

WDS

ANTOLOGIA

MORFOLOGÍA Y FUNCIÓN

**LICENCIATURA EN ENFERMERIA
TERCER CUATRIMESTRE**

Marco Estratégico de Referencia

ANTECEDENTES HISTORICOS

Nuestra Universidad tiene sus antecedentes de formación en el año de 1979 con el inicio de actividades de la normal de educadoras “Edgar Robledo Santiago”, que en su momento marcó un nuevo rumbo para la educación de Comitán y del estado de Chiapas. Nuestra escuela fue fundada por el Profesor de Primaria Manuel Albores Salazar con la idea de traer Educación a Comitán, ya que esto representaba una forma de apoyar a muchas familias de la región para que siguieran estudiando.

En el año 1984 inicia actividades el CBTiS Moctezuma Ilhuicamina, que fue el primer bachillerato tecnológico particular del estado de Chiapas, manteniendo con esto la visión en grande de traer Educación a nuestro municipio, esta institución fue creada para que la gente que trabajaba por la mañana tuviera la opción de estudiar por las tarde.

La Maestra Martha Ruth Alcázar Mellanes es la madre de los tres integrantes de la familia Albores Alcázar que se fueron integrando poco a poco a la escuela formada por su padre, el Profesor Manuel Albores Salazar; Víctor Manuel Albores Alcázar en septiembre de 1996 como chofer de transporte escolar, Karla Fabiola Albores Alcázar se integró como Profesora en 1998, Martha Patricia Albores Alcázar en el departamento de finanzas en 1999.

En el año 2002, Víctor Manuel Albores Alcázar formó el Grupo Educativo Albores Alcázar S.C. para darle un nuevo rumbo y sentido empresarial al negocio familiar y en el año 2004 funda la Universidad Del Sureste.

La formación de nuestra Universidad se da principalmente porque en Comitán y en toda la región no existía una verdadera oferta Educativa, por lo que se veía urgente la creación de una institución de Educación superior, pero que estuviera a la altura de las exigencias de los jóvenes que tenían intención de seguir estudiando o de los profesionistas para seguir preparándose a través de estudios de posgrado.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzitol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el Corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y Educativos de los diferentes Campus, Sedes y Centros de Enlace Educativo, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca a nivel nacional e internacional.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzitol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y educativos de los diferentes campus, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca.

MISIÓN

Satisfacer la necesidad de Educación que promueva el espíritu emprendedor, aplicando altos estándares de calidad Académica, que propicien el desarrollo de nuestros alumnos, Profesores, colaboradores y la sociedad, a través de la incorporación de tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

VISIÓN

Ser la mejor oferta académica en cada región de influencia, y a través de nuestra Plataforma Virtual tener una cobertura Global, con un crecimiento sostenible y las ofertas académicas innovadoras con pertinencia para la sociedad.

VALORES

- Disciplina
- Honestidad
- Equidad
- Libertad

ESCUDO



El escudo de la UDS, está constituido por tres líneas curvas que nacen de izquierda a derecha formando los escalones al éxito. En la parte superior está situado un cuadro motivo de la abstracción de la forma de un libro abierto.

ESLOGAN

“Mi Universidad”

ALBORES



Es nuestra mascota, un Jaguar. Su piel es negra y se distingue por ser líder, trabaja en equipo y obtiene lo que desea. El ímpetu, extremo valor y fortaleza son los rasgos que distinguen.

MORFOGIA Y FUNCION

Objetivo de la materia:

Identificar el funcionamiento del cuerpo humano, desde su nivel de organización más pequeño, hasta comprender la distribución espacial de todos los órganos que comprenden los aparatos y sistemas del cuerpo humano. Describir con términos técnicos la ubicación espacial de los componentes anatómicos.

INDICE

I UNIDAD

GENERALIDADES DE LA MORFOLOGÍA

1.1 Introducción al estudio de la Morfología	13
1.2 Métodos de investigación	15
1.3 El cuerpo humano	20
1.4 Terminología morfológica	23

II UNIDAD

GENERALIDADES DE LA MORFOLOGÍA CELULAR Y TISULAR

Elementos básicos de Citología

2.1 La célula	30
2.2 Elementos básicos de Histología	36
2.3 Tejido epitelial	38
2.4 Tejido conectivo	43

III UNIDAD

GENERALIDADES DEL DESARROLLO MORFOLÓGICO

3.1 Elementos básicos de Ontogenia	46
3.2 Gametogénesis	50
3.3 Etapa de prediferenciación	53
3.4 Etapa de diferenciación	59
3.5 Membranas fetales y placenta	64

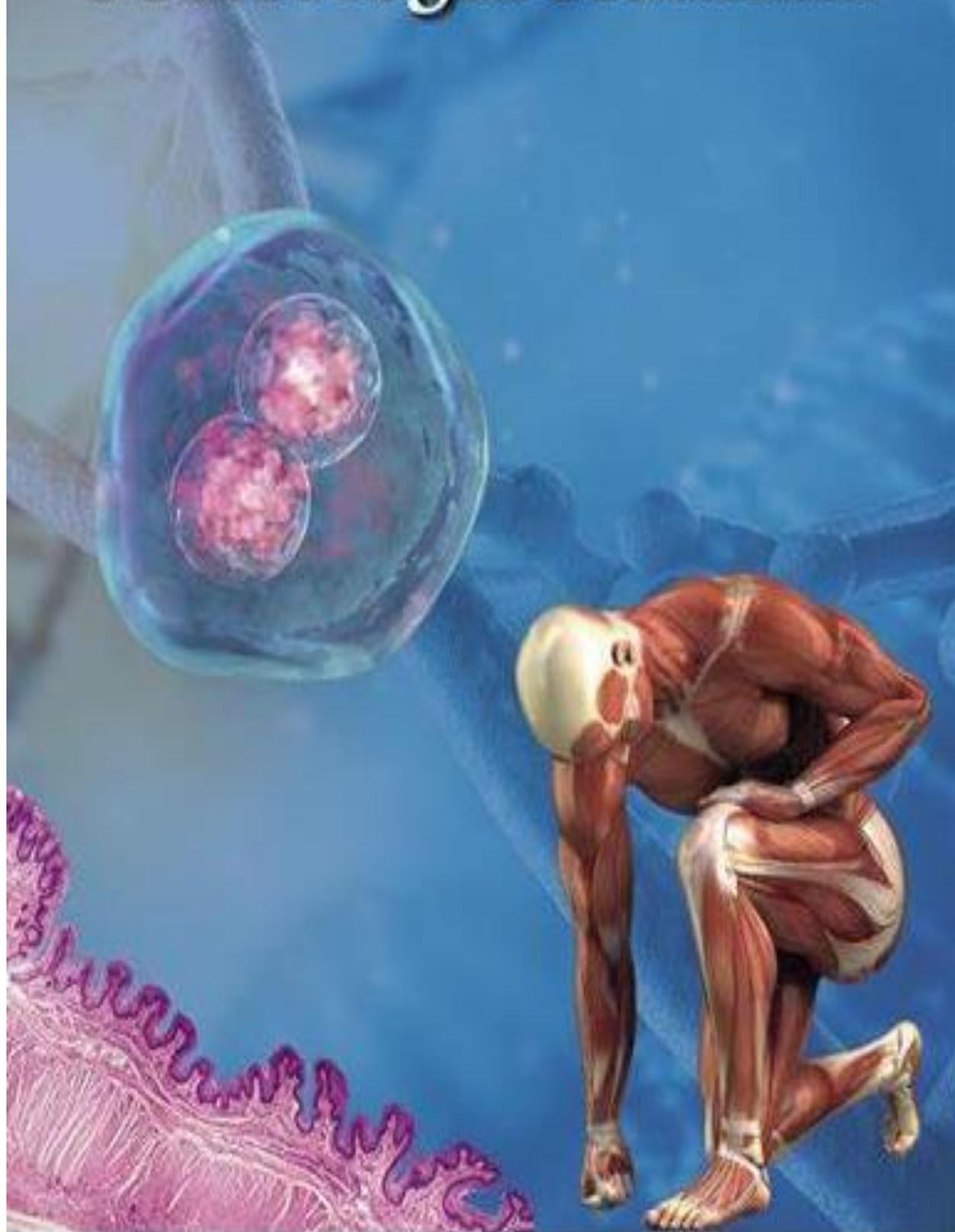
3.6 Mecanismos del desarrollo	68
3.7 Malformaciones congénitas	73

IV. UNIDAD

SISTEMAS SOMÁTICOS

4.1 Sistema tegumentario	74
4.2 Parte pasiva del sistema osteomioarticular o esqueleto	80
4.3 Sistema óseo (Osteología)	84
4.4 Estructura y desarrollo de los huesos	87

Morfología Humana



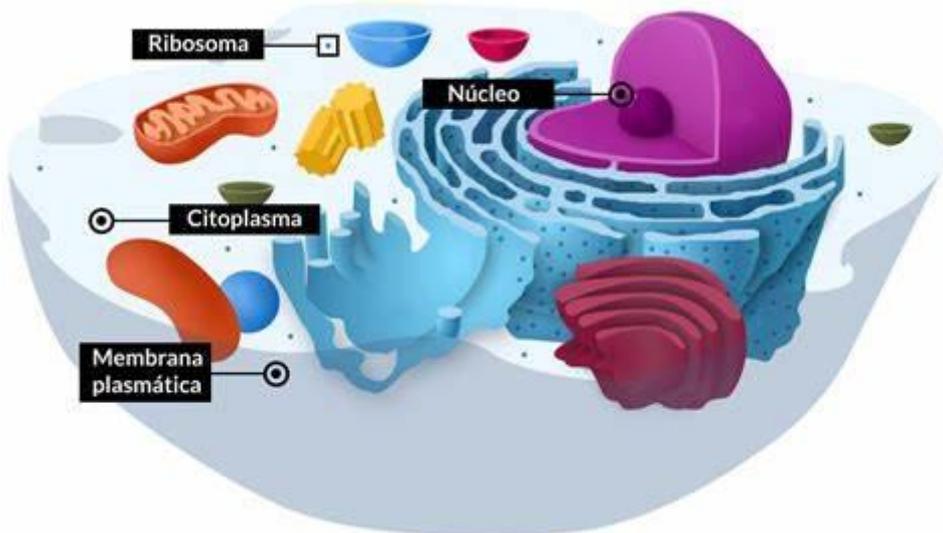
Morfología (biología): Historia

La morfología es la rama de la biología que se enfoca en el estudio de las estructuras y de la forma de los organismos. Estudia aspectos como el color y el tamaño de las zonas externas del individuo y también toma en cuenta sus órganos internos.

Historia

“Morfología” es un término que deriva de las raíces griegas *morphé*, que significa forma, y *lógos*, que significa ciencia o estudio. En conjunto, el término hace referencia al estudio de las formas de los seres orgánicos.

Aunque los estudios de la forma de los organismos se remontan a los tiempos aristotélicos, donde ya las partes de los animales eran usadas para su clasificación.



I GENERALIDADES DE LA MORFOLOGÍA

I.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 modernade 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 materialy 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.

1.2 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)

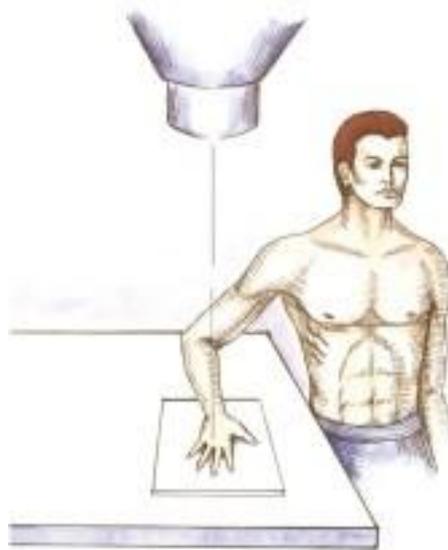


Fig. 2.1. Posición radiológica de la mano derecha.

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 dorsopalmar (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 noteadas, 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.

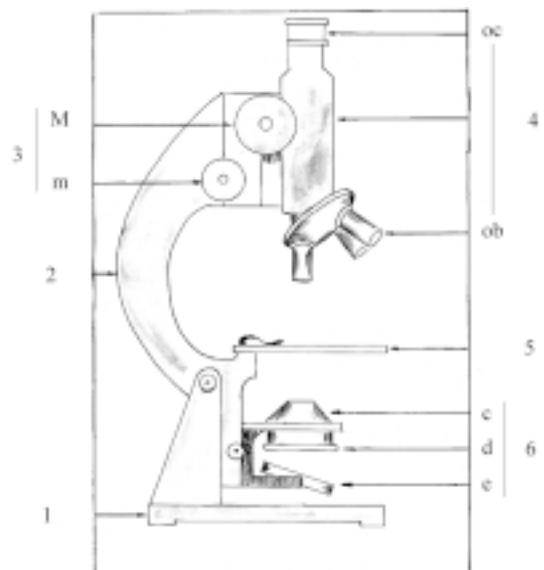


Fig. 2.3. Microscopio óptico. 1. base, 2. soporte, 3. mecanismo de enfoque, M. macrométrico, m. micrométrico, 4. tubo con sistema óptico, oc: ocular, ob: objetivos montados en el revólver, 5. platina, 6. sistema de iluminación, c) condensador, d) diafragma, e) espejo.

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 objetivas. 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 está 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 objetivas 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:

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 tejido.

I.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, lo 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.

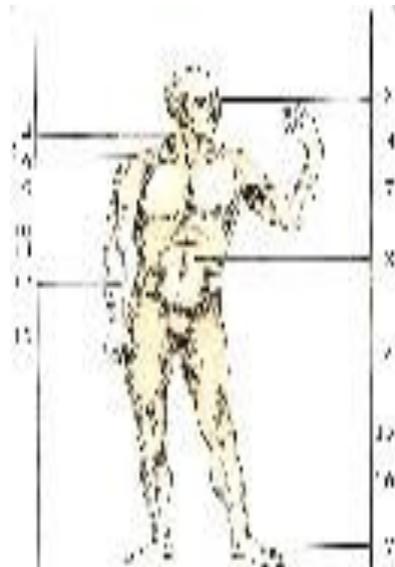


Fig. 3.1. *Regiones del cuerpo humano. Vista anterior.*
 1. cráneo, 2. cara, 3. cervical anterior, 4. esternocleidomastoidea, 5. cervical lateral, 6. cervical posterior, 7. pectoral, 8. abdominal, 9. deltoidea, 10. brazo, 11. codo, 12. antebrazo, 13. mano, 14. muslo, 15. rodilla, 16. pierna, 17. pie.

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.

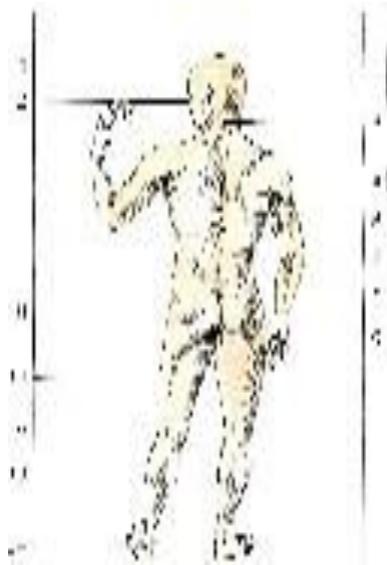


Fig. 3.2. Regiones del cuerpo humano. Vista posterior
 1. cráneo, 2. cara, 3. cervical posterior, 4. dorsodel tronco, 5. deltoidea, 6. brazo, 7. codo, 8. antebrazo, 9. mano, 10. glútea, 11. muslo, 12. rodilla, 13. pierna, 14. pie.

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).

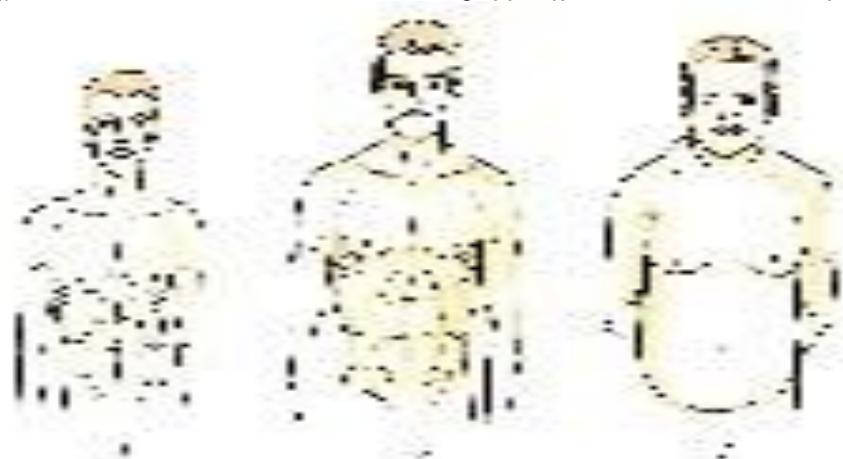
En el cuerpo humano existen cavidades donde se alojan órganos de importancia, también conocidos como vísceras. En la cabeza se encuentra la cavidad craneal, que protege el encéfalo y en el tronco se hallan las cavidades torácica, abdominal y pelviana. En la cavidad torácica se destacan algunas vísceras 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.



media en-

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 nomenclatura 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 adelante (fig. 4.1).

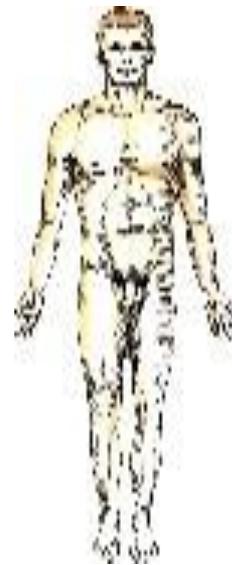


Fig. 4.1. Posición anatómica.

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).

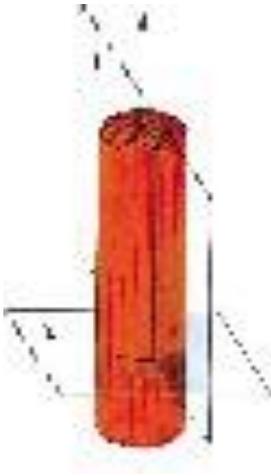


Fig. 4.2. Ejes y planos generales. 1. eje y plano longitudinales, 2. eje y plano transversales.



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).

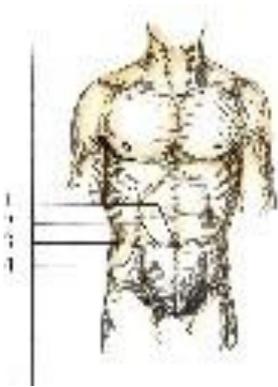


Fig. 4.4. Términos relativos al plano medio del cuerpo. 1. medio, 2. medial, 3. lateral, 4. intermedio.

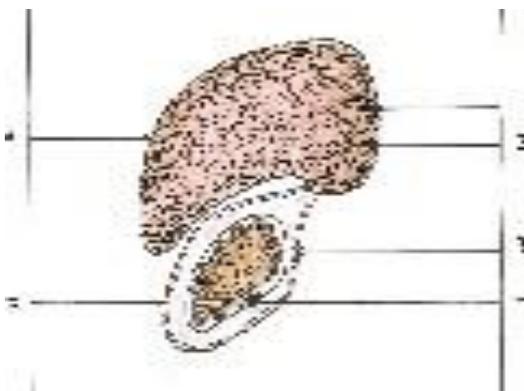


Fig. 4.5. Términos relativos a órganos huecos y macizos. Cortes de: A. órgano macizo (hígado), B. órgano hueco (estómago). Términos: 1. superficial, 2. profundo, 3. externo, 4. interno.

- 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).

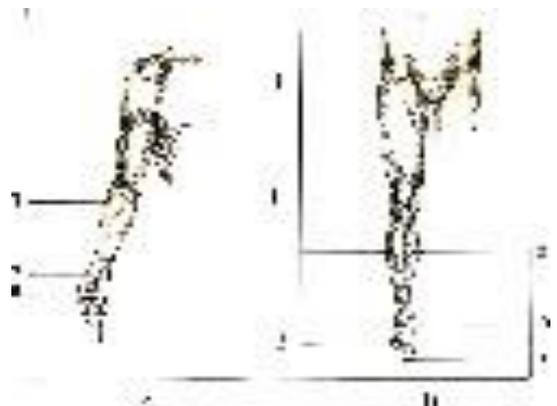


Fig. 4.6. Términos relativos a los miembros. A. miembro superior derecho, B. miembro inferior derecho, 1. proximal, 2. distal, 3. radial, 4. ulnar, 5. fibular, 6. tibial, 7. dorso de la mano, 8. palma de la mano, 9. dorso del pie, 10. planta del pie.

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

Unidad I | Elementos básicos de Citología

2.1 LA CELULA

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 las glándulas tiroideas.

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, Schwann 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.

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.

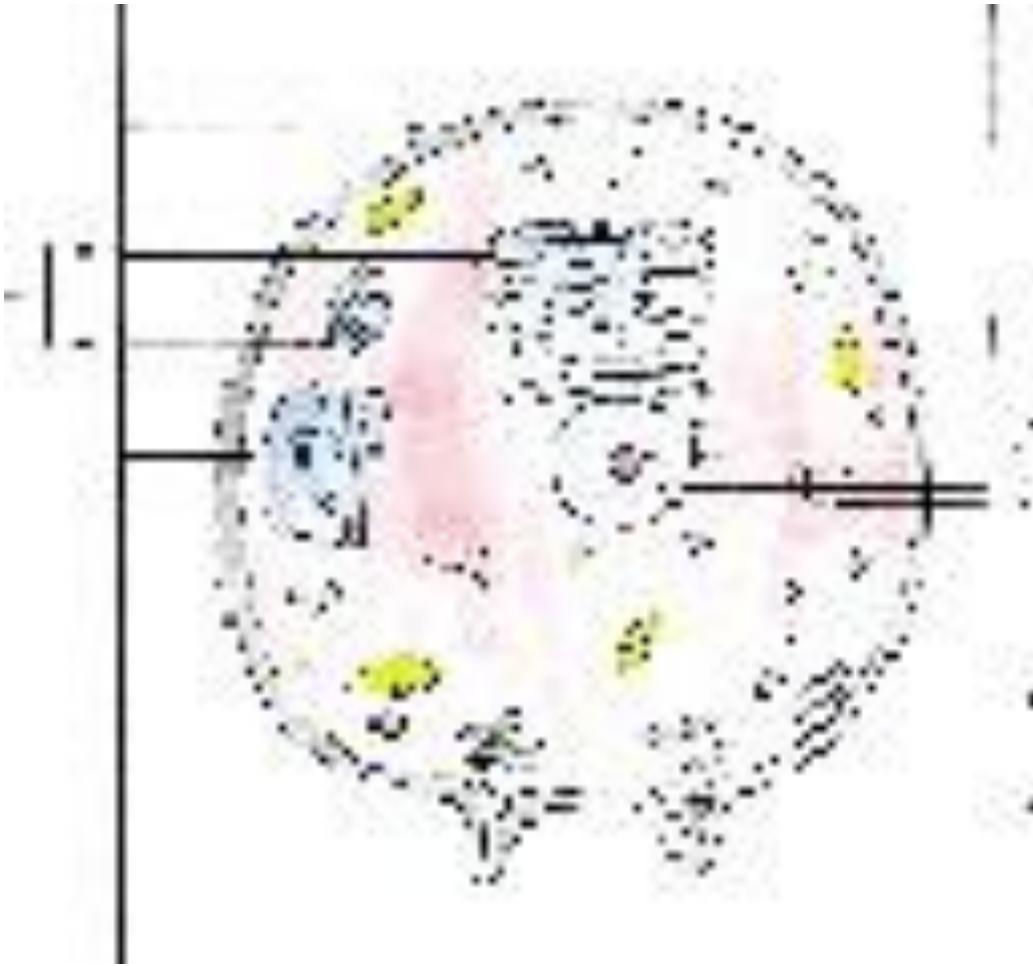


Fig. 6. 1. *Célula observada al microscopio electrónico. Organitos citoplasmáticos membranosos: 1. membrana plasmática, 2. retículo endoplasmático, R. rugoso, L. liso, 3. complejo de Golgi, 4. lisosomas, 5. mitocondrias, Organitos citoplasmáticos no membranosos: 6. ribosomas, 7. centriolos, 8. microtúbulos, 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 citoplasmáticosmembranosos

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 (*euromatina*). La *heterocromatina* es visible en forma de gránulos y se comporta genéticamente inactiva, mientras que la *euromatina* (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	
	Organitos membranosos	Membrana celular Reticulo 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 *cromátidas*, unidos entre sí en un punto denominado *centrómero*, donde se halla la constricción primaria (fig. 6.2). Las cromátidas 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 *genes* 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.

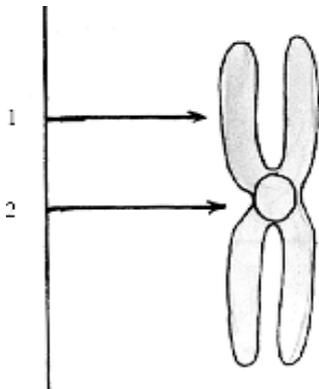


Fig. 6.2. Estructura de un cromosoma. 1. cromátidas y 2. centrómero.

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 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 periodos: *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 cromátidas, 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 cromátidas 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

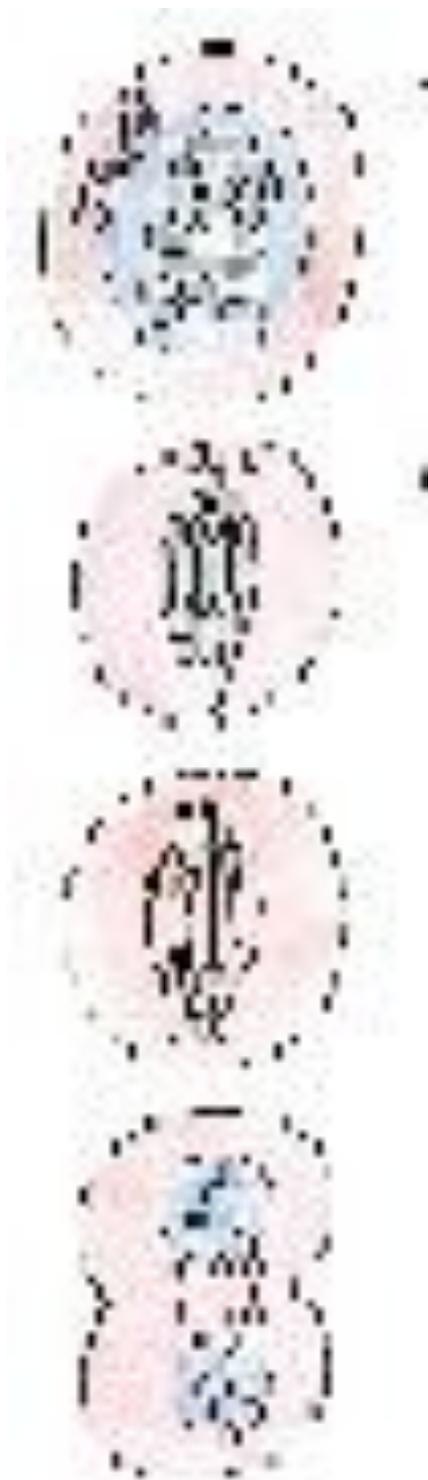


Fig. 6.3. Fases de la mitosis. 1. profase, 2. metafase, 3. anafase, 4. telofase.

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 *excitoconductoras* (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 *excitoconductoras* (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.

2.2 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 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 cristalloides, 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.

2.3 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, pseudoestratificado 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

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

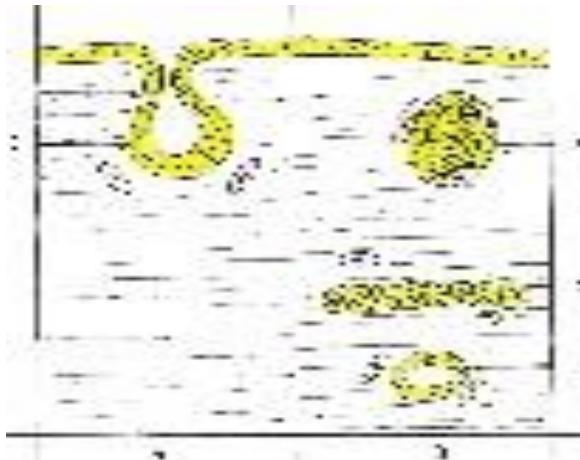


Fig. 8.2. Variedades de glándulas según el destino de la secreción. A. exocrina, B. endocrina, Porciones de glándulas exocrinas multicelulares: 1. conducto excretor, 2. unidad secretora; Disposición de las células secretoras en glándulas endocrinas: a) acúmulos, b) cordones, c) folículos.

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 (ecrina) 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,

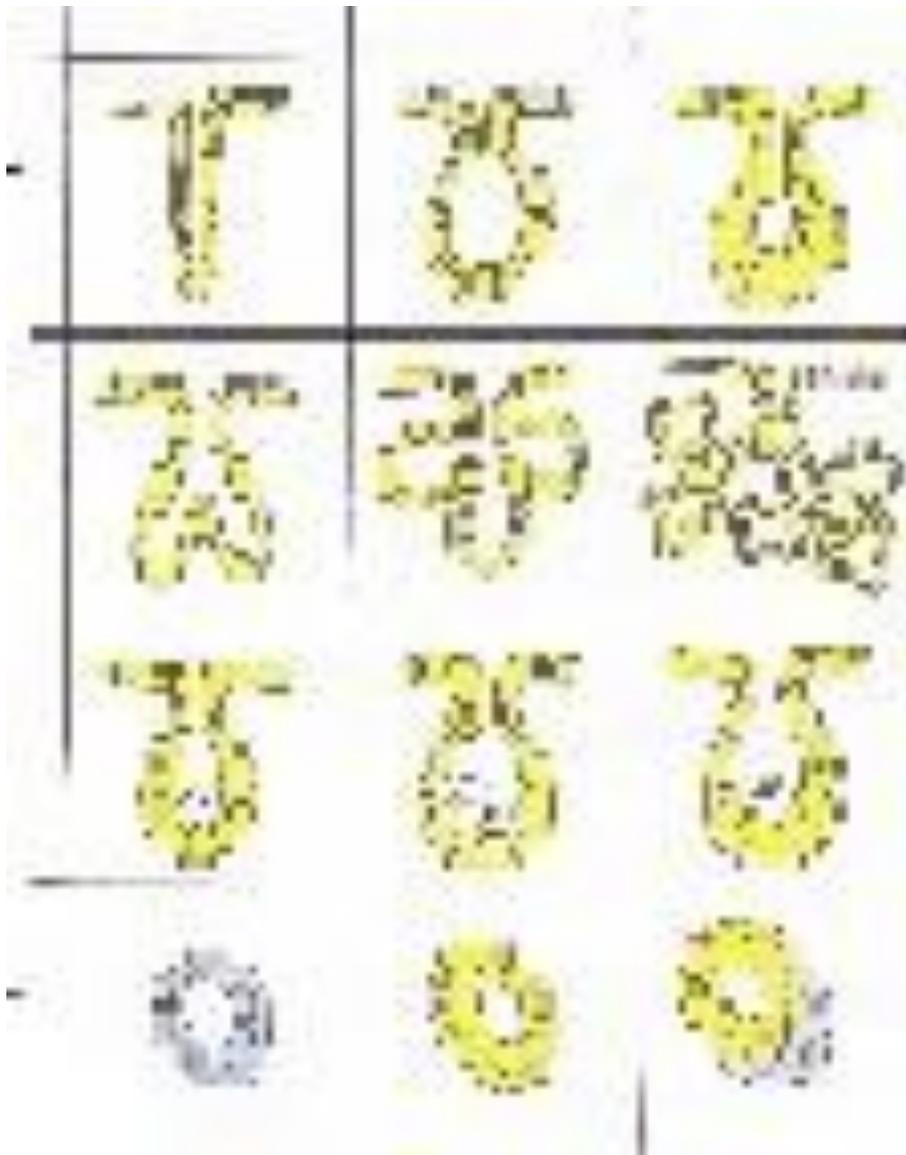


Fig. 8.3. Variedades de glándulas exocrinas multicelulares según el número de conductos excretores y forma de la unidad secretora. A. Simple: 1. tubular, 2. alveolar, 3. acinosa, B. Compuesta: 1. tubular, 2. alveolar, 3. túbulo alveolar, C. Según el modo de elaborar la secreción: 1. merocrina, 2. holocrina, 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 $\left\{ \begin{array}{l} \text{Cornificado} \\ \text{No cornificado} \end{array} \right.$ 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 endocri

2.4 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 física (piel y mucosa), la fagocitosis (de leucocitos neutrófilos y macrófagos) y la respuesta inflamatoria (con alteraciones vasculares y extravasculares). Los mecanismos de defensa inespecíficos 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).

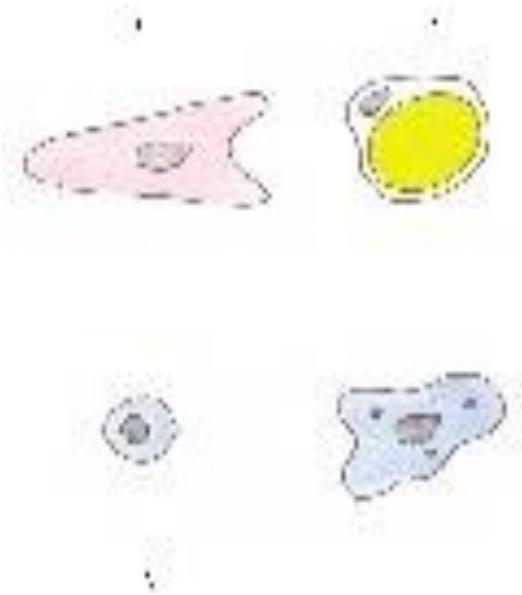


Fig. 9.1. Células del tejido conectivo. 1. fibroblastos, 2. lipocitos, 3. plasmocitos, 4. macrófagos.

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 excretorios, 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).

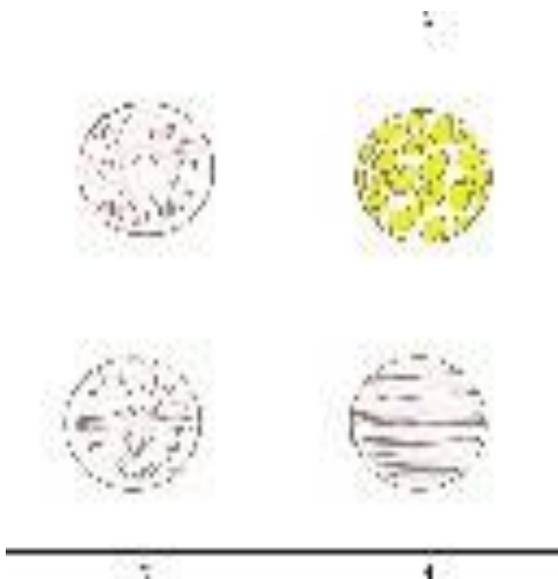


Fig. 9.2. Tejidos conectivos. 1. *laxo*, 2. *adiposo*, 3. *compacto irregular*, 4. *compacto regular*.

Cuadro 9.2. Clasificación del tejido conectivo

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

III UNIDAD

GENERALIDADES DEL DESARROLLO MORFOLÓGICO

3.1 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 lasteorías 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

3.2 GAMETOGENESIS

Concepto y periodos de la gametogenesis

La *gametogenesis* 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 *gametogenesis* hasta convertirse en gametos, o sea, en células aptas para la reproducción.

Las modificaciones que ocurren en las células germinativas durante la gametogenesis se basan fundamentalmente en cambios morfológicos y en la *reducción del número de cromosomas*; pasan por 3 periodos 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 *espermiogenesis*, 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 espermatogenesis y ovogesis

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

La espermatogenesis 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 *espermiogenesis* 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 ovogesis 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

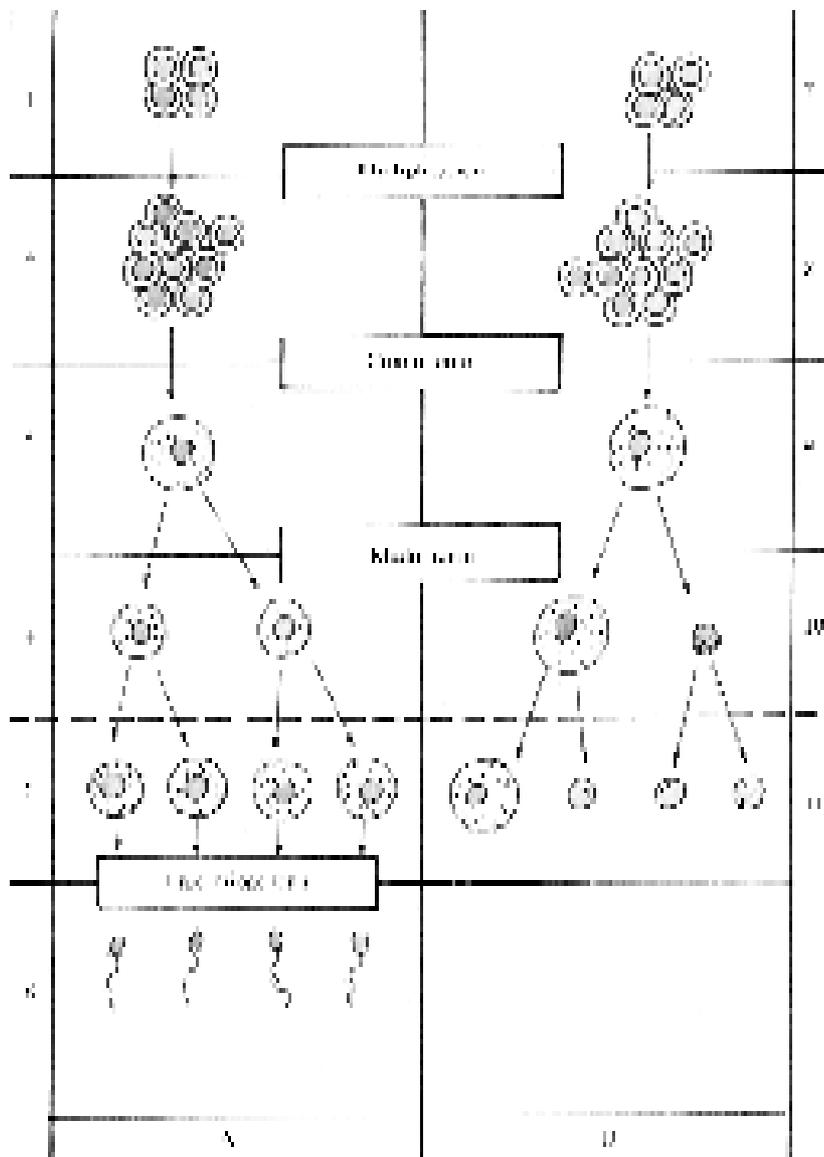


Fig. 11.1. Gametogénesis. A. Espermatogénesis: 1. células germinativas primordiales, 2. espermatogonias, 3. espermatocito I, 4. espermatocito II, 5. espermátide, 6. espermatozoide, B. Ovogénesis: 7. células germinativas primordiales, 8. ovogonias, 9. ovocito I, 10. ovocito II y polocito I, 11. ovocito 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 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 escudo. El cuerpo o pieza intermedia tiene en sus extremos los centriolos y contiene el filamento axial rodeado de mitocondrias. En la cola se distingue la parte principal más larga, formada por el filamento axial rodeado por una vaina citoplasmática y la parte terminal más corta y delgada constituida solo por el filamento axial. 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,

En los dos sexos las *glándulas sexuales* o

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).

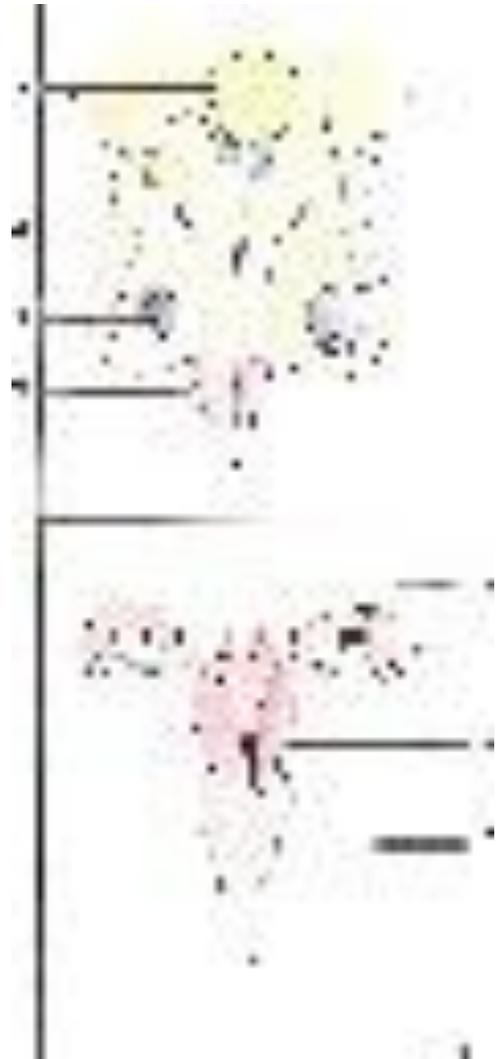


Fig. 10.1. Órganos genitales. A. masculino: 1. testículo, 2. conducto deferente, 3. pene con uretra, a) vejiga urinaria, B. femenino: 4. ovario, 5. tuba uterina, 6. útero, 7. vagina.

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	Indiferenciación Diferenciación	4 primeras semanas 7-8 semanas
	Fetal	Crecimiento	7 meses posteriores
Posnatal	Infancia (niñez)	Neonatal	Primer
		Lactancia	mes 1-12
		Transicional	meses
		Preescolar	1-2 años
		Escolar	2-6 años 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	

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

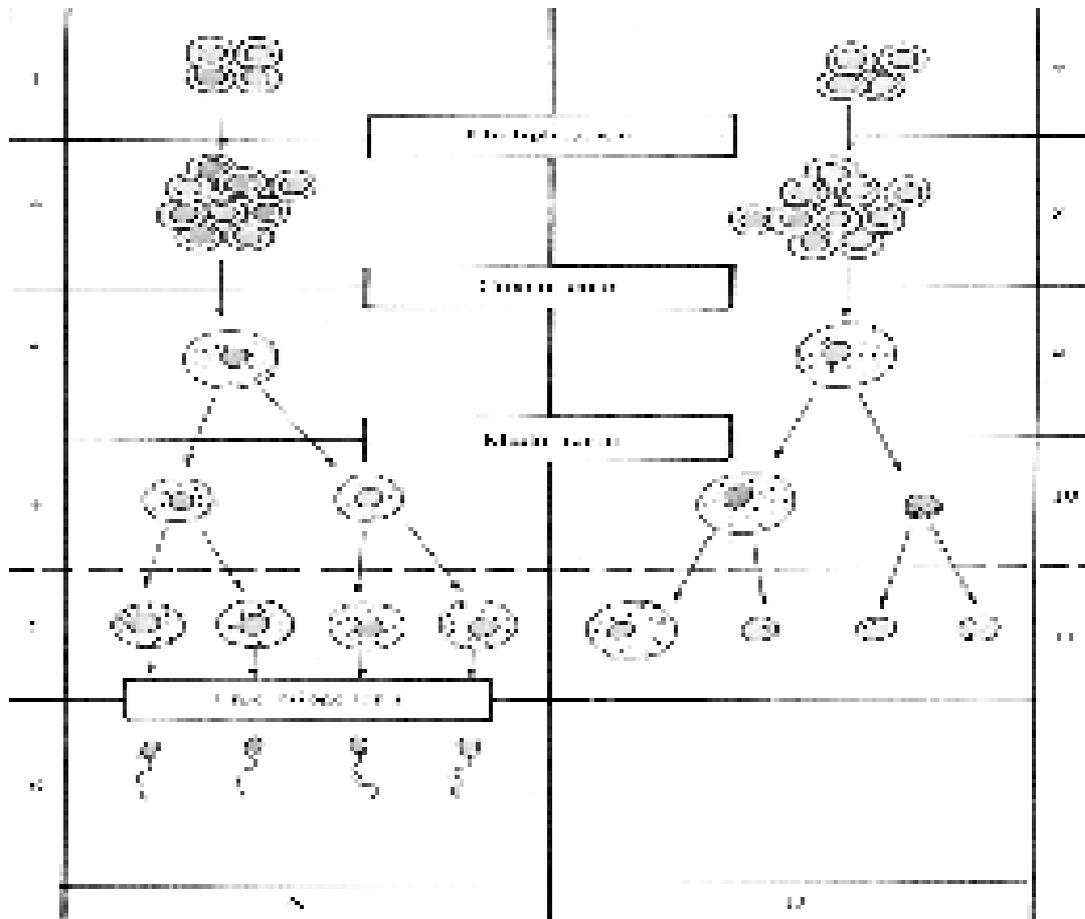


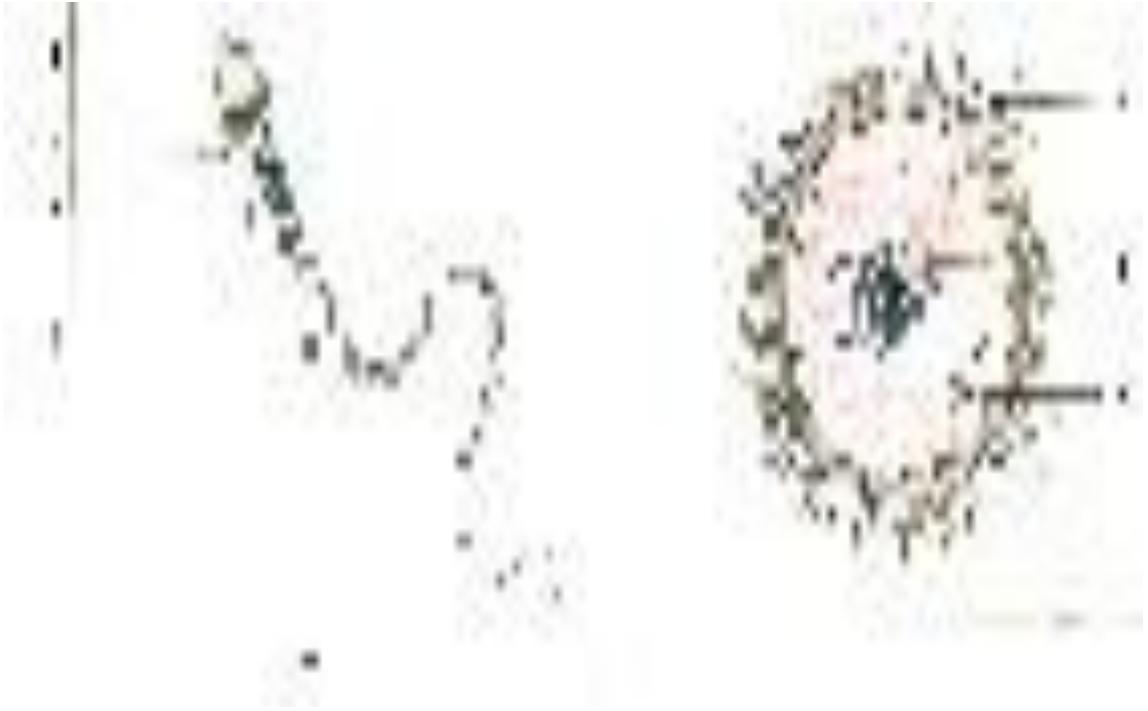
Fig. 11.1. Gametogénesis. A. Espermatogénesis: 1. células germinativas primordiales, 2. espermatogonias, 3. espermatocito I, 4. espermatocito II, 5. espermátide, 6. espermatozoide, B. Ovogénesis: 7. células germinativas primordiales, 8. ovogonias, 9. ovocito I, 10. ovocito II y polocito I, 11. ovocito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

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

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

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 axial rodeado de mitocondrias. En la cola se distingue la parte principal más larga, formada por el filamento axial rodeado por una vaina citoplasmática y la parte terminal más corta y delgada constituida solo por el filamento axial. 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 orgánulos 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.



3.3 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.

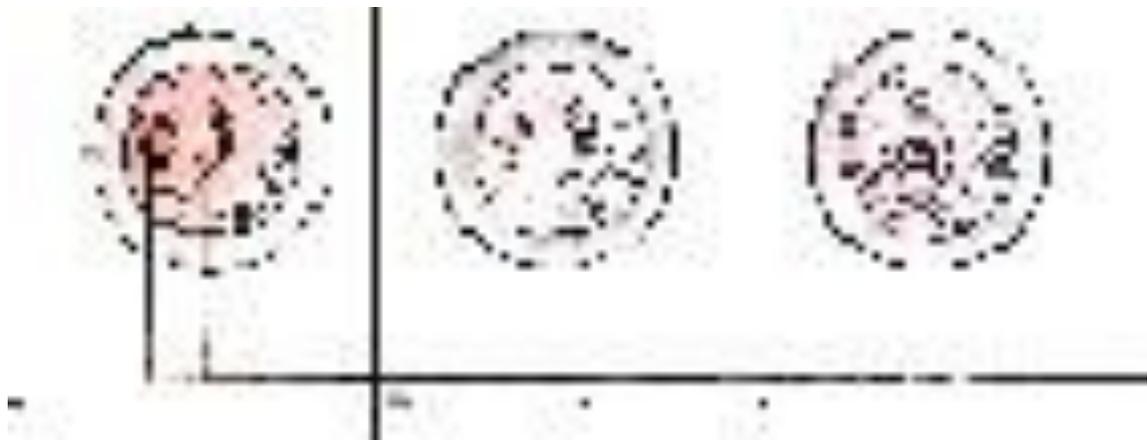


Fig. 12. I. Fecundación. A. Penetración: 1. núcleo del ovocito, 2. espermatozoides, 3. polocitos, B. Pronúcleos: 4. femenino, 5. masculino, C. Huevo o cigoto: 6. huso mitótico.

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 multiovitulares 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.

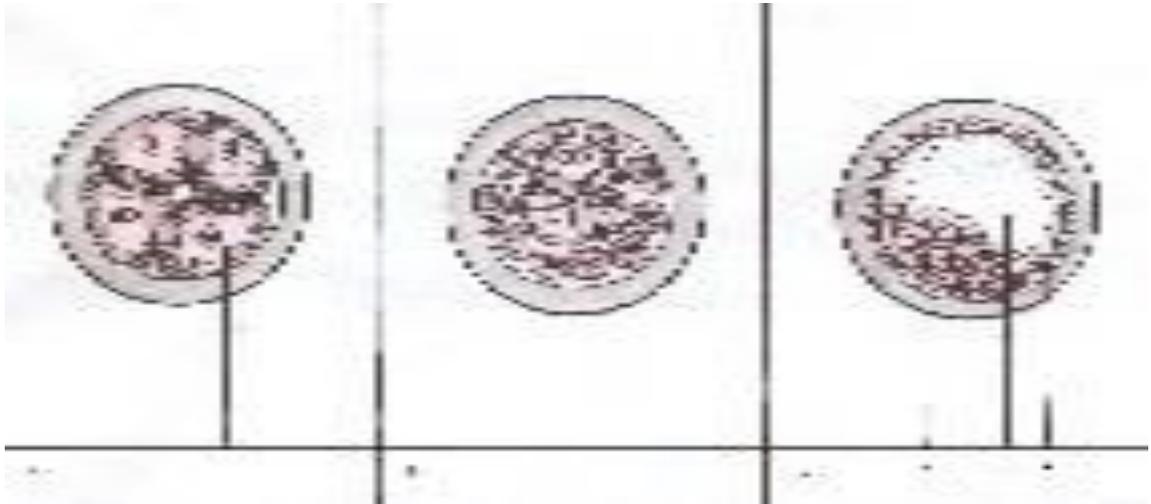


Fig. 12.2. Primera semana del desarrollo. A. Segmentación: 1. blastómeras, B. Mórula, C. Blastocisto: 2. embrioblasto, 3. blastocelo, 4. trofoblasto.

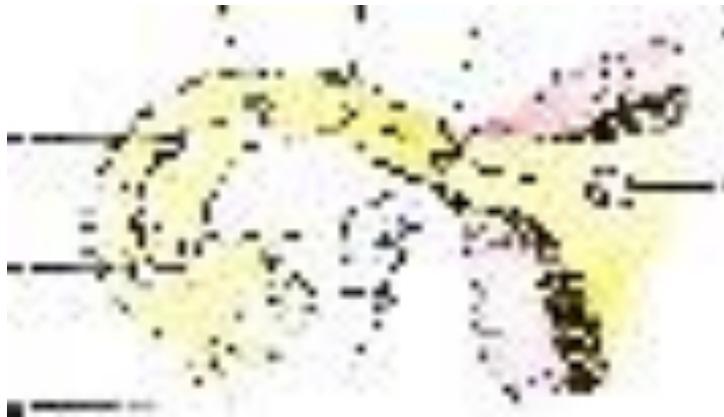


Fig. 12.3. Proceso desde la ovulación hasta la formación del blastocisto. 1. ovocito II expulsado del ovario (ovulación), 2. ovocito II en tuba uterina rodeado de espermatozoides, 3. penetración del espermatozoide, 4. formación de pronúcleos, 5. huevo o cigoto, 6. segmentación, 7. mórula, 8. blastocisto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

En el *polo abembrionario* se encuentra otra cavidad llamada *blastocelo*, 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).

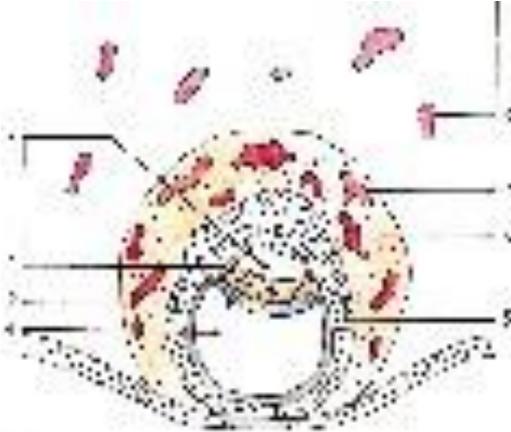


Fig. 12.4. Segunda semana del desarrollo. Disco bilaminar: 1. ectodermo, 2. endodermo, 3. cavidad amniótica, 4. saco vitelino primitivo, 5. citotrofoblasto, 6. sincitiotrofoblasto, 7. laguna trofoblástica, 8. vasos sanguíneos endometriales.

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.

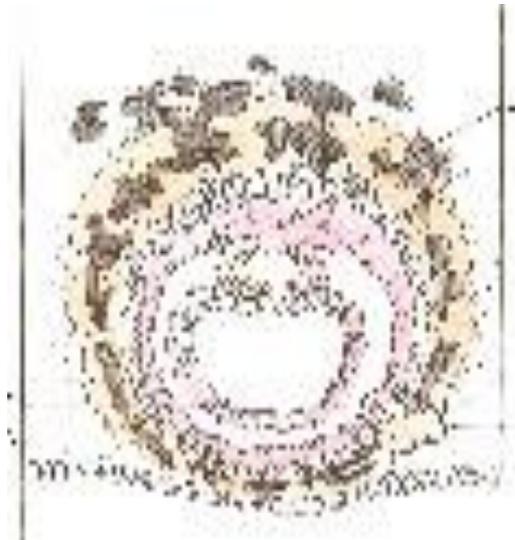


Fig. 12.6. Segunda semana del desarrollo. 1. celoma extraembrionario, 2. hoja esplácnica, 3. hoja somática, 4. corion, 5. pedículo de fijación.

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 (sincitio-trofoblasto) 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).

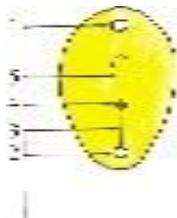


Fig. 12.7. Tercera semana del desarrollo. Superficie ectodérmica del embrión: 1. lámina precordial, 2. lámina cloacal, 3. línea primitiva, 4. nódulo primitivo, 5. proceso notocordal.

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),

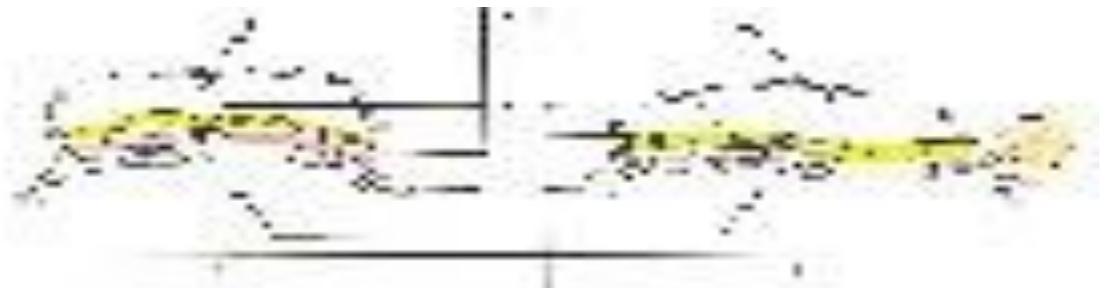


Fig. 12.8. Tercera semana del desarrollo. A. Corte transversal del embrión, B. Corte sagital del embrión: 1. ectodermo, 2. mesodermo, 3. endodermo, 4. notocorda, a) cavidad amniótica, b) saco vitelino, c) alantoides

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 estas 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 intervellosos, para formar las llamadas vellosidades libres, por medio de las cuales se realiza el intercambio de sustancias entre la sangre materna y la fetal.

3.4 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, quedan 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 nombra 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 precordial 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).

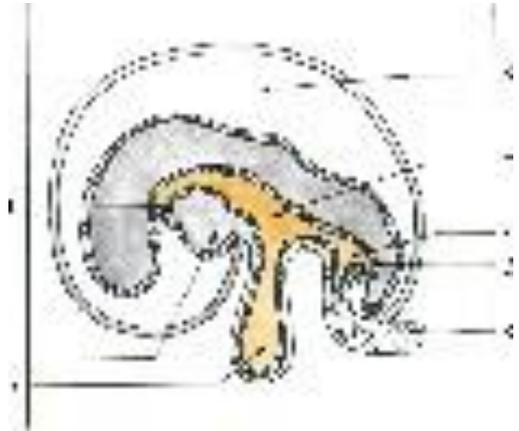


Fig. 13.2. Plegamientos craneal y caudal del embrión. Intestino primitivo: 1. porción craneal, 2. porción intermedia, 3. porción caudal, a) esbozo del corazón, b) saco vitelino, c) pedículo de fijación, d) alantoides, e) cavidad amniótica.

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 precordial) 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

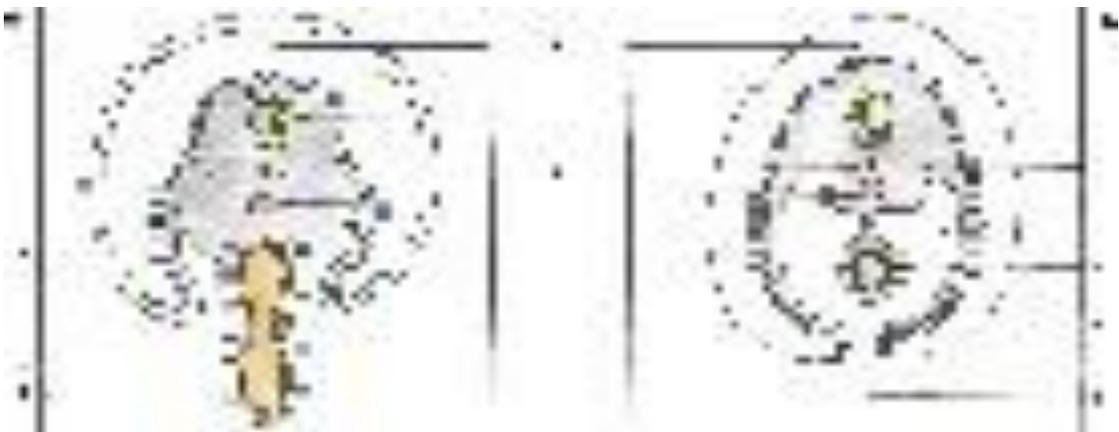


Fig. 13.3. Plegamientos laterales del embrión. A. Etapa inicial, B. Etapa final, 1. mesodermo, 2. ectodermo, 3. endodermo, 4. tubo neural, 5. notocorda, 6. aorta, a) cavidad amniótica, b) saco vitelino, c) celoma intraembrionario, d) intestino primitivo.

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

3.5 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 blastocele, 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 íleon o de Meckel, quiste vitelino y fístula onfalome-sentérica 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 (fistula 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 al 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 mucoide, 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 veloso 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).

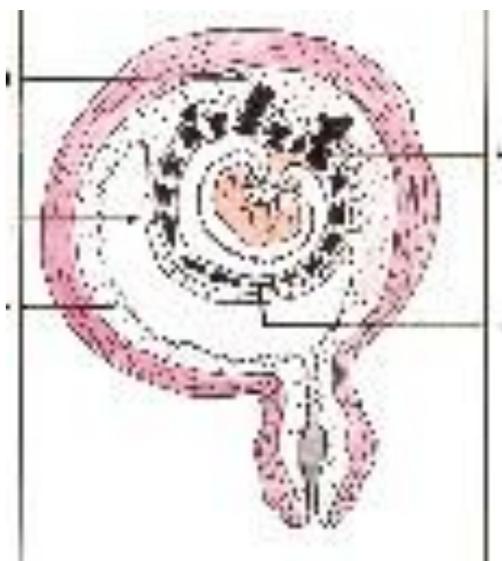


Fig. 14.2. Disposición de la placenta en el útero. 1. decidua basal, 2. decidua capsular, 3. decidua parietal, 4. corion veloso, 5. corion liso.

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.

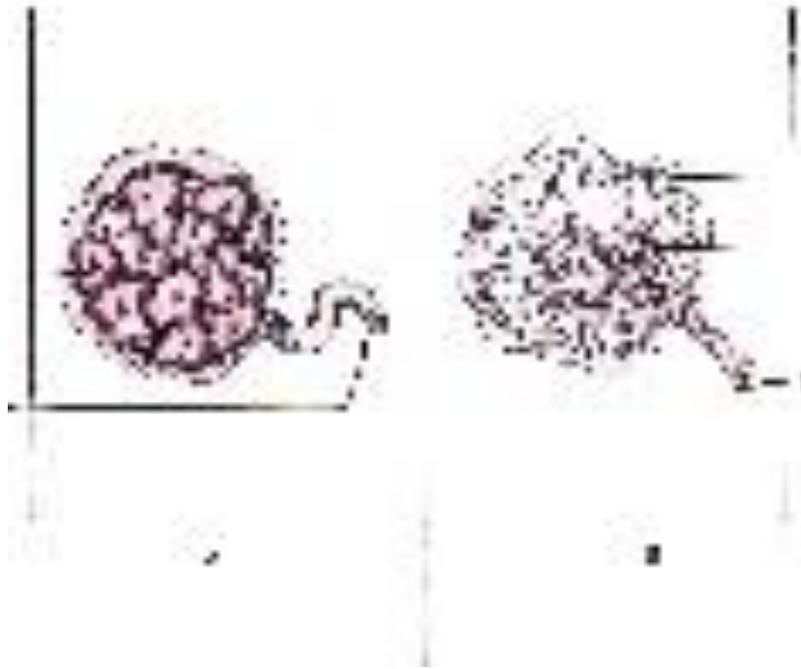


Fig. 14.3. *Placenta. A. Cara materna, B. Cara fetal, 1. cotiledo-nes, 2. amnios, 3. vasos sanguí-neos, 4. cordón umbilical.*

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

3.6 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*.

IV. UNIDAD SISTEMAS SOMÁTICOS

3.7 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 atroficados, 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.

UNIDAD IV

ELEMENTOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS SOMÁTICOS

SISTEMA TEGUMENTARIO

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 mesodermo 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 mesodermo esplácnico o visceral con el endodermo 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 histórica". 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 histórica" 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 mamas) 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).

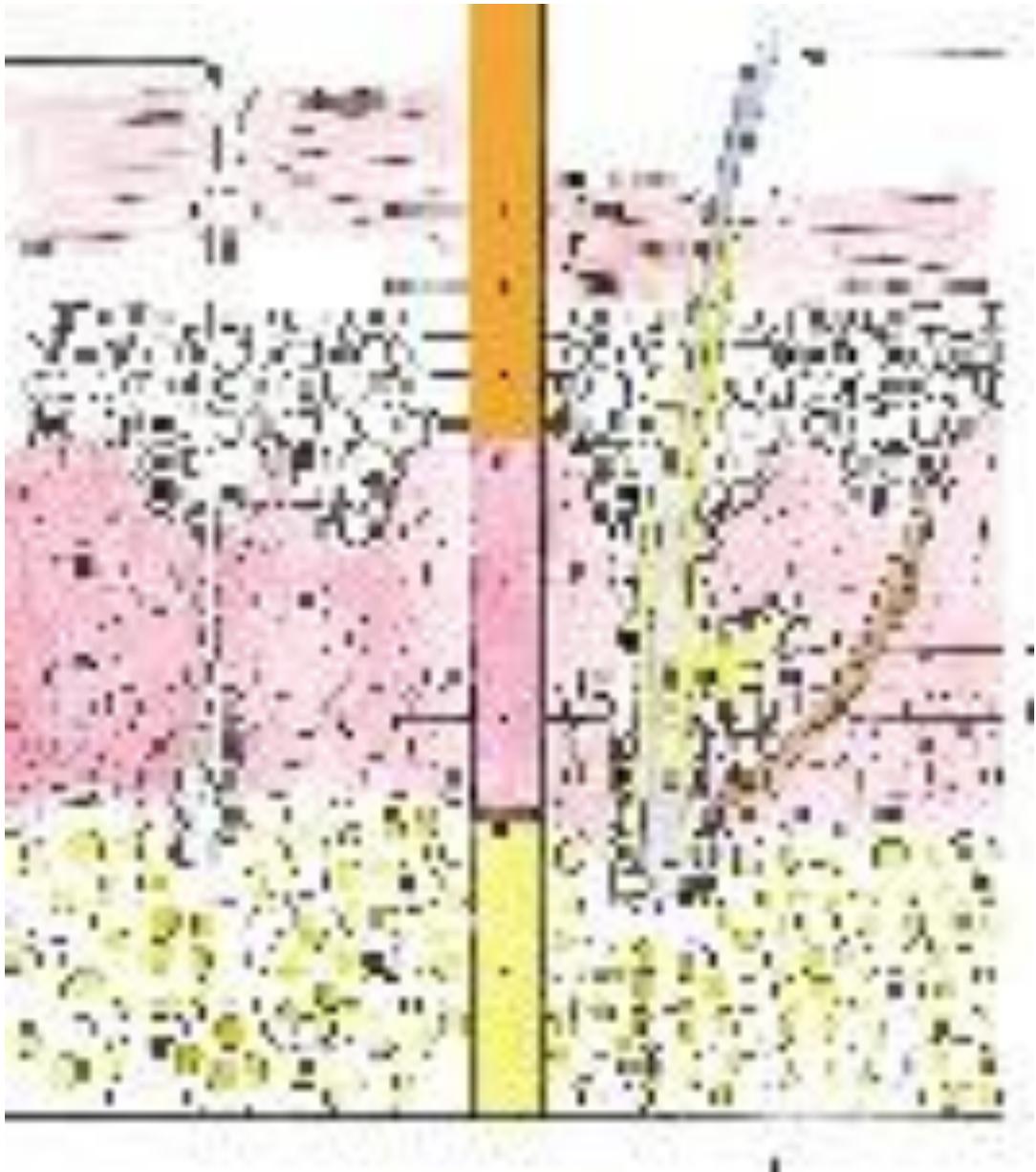


Fig. 17.1. Piel. A. Gruesa, B. Delgada, E. Epidermis, 1. estrato córneo, 2. estrato lúcido, 3. estrato granuloso, 4. estrato espinoso, 5. estrato basal, D. Dermis, 6. estrato papilar, 7. estrato reticular, H. Hipodermis, 8. pánículo adiposo, a) glándula sudorípara, b) pelo, c) glándula sebácea, d) músculo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

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 vernix 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 mesoderma. 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 pániculo 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 pániculo 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 *pelo* 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 blanqueamiento 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 maloliente 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 microscopía 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).

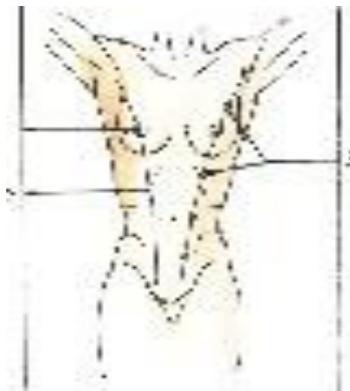


Fig. 17.2. Desarrollo de las glándulas mamarias. 1. mama con la papila y areola mamaria, 2. cresta mamaria, 3. pezones supernumerarios.

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).

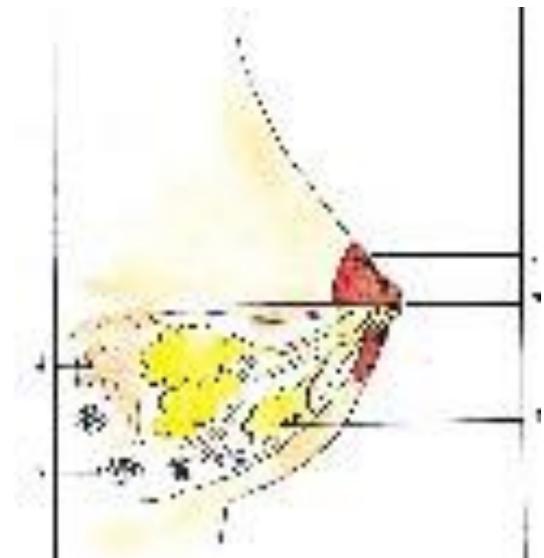


Fig. 17.3. Estructuras de la glándula mamaria. 1. areola mamaria, 2. pezón o papila mamaria, 3. glándula mamaria con su unidad secretora y conducto galactóforo, 4. tejido conectivo, 5. tejido adiposo.

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 (intraalobulillares e interalobulillares) 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.

4.2 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 osteomioarticula

r

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 somatotrófica 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.

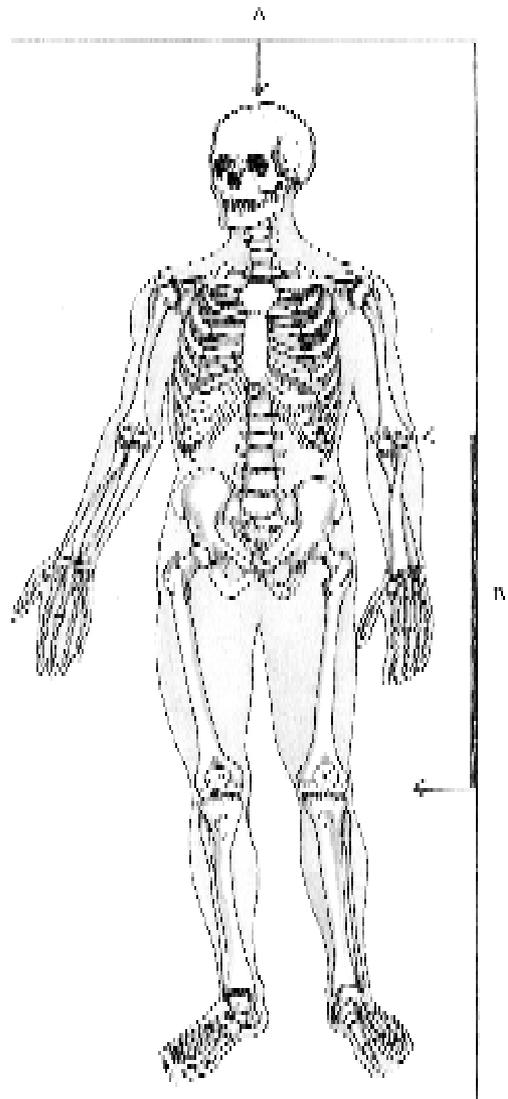


Fig. 18.1. Esqueleto humano del adulto. A. esqueleto axial (cabeza, cuello y tronco), B. esqueleto apendicular (miembros superiores e inferiores).

4.3 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 hemopoyesis 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.

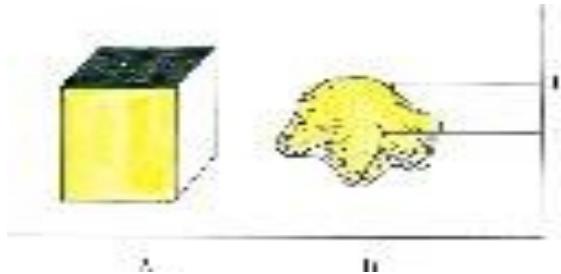


Fig. 19.1. Hueso corto. A. Forma geométrica, B. Corte del talo o astragalo, 1. sustancia ósea compacta, 2. sustancia ósea esponjosa.

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.

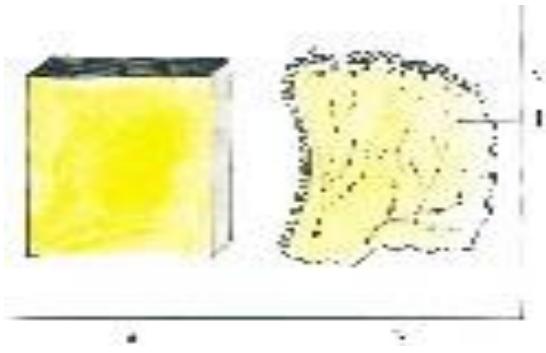


Fig. 19.2. Hueso plano. A. Forma geométrica, B. Corte del parietal, 1. sustancia ósea compacta, 2. sustancia ósea esponjosa.

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

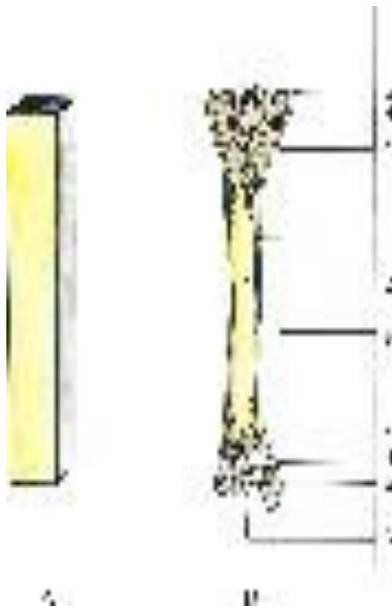


Fig. 19.3. Hueso largo. A. Forma geométrica, B. Corte longitudinal de la tibia en crecimiento, a) epífisis, b) diáfisis, c) metáfisis, d) cartílago epifisario, 1. sustancia ósea compacta, 2. cavidad medular,

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

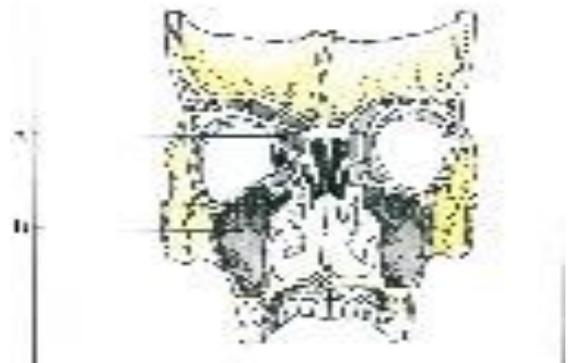


Fig. 19.4. Huesos neumáticos en corte frontal de la cara. A. etmoides, B. maxilares.

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 periodo 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 periodo (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 periólicas 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.

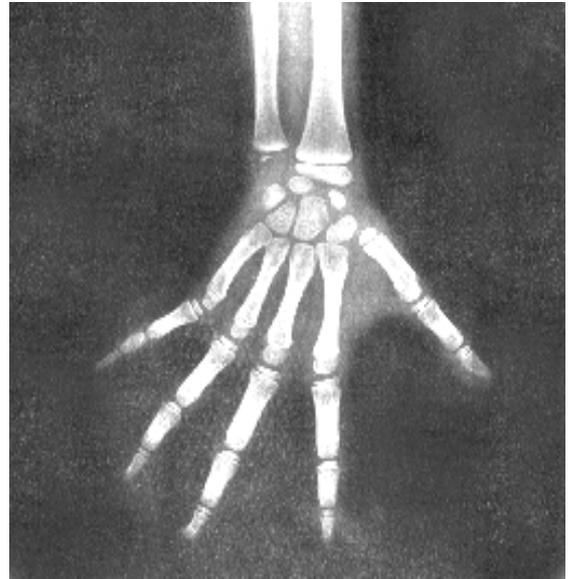


Fig. 19.6. Radiografía de la mano de un niño.

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 obje

- 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 dependengeneralmente 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

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

4.4 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 tejidocartilaginoso

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 (sífnis) y algunas articulaciones sinoviales (fibrocartílago intraarticular). También se observa en lugares de inserción de tendones y ligamentos.

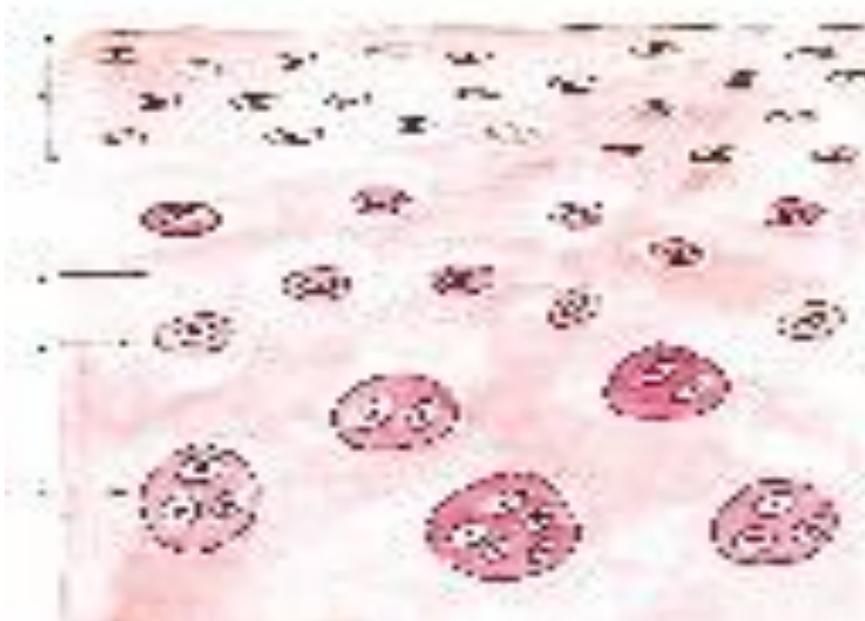


Fig. 20.1. Tejido cartilaginoso hialino. 1. pericondrio, 2. sustancia intercelular, 3. condrocitos en lagunas cartilaginosas, 4. nido celular (grupo isógeno).

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 canalículos 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)

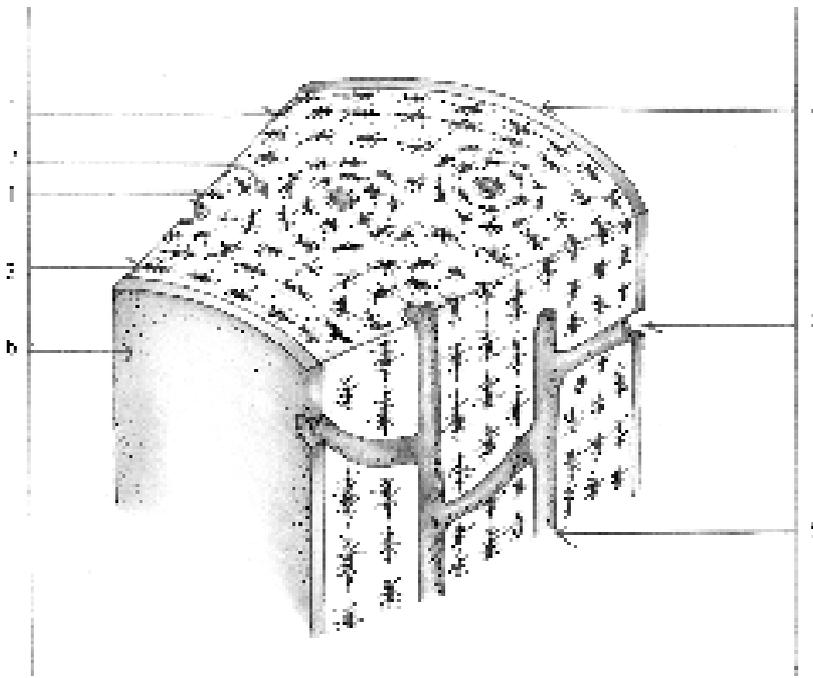


Fig. 20.2. Tejido óseo.

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

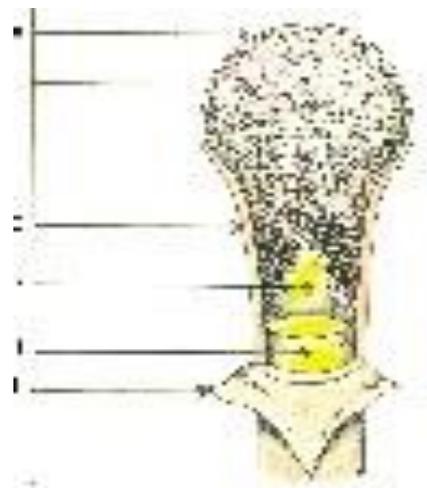


Fig. 20.3. Estructura macroscópica de un hueso largo.

- 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)
Retículo fibroso (inmaduro)	Reticular
Laminar (maduro)	Compacto
	Trabecular
	Esponjoso

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).

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

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.

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 so-esternón)	Mesodermo lateral (hoja mática)
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 cartilago 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-cartilago-hueso

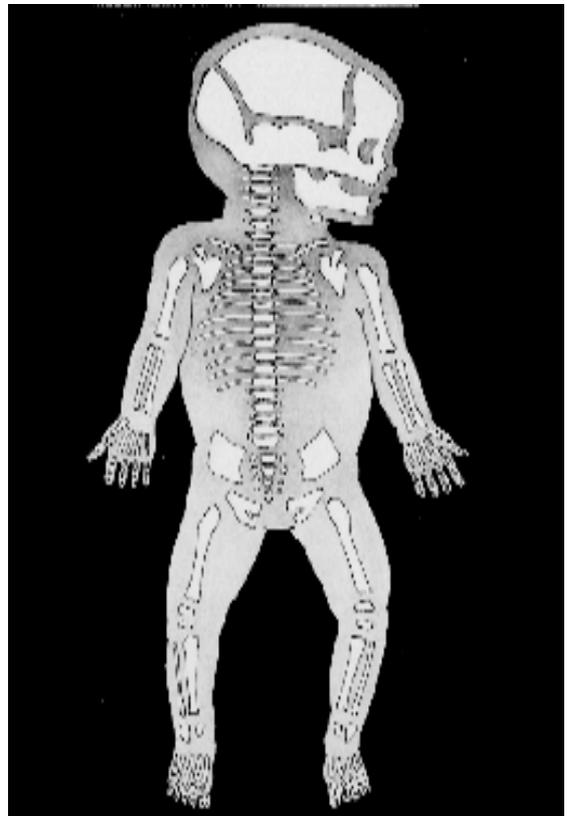


Fig. 20.4. Esqueleto humano del recién nacido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Rosell Puig W, Dovale B, Álvarez Torres I. Generalidades de la morfología. En: Morfología humana I. T I. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2002.p.13.
- Cardella Rosales L, Hernández Fernández R, Upmann Ponce de León C, Vicedo Tomey A, Pérez Díaz A, Sierra Figueredo S, et al. Bioquímica Médica. T I. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 1999.p. 23,85-351.
- Diccionario Espasa de Medicina. Universidad de Navarra: Instituto Científico y Tecnológico; 2000.
- Diccionario Mosby de medicina, enfermería y ciencias de la salud. 5 ed. Madrid: Harcourt; 1998.
- Martínez GE. Diccionario Médico Zamora. [s.l.]: Editorial Zamora [citado 3 Abr 2010] . Disponible en: <http://medicomoderno.org/diccionario-medico-zamora-software/>
- Grupo Océano. Diccionario de Medicina. Barcelona: Editorial Océano; 2006.p. 1- 1506.
- Ministerio de Cultura. Diccionario terminológico de ciencias médicas. La Habana: Editorial Científico-Técnica, 1984.p. 59-1073.
- Dorland´s Pocket. Medical dictionary. 27 ed. Philadelphia: Saunders; 2005.p. 16-887. MEDISAN 2014;18(3):457 9. Prives M, Lisenkov N, Bushkovich V. Anatomía humana I. 2 ed. La Habana: Editorial Pueblo y Educación; 1975.p. 56-62.
- Forch Pi A, Colchero Arrubarrena F, Vela Treviño H. Diccionario médico biológico. University Androma: Edimex; 1966.p.36-1167.
- Diccionario Microsoft Student Encarta® Premium; 2008.
- Langman TW. Embriología Médica. 8 ed. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2005.p.1-153.
- Herrera Batista A, Tárano Cartaya G, Valladares Suárez B, Iglesias Ramírez B, Fernández Regalado R, Linares Cordero M, et al. Morfofisiología Humana. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2007.p. 1-462.
- Medical Dictionary. 2 ed. United Kingdom: Buterworth; 1978.p. 91-1392.
- Cardella Rosales L, Hernández Fernández R, Upmann Ponce de León C, Vicedo Tomey A, Pérez Díaz A, Sierra Figueredo S, et al. Respiración celular. En: Bioquímica médica. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 1999.p. 617-705.
- Junqueira LC, Carneiro J. Histología básica. 4 ed. Barcelona: Masson; 1996.p.1-196.
- 17.Blakinston's Gould Medical Dictionary. 4 ed. Philadelphia: Mc Graw-Hill; 979.p.61-1331. 18.Cuba. Ministerio de Cultura. Diccionario terminológico de Ciencias Médicas. La Habana: Editorial Científico-Técnica; 1984.p.59-1073.