

En el cartílago, las células están agrupadas, formando *familias* que parecen originarias de la multiplicación de una misma célula.

En los moluscos cefalópodos, el cartílago contiene *células presentando prolongaciones ramificadas* que se anastomosan entre sí y con las prolongaciones similares emitidas por las células vecinas. Células parecidas a éstas, las encontramos en el hombre cuando sufre tumores cartilagosos de la parótida, y en estado normal en el ligamento redondo y en el cartílago tiroideos de la laringe.

La *substancia fundamental* es hialina, transparente, de tinte azulado opalino. Es *homogénea y desprovista por completo de estructura*. Haciendo actuar ciertos reactivos, el profesor RENAUT ha demostrado que esta substancia, en realidad, está formada de dos partes: una *substancia amorfa* y una substancia figurada llamada por este autor *substancia trabecular*, y además *formación tabicante*.

Las propiedades químicas del cartílago hialino son las siguientes: la substancia fundamental se transforma en *condrina* por la cocción, es lentamente atacada por el ácido sulfúrico y por los álcalis concentrados. Desde el punto de vista químico se tiñe en rosa por la purpurina, en moreno claro por el yodo y en violeta por el azul de quinoleína.

Algunas variedades de cartílago hialino: cartílago embrionario.— Caracterizado por poseer células redondeadas cargadas de glicógeno, no contiene grasa, la substancia fundamental es poco abundante, las células están en contacto. No existen cápsulas.

Cartílago fetal.— Caracterizado por células poliformes (semilunares, semiesféricas, en vírgulas, etc.), y por la producción de una gran abundancia de substancia fundamental. No existen aún cápsulas y muchas células contienen dos núcleos. La variedad de forma en las células del cartílago fetal se explica por la rapidez de su reproducción y por la presión de la substancia fundamental.

Cartílagos costales.— En los sujetos jóvenes están formados por cartílago hialino. En sujetos de edad avanzada la substancia fundamental presenta aspecto fibroide con placas. Encuéntrense grandes cápsulas formadas de capas concéntricas encerrando muchas células. La mayoría de células contienen gotas de grasa.

Cartílagos articulares.— Presenta tres zonas distintas: una *superficial*, formada de células aplanadas paralelamente á la superficie; una *media* constituida por células globulosas, y una *profunda* adherida al hueso, constituida por células agrupadas en series perpendiculares al hueso (cartílago seriado).

II. **Cartílago elástico ó reticulado.**— Este cartílago está caracterizado por la presencia en el seno de la substancia fundamental de granos ó fibras elásticas. La substancia fundamental escasa se reduce generalmente á una delgada cáscara (cápsula) que encierra las células. Estas últimas son menos numerosas y están menos agrupadas que en el cartílago hialino. El cartílago elástico tiene vasos.

Forma la epiglotis, el pabellón de la oreja, los cartílagos de Santorini, una porción de la trompa de Eustaquio, etc.

III. **Fibrocartílago.**— Está constituido por fascículos conjuntivos, por una substancia fundamental y por células. Los fascículos están entrecruzados en todas direcciones, las células son escasas, pequeñas y globulosas, la substancia fundamental se reduce á una delgada capa que forma la cápsula de las células. Este tejido tiene vasos. Forma los cartílagos interarticulares, los fibrocartílagos de las sínfisis, los discos intervertebrales, etc.

Los discos comprenden dos partes: una capa periférica formada por

capas concéntricas de fascículos fibrosos y una parte central constituida por tejido blando en el cual se encuentran células vesiculosas que representan restos de la cuerda dorsal.

IV. Pericondrio. — Es una membrana fibrosa que recubre las superficies no articulares de los cartílagos. Dos capas: una externa, formada de fascículos conjuntivos, de fibras elásticas, de células conjuntivas y de vasos sanguíneos; la otra interna (capa condrógena), formada de fibras conjuntivas dispuestas en cintas cruzadas en todos sentidos y células conjuntivas. A medida que se acercan al cartílago estas células toman los caracteres de las células cartilaginosas. Los fascículos penetran en el cartílago, donde pierden su aspecto fibrilar para confundirse con la substancia fundamental hialina. Así se explica que esté tan íntimamente adherido el pericondrio al cartílago.

V. Orígenes y desarrollo del cartílago. — El cartílago procede del mesodermo y las primeras células se forman alrededor de la notocorda. Las células mesodérmicas que han de originar el cartílago no se diferencian de las células que engendrarán las células conjuntivas. Antes de llegar al estado adulto el tejido conjuntivo pasa por el estado de cartílago embrionario y después por el de cartílago fetal (véanse estas variedades de tejido cartilaginoso). El estado adulto se reconoce por la menor multiplicación de las células, por el aumento de su volumen y por la producción de cápsulas.

El cartílago crece por el aumento de volumen de las células y de la substancia fundamental, por la multiplicación de células cartilaginosas y por la formación de nuevas células cartilaginosas á nivel de la capa profunda del pericondrio.

CAPITULO X

TEJIDO ÓSEO

El tejido óseo está caracterizado por dos elementos esenciales:

1.º Por la substancia fundamental del hueso, materia dura, compacta é infiltrada de sales calcáreas y llena de un sistema de cavidades microscópicas, comunicando entre sí por medio de un gran número de conductillos ramificados. Está dispuesta en láminas concéntricas.

2.º Por una célula ramificada contenida dentro de las cavidades precedentes en las cuales se moldea.

El elemento más importante para la definición del tejido óseo, es la substancia fundamental, ya que las células óseas no son indispensables al hueso, probando este aserto el que el hueso de ciertos peces no tiene células.

Desde el punto de vista de la anatomía macroscópica existen dos formas principales de tejido óseo: la substancia compacta y la substancia esponjosa. La primera forma la diáfisis de los huesos largos, es dura y apretada; la segunda entra en la composición de los huesos cortos y de las extremidades articulares.

Estudiaremos el tejido óseo en los huesos largos, en los cortos y en los anchos.

§ 1. — DIÁFISIS DE LOS HUESOS LARGOS

Examinando un corte perpendicular á su eje mayor de un hueso largo, se presenta bajo la forma de un anillo que en su parte central ofrece el conducto medular (1).

Las capas externas de este anillo están formadas por una serie de láminas concéntricas paralelas entre sí, de suerte que en la superficie del hueso forman un sistema laminar que se designa con el nombre de sistema de laminillas periféricas.

El borde interno que limita el conducto medular está igualmente formado por una serie de laminillas concéntricas, pero éstas son discontinuas é imbricadas y designadas con el nombre de sistema perimedular.

Entre estos dos sistemas encuéntranse otros que tienen por centro

(1) Hueso seco.

pequeños anillos representando al corte conductos estrechos que surcan el hueso. Estos conductos vasculares llevan el nombre de *conductos de HAVERS* y los sistemas laminares completos que los rodean son igualmente conocidos con el nombre de *sistemas de HAVERS* (1).

Estos sistemas, en virtud de su configuración circular, dejan entre sí espacios de formas variadas que están ocupados por láminas concéntricas

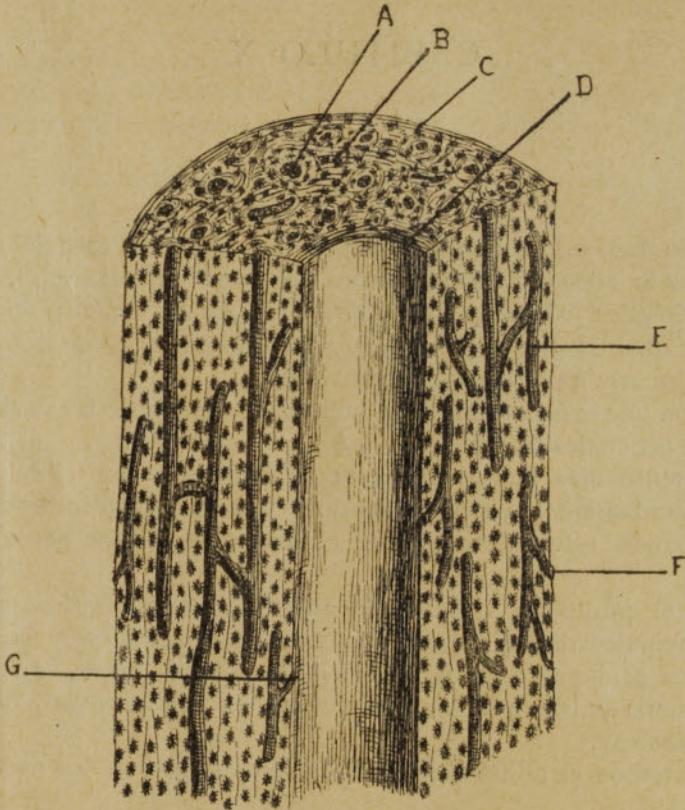


Fig. 77. — Esquema de la constitución de una diáfisis

A conducto de Havers rodeado por su sistema de laminillas. — B, sistema intermediario. — C, sistema periférico — D, sistema perimedular. — E, conducto de Havers (corte longitudinal). — F, abertura subperióstica de un conducto de Havers. — G, abertura de un conducto de Havers en la cavidad medular.

sin formar círculos completos. Estos sistemas representan los *sistemas intermediarios* del hueso.

El tejido de la diáfisis de los huesos largos está, pues, formado por las laminillas cuya disposición general acabamos de indicar.

Añadamos que á cualquier sistema que pertenezcan las laminillas están sembradas de cavidades que han recibido el nombre de *osteoplasmas*.

El tejido ofrece, pues, para su estudio:

- 1.º Los canales ó conductos de HAVERS;
- 2.º Los osteoplasmas;

(1) HAVERS, nombre del anatómico inglés que los descubrió en 1734.

- 3.º El contenido de los osteoplasmas;
 4.º Las laminillas óseas.
 1.º Conductos de Havers. — Los conductos de HAVERS se presentan en un corte transversal bajo el aspecto de círculos más ó menos regulares cuyo diámetro varía de $0^m,011$ á $0^m,012$; en un corte longitudinal aparecen



Fig. 78. — Corte transversal de la diáfisis de un hueso largo (según KOLLIKER)

a, sistema de laminillas periféricas. — b, sistema de laminillas perimedulares: — c, conductos de Havers con sus sistemas. — e, sistemas intermedarios

bajo la forma de conductos rectilíneos dirigidos según el eje del hueso y unidos por anastomosis transversales ú oblicuas. Forman, pues, dentro del tejido óseo una red de mallas rectangulares más ó menos perfectas y las cuales mallas miden siempre una décima de milímetro de diámetro. A nivel de la *periferia* del hueso, los conductos de HAVERS se abren por orificios sumamente pequeños por debajo del periostio para recibir los pequeños capilares emitidos por esta membrana. En el *centro* del hueso se abren en

el conducto medular (1). En el hueso seco estos canales están vacíos, pero en el hueso fresco encierran un *capilar* (2). Este capilar puede rellenar completamente el conducto de HAVERS ó en conductos muy anchos puede estar separado de la pared por una delgada capa de tejido conjuntivo. En el límite de la capa conjuntiva con la pared se encuentran células aplanadas (3).

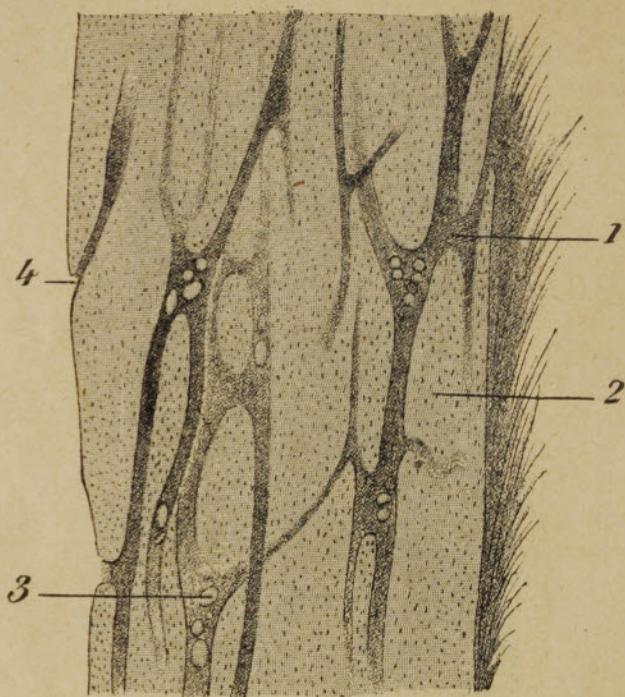


Fig. 79. — Corte longitudinal de la diáfisis de un hueso largo (según STOHR)

1, anastomosis de los conductos de Havers. — 2, substancia ósea. — 4, abertura de los conductos de Havers en la cavidad medular

2.º Osteoplasmas.—En un corte de hueso seco y macerado, obsérvase una multitud de corpúsculos negros, de forma elíptica, alargados paralelamente á las láminas y aplanados perpendicularmente á ellas (4). Estos cor-

(1) A nivel de los cartilagos articulares los conductos de HAVERS terminan en fondo de saco.

(2) En la infancia encuéntrase numerosas células medulares.

(3) Además de los conductos de HAVERS, encuéntrase en el sistema de laminillas periféricas, en el de laminillas intermediarias, en el de laminillas internas, ciertos conductos que no son el centro de sistemas de laminillas, sino que atraviesan simplemente á los que encuentran á su paso; estos conductos tienen una dirección transversal, son más estrechos que los de HAVERS y alguna vez obliterados. Desempeñan la misma función que los conductos de HAVERS y no es raro ver que se anastomosan con ellos. Caracterizan el hueso perióstico. Se conocen con el nombre de conductos de WOLKMAN y también con el de *conductos perforantes*.

(4) PURKINJE descubrió los osteoplasmas tomándolos por corpúsculos sólidos y llamándolos *corpúsculos óseos*. DOYERE, en 1842, demostró que estos corpúsculos no son otra cosa que cavidades llenas de aire.

púsculos que se conocen con el nombre de *osteoplasmas* ó *corpúsculos óseos* emiten por sus bordes y por sus caras una infinidad de conductillos muy delgados y tenues que miden de $1,1$ á $1,8 \mu$ de diámetro (KÖLLIKER); son los *conductillos óseos*.

Los osteoplasmas existen en *número considerable* en el hueso, habiéndose contado de 700 á 900 por milímetro cuadrado; su longitud media es de 20μ , y su anchura de 10μ . Están situados en el espesor de las laminitas óseas donde se encuentran separados por un espacio igual ó un poco

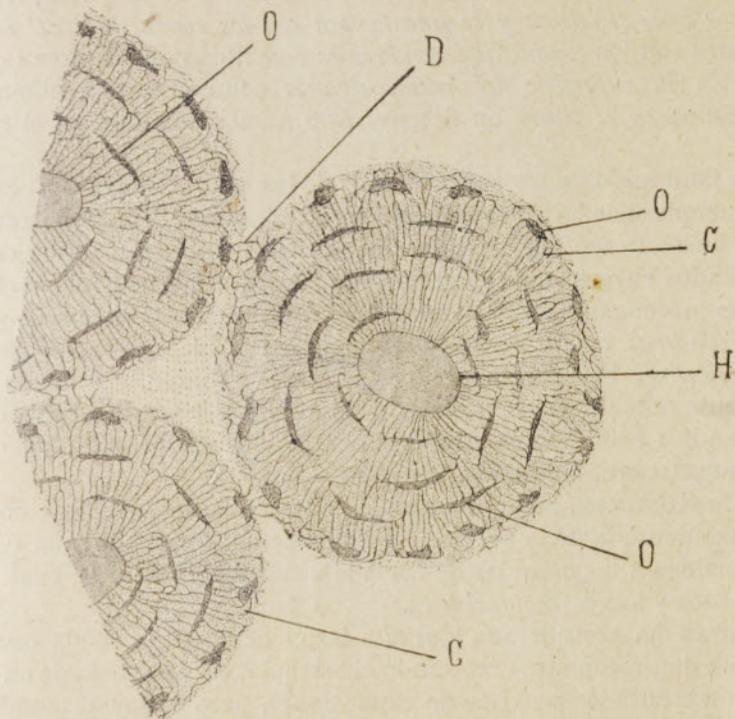


Fig. 80. — Osteoplasmas y conductillos óseos (figura de demostración).

O, osteoplasmas. — C, conductillos recurrentes. — D, conductillos que pasan de un sistema de Havers á otro.
H, conducto de Havers

mayor al de su longitud propia. Su *color negro* (cuando se examinan en un hueso seco y macerado) ha sido primeramente atribuído á las sales calcáreas depositadas en el seno de la substancia ósea, de donde el nombre de *corpúsculos calcáreos* con que fueron designados anteriormente. En realidad, son cavidades excavadas en el seno de la substancia ósea y que aparecen en negro porque en los cortes de hueso *seco y macerado* están rellenas de aire.

En un corte de *hueso fresco*, ó en una preparación que haya estado sumergida por largo tiempo en la esencia de trementina, los corpúsculos óseos pierden su opacidad, apareciendo bajo la forma de cavidades angulosas, y con sus prolongaciones ramificadas invisibles.

Los *conductillos óseos* que tienen su origen en los osteoplasmas, se diri-

gen en todos sentidos dividiéndose y anastomosándose entre sí. Fórmase de esta manera un «sistema continuo de cavidades y de conductillos esparcido por toda la substancia ósea». En ciertas regiones, estos conductillos presentan disposiciones especiales que citaremos:

a. En el *centro de los sistemas de Havers*, ábrense en el conducto de Havers (1).

b. En la *periferia de estos sistemas*, algunos de los conductillos se anastomosan con los de los sistemas vecinos, pero la *gran mayoría, después de haber penetrado hasta la cara externa de la laminilla periférica, se curva en asa, vuelve sobre sí misma y se anastomosa con los conductillos del mismo sistema*. Estos son los *conductillos recurrentes* descritos por RANVIER (2).

c. En la *superficie del hueso*, algunos conductillos se abren debajo del periostio; en el *centro* un determinado número se abre en el conducto medular.

3.º **Contenido de los corpúsculos y de los conductillos.**— El contenido de los osteoplasmas ha dado origen á varias hipótesis: VIRCHOW, tratando un corte de hueso fresco por el ácido clorhídrico, ha obtenido unos corpúsculos estrellados cuya forma representa exactamente los osteoplasmas provistos de sus prolongaciones. Este anatómico considera á dichos corpúsculos como *verdaderas células óseas*, y los compara á las *células ramificadas del tejido conjuntivo*. El procedimiento seguido por VIRCHOW aplicado al *hueso seco*, permite obtener estos mismos corpúsculos estrellados, probando que esta pretendida célula no es otra cosa que la cutícula de la verdadera célula ósea (FURSTEMBERG, NEUMANN, RANVIER).

Según KÖLLIKER, hay que considerar la célula de VIRCHOW como una porción condensada de la substancia fundamental formando una *verdadera cápsula* análoga á las cápsulas de las células cartilaginosas, la cual forraría la célula ósea y sus prolongaciones.

RANVIER ha considerado durante largo tiempo á la célula ósea como una lámina de protoplasma tapizando al osteoplasma y provista de un núcleo. Esta célula estaría desprovista de expansiones, pero es fuerza admitir hoy día que la célula ósea verdadera está formada:

(1) RANVIER ha señalado una disposición especial de ciertos corpúsculos óseos que precisa conocer bien. Existen en los sistemas de Havers corpúsculos que están constituidos por una rendija apenas superior como diámetro á los conductillos. Su situación, al igual que la disposición de los conductillos que les alcanzan perpendicularmente á su eje, no permiten dudar que se trata de verdaderos corpúsculos óseos en vías de atrofia ó completamente atrofiados. La existencia de estos confluentes lineales, como los llama RANVIER, permite aceptar que la separación de los corpúsculos óseos es debida á la edad. Ella demuestra que esta separación no se efectúa por la producción de substancia ósea que separaría los corpúsculos, sino por desaparición, por atrofia, de un cierto número de corpúsculos.

(2) Resulta de este hecho que cada sistema de Havers representa en el seno del hueso una individualidad casi perfecta. Es un verdadero hueso elemental homólogo al del fémur entero de la rana. Sábese que el fémur de la rana es un hueso extremadamente simple constituido de la manera siguiente: en un corte transversal encuéntrase en el centro el conducto medular y á su alrededor una serie de laminillas óseas concéntricas á dicho conducto, de tal suerte dispuestas, que pueden compararse á un conducto de Havers de grandes dimensiones.

1.º Por un *cuerpo celular* con su *núcleo* encerrado dentro del osteoplasma al cual rellena;

2.º Por *prolongaciones protoplasmáticas* extremadamente delgadas, salidas del cuerpo celular, ramificándose en los canaliculos para anastomosarse con las prolongaciones análogas emitidas por las células contiguas. La substancia ósea estaría, pues, recorrida por una red de filamentos protoplasmáticos en la que los puntos nudosos se hallarían representados por los cuerpos celulares. En los huesos secos y macerados, las cavidades óseas

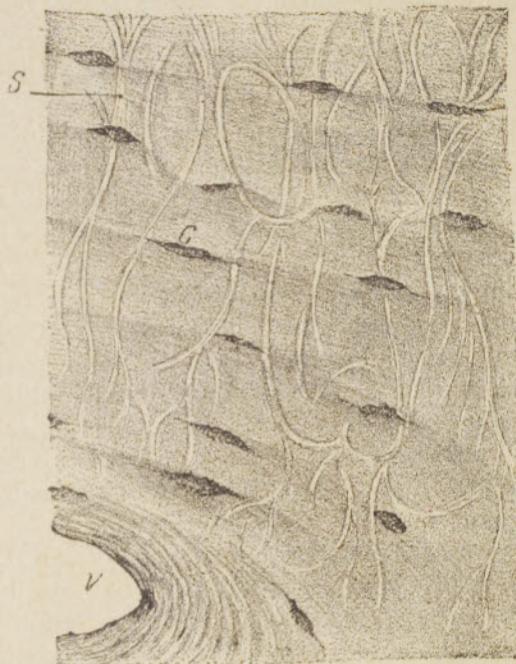


Fig. 81. — Fibras de Sharpey (según RANVIER)

S. Fibras de Sharpey. — V. Conducto de Havers. — C. Osteoplasma

y sus conductillos representan un producto artificial determinado por la destrucción de las células y de sus prolongaciones.

3.º Por una *cutícula, especie de cápsula*, que rodea al cuerpo celular y también á sus prolongaciones á la manera de las cápsulas del cartilago. Esta es la que se aísla empleando el método de VIRCHOW y tiene exactamente la forma de la célula ósea.

4.º *Láminas óseas*. — La substancia fundamental del hueso está dividida en laminillas, las cuales tienen dirección paralela al eje mayor del hueso (1). Estas laminillas no están distribuídas irregularmente en el espesor del hueso, sino que se agrupan en varios sistemas cuya disposición general hemos indicado anteriormente:

(1) Estas laminillas tienen un espesor que varía entre 5 y 11 μ .

- 1.º El sistema periférico;
- 2.º El sistema perimedular;
- 3.º Los sistemas de HAVERS (1);
- 4.º Los sistemas intermediarios.

Cuando se disocia un corte de hueso decalcificado por el ácido clorhídrico se observan dentro de los *sistemas periféricos* y dentro de los *sistemas intermediarios* fibras particulares que atraviesan las laminillas óseas. Estas fibras, designadas con el nombre de *fibras perforantes de SHARPEY*, representan fascículos de tejido conjuntivo incrustados de sales calcáreas que se continúan con los fascículos conectivos del periostio. No aparecen nunca en los sistemas de HAVERS.

Los osteoplasmas están colocados en el espesor de las laminillas óseas donde afectan las disposiciones siguientes: en el *sistema de HAVERS* están ordenados, como las laminillas de estos sistemas, en círculos concéntricos alrededor de los conductos de HAVERS; en los *sistemas intermediarios* describen arcos paralelos á la curva formada por las laminillas, y en los *sistemas de laminillas periféricas y perimedulares*, su dirección general es paralela al conducto medular.

La *estructura íntima* de las láminas óseas es perfectamente conocida. Al examinar un corte de hueso, vese que existen dos variedades de laminillas que se suceden alternativamente: las unas homogéneas y largas, las otras estriadas y más estrechas. La estriación de estas últimas se debe á la diferente refringencia de las dos substancias que las forman. Una de estas substancias tiene la misma refringencia que la de las láminas homogéneas, tanto, que parece representar puntos minúsculos que unirían dos láminas homogéneas contiguas.

La estriación ha sido explicada por la constitución de las laminillas. Créese que las laminillas están formadas por finas fibrillas agrupadas en delicados fascículos que se abrazan para formar las laminillas. El aspecto diferente que ofrecen las laminillas es debido á que dentro de dos laminillas vecinas las fibras siguen dirección diferente y son perpendiculares entre sí (2). ¿Cómo están unidas las fibrillas entre sí? V. ELNER admite que están unidas por un cemento que es el mismo *substractum* de sales calcáreas; las fibrillas no se calcifican. Según otros histólogos, el cemento no existe, siendo las fibrillas mismas las que se cargan de sales calcáreas (3). Estas son las dos cuestiones pendientes de estudio.

(1) Alrededor de cada conducto de HAVERS existe un número de laminillas que varía de 5 á 10.

(2) La orientación de las fibrillas dentro de dos láminas vecinas, no es siempre la que se acaba de indicar, puesto que se observan diferentes combinaciones. Ya se cruzan en ángulo recto, ya las fibras de dos laminillas vecinas se cruzan en ángulo agudo, ya son paralelas entre sí.

(3) A la luz polarizada, un corte de tejido óseo presenta, á nivel de cada sistema de HAVERS, una cruz de polarización exactamente igual á la que produce un grano de almidón. Esto indicaría que el grano de almidón y los sistemas de HAVERS están formados de estratificaciones concéntricas.

§ 2. — HUESOS CORTOS; EPÍFISIS DE LOS HUESOS LARGOS

Los *huesos cortos* y las *extremidades articulares* de los huesos largos presentan una estructura idéntica. Están formados:

1.º Por una *delgada capa envolvente de tejido compacto* parecida á la de la diáfisis de los huesos largos;

2.º Por *tejido esponjoso* que ocupa el centro del hueso. La substancia ósea aparece bajo la forma de *laminillas* finas, estrechas, de tabiques irregulares y extremadamente delgados, limitando cavidades ó alvéolos de dimensiones variables, pero siempre perceptibles á simple vista. Cuando los tabiques son muy delgados y las cavidades muy grandes, el tejido esponjoso toma el nombre de *tejido reticular*. Se ha comparado el *tejido compacto al pan recién amasado*, y el *tejido esponjoso á la miga de este mismo pan cuando ha sido cocido*. Las láminas del tejido esponjoso presentan la constitución siguiente:

Las trabéculas más delgadas se hallan formadas por laminillas óseas dispuestas concéntricamente con relación á la cavidad alveolar (1); las trabéculas gruesas contienen en su interior sistemas de HAVERS completos, y entre estos sistemas, laminillas concéntricas á la cavidad del alvéolo.

En estado fresco, los alvéolos se hallan ocupados por la *médula* y contienen gran número de *vasos*, cuya importancia se demuestra por diversos hechos patológicos. Tanto es así, que la mayor parte de las inflamaciones persistentes se realizan á nivel de las epífisis de los huesos largos, mientras que, á poco que la circulación de la diáfisis se entorpezca, ésta se necrosa.

Es necesario hacer notar que los alvéolos del tejido esponjoso comunican ampliamente con el conducto medular, deduciéndose de aquí la fácil comunicación de la inflamación desde la diáfisis á las epífisis.

§ 3. — HUESOS ANCHOS

Los huesos anchos se hallan compuestos:

1.º Por dos *láminas externas* constituidas por tejido compacto; estas dos láminas se ven muy bien en los huesos del cráneo. Tales láminas se parecen, por su estructura, al tejido de la diáfisis de los huesos largos; únicamente es necesario señalar que los sistemas de HAVERS son paralelos á la superficie del hueso, y que casi siempre se halla en la superficie un sistema periférico extremadamente delgado.

2.º Por una *porción central* constituida por tejido esponjoso; en las partes adelgazadas de ciertos huesos (omoplato) el tejido esponjoso falta y el hueso se halla formado únicamente por el tejido compacto de las láminas externas. En el cráneo el tejido esponjoso tiene gran importancia y recibe el nombre de *diploe*.

(1) Cavidad que representa un conducto de HAVERS muy dilatado.

§ 4.— COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS HUESOS

La substancia fundamental de los huesos presenta una coloración *blanca*, que es *amarilla* en el anciano, y una *dureza* que no tiene superior más que en los dientes.

Se halla constituida:

1.º Por una materia orgánica del grupo de las substancias albuminoides, la *osteína*. Esta substancia, sometida á la ebullición prolongada, se transforma en gelatina parecida á la que procede del tejido conjuntivo.

2.º Por *sales minerales* que se pueden separar de los huesos tratándoles con un ácido; en este caso el tejido se transforma en flexible, no conservando más que su trama orgánica.

El resultado del análisis de la substancia ósea es el siguiente:

Substancia orgánica: 33'30		
Substancias animales reducibles por la cocción (osteína).		32'17
Id. íd. irreducibles (vasos)		1'13
Substancia inorgánica: 66'70		
Fosfato de calcio		51'03
Fosfato de magnesio		1'17
Carbonato de calcio		11'30
Fluoruro de calcio		2'00
Sosa y cloruro de sodio.		1'20
		100'00

La asociación de la osteína y las sales constituye una *simple mezcla*, pues las proporciones pueden variar con la edad, la situación del hueso, el individuo, etc. Tanto es así, que los huesos del *niño* contienen menos sales que los del *anciano*; los huesos del *cráneo* contienen mayor cantidad que otras piezas del esqueleto; pudiendo citarse, entre otros poco ricos en sales calcáreas, el *esternón*. En el *raquitismo* y en la *osteomalacia*, las sales se hallan en proporción muy escasa, encontrándose el hueso casi reducido á su armazón orgánica. En el raquitismo esta disminución se produce por un retardo en la osificación: por el contrario, en la osteomalacia el trabajo es inverso y se trata de una reabsorción de sales calcáreas.

La *desnutrición* no llega á descalcificar los huesos; en los animales á los que se priva por completo de fosfatos, los huesos se hallan después de la muerte con su composición química habitual. Reemplazando los fosfatos de calcio en la alimentación por fosfatos de magnesio, aluminio ó estroncio, pueden substituir estas sales á los fosfatos calcáreos en la composición de los huesos (MAGENDIE y PAPILLÓN).

§ 5.— MÉDULA ÓSEA

La médula ocupa la cavidad central de los huesos largos y las aréolas del tejido esponjoso.

Estructura. — La médula se halla constituida por un *estroma conjuntivo* que sirve de soporte á multitud de vasos y nervios y que contiene entre sus mallas una *substancia amorfa*, *células rojas de NEUMANN*, *células con núcleos vegetantes de BIZZOZERO*, *mieloplaxias*, *vesículas adiposas* y *osteoblastos*.

a. *Leucocitos.* — Los leucocitos descritos por ROBIN con el nombre de *medulocitos*, en nada difieren de los glóbulos blancos de la sangre y de la linfa (1). Abundan en la médula roja ó fetal, de la cual forman las siete ú ocho décimas partes. Presentan *numerosas variedades* como los glóbulos blancos, y su estudio completo lo haremos cuando nos ocupemos de la sangre.

b. *Células rojas de NEUMANN.* — Las células rojas de NEUMANN, designadas también con el nombre de *eritroblastos* de LOEWIT, son leucocitos voluminosos, que han perdido su propiedad amiboide y cuyo protoplasma se ha cargado de hemoglobina. Cuando hagamos el estudio de la hematopoyesis, veremos que estas células se multiplican rápidamente y que los elementos hijos dan nacimiento por generación á los glóbulos rojos.

[Es un poco aventurado suponer, como lo hace el autor, la derivación de las células rojas, de los leucocitos, pues parece más probable que en estado adulto, ciertos elementos especiales que poseen movimientos amiboides y que no son leucocitos, y se hallan en la médula ósea, engendren estos corpúsculos que son los gérmenes de los hematíes.] — (CALLEJA).

c. *Células con núcleo vegetante.* — Estos elementos, descritos por vez primera por BIZZOZERO, difieren de los medulocitos por ser *mayores* y no *presentar movimientos amiboideos*. Su *núcleo*, visible durante la vida, ofrece formas raras; unas veces parece estar constituido por muchos corpúsculos unidos entre sí por una substancia análoga á la de aquéllos; otras parece un núcleo con multitud de mamelones. El *cuerpo de estas células* contiene numerosas granulaciones que parecen algunas veces hallarse dispuestas en capas concéntricas.

d. *Mieloplaxias.* — Las mieloplaxias (2), llamadas también células gigantes ó placas con núcleos múltiples, se hallan constituidas por una lámina de protoplasma, cuyos contornos irregulares se hallan interrumpidos en diversos sitios por ranuras (3). Sus *dimensiones*, que son muy variables, alcanzan á veces cifras considerables, pues miden de 12 á 100 μ . Su protoplasma, sembrado de granulaciones finísimas, contiene *núcleos ovoideos* provistos de uno ó dos núcleos brillantes. Estos núcleos irregularmente

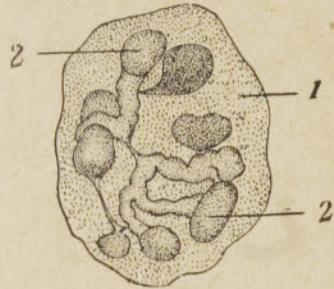


Fig. 82. — Célula con núcleo vegetante

1, cuerpo celular. — 2, mamelones del núcleo terminados por engrosamientos

(1) Véase la nota puesta en el párrafo *Osteoblastos* (pág. 150).

(2) De $\mu\epsilon\lambda\omicron\varsigma$, médula; $\pi\lambda\alpha\zeta$, placa.

(3) Las mieloplaxias exhiben á menudo en su periferia prolongaciones ramificadas que terminan por engrosamientos. No es raro hallar núcleos en estas prolongaciones.

diseminados unas veces en la masa de la célula, apretados en el centro otras, y situados finalmente otras en la periferia de la célula en forma de corona, pueden ser extraordinariamente numerosos. En ciertos elementos se observan 30 ó 40. Las células con núcleos múltiples son escasas en el adulto y en el hueso normal; en el niño se encuentran en gran número á nivel de la substancia esponjosa de las epífisis.

Según ciertos autores, se encuentran mieloplaxias provistas de *prolongaciones* que se anastomosan con los elementos vecinos (1).

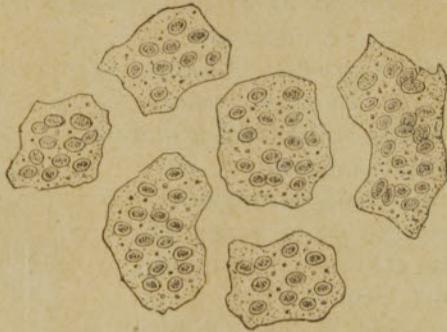


Fig. 83. — Mieloplaxias

e. *Vestículas adiposas*.— Las células adiposas que se encuentran en gran abundancia en la médula amarilla, no se hallan agrupadas en lóbulos como en el tejido adiposo, sino que están irregularmente diseminadas en la masa del tejido celular; no existe más que un pequeño número en la médula roja de los cuerpos vertebrales y en la de los huesos del cráneo; abundan, por el contrario, en la médula de las diáfisis de los huesos largos del adulto. Presentan idéntica estructura á la de las vesículas del tejido grasiento.

f. *Osteoblastos*.— Los osteoblastos (GEGENBAUR) se hallan formados por una masa prismática de protoplasma granuloso que contiene un núcleo oval que no se halla situado en el centro de la célula, sino en la vecindad de uno de sus bordes (RANVIER). Estas células constituyen en el hueso en vías de desarrollo la casi totalidad de la médula. En la superficie del conducto medular, los osteoblastos se hallan apretados unos contra otros á la manera como están las células epiteliales.

Volveremos á ocuparnos de estos corpúsculos y de su significación cuando estudiemos el desarrollo del hueso (2). Por ahora, nos es suficiente

(1) Las mieloplaxias han sido observadas por MULLER, en 1838, en ciertos sarcomas de los huesos; fueron descubiertas en la médula por ROBIN en 1849. KÖLLIKER, que considera estos elementos como factores de la reabsorción del hueso, les ha llamado *osteoclastos*.

(2) Los últimos trabajos de ERLICH, VAN DER STRICHT, KULLOW, HOWEL, ARNOLD, DENYS y otros, han hecho á los autores adoptar una clasificación nueva de los elementos de la médula roja. Según DOMINICI, pueden resumirse las ideas modernas de la siguiente manera:

La médula roja presenta dos grupos de elementos celulares: las células del tejido

saber que los osteoblastos parecen proceder de las modificaciones sufridas por las células conjuntivas que se encuentran en la médula ósea. Estas células no se presentan con los caracteres de las del tejido conjuntivo laxo. Son elementos embrionarios variables en su forma, redondeados, ovals, fusiformes, etc.

Así, pues, las diferentes variedades de células que se encuentran en la médula ósea, son elementos equivalentes, y derivan de las modificaciones experimentadas por los glóbulos blancos ó por las células conjuntivas (osteoblastos), las que también pueden proceder ó transformarse en glóbulos blancos.

g. *Trama conjuntiva*. — El estroma conjuntivo, que forma el armazón de la médula ósea, constituye una delicada red completamente desprovista de fibras elásticas. Abundante en la médula gris, es escasa en la del tejido esponjoso. En la superficie de los grandes acúmulos de substancia medular que llenan la diáfisis de los huesos largos, el estroma conjuntivo se halla ligeramente condensado, designándosele impropriamente con el nombre de *membrana medular ó periostio interno*, pues es imposible desprenderle en totalidad como si fuera una membrana continua (KÖLLIKER).

Además de estos elementos, la médula contiene vasos y nervios.

Vasos. — La red capilar es muy rica. Se halla formada por vasos

mieloide, es decir, elementos específicos de la médula y las células del tejido linfático que no forman parte de la médula más que de una manera accesoria.

A. **CÉLULAS DEL TEJIDO MIELOIDE**. — Pueden dividirse en tres grupos: *mielocitos*, *megacariocitos* y *células hemoglobiniíferas*.

a. *Mielocitos*. — Son *leucocitos mononucleares* que difieren de los elementos del mismo nombre de los ganglios linfáticos por la presencia de *granulaciones*. Hay mielocitos de tres clases: con granulaciones *neutrófilas*, con granulaciones *basófilas* y con granulaciones *acidófilas (eosinófilas)*. Los mielocitos pueden llegar á ser polinucleares, conservando sus granulaciones específicas.

b. *Megacariocitos*. — Los megacariocitos son células gigantes (35 á 45 μ) caracterizadas por un núcleo vegetal, es decir, constituido por masas de substancia nuclear unidas por trabéculas muy delgadas. Este carácter diferencia tales elementos de las mieloplaxias verdaderas que tienen muchos múltiples *aislados*. Los megacariocitos existen en gran número en la médula de los animales adultos. Las mieloplaxias, por el contrario, son muy escasas y no se encuentran en gran número más que en la médula de animales muy jóvenes, donde parecen representar masas plasmódicas vasoformadoras (MALASSEZ).

c. *Células hemoglominiíferas*. — Estas células se hallan caracterizadas por la presencia de hemoglobina en el cuerpo celular. Están representadas por cuatro tipos: los *normoblastos*, los *megaloblastos*, los *microblastos* y los *hematíes de núcleo grande*.

Los normoblastos son los más numerosos. Están representados por células que tienen los caracteres de los glóbulos rojos, pero *provistas de núcleo*. Los *megaloblastos* son iguales á los precedentes, pero cuyo tamaño es tres ó cuatro veces mayor; los *microblastos* son mucho más pequeños.

Las células de núcleos grandes son de dimensiones variables. El núcleo es muy voluminoso y el protoplasma se halla reducido á una capa delgada. Estas células han sido descritas por MALASSEZ en la médula del conejo. (Véase el capítulo consagrado al desarrollo de la sangre.)

B. **CÉLULAS DEL TEJIDO LINFOIDE**. — Las células de tipo linfoide, no constituyen más que una parte accesoria de la médula. Se hallan principalmente representadas por los *linfocitos* y por los elementos *mononucleares* ordinarios.

enormes, irregularmente dilatados (1), cuyas paredes se hallan únicamente constituidas por células endoteliales. Según algunos autores (V. DER STRICHT) la pared no es continua, presentando soluciones de continuidad más ó menos extensas, de tal manera, que los elementos sanguíneos pueden fácilmente penetrar en la médula, é inversamente algunos elementos medulares pueden ingresar en el torrente circulatorio (2).

Nervios.— Los nervios siguen el trayecto de los vasos. Su manera de terminar es desconocida.

Textura.— La médula ofrece caracteres que varían según el hueso en que se estudia y la edad del animal. Ordinariamente tiene consistencia pulposa, otras veces es difluente. Desde el punto de vista del color, se pueden describir tres variedades: la médula *roja*, la *amarilla* y la *gris ó gelatiniforme*.

1.º *Médula roja.*— La médula roja ó fetal existe solamente en el feto, no persistiendo en el adulto más que en algunas piezas del esqueleto, entre las que se pueden citar: los cuerpos vertebrales, el esternón y el sacro.

Debe su coloración á que los medulocitos, mieloplaxias, y, sobre todo, las células globulígenas se encuentran en gran abundancia. Contiene, además, gran cantidad de substancia amorfa.

2.º *Médula amarilla.*— La médula amarilla, llamada además grasienta, constituye la normal de los adultos cuando se ha terminado el trabajo de osificación.

Es amarilla ó ligeramente rosada, presentando la consistencia de la manteca. Cuando se la incinde, deja escapar algunas gotas de un aceite incoloro y muy líquido. Se transforma en opaca y amarillenta por enfriamiento.

Esta variedad de médula debe su color amarillo á la abundancia de *vesículas adiposas*. No contiene más que en pequeña cantidad los demás elementos figurados de la médula.

3.º *Médula gris ó gelatiniforme.*— La médula gelatiniforme presenta una *coloración grisácea* y mayor *consistencia* que la de las otras variedades. Se la encuentra en estado normal en los *roedores* y en *diversas condiciones patológicas* en la vecindad de los tumores y de ciertas lesiones óseas.

Es muy rica en *materia amorfa* y *fascículos conjuntivos*.

Fisiología.— El tejido medular desempeña un papel importantísimo desde el punto de vista fisiológico:

1.º La médula aligera las piezas del esqueleto rellenando sus cavidades.

2.º Contribuye á la formación del hueso conjuntamente con el cartilago (véase más adelante).

3.º Concorre en el adulto á la formación de los glóbulos rojos de la sangre.

(1) Tienen en algunos sitios 1 milímetro y más de diámetro.

(2) Estos capilares, considerados por unos como venas, y por otros como capilares venosos, parecen desempeñar en la médula el doble papel de linfáticos y capilares venosos.

§ 6. — PERIOSTIO

El periostio es una membrana fibrovascular que envuelve los huesos. Se presenta bajo el aspecto de una membrana *blanquecina* brillante y nacarada en algunos puntos. Su *espesor* varía según las regiones en que se la considera (1): es grueso donde no se halla cubierto más que por la piel, como, por ejemplo, en la cara ~~anterior~~ de la tibia; es delgado en las regiones en que da inserción á fibras musculares, sin el intermedio de los tendones, en la diáfisis de los huesos largos, en la órbita (2). En los huesos tapizados por *mucosas*, se confunde con el dermis de éstas hasta tal punto, que es imposible separar las dos membranas. En la *bóveda palatina*, y en particular á nivel de la apófisis basilar del occipital, forma con la mucosa faríngea un revestimiento muy grueso; por el contrario, en las *cavidades de los huesos de la cara* (seno maxilar y células etmoidales), la membrana resultante de la unión del periostio y la mucosa es relativamente delgada. Su *adherencia* á los huesos subyacentes, es tanto mayor cuanto sea más avanzada la edad del sujeto y la superficie ósea más desigual. Por este motivo es por el que no se puede desprender con facilidad de la base del cráneo y de los huesos cortos, mientras que se adhiere menos á los huesos planos y á la diáfisis de los huesos largos. El que tapiza las fosas nasales, la órbita y los senos de la cara, es muy poco adherente. La adherencia del periostio á los huesos, es debida á la penetración de los *vasos, nervios y tractus fibrosos* (fibras de Sharpey) en el espesor de la substancia ósea.

El periostio se halla formado por un *tejido propio, vasos y nervios*:

Tejido propio.— En la membrana perióstica se distinguen dos capas distintas:

1.º Una *capa superficial*, designada por el profesor RENAUT con el nombre de *vaina tendiniforme*. Esta zona se halla, en efecto, formada por fibras conjuntivas voluminosas, bastante parecidas á las de los tendones y paralelas entre sí. Entre estos fascículos se encuentran fibras elásticas muy voluminosas que constituyen una red de mallas alargadas, y células conjuntivas. «La vaina tendiniforme, dice RENAUT, reproduce el tipo de un tendón compuesto, que se hubiera ahuecado para transformarse en tubular.»

2.º Una *capa profunda* (estuche fibroelástico de RENAUT), que no se halla claramente separada de la anterior. En esta capa, las fibras conjuntivas disminuyen de volumen, mientras que las fibras elásticas son más abundantes y constituyen redes más finas y estrechas. La dirección de las fibras no es tan regular, uniéndose á las fibras longitudinales algunas oblicuas que les sirven de enlace. De esta capa es de la que parten fascículos conjuntivos que penetran en el hueso y aseguran la adherencia del periostio. Estos

(1) Mide por término medio 1 milímetro en la diáfisis de los huesos largos y de 2 ó 3 en las epífisis.

(2) Falta á nivel de los cartílagos, de los puntos de inserción de los ligamentos y de los tendones.

fascículos se llaman *fibras perforantes* ó *fibras arciformes* (RANVIER). Constituyen en el tejido óseo las *fibras de Sharpey*. En la parte interna de esta capa, las células conjuntivas son muy abundantes: forman, en el límite entre el hueso y el periostio, una capa más ó menos completa, en la que los elementos celulares pueden considerarse como pertenecientes en parte al hueso y en parte al periostio. En efecto, estas células se hallan por un lado aplicadas á los fascículos del periostio entre los que envían prolongaciones en ala, análogas á las de las células tendinosas, y, por otra parte, envían prolongaciones ramificadas que penetran en el hueso por conductillos semejantes á los de los osteoplasmas.

En los huesos en vías de desarrollo existen, entre el periostio y el hueso, muchas capas de células jóvenes que se hallan reducidas á una masa esférica ú oval de protoplasma provista de un núcleo. Estas células son *osteoblastos*, es decir, elementos que presiden á la formación del hueso. La capa que forman constituye la *zona osteógena* (OLLIER) ó *médula subperióstica*.

§ 7. — VASOS DE LOS HUESOS

Cuando se examina la superficie de un hueso largo, á simple vista ó con un aumento mediano, se observan una serie de orificios que los anatómicos han agrupado en cuatro clases.

1.º *Orificios de primer orden.* — Los orificios de primer orden, que son los más grandes, se ven en la diáfisis de los huesos largos; en general, no hay más que uno de estos orificios para cada hueso. Sus dimensiones son muy variables; su circunferencia está cortada en forma de pico de flauta; dan nacimiento á un conducto más ó menos largo que contiene la arteria nutricia del hueso. El agujero y el conducto reciben el nombre de *agujero y conducto nutricios*.

2.º *Orificios de segundo orden.* — Los orificios de segundo orden se hallan situados á nivel de las epífisis de los huesos largos, en los bordes de los huesos planos y en la porción no articular de los huesos cortos. A veces se hallan en número considerable, atraviesan perpendicularmente la lámina de tejido compacto que reviste la superficie de estos huesos y se abren en las aréolas del tejido esponjoso.

3.º *Orificios de tercer orden.* — Los orificios de tercer orden, visibles no más que con una lente, se hallan como acribillando la superficie externa del hueso y el conducto medular. Estos orificios no son otra cosa que la abertura, en la superficie del hueso, de los *conductos de Havers*.

4.º *Orificios de cuarto orden.* — Los orificios de cuarto orden son muy numerosos y extraordinariamente pequeños. No representan, como los precedentes, orificios vasculares, sino la terminación de los *conductillos no recurrentes* de los sistemas periféricos.

Los vasos penetran en el hueso por los orificios de primero, segundo y tercer orden.

Por el agujero nutricio penetra la arteria del mismo nombre; por los orificios de segundo orden, las arterias y venas epifisarias; finalmente, los vasos periósticos se introducen en los agujeros de tercer orden.

Arteria nutricia. — La arteria nutricia atraviesa el conducto nutricio y marcha directamente hacia la médula, donde se divide en dos ramas, una ascendente y otra descendente, que se ramifican formando una red de una delicadeza extremada en el seno de la substancia medular. De esta red capilar brotan algunas ramúsculas que penetran en la diáfisis por los orificios de tercer orden que se abren en el conducto medular. La arteria llamada *nutricia no suministra más que muy pocas ramas* al tejido óseo. Este hecho anatómico queda demostrado además por la supervivencia del hueso cuando se separa con un fragmento el conducto nutricio.

Arterias de las epífisis. — Estos vasos penetran en el hueso por los conductos de segundo orden. Se ramifican en la médula del tejido esponjoso y se conducen de la misma manera que la arteria nutricia.

Arterias del periostio. — Son las que suministran *casi por completo los verdaderos vasos nutricios del tejido óseo*. El periostio, independientemente de las arterias que no hacen más que atravesarle (nutricia y epifisarias), recibe arterias situadas en la vecindad del hueso, numerosas ramas en general bastantes delgadas, que constituyen en su capa externa una red muy estrecha de capilares que penetran en la substancia ósea por los agujeros de tercer orden y forman, en el interior de los conductos de HAVERS, un extenso plexo que se anastomosa, en las capas internas del hueso, con los vasos medulares.

Venas. — Las venas, que forman la continuación de los capilares, lejos de seguir á las arterias son completamente independientes (SAPPEY). Únicamente acompañan á la arteria nutricia en el conducto de este nombre, dos vénulas de volumen muy pequeño. La mayor parte de los troncos venosos se dirigen hacia las extremidades epifisarias y salen por los orificios de segundo orden. Tienen un volumen bastante superior al de las arterias, hallándose completamente desprovistas de fibras musculares.

En los huesos largos, el trayecto de las venas es también independiente del de las arterias: casi todas se hallan alojadas en conductos excavados dentro de los huesos (conductos venosos del diploe). Estos conductos presentan, de trecho en trecho, estrangulaciones circulares, irregularidades que parecen representar el papel de válvulas.

En los huesos cortos las venas mayores también ocupan los conductos óseos.

Para terminar el estudio de los vasos sanguíneos del hueso, debemos hacer notar que todos los vasos, los de la médula epifisaria y diafisaria, así como los de la substancia compacta, comunican frecuentemente entre sí, de tal manera, que el sistema vascular forma en el hueso un todo continuo y que la sangre puede pasar de un punto cualquiera á todos los demás del tejido. Así se explica que BICHAT encontrara en un sujeto, cuyas arterias nutricias de la tibia estaban obliteradas, que la materia de inyección había, sin embargo, llenado por completo los vasos de la médula (KÖLLIKER).

Nervios. — Existen en el *periostio* y en la médula *ósea* numerosos filetes nerviosos que contienen tubos mielínicos mezclados con algunas fibras de REMAK. El mayor número de estos filetes se halla destinado, sin duda

alguna, para los *vasos*; pero es probable que existan nervios de *sensibilidad* cuyo modo de terminación es desconocido.

Sin embargo, KÖLLIKER y RUDINGER han señalado la presencia de *corpúsculos de Pacini* en el nervio diafisario de la tibia (á 4 milímetros y medio del agujero nutricio), en los nervios articulares y en los del periostio (1).

(1) Los vasos linfáticos han sido descritos en el hueso por algunos autores. SAPPEY niega formalmente su existencia; el tejido óseo y el periostio parecen, pues, hallarse completamente desprovistos de linfáticos.

CAPITULO XI

DESARROLLO DEL TEJIDO ÓSEO

El esqueleto primitivo del embrión se halla representado por piezas que tienen la forma general del hueso adulto, pero constituídas por un tejido que será *reemplazado* por el óseo y no *transformado*. El tejido que forma estas piezas es unas veces el *tejido cartilaginoso* y otras el *fibroso*. El mecanismo, en virtud del cual se hace esta substitución, varía en los dos casos. Dividiremos, pues, los huesos considerados desde el punto de vista de su desarrollo, en dos grandes grupos:

1.º Los huesos cuyo molde embrionario se halla formado por el cartilago.

2.º Aquellos cuyo molde está constituído por el tejido fibroso.

El primero comprende casi todos los huesos del esqueleto; en el segundo deben incluirse: la mitad superior del occipital, los parietales, el frontal menos la porción orbitaria que es primitivamente cartilaginosa, el hueso timpánico, los huesos de la nariz, el ungüis, los malares, los palatinos, el maxilar superior, el vómer, el ala interna de la apófisis pterigoides y las alas mayores del esfenoides.

§ I. — OSIFICACIÓN EN LOS HUESOS PRECEDIDOS POR EL CARTÍLAGO

Las piezas cartilaginosas destinadas á servir de molde á un hueso se hallan constituídas por el cartilago hialino, rodeado de una vaina de tejido fibroso que recibe el nombre de *pericondrio*. El cartilago y el pericondrio, que será más tarde el periostio, toman parte igual en la construcción del hueso adulto; pero á fin de simplificar la descripción, estudiaremos separadamente los fenómenos que ocurren á nivel del cartilago (*osificación endocondral*), y á nivel del periostio (*osificación perióstica*).

I. — OSIFICACIÓN ENDOCONDAL

La osificación del cartilago no se verifica al azar en toda la masa de la pieza cartilaginosa; se realiza de un modo regular en ciertos puntos aislados que se designan con el nombre de *puntos de osificación*. Si se examina

uno de estos puntos, en un período poco adelantado, *cuando los vasos no han penetrado todavía en el hueso*, se ve que se halla constituido en forma de una mancha opaca que se halla incluida en la substancia azulada del cartilago hialino. Este período de la osificación *es una fase preparatoria*; la formación del verdadero tejido óseo no se produce hasta el momento de la vascularización del cartilago. Es preciso, pues, distinguir *una fase preparatoria* y una fase de *formación del tejido óseo verdadero*.

1.º *Fase preparatoria*. — El primer período se halla caracterizado por las modificaciones que sufre tanto la substancia fundamental como las células de la mancha opaca que acabamos de señalar. La *substancia fundamental* se infiltra de granulaciones calcáreas blancas á la luz directa, y oscuras cuando se las examina por transparencia, presentando un volumen muy variable. Estas granulaciones se disuelven en los ácidos. La *calcificación* del cartilago produce, como consecuencia, cambios en las dimensiones, en la evolución y en la disposición de las células cartilaginosas. Las *dimensiones* de estas células aumentan hasta tal punto, que pueden alcanzar el doble de su volumen primitivo; son asiento de una *multiplicación* activa dando nacimiento á nuevas células que distienden la cápsula madre; finalmente, se sitúan en *series* paralelas muy regulares en los huesos largos. Tales son los cambios que se producen en el cartilago durante este período preparatorio de la osificación; conducen, como se ha visto, á una *simple calcificación* del cartilago.

2.º *Fase de formación del tejido óseo verdadero*. — La segunda fase comienza por un fenómeno notable: la *aparición de vasos* en el cartilago calcificado. Procedentes del pericondrio, los vasos penetran en el hueso embrionario y se ramifican paralelamente á su eje mayor prestando una nueva fisonomía al punto de osificación que vamos á describir.

Partiendo desde la epífisis ósea, y dirigiéndose hacia la línea que separa el hueso embrionario del cartilago fetal (*línea de osificación*), encontraremos las siguientes capas:

1.º El cartilago fetal de la epífisis con sus cápsulas angulosas, su transparencia y su color azulado;

2.º Por debajo de éste, una zona más transparente y más azul. Es la capa del *cartilago seriado*, en la cual las células del cartilago se hallan dispuestas en series lineales paralelas entre sí y que han sido comparadas á *pilas de monedas*;

3.º La tercera capa se distingue á simple vista por la falta de transparencia y por su color amarillento. Con el microscopio se observan dos modificaciones importantes en la *substancia fundamental* y en las cápsulas cartilaginosas: la *substancia fundamental* se halla infiltrada por *granulaciones calcáreas*; las *cápsulas* se exhiben siempre en forma de largos huecos paralelos; pero sus cavidades son más grandes y más irregulares; las células que contienen no presentan cápsulas propias como en la capa precedente; se ofrecen á la observación bajo el aspecto de pequeñas masas protoplasmáticas, esféricas ú ovoideas, provistas de un núcleo é irregularmente apiladas en las cavidades longitudinales. Esta capa recibe el nombre de *zona calcificada*;

4.º Sigue á la capa calcificada la *zona osiforme*, fácil de reconocer por

su color rojo y su aspecto areolar. En esta capa las cápsulas alargadas se han abierto unas en otras, dando nacimiento á grandes *cavidades longitudinales* que se hallan separadas por *trabéculas de substancia fundamental*.

a. *Cavidades longitudinales*. — Las cavidades longitudinales limitadas lateralmente por los bordes irregulares y festoneados de las trabéculas de substancia fundamental, representan las cavidades medulares del hueso embrionario. Contienen:

a. Células cartilaginosas más ó menos alteradas.



Fig. 84. — Corte de un hueso á nivel de un punto de osificación (esquemático)

G, cartilago epifsario. — CS, cartilago seriado. — CC, cartilago calcificado. — OF, capa osiforme. — OSS, zona de osificación. — TS, tejido óseo. — TD, trabéculas directrices. — VS, capilares sanguíneos

b. Capilares sanguíneos en forma de asa y que presentan dilataciones de tal tamaño, que, inyectándolas, llenan casi toda la cavidad. Penetran estos capilares hasta el límite extremo de dicha cavidad.

c. Células que constituyen en la pared de la cavidad una capa casi continua. Estas células son pequeñas, esféricas ú ovoideas, á menudo angulosas, y provistas de uno ó dos núcleos. Son los *osteoblastos*.

d. *Trabéculas de substancia fundamental*. — Las trabéculas que separan las cavidades longitudinales se presentan en forma de bandas con bordes festoneados; su dirección, como la de las cavidades, es paralela al eje mayor del hueso; su substancia se halla infiltrada por sales calcáreas. No contienen ningún elemento celular. Como en la superficie de estas bandas es donde se forma la substancia ósea verdadera, han recibido el nombre de *trabéculas directrices* de la osificación.

5.º *Zona de osificación.* — Por debajo de la zona calcificada, se encuentra la zona de osificación, es decir, la capa en la que se forma la substancia ósea. Esta se deposita á lo largo de las trabéculas directrices, formando una delgada banda que aumenta de espesor á medida que se aleja de la epífisis.

Hacia la extremidad epifisaria de las trabéculas directrices, no se encuentra ningún elemento celular en el espesor de la banda ósea; pero se ve gran número de osteoblastos aplicados á su superficie; más abajo la substancia ósea congloba células que llegan á ser verdaderos *elementos óseos*.

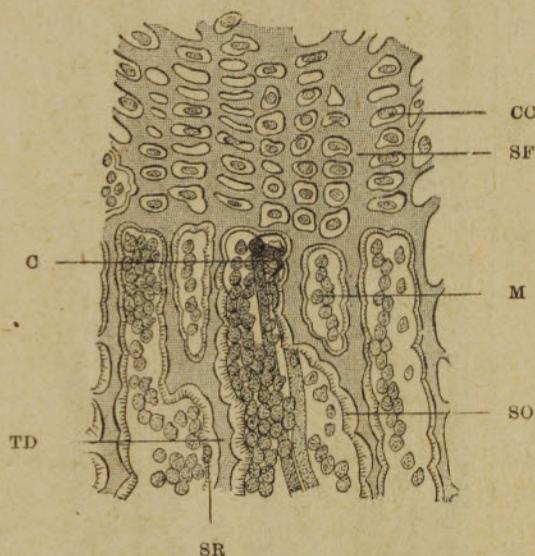


Fig. 85. — Corte del hueso á nivel de un punto de osificación (según RANVIER)

CC, células del cartilago seriado. — SF, substancia fundamental. — C, capilar. — TD, trabécula directriz
M, osteoblastos. — SO, substancia ósea. — SR, substancia ósea que congloba una célula

Hemos descrito hasta aquí el aspecto que presentan los cartílagos en vías de osificación, evitando toda cuestión teórica y limitándonos á su descripción. Quédanos por explicar las diferentes modificaciones que conducen á la formación del tejido óseo.

Nutriéndose las células, proliferan en todos los parajes donde adoptan una disposición seriada. Como todos los elementos que se encuentran en un cartilago que sufre la infiltración calcárea, continúan su multiplicación, pero pierden la propiedad de producir substancia cartilaginosa.

Los *capilares* hacen su aparición: se ramifican paralelamente al eje mayor del hueso y de las trabéculas del cartilago seriado, corroen las paredes de las cápsulas y forman cavidades festoneadas, de las que ya nos hemos ocupado.

Al mismo tiempo que la sangre, los capilares llevan á las cavidades medulares los *osteoblastos* que segregan la substancia ósea. Ésta congloba los osteoblastos, que se convierten en células óseas (1).

(1) Para ciertos histólogos, los osteoblastos serían células cartilaginosas puestas en libertad por rotura de las cápsulas.

Así, pues, en el trabajo de la osificación, ninguna porción del cartílago se transforma en tejido óseo. La pieza cartilaginosa no sirve más que de molde, pero se trata de un molde vivo que aumenta de volumen á medida que se extiende la porción osificada. En realidad, de este fenómeno depende el crecimiento de los huesos, ya que la substancia ósea, una vez constituida, no crece más (1). Dícese que la osificación endocondral es un proceso *neoplásico*, queriendo expresar con esta idea que hay una nueva formación que substituye á la antigua.

II. — OSIFICACIÓN PERIÓSTICA

La capa fibrosa que rodea al molde cartilaginoso del hueso fetal, es decir, el periostio, elabora á nivel de su cara profunda una capa ósea peri-condral.

En este período del desarrollo, la membrana fibrovascular del hueso

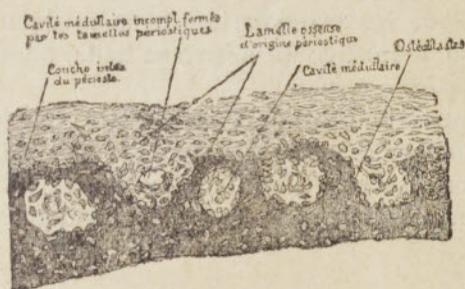


Fig. 86. — Osificación perióstica

cartilaginoso es muy recia y rica en vasos. La capa interna, la *capa osteógena* de OLLIER, presenta un desarrollo considerable. Cuando se arranca el periostio, queda esta capa adherida al hueso formando una lámina blanda de color blanco amarillento. Si se desprende esta laminilla, se observa que se adhiere íntimamente al hueso y que arrastra consigo fragmentos de substancia ósea y pequeñas porciones de un tejido rojizo formado por médula embrionaria. Cuando la ablación de una laminilla se hace con cuidado, la superficie del hueso es desigual y rugosa con numerosos espacios rellenos por médula (KÖLLIKER).

La capa osteógena presenta como elementos esenciales:

A. *Fascículos conjuntivos* muy apartados unos de otros que se incurvan en forma de arco á nivel del hueso ya formado y en el cual penetran y parecen perderse; tales son las *fibras arciformes*.

B. *Células jóvenes* que forman, entre las fibras, acúmulos más ó menos voluminosos y que representan un tejido semejante á la médula fetal.

C. *Capilares sanguíneos* que se distribuyen entre los acúmulos celulares.

(1) Más adelante insistiremos sobre este punto.

Si se examinan las modificaciones que se producen en el trabajo de la osificación dirigiéndose desde el periostio hasta el hueso, se comprueba que las *fibras arciformes* se cargan desde el principio de sales calcáreas (*zona calcificada*), después de que las células jóvenes se han dispuesto en la superficie de los fascículos calcificados formando hileras de *osteoblastos* semejantes á las que se observan en la superficie de las trabéculas directrices del hueso endocondral. Los osteoblastos segregan la substancia ósea, la cual, depositada en la superficie de las fibras arciformes, congloba bien pronto los osteoblastos que se transforman en células óseas.

Los fenómenos se suceden, pues, de la misma manera que en la osificación endocondral; las *fibras arciformes* son en todo comparables á las *trabéculas directrices* del cartílago. Este primer trabajo no conduce á la formación del tejido óseo compacto, sino que da origen á láminas de substancia ósea fibroide, unidas unas á otras por anastomosis en forma de puentes, que limitan espacios redondeados ó alargados llenos de médula fetal, y en los cuales se ramifican gruesos capilares. En estos espacios medulares, designados algunas veces con el nombre de conductos primitivos de Havers (1), es donde los osteoblastos de la médula formarán el hueso laminar (2). El hueso perióstico primitivo se halla, pues, constituido como el endocondral por *tejido esponjoso*.

Estudiando el hueso endocondral, hemos visto que los histólogos no se hallaban de acuerdo sobre la procedencia de los osteoblastos. Hoy se tiende á admitir que tales células proceden de la multiplicación de los elementos conjuntivos que se encuentran entre los fascículos del periostio.

III. — FORMACIÓN DEL HUESO DEFINITIVO

Después de haber estudiado de un modo general la osificación endocondral y la perióstica, no nos queda más que ver cómo estos dos procesos se modifican y se completan para llegar á la construcción de un hueso largo.

El molde cartilaginoso que ha de transformarse en hueso largo, reproduce exactamente, pero en pequeño, la forma del futuro hueso. Se puede distinguir en él la parte media ó diáfisis y dos extremidades ó epífisis.

Estudiaremos sucesivamente: la formación de las epífisis, la de la diáfisis y la serie de cambios que se producen en el hueso fetal así constituido para formar el hueso definitivo.

A. *Formación de la diáfisis*. — Los primeros fenómenos de la osificación aparecen á nivel del periostio en la parte media de la diáfisis. Según el mecanismo que ya hemos descrito, se forma una vaina ósea que rodea la parte media de la diáfisis y que se designa con el nombre de *corteza ósea pericondral*.

Al propio tiempo se producen diversas modificaciones á nivel de la

(1) Es preciso no confundir estos conductos ó lagunas con los conductos de Havers del hueso adulto.

(2) Véase más adelante la construcción definitiva del hueso.

parte central de la diáfisis. Las células cartilaginosas se multiplican, formando cartilago seriado, y la substancia fundamental se calcifica. Numerosos vasos brotan de la corteza ósea pericondral y penetran hasta el cartilago calcificado. En este momento es cuando se rompen las cápsulas cartilaginosas seriadas, produciéndose cavidades medulares limitadas por trabéculas directrices. La substancia ósea se deposita en la superficie de las trabéculas, segregada por los osteoblastos, según el mecanismo anteriormente indicado.

Esta porción de la diáfisis viene á ser el punto de partida de la osificación endocondral y constituye el *punto primitivo de osificación*. En este momento el hueso se halla representado, en la porción media de la diáfisis, por un *cilindro óseo* central rodeado por una *corteza ósea* de origen perióstico. Al mismo tiempo que el molde cartilaginoso crece por multiplicación de sus células, la porción ósea se extiende en longitud y en espesor. Este trabajo de osificación continúa en los huesos largos del hombre y particularmente en la tibia hasta la época del nacimiento. Si en este momento se examina un corte que pase por el eje de la pieza ósea, se observan los siguientes detalles: en la porción media de la pieza cartilaginosa se encuentra un cilindro, el hueso endocondral, que tiene la forma de dos conos superpuestos por su vértice. Entre el hueso endocondral y el pericondrio se encuentra una lámina ósea que rodea á aquél; es el hueso perióstico. Podría, pues, representarse el hueso en este período de su desarrollo por el esquema siguiente: «Un reloj de arena que representa el hueso cartilaginoso colocado dentro de un vaso cilíndrico que representaría el periostio. El espacio comprendido entre los dos corresponde al hueso perióstico» (RANVIER).

B. *Formación de las epífisis*. — En la época del nacimiento ó un poco después se presentan los *puntos secundarios* que han de dar origen á las epífisis. En el centro de cada epífisis, las células cartilaginosas se multiplican y forman series que no son paralelas entre sí, sino que irradian á partir del centro de la epífisis. Varios capilares que brotan del pericondrio, penetran en la porción calcificada, rompiendo las cápsulas, formándose el tejido óseo según el mecanismo habitual.

El núcleo óseo epifisario que continúa creciendo, marcha al encuentro del hueso diafisario. Pronto no se hallan separadas ambas formaciones más que por una delgada capa de cartilago que se llama *cartilago de conjunción*.

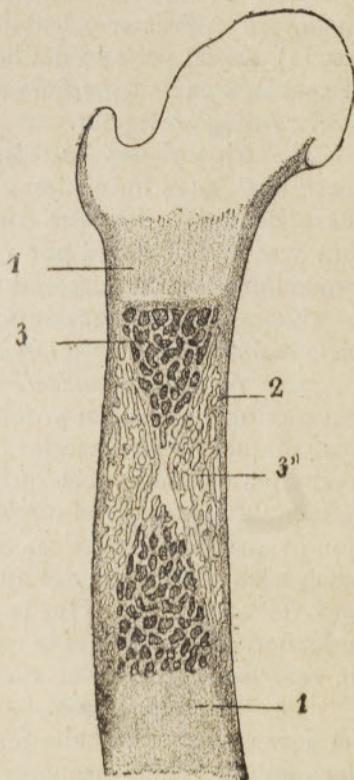


Fig. 87. — Corte longitudinal de un hueso en vías de osificación

1. Cartilago seriado. — 2. Periostio
3. Hueso cartilaginoso. — 3'. Hueso perióstico

Esta zona cartilaginosa persiste durante mucho tiempo, siendo la que preside el crecimiento del hueso en longitud. Mientras sus bordes son invadidos por la substancia ósea, una nueva capa intermediaria de cartílago se forma, por la proliferación de las células seriadas del cartílago de conjunción, produciéndose los mismos fenómenos hasta la época en que se detiene el desarrollo. En este momento, la substancia ósea acaba de invadir al cartílago, las epífisis se sueldan á la diáfisis y el crecimiento en longitud cesa (1). En tal período del desarrollo, no queda más que una delgada capa de cartílago en la superficie de las epífisis, que persistirá y se transformará en el cartílago articular.

C. *Transformaciones interiores y formación del hueso definitivo.* — El hueso fetal, cuya formación acabamos de estudiar, no tiene la estructura del hueso definitivo. Se halla constituido por tejido esponjoso, que desaparecerá y se transformará por una serie de fenómenos de reabsorción y neoformación, en tejido óseo adulto.

Examinaremos sucesivamente las modificaciones que se producen en el *hueso endocondral* y en el *perióstico*.

1.º *Hueso endocondral.* — En el hueso endocondral los fenómenos de reabsorción comienzan pronto á nivel de la porción media de la diáfisis. Los tabiques que limitan las aréolas del hueso esponjoso se destruyen y se forma una cavidad ancha que ocupa el eje de la diáfisis. Esta cavidad llena de médula constituye el *conducto medular*. En sentido transversal la reabsorción alcanza á todas las capas hasta el hueso perióstico; en sentido longitudinal, hace desaparecer el hueso endocondral hasta la vecindad del cartílago de conjunción. Queda á este nivel una pequeña porción de hueso endocondral, aplicada á la cara diafisaria del cartílago de conjunción que sin cesar se destruye y se vuelve á construir.

2.º *Hueso perióstico.* — El hueso perióstico no presenta la estructura del hueso adulto. Se halla formado por trabéculas óseas unidas mediante anastomosis y que circunscriben anchas cavidades (espacios de Havers). Las trabéculas óseas no son todavía laminares; las células son voluminosas é irregulares; los fascículos conjuntivos calcificados, que han servido de trabéculas directrices para la osificación son muy aparentes. Según la expresión de KÖLLIKER, el hueso perióstico es un hueso fibroso y no laminar.

Las trabéculas óseas presentan este aspecto durante todo el período fetal y aun algún tiempo después del nacimiento; pero poco á poco la osificación se regulariza, realizándose por depósitos sucesivos en forma de laminillas que contienen células óseas bien ordenadas. En estas laminillas se encuentran fibras calcificadas que son las fibras de SHARPEY.

Al propio tiempo, los osteoblastos contenidos en los espacios limitados por las trabéculas del hueso perióstico, dan origen á laminillas óseas que se agrupan concéntricamente al eje de la cavidad, la cual se estrecha cada vez más. Las laminillas que se disponen de esta suerte, representan un sistema de Havers, y la cavidad del alvéolo considerablemente reducida, forma el conducto de Havers.

(1) La época en la cual la substancia ósea invade el cartílago de conjunción, varía para cada hueso. En la tibia del hombre, hasta los veintitún años no se suelda la epífisis superior á la diáfisis, y hasta los diez y siete la inferior.

En este período el hueso se halla, pues, formado:

- 1.º Por sistemas de HAVERS elaborados por la médula.
- 2.º Por tabiques óseos de origen perióstico, situados en los espacios que dejan libres entre sí los sistemas de HAVERS. Estos tabiques contienen fibras de SHARPEY y forman los *sistemas intermediarios periósticos*.

Pero el trabajo de transformación no se detiene en este punto. La reabsorción ataca los sistemas de HAVERS nuevamente formados; destruye dos ó tres contiguos, dejando, sin embargo, algunos fragmentos intactos. En el lugar de los sistemas de HAVERS destruidos se hallan amplias aréolas llenas de médula en las que se forman nuevos sistemas de HAVERS. Estos se hallan separados unos de otros por restos de los primitivos cuyos fragmentos constituyen los *sistemas intermediarios de Havers*.

En este período en el hueso se encuentran:

- 1.º Sistemas de HAVERS de la primera y segunda generación.
- 2.º Sistemas intermediarios periósticos conteniendo fibras de SHARPEY.
- 3.º Sistemas intermediarios de HAVERS, constituidos por los fragmentos de los sistemas de HAVERS de la primera generación incompletamente destruidos. Estos sistemas, por razón de su origen, no contienen fibras de SHARPEY.

Los fenómenos de reabsorción y neoformación, alcanzan pronto á los sistemas de HAVERS de la segunda generación, más tarde á los de la tercera, y así sucesivamente, hasta la producción de los sistemas del hueso definitivo (1).

D. *Terminación de la osificación.* — Los huesos crecen en longitud y en espesor.

El crecimiento en longitud se realiza como ya hemos indicado, á nivel del cartílago de conjunción y la terminación del crecimiento longitudinal se marca por la osificación de este cartílago y soldadura de la epífisis.

El crecimiento en espesor es debido á la actividad formadora del periostio. En la superficie del hueso, la terminación de la osificación se señala por modificaciones en la estructura del periostio, que se torna más denso y menos rico en elementos celulares. Compuesto por tejido fibroso, no hay más que una capa de osteoblastos en su cara interna, la que se dedica á construir el sistema de laminillas continuo, y dispuesto alrededor del hueso que hemos conocido con el nombre de *sistema periférico*. Después de la construcción de este sistema, el periostio, habiendo agotado todos los osteoblastos, se transforma en estéril.

Del lado del conducto medular los fenómenos se suceden de la siguiente manera: el trabajo destructor que ha hecho desaparecer el hueso endocondral y ha excavado el referido conducto, ataca las laminillas más internas del hueso perióstico y las hace desaparecer. Los elementos de la médula sufren la transformación grasienta: la médula fetal se cambia en médula amarilla, mientras que en su periferia los elementos conjuntivos se condensan en una fina membrana que contiene osteoblastos, los que cons-

(1) ¿Cuál es el agente que preside la destrucción de la substancia ósea? Según KÖLLIKER serían las mieloplaxias que designa con el nombre de *osteoclastos*. Se ignora si estos elementos obran mecánicamente ó si disuelven en virtud de un proceso químico la substancia ósea.

truyen el sistema fundamental interno. La producción de este sistema termina la osificación por parte del conducto medular (1).

§ 2. — OSIFICACIÓN DE LOS HUESOS PRECEDIDOS POR TEJIDO FIBROSO

La pieza fibrosa que ha de servir de molde á los huesos fibrosos se presenta habitualmente en forma de membrana (huesos de la bóveda del cráneo), compuesta por fascículos conjuntivos diversamente entrecruzados, por numerosas células jóvenes comprendidas entre estos fascículos y por una rica red capilar.

En un punto limitado del molde fibroso, los fascículos conjuntivos se *calcifican*, constituyendo de esta manera *trabéculas directrices* análogas á las

(1) Han llegado á ser clásicos ciertos experimentos, destinados á demostrar que el hueso crece en espesor y en longitud. Siendo indispensable su conocimiento, he aquí algunos de ellos:

1.º Se rodea un hueso largo de un animal joven con un anillo formado por un hilo de plata que se coloca por debajo del periostio. Al cabo de cierto tiempo se sacrifica el animal, y según el mayor ó menor número de días transcurridos, se halla el anillo ó bien en el espesor del hueso ó en el conducto medular. Para responder á los que creen que el anillo seccionaría las paredes óseas en vías de dilatación, FLOURENS ha modificado este experimento de DUHAMEL reemplazando el anillo por pequeñas placas metálicas y obteniendo el mismo resultado.

2.º En un segundo experimento, DUHAMEL, utilizó la propiedad que tiene el tejido óseo de teñirse en rojo, cuando se introduce en la economía, á la par que los alimentos, *rubia*. Alimentando un palomo joven con rubia y sacrificándole al cabo de dos días, se comprueba que las capas superficiales de los huesos largos han tomado un tinte rojo, mientras que las partes internas permanecen incoloras. Si se suprime la rubia, las últimas capas producidas son incoloras; volviendo á emplear en la alimentación aquella substancia se observa entonces en el hueso una zona incolora entre dos coloreadas.

3.º Los experimentos de OLLIER son todavía más concluyentes:

a. Disecando sobre la diáfisis del hueso una lámina de periostio que se deja adherida al hueso por una de sus extremidades y que se arrolla por la otra alrededor de los músculos de la región, se obtiene alrededor de estos músculos un anillo óseo. Si se corta entonces el pedículo que une el periostio al hueso, la substancia continúa produciéndose.

b. Si se separa un trozo de periostio que se trasplanta en el mismo animal á una región alejada, se produce tejido óseo á nivel de la cara interna de esta lámina perióstica. No hace falta transplantar la membrana completa, basta solamente la capa interna que OLLIER llama *capa osteógena*. Estos experimentos han sido la base de las *resecciones subperiósticas*.

El crecimiento en *longitud* se verifica únicamente por las dos extremidades de la diáfisis. A DUHAMEL es á quien se debe la primera demostración experimental de este hecho: empleando un pollo de seis semanas, practicó tres agujeros en la diáfisis de la tibia. En cada uno de estos agujeros introdujo un clavo para impedir la obliteración. La tibia se halla así dividida en cuatro cuartos: un cuarto que separa el clavo superior de la extremidad superior de la tibia; dos cuartos medios que separan el clavo superior del medio, y éste del inferior, y un cuarto inferior que separa el clavo más bajo de la extremidad inferior del hueso. Sacrificando al animal algún tiempo después, se comprueba que los cuartos medios no han variado en dimensiones, mientras que el superior y el inferior se han alargado notablemente. Por tanto, el crecimiento en longitud del hueso se realiza á nivel de las dos extremidades de la diáfisis.

que hemos señalado en la osificación perióstica; las *células jóvenes* (osteoblastos), se disponen en capas, más ó menos regulares á lo largo de las trabéculas; segregan capas de *substancia ósea* que las congloban y se transforman en células óseas. Así se constituyen trabéculas óseas extremadamente delicadas, en forma de agujas, que se anastomosan en figura de redes y circunscriben *espacios que se hallan rellenos por la médula*.

El crecimiento en superficie del *punto de osificación* se realiza de un modo muy sencillo, por invasión progresiva de la membrana fibrosa. Del punto de osificación parten finas agujas óseas, que irradian en todos sentidos hacia la circunferencia de la membrana, se anastomosan y forman una red ósea.

El crecimiento en espesor se halla asegurado por la rápida diferenciación á nivel de la cara externa de la superficie interna del hueso, de una capa de tejido fibroso que representa el papel del periostio (1) y se conduce exactamente como en la osificación perióstica de los huesos largos. El hueso se halla formado por tejido esponjoso, tejido óseo groseramente fibroso y areolar.

Prontamente los osteoblastos depositan, en las paredes de los alvéolos, *capas sucesivas y concéntricas de laminillas óseas* que reducen la cavidad del alvéolo, la que se transforma en conducto de HAVERS. Las laminillas situadas en torno del conducto, forman un sistema de HAVERS, que no contiene fibras de SHARPEY, mientras que las laminillas intermedias encierran gran número de ellas. Como consecuencia de la configuración de los alvéolos, los sistemas de HAVERS de los huesos planos se hallan diversamente contorneados, dispuestos en red, pero generalmente paralelos á la superficie del hueso.

Cambios análogos á los que hemos descrito anteriormente, se producen para formar las hojas interna y externa de los huesos planos y el tejido esponjoso que las une. En los huesos del cráneo, los fenómenos de reabsorción se producen activamente en la capa media, y conducen á la formación de las cavidades del diploe, tan diversas entre sí.

RESUMEN DEL TEJIDO ÓSEO

El tejido óseo se halla *constituido* por una substancia fundamental dispuesta en laminillas é infiltrada por sales calcáreas; esta substancia se halla ocupada por un sistema de cavidades que comunican entre sí mediante otro sistema de conductillos ramificados. En estas cavidades están contenidas células que se anastomosan por medio de prolongaciones.

La disposición de la substancia ósea varía según se considere la diáfisis de los huesos largos, las epífisis, los huesos planos ó los cortos.

I. Diáfisis de los huesos largos. — La superficie de la sección transversal de un hueso largo se presenta en forma de anillo, cuya parte central vacía está representada por el conducto medular, y cuya porción periférica

(1) En los huesos del cráneo, el periostio interno se halla representado por la duramadre. Trasplantando un fragmento de duramadre del conejo joven, bajo la piel de la ingle, FLOURENS y OLLIER han visto producirse tejido óseo.

es subyacente al periostio. Inmediatamente debajo de esta membrana, la substancia ósea se presenta en forma de laminillas concéntricas paralelas entre sí y paralelas á la superficie del hueso (*sistema periférico*). El borde interno del anillo que limita el conducto medular se halla formado igualmente por laminillas concéntricas, pero discontinuas é imbricadas (*sistema perimedular*).

Entre los dos sistemas citados, las laminillas de la substancia ósea se agrupan para formar los *sistemas de Havers* y los *intermediarios*. Los primeros se hallan constituidos por laminillas concéntricas á pequeños orificios circulares que están formados por el corte transversal de los conductos de Havers: los *sistemas intermediarios* están constituidos por laminillas concéntricas, pero que no forman círculos completos, llenando los espacios que dejan libres los sistemas de Havers á consecuencia de su configuración circular.

Las *laminillas óseas*, á cualquier sistema que pertenezcan, se hallan llenas de cavidades (*osteoplasmas*) que comunican entre sí por conductillos (*conductillos óseos*). Estas cavidades contienen una célula (*célula ósea*).

Estudiemos ahora los diferentes elementos que se encuentran en el hueso así constituido.

1.º *Conductos de Havers*. — Los conductos de Havers son paralelos al eje mayor de la diáfisis y comunican entre sí por anastomosis transversales ú oblicuas. Miden de 10 á 12 centésimas de milímetro y sirven para alojar un capilar sanguíneo, y en los animales jóvenes células de la médula ósea. Se abren á nivel de la porción externa del hueso debajo del periostio, y en su parte interna en el conducto medular.

2.º *Osteoplasmas y conductillos óseos*. — Los osteoplasmas, visibles fácilmente en los huesos secos cuyas partes blandas han sido destruidas, aparecen en negro á causa de la presencia del aire. Se exhiben bajo la forma de corpúsculos elípticos situados en las laminillas óseas donde se observan en considerable número. Dan nacimiento por sus bordes á un gran número de conductillos ramificados (conductillos óseos) que se anastomosan entre sí y con los procedentes de los osteoplasmas vecinos. En la periferia de los sistemas de Havers la mayor parte de los conductillos procedentes de los osteoplasmas de la laminilla más externa, cambian de dirección rápidamente para anastomosarse con los conductillos del sistema de Havers, al cual pertenecen (conductillos recurrentes). Cada sistema de Havers posee en el hueso una individualidad casi completa; representa un hueso simple comparable al fémur de la rana.

3.º *Células óseas*. — En estado fresco, los osteoplasmas contienen una célula que les rellena por completo. De esta célula parten prolongaciones que se introducen en los conductillos y se anastomosan con los similares procedentes de células vecinas. Los conductillos rellenos por estas prolongaciones no son visibles en las preparaciones de hueso fresco.

Además de las células óseas se encuentran en los sistemas periféricos é intermediarios algunas fibras (*fibras de Sharpey*).

II. *Huesos cortos y huesos anchos*. — Los *huesos cortos* y las *epífisis de los huesos largos* se hallan constituidos por una capa superficial de tejido compacto parecido al de la diáfisis y por una porción central de *tejido esponjoso*. Este último se halla formado por láminas y laminillas óseas diversamente anastomosadas que circunscriben cavidades en las cuales se encuentra alojada la médula ósea. Las láminas más gruesas contienen sistemas de Havers completos.

Los huesos anchos están constituidos por dos láminas *externas* de tejido compacto, en las cuales los sistemas de Havers son paralelos á la

superficie del hueso, y por una porción central de tejido esponjoso. En los huesos del cráneo esta porción recibe el nombre de diploe.

III. **Constitución química.** — El tejido óseo se halla formado por osteína (33, 30 por 100), substancia que se transforma en gelatina por la cocción, y por sales minerales (66, 70 por 100) fosfato de calcio y de magnesio, carbonato de calcio, fluoruro de calcio, sosa y cloruro de sodio. Se trata de una mezcla y no de una combinación. La proporción de las materias inorgánicas aumenta en el viejo y en ciertos huesos (los del cráneo), disminuyendo en otros (esternón) y en ciertas enfermedades (osteomalacia y raquitismo).

IV. **Médula de los huesos.** — La médula se halla formada por un estroma conjuntivo muy fino que se condensa en la superficie del conducto medular para constituir una capa más ó menos espesa. En las mallas de la red conjuntiva se encuentran:

a. **Leucocitos** que anteriormente se creían semejantes á los de la sangre y en particular á los linfocitos. En realidad estos últimos son muy escasos en la médula. Los leucocitos de la médula, llamados también *medulocitos*, son células específicas de este tejido que merecen el nombre de *mielocitos*. Son elementos *mononucleares granulosos*, con tres variedades (eosinófilos, neutrófilos y células cebadas).

a. **Células cargadas de hemoglobina.** — Son elementos que no difieren de los glóbulos rojos de la sangre más que por la presencia de un núcleo. Se llaman, además, *células rojas de Neumann*, *eritroblastos* y *células globulígenas*. Concurren á la formación de los glóbulos rojos. Existen cuatro variedades: *normoblastos*, *microblastos*, *megaloblastos* y *células de núcleo gigante de Malassez*.

b. **Células con núcleo vegetante.** — Designadas también con el nombre de *megalocariocitos*, están caracterizadas por sus grandes dimensiones y por su núcleo que se halla constituido por masas de substancia cromática, unidas entre sí por delgados filamentos.

c. **Mieloplaxias.** — Rarísimas en la médula adulta, existen en gran número en la de los animales jóvenes. Son elementos muy grandes que poseen un número considerable de núcleos aislados. Tienen prolongaciones y parecen representar el papel de células vasoformativas.

[Aparte de la opinión de KÖLLIKER, ya consignada anteriormente, estas células, mejor que vasoformativas, representarían elementos destructores de la substancia ósea, como lo demuestra el que siempre se hallan situadas en la periferia de la médula y alojadas en ciertas hoquedades que el hueso presenta y que reciben el nombre de *lagunas de Howship*.] — (C. CALLEJA.)

d. **Vesículas adiposas.** — Las vesículas adiposas son parecidas á las del tejido conjuntivo laxo.

e. **Osteoblastos.** — Constituidos por una masa prismática de protoplasma granuloso, que contiene un núcleo, forman la casi totalidad de la médula de los huesos en vías de formación. En estos huesos los osteoblastos se hallan situados en la superficie del conducto medular simulando un epitelio.

f. **Vasos.** — Los capilares de la médula ósea son muy numerosos, de gran volumen é irregularmente dilatados; su pared presenta soluciones de continuidad que hacen comunicar la médula con la luz vascular.

g. **Variedades de médula.** — Existen tres: la roja, la amarilla y la gris. La *médula roja* es la de los huesos en vías de desarrollo; existe, sin embargo, en el adulto en los cuerpos vertebrales, en el sacro y en el esternón. Contiene los elementos ya descritos y pocas vesículas adiposas.

La *médula amarilla* se halla constituida casi exclusivamente por vesículas adiposas. Es la médula de los huesos adultos.

La *médula gris* debe su coloración á la abundancia de estroma conjuntivo. Se la encuentra en variadas condiciones patológicas, y en estado normal en los roedores.

b. La médula desempeña un papel mecánico (aligeramiento de los huesos) y concurre á la osteogénesis y á la hematopoyesis.

V. **Periostio.** — El periostio es la membrana fibrovascular que recubre los huesos. Se halla formado por dos capas más ó menos distintas:

La *capa externa* ó superficial (zona tendiniforme de RENAULT) se halla formada por fascículos fibrosos análogos á los tendinosos y paralelos entre sí por células conjuntivas y por fibras elásticas voluminosas.

La *capa interna* ó profunda se halla constituida por fascículos conjuntivos diversamente entrecruzados, por células conjuntivas y por una rica red de fibras elásticas finas. De esta capa parten fibras que penetran en el hueso (fibras arciformes); son las que constituyen las fibras de SHARPEY. En los huesos en vías de desarrollo se encuentra, en la porción interna de esta capa, una ó muchas hileras de osteoblastos (capa osteógena, de OLLIER).

VI. **Vasos.** — La arteria nutricia que penetra por el agujero nutricional, casi no suministra colaterales á la diáfisis distribuyéndose en la médula; las arterias de las epífisis se ramifican en las aréolas del tejido esponjoso; los vasos de la diáfisis proceden casi todos del periostio y penetran por los orificios subperiósticos de los conductos de Havers.
