es completa, al nivel de la región glútea o de la pelvis, se paralizan los músculos posteriores del muslo, así como todo los de la pierna y el pie, por lo que la mayor parte del miembro inferior está afectado y presenta alteraciones motoras que se manifiestan por dificultad para extender el muslo y flexionar la pierna e imposibilita mover los dedos y el pie, que cuelga en posición varoequino (pie en extensión y rotación lateral) (fig. 35.8); y lo arrastra alterando la marcha.



Fig. 35.8. Pie varo equino.

La lesión del nervio fibular común (nervio ciático poplíteo externo) es relativamente frecuente en los traumatismos de la epífisis proximal de la fíbula, provoca la parálisis de los músculos laterales y anteriores de la pierna y del dorso del pie, esto da como resultado la incapacidad de extender los dedos y flexionar el pie, que adopta la posición varoequino y en la marcha el individuo evita la fricción del dorso del pie contra el suelo, y levanta mucho el miembro afectado.

La lesión del nervio tibial (nervio ciático poplíteo interno) es menos frecuente y cuando ocurre al nivel de la región poplíteo se paralizan los músculos posteriores de la pierna y de la planta del pie, esto imposibilita la flexión de los dedos y ocasiona la dificultad para extender el pie, que adopta la posición calcánea (flexión dorsal) y en la marcha la persona se apoya sobre el talón y no puede pararse en la punta de los pies.

Trastornos sensitivos por lesiones nerviosas periféricas

Al igual que en los miembros superiores, los nervios de los miembros inferiores antes mencionados son mixtos y sus lesiones también producen trastornos de la sensibilidad en las regiones de la piel que inervan (fig. 35.9): el nervio femoral, en la parte anteromedial del muslo y de la pierna; el nervio obturador, en la parte medial e inferior del muslo; el nervio isquiático (ciático), en la parte posterior y anterolateral de la pierna y todo el pie; el nervio fibular común, en la parte anterolateral de la pierna y el dorso del pie; el nervio tibial, en la parte posterior de la pierna y la planta del pie.

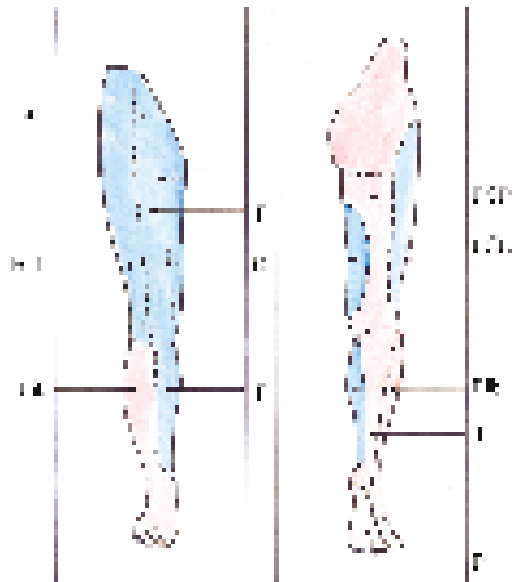


Fig. 35.9. Inervación cutánea del miembro inferior (derecho)
 A. Vista anterior, B. Vista posterior, PL. nervios ilioinguinal y genitofemoral de plexo lumbar, FCL. nervio femorocutáneo lateral, Fib. nervio fibular común, F. nervio femoral, O. nervio obturador, FCP. nervio femorocutáneo posterior, T. nervio tibial, P. nervios plantares (ramas del tibial).

En estas regiones también existen nervios que solamente son sensitivos. El nervio femorocutáneo lateral (del plexo lumbar) que inerva la parte lateral del muslo y el nervio femorocutáneo posterior (rama del nervio glúteo inferior del plexo sacro) que inerva la parte posterior del muslo y puede ser afectado junto con el nervio isquiático.

