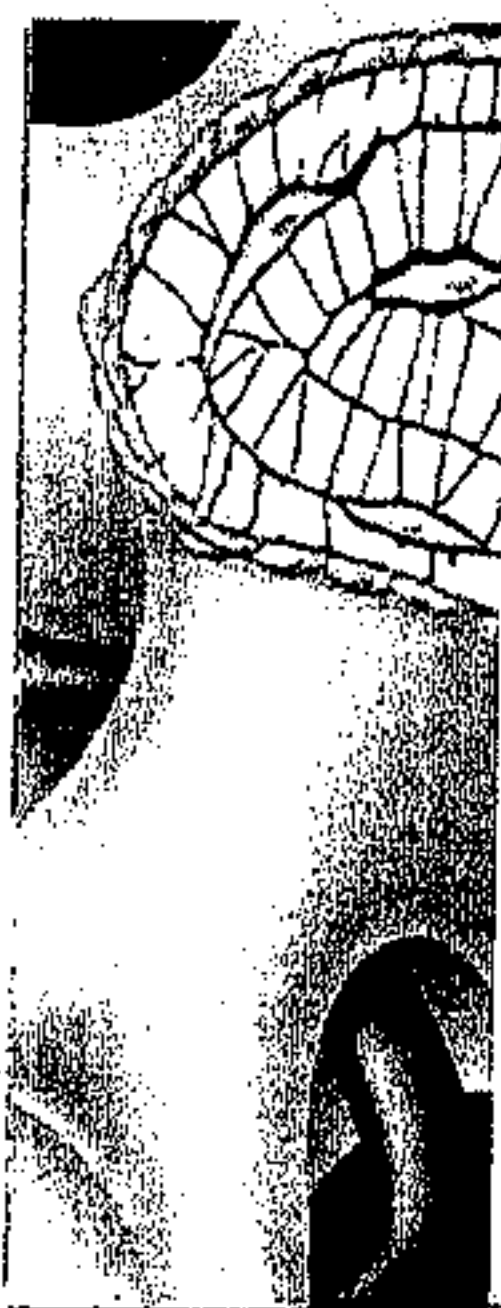


Huesos y articulaciones



Temas principales

- Para mantenerse sanos, los huesos necesitan ciertas hormonas y nutrientes, además de las tensiones mecánicas diarias.
- Los huesos participan activamente en la regulación del calcio sanguíneo.
- Los huesos no sanos no crecen normalmente y sufren fracturas con mucha facilidad, que además tardan en consolidar.
- Algunas articulaciones permiten movimientos, otras no.
- Las articulaciones que tienen movimiento libre son inestables por naturaleza.

Objetivos del capítulo

Huesos y tejido óseo 166

1. Enumerar cinco funciones de los huesos y dos funciones del tejido óseo.
2. Poner algunos ejemplos de huesos largos, cortos, planos e irregulares.
3. Describir la estructura de un hueso largo en un esquema.
4. Mencionar los tres tipos de células óseas y explicar la función de cada uno.
5. Comparar y contrastar la estructura de los tejidos óseos compacto y esponjoso.
6. Conocer las etapas de la osificación endocondral e intramembranosa, y analizar el papel de esos procesos en la reparación de las fracturas.

7. Comentar el papel que desempeñan los condroblastos, los osteoclastos y los osteoblastos en el crecimiento aposicional y longitudinal.
8. Mencionar algunos de los factores que contribuyen a la buena salud de los huesos.

Hiperparatiroidismo: el caso de Maggie H. 183

9. Utilizar el caso práctico para explicar la función de la paratirina (PTH) en la homeostasis del calcio.

Articulaciones 184

10. Clasificar las articulaciones según su estructura y función, y poner algunos ejemplos de ellas.

Señalar los elementos estructurales de una articulación sinovial, y clasificar las articulaciones sinoviales según los movimientos que permiten realizar.

Utilizando el propio cuerpo, demostrar cada uno de los siguientes movimientos: deslizamiento, supinación, flexión, extensión, abducción, aducción, circumducción, elevación, protracción, retracción, inversión, eversión, flexión dorsal, flexión plantar, supinación y pronación.

Temas de los huesos y de las articulaciones: Esqueleto axial 192

Enumerar los huesos del esqueleto axial y del esqueleto apendicular.

Identificar los huesos del cráneo y señalar sus características, y explicar cómo se articulan para formar la articulación temporomandibular, las suturas y (durante la infancia) las fontanelas.

15. Comparar y contrastar las vértebras cervicales, torácicas, lumbares, sacras y coccígeas, y analizar las distintas articulaciones entre vértebras adyacentes.

16. Indicar en un esquema los nombres de los huesos del tórax, sus características y sus articulaciones.

Anatomía de los huesos y de las articulaciones: el esqueleto apendicular 210

17. Indicar en un esquema los nombres de los huesos de la cintura escapular, sus características y sus articulaciones.

18. Indicar en un esquema los nombres de los huesos de los miembros superiores, sus características y sus articulaciones.

19. Indicar en un esquema los nombres de los huesos de la cintura pélvica, sus características y sus articulaciones, y señalar las diferencias entre la pelvis femenina y la masculina.

20. Indicar en un esquema los nombres de los huesos de los miembros inferiores, sus características y sus articulaciones.

Caso práctico: «¡Cualquiera diría que me estrellé con una moto!»

Mientras lee el siguiente caso práctico, haga una lista de los términos y conceptos que debe aprender para comprender el caso de Maggie. Anote sus signos (como la inflamación) y síntomas (como el dolor) y, después de estudiar el capítulo, trate de encontrar sus causas.

Anamnesis: Maggie H., una abuela de 57 años, estaba entrenándose para correr su 10.^a maratón. Le resultaba más difícil que en años anteriores a causa de cierto dolor y rigidez en las rodillas, y de una debilidad muscular generalizada, cambios que atribuyó a su edad. Durante una carrera preparatoria de unos 16 km, dio un mal paso que la obligó a recuperar el equilibrio torpemente sobre el borde lateral del pie izquierdo, con la planta hacia dentro. Al caer, trató de atenuar el golpe con ambas manos, y se apoyó principalmente sobre la base de la palma de la mano izquierda. Se fracturó el tobillo y la muñeca. «Pude escuchar el ruido seco que hizo el tobillo —explicaba Maggie—, pero la muñeca fue una sorpresa. Pensé que era sólo un esguince. Parece increíble que algo tan sencillo pueda romper tantos huesos ¡Miren cómo he quedado! ¡Cualquiera diría que me estrellé con una moto! ¡Yo sólo trataba de hacer un poco de ejercicio!»

Exploración física y otros datos: las constantes vitales eran normales. La fractura se produjo aproximadamente 5 cm por encima de la prominencia interna del tobillo izquierdo (el hueso del tobillo), el punto donde el pie y la pierna se torcieron en un ángulo anómalo. La sangre se acumuló en el lugar y formó un hematoma de gran tamaño. Su muñeca izquierda estaba inflamada y dolorida, en especial sobre el extremo distal del radio. Tenía también hematomas en la cadera izquierda y en el lado izquierdo de la cara. El informe de las radiografías de cráneo, columna vertebral, cadera, tobillo y muñeca elaborado por el radiólogo describía una fractura completa de la tibia y del peroné, en un área de la tibia donde el hueso parecía estar «ahuecado»



Conocimientos necesarios

Antes de adentrarse por primera vez en este capítulo, es importante comprender los siguientes términos y conceptos.

- Retroalimentación negativa y terminología anatómica ◀ (cap. 1)
- Tejido conectivo ◀ (cap. 3)
- Actividad hormonal ◀ (cap. 4)

en un quiste. Asimismo, podía observarse una fina línea de fractura a través de la cabeza del radio, unos 3 cm por encima de la articulación de la muñeca. La exploración radiológica también reveló que los huesos «tenían poca densidad y estaban moteados, con otras áreas de cambios quísticos». Por otro lado, el radiólogo observó cambios degenerativos en la articulación de la rodilla y una osteoporosis generalizada, más acusada en las vértebras, donde detectó una antigua fractura. El diagnóstico final fue: *a*/fractura completa de tibia y peroné, *b*/fractura lineal en el extremo distal del radio izquierdo, *c*/extensos cambios quísticos y adelgazamiento óseo, así como posibilidad de hiperparatiroidismo, y *d*/osteoporosis generalizada con fractura antigua en la segunda vértebra torácica.

Evolución clínica: se realinearon los huesos y se escayolaron los dos miembros. Los resultados de los análisis de sangre indicaron que el calcio estaba en 11,9 mg/dl (valores normales, de 8,5 a 10,3) y la paratirina en 101 pg/ml (normal, de 11 a 54).

Los estudios radiológicos del cuello revelaron un tumor pequeño cerca del cuadrante superior izquierdo de la glándula tiroides, benigno, que fue extirpado quirúrgicamente. Las fracturas consolidaron con lentitud, pero Maggie notó que la debilidad muscular había desaparecido. Para prevenir nuevas fracturas, se le recomendó que hiciera caminatas rápidas como ejercicio y se le prescribió un régimen de tratamiento para la osteoporosis que incluía un complemento de calcio, vitamina D y otros fármacos.

La frase inglesa *bred-in-the-bone* («lo lleva en los huesos») transmite la idea universal de que las influencias hereditarias y de la primera infancia están tan arraigadas en nuestro ser que pasan a ser parte de nuestros huesos. Este dicho refleja el conocimiento común de que los huesos son las partes más duraderas de nuestro cuerpo. En realidad, la mayoría de nuestros conocimientos sobre la evolución de la humanidad es una historia escrita en los huesos dispersos de nuestros ancestros simiescos, que han perdurado cientos de miles de años. ¿Cuál es el material imperecedero de los huesos? ¿Cómo se forman y crecen? ¿Por qué los huesos de Maggie se fracturan con tanta facilidad? Por último, ¿cuáles son los huesos y las articulaciones del esqueleto humano? En este capítulo estudiaremos estas cuestiones y algunas más.

Lo que se lleva en los huesos nunca sale de la carne

Del *Panchatantra*, una colección de fábulas de animales del subcontinente indio, escritas alrededor del año 200 a.C. y conocidas en Occidente como *Fábulas de Bidpai*, una saga india.

Huesos y tejido óseo

La palabra **hueso** tiene dos significados: un tipo de tejido (el tejido óseo) o una estructura anatómica. La siguiente oración se refiere a la estructura anatómica: «La tibia es un hueso». Por el contrario, en ésta se hace referencia al tejido: «En el lugar de la fractura creció nuevo hueso». El término *cartílago* también puede referirse a una estructura anató-

mica o a un tipo de tejido. De hecho, tal vez recuerde que en el ◀ capítulo 3 se comentaba que tanto el tejido óseo como el cartilaginoso son tejidos conectivos especializados. En cierto modo, la mayor parte del tejido óseo «emerge» del cartilaginoso: como se explicará en este capítulo, los «huesos» de los miembros iniciales en desarrollo del feto están formados por cartílago, y el crecimiento de nuevo tejido cartilaginoso desempeña un papel importante en la consolidación de los huesos fracturados.

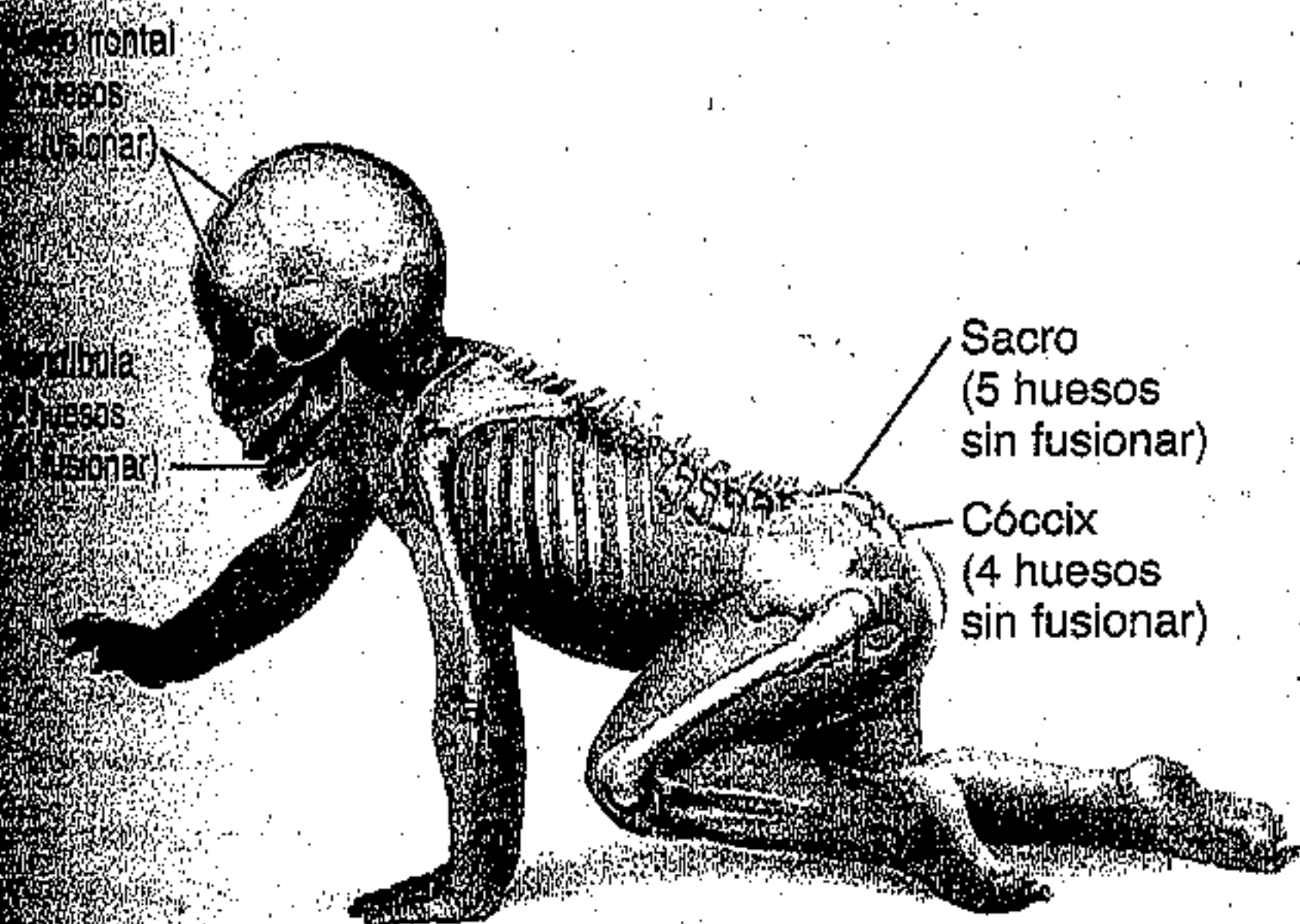


Fig. 6-1. Los huesos de un bebé. El esqueleto de un recién nacido tiene más de 300 huesos. A medida que crecemos, los huesos se fusionan en algunas zonas. Señale algunas de ellas.

Los seres humanos nacemos con más de 300 huesos (Fig. 6-1). Al crecer, algunos se fusionan y ese número baja en los adultos. Por ejemplo, los huesos frontales de la cabeza y la mandíbula, separados en el recién nacido, están fusionados en los adultos. En la base de la columna vertebral, el sacro consta de cinco huesos al nacer, mientras que el cóccix (rabadilla) sólo tiene cuatro, pero ambos son un solo hueso en la mayoría de los adultos.

El tamaño de los huesos adultos varía notablemente: los huesillos del oído medio (cap. 9) tienen sólo unos milímetros de largo y pesan unos pocos miligramos, mientras que el fémur (el hueso del muslo) tiene unos 45 cm de longitud y pesa cientos de gramos.

La forma de nuestro esqueleto (del griego *skeletós* = «de hueso») está íntimamente ligada a las funciones más básicas de la vida. Por ejemplo, no es accidental que sólo con mover el brazo por el codo la mano se acerque a la cara, para hacer la acción que forma parte del acto de comer. Si el codo estuviera, con independencia de que la distancia desde el hombro hasta la punta de los dedos fuera larga o corta, movernos costaría mucho más esfuerzo.

Los huesos son ligeros, fuertes y escasamente flexibles. Están apilados de forma vertical en el esqueleto, unidos entre sí por ligamentos en un conjunto que debería tambalearse; sin embargo, esta característica, sumada al contrapeso del cerebro sobre los músculos esqueléticos, le da a los seres humanos la ventaja de poder adoptar la postura vertical, que permitió a los primeros ejemplares de nuestra especie ver más allá de las altas hierbas de la savana africana.

¡Verde! Si intenta comer un bocado con el brazo estirado, podrá comprobar la importancia de tener el brazo doblado para comer. ¡Es imposible hacerlo! Aunque su brazo sea muy corto, es un intento bastante frustrante.

Los huesos y el tejido óseo tienen distintas funciones

Los huesos tienen muchas más funciones de las que podemos imaginar, entre ellas proporcionar:

- **Soporte y estabilidad.** Así como el hormigón armado es el armazón de una casa, los huesos forman el armazón del cuerpo humano. Los huesos nos dan forma y mantienen nuestra estabilidad.
- **Movimientos controlados.** Sin la estabilidad y el soporte de los huesos, sería imposible realizar las actividades sofisticadas que son propias de los seres humanos. Seríamos más semejantes a las lombrices.
- **Protección.** Los tejidos que forman el cerebro y la médula son vulnerables, pero los huesos los protegen contra traumatismos: el cerebro está encerrado en el cráneo y la médula espinal está enhebrada en una cadena de vértebras gruesas. De forma similar, las costillas encierran el corazón y los pulmones; además, protegen parcialmente el hígado, el bazo y otros órganos del cuadrante superior del abdomen.
- **Almacenamiento.** La cavidad central y hueca de los huesos largos de los miembros almacena lípidos en forma de *médula ósea amarilla*.
- **Producción de glóbulos sanguíneos.** Muchos huesos, incluidos los de los miembros, contienen un «panal» formado por espacios minúsc

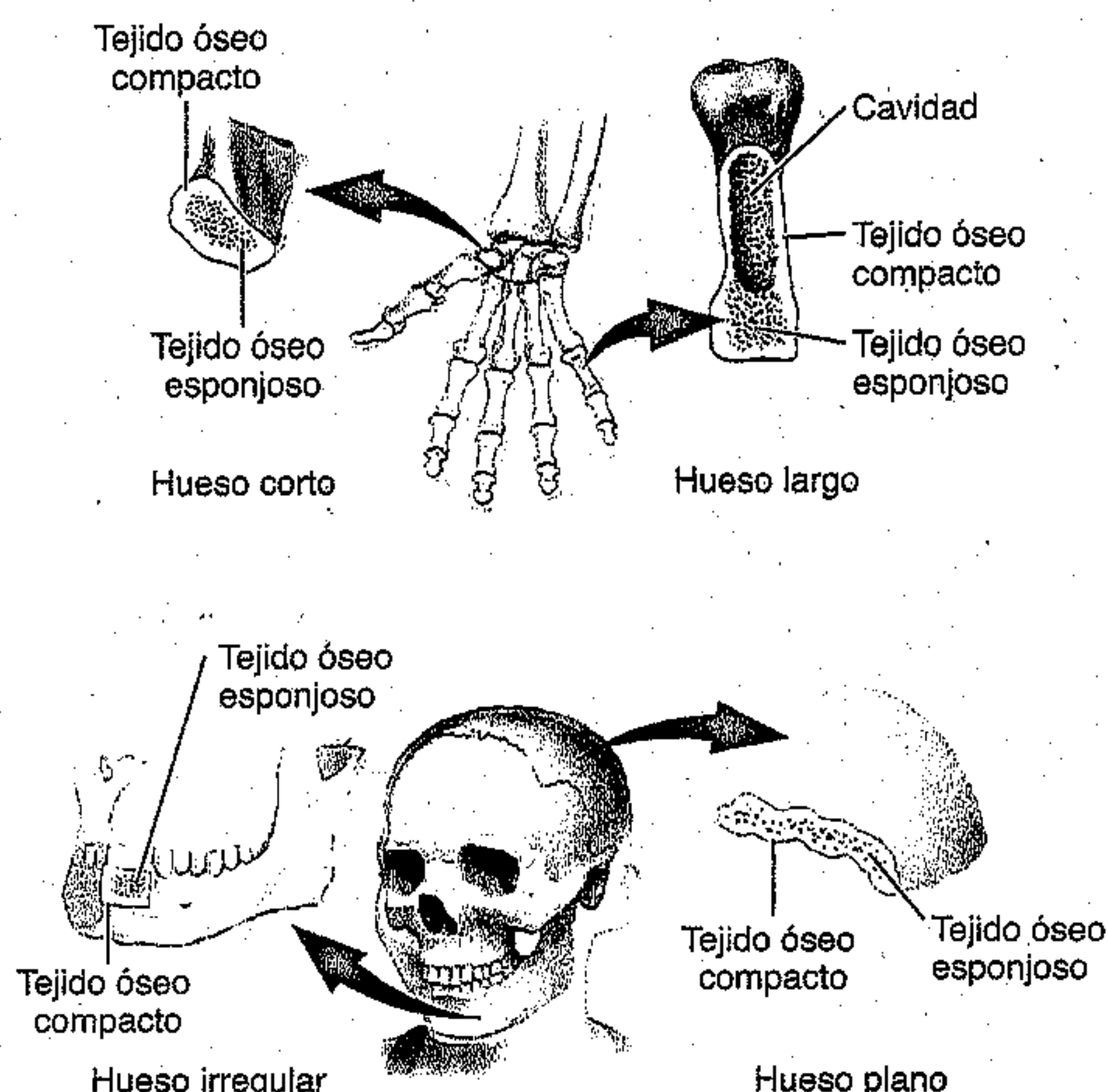


Figura 6-2. Formas de los huesos. Todos los huesos tienen una capa externa de tejido óseo compacto y una capa interna de tejido óseo esponjoso. ¿Qué tipo de hueso contiene una cavidad central?

so compacto. Cada uno de estos tipos de tejido óseo se encuentra en la mayoría de los huesos: una capa externa de tejido óseo compacto y una capa interna de tejido óseo esponjoso.

Los huesos tienen distintas formas, según su papel en la estructura del esqueleto. Hay cinco tipos de huesos (de los cuales se muestran cuatro en la fig. 6-2). Cada uno contiene distintas proporciones de tejido óseo compacto y esponjoso:

Los **huesos largos** son más largos que anchos. Constan de un eje central con una protuberancia en cada extremo que forma la articulación con otro hueso. Todos los huesos de los miembros son largos, salvo los de las muñecas y los tobillos. Su longitud hace que sean idóneos para actuar como palancas y soportar peso. Los huesos largos están compuestos por una capa externa de hueso compacto. Sus extremos tienen un núcleo interior de hueso esponjoso, pero el eje contiene una capa delgada interior de tejido óseo esponjoso que rodea una cavidad grande.

Los **huesos cortos** son cuadrangulares, ligeros y no soportan peso. Están formados por tejido óseo esponjoso con una capa delgada de hueso compacto, y son los que forman la muñeca y el tobillo. Su pequeño tamaño y sus superficies planas aumentan su utilidad en estas articulaciones complejas: muchos huesos pequeños pueden deslizarse fácilmente unos sobre otros y permitir el movimiento en distintas direcciones.

Los **huesos planos** son delgados, planos y generalmente se curvan para moldearse y proteger algunas estructuras

anatómicas vulnerables. Están formados por dos capas superficiales de tejido óseo compacto y una capa delgada interna de tejido óseo esponjoso. Los huesos del cráneo, la mandíbula, las costillas y el esternón son huesos planos.

- Los **huesos sesamoideos** (no se muestran) son huesos pequeños que se forman entre los tendones o los ligamentos (tejidos resistentes que unen otros tejidos entre sí). El sesamoideo más importante es la rótula.
- Los **huesos irregulares** son todos los que no pueden clasificarse en las categorías anteriores. Sin embargo, también todos ellos están compuestos por una capa externa de hueso compacto que rodea un núcleo central de hueso esponjoso. Las vértebras y los huesos de la pelvis son huesos irregulares.

Apuntes sobre el caso

6-2 La tibia lesionada de Maggie se extiende desde la rodilla hasta el tobillo, mientras que el radio va del codo a la muñeca. Si los clasificamos por su forma, ¿qué tipos de huesos se lesionó?

Los huesos largos tienen una diáfisis y dos epífisis

Como ya se ha comentado, los huesos largos se encuentran en los miembros. El húmero (el único hueso del brazo) es un buen ejemplo. Los huesos largos tienen un eje principal llamado **diáfisis**, que se ensancha en un área con forma de embudo llamada **metáfisis** (fig. 6-3 A). La **epífisis** es la parte más ancha de los huesos largos, en cada uno de los extremos. La mayor parte del hueso está cubierta por una membrana fibrosa y densa, llamada **periost**

por dos capas.
a capa de
uesos del
in son huesos

a) son huesos
es o los huesos
tejidos en
tula.
le no pueden
Sin embargo,
una capa de
leo central
os de la periferia

desde el
a del cuerpo
¿qué tipo de

e encuentra
del brazo es
in eje por lo
rea conforma
epífisis es la
uno de las
ierta por un
. En los puntos
a articulación
cartilago de
culación). El
porciona la
gura el movimiento

de tejido óseo
seo esponjoso
ontienen vasos
nguineos y
ponjoso. La
yor parte de
ular intercon
os, se relaciona
palmente con
stos y células
medular. El
mo del hueso
a borrosa. En
etáfisis. En
os indica el
ios y jóvenes
amada *larva*

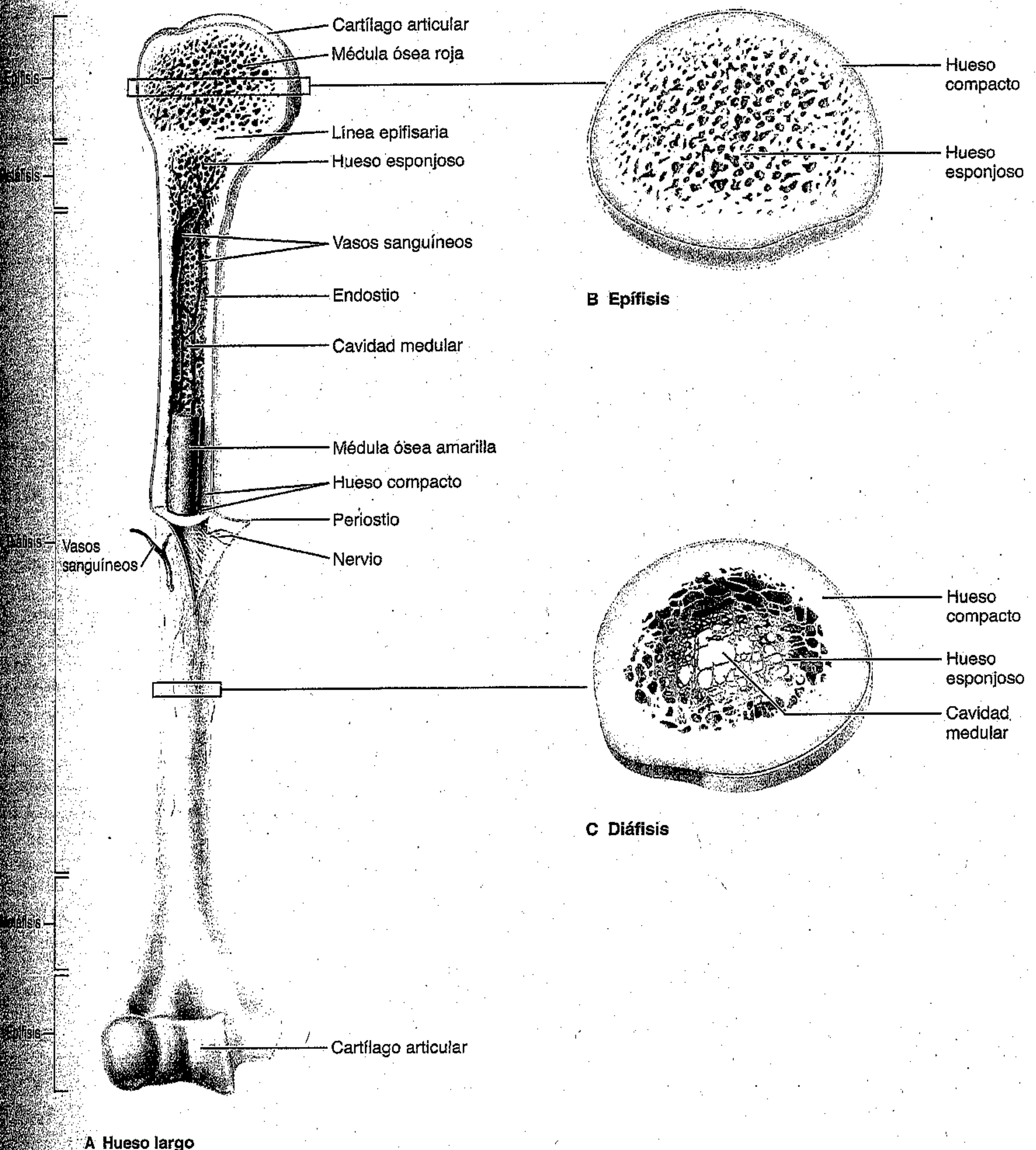


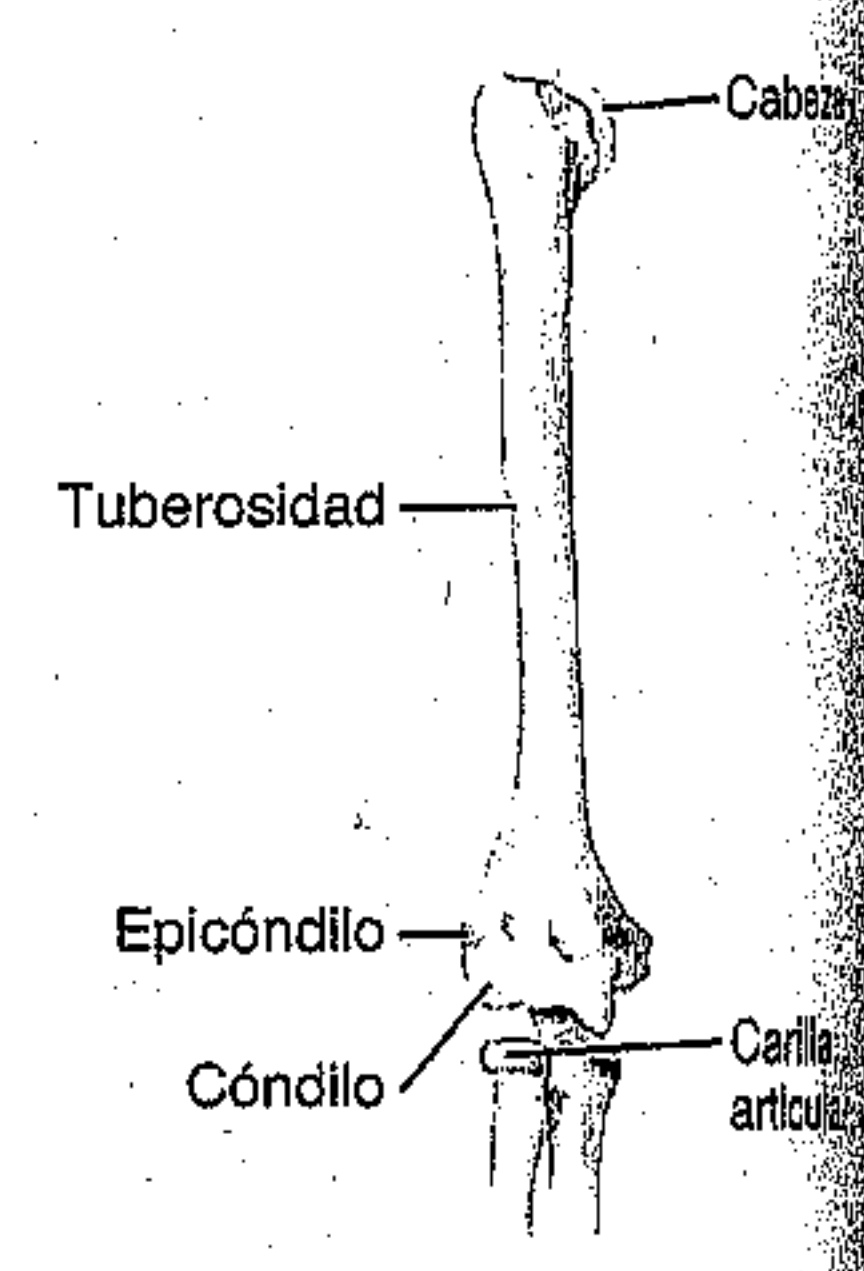
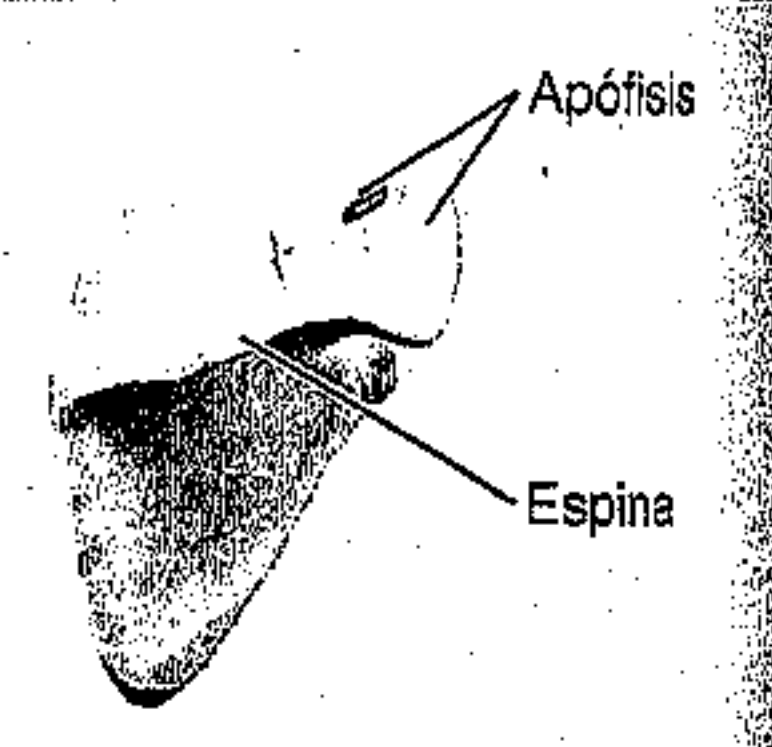
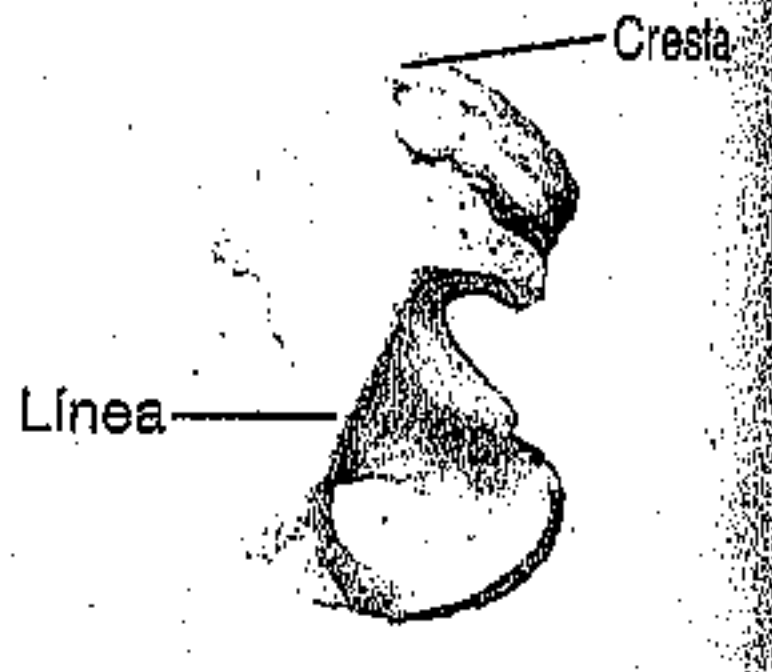
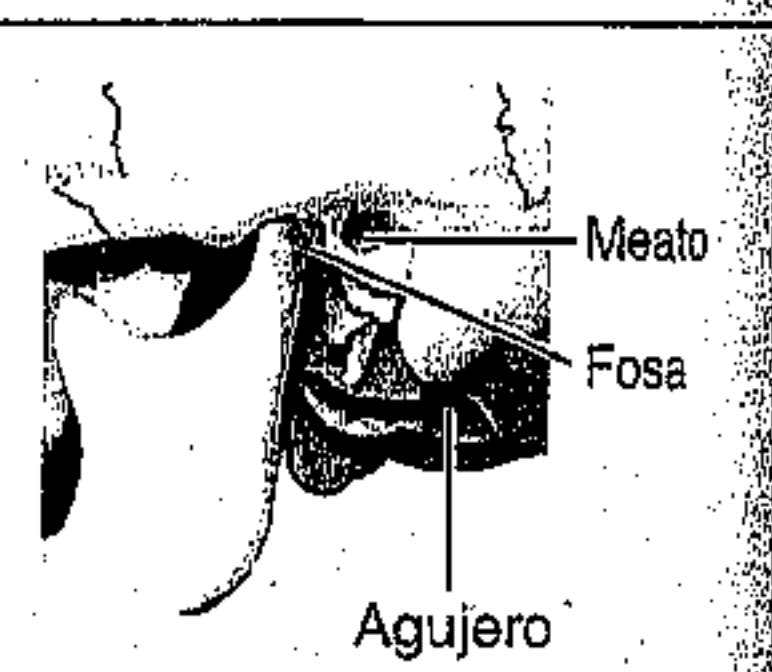
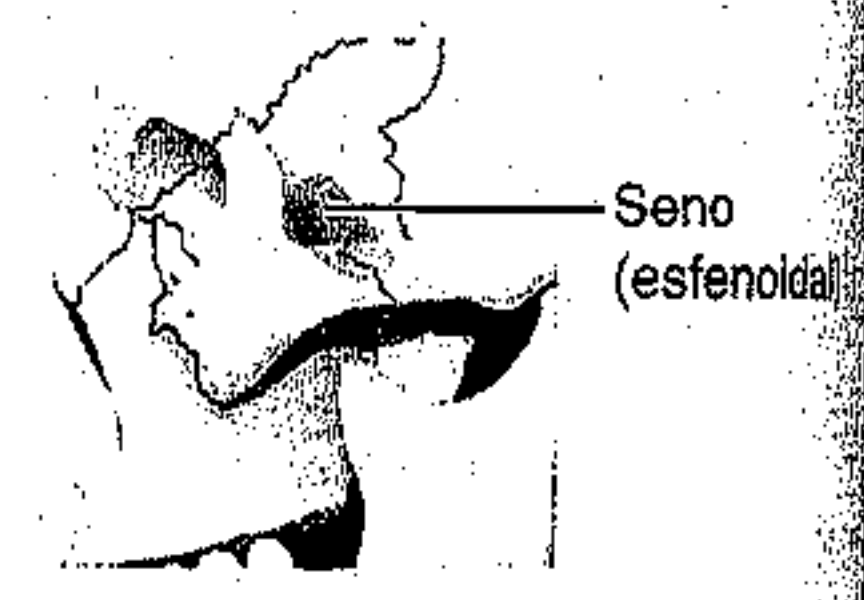
Fig. 6-3. Estructura de un hueso largo. A) Regiones de un hueso largo. B) Sección transversal de la epífisis. C) Sección transversal de la diáfisis. ¿Cómo se denomina el recubrimiento de la cavidad medular?

de crecimiento epifisario (v. fig. 6-6 en la pág. 174), una capa de cartilago y tejido óseo recién formado que añade longitud a los huesos año tras año, hasta que llegan a la madurez. Los huesos están metabólicamente activos y necesitan un amplio acceso a la sangre, proporcionado por la abundancia de vasos que atraviesan la dura superficie que los

recubre. Y como puede confirmar cualquiera que se haya rotó un hueso, una fractura es dolorosa porque los huesos también están muy inervados.

Los huesos tienen distintas características anatómicas: apófisis, superficies, crestas, hendiduras, orificios, depresiones y otras más que tienen nombres específicos. Véase la tabla 6-1 para repasar estas características.

Tabla 6-1. Marcadores óseos

Marcador óseo	Descripción	Ejemplos
Apófisis: lugares de formación de las articulaciones o de inserción de un músculo o ligamento		
Cabeza	Redondeada, con extremo en forma de pomo adosado a un cuello delgado; forma las articulaciones	
Cóndilo	Apófisis redondeada en el extremo del hueso; forma las articulaciones	
Carilla articular	Superficie lisa y plana; forma las articulaciones	
Epicóndilo	Pequeña apófisis encima de o en un cóndilo; punto de inserción	
Tuberosidad	Apófisis redondeada y grande	
Espina	Apófisis delgada y afilada	
Apófisis	Área prominente del hueso	
Cresta	Marcada cresta a lo largo del hueso	
Línea	Borde sobresaliente delgado a lo largo del hueso; más pequeño que una cresta	
Depresiones y agujeros		
Agujero (foramen)	Abertura por donde pasan los vasos o los nervios	
Fosa	Depresión poco profunda; puede ser parte de una articulación	
Meato	Abertura de un canal corto	
Seno	Espacio que contiene aire en el interior del hueso	

Apuntes s

83 Maggie s
del peroné, y
estas fracturas
y como diafis

El tejido óseo
por la ma
celulas es

Como se com
nectivo que
relativamente
extracelular. E
óseas diferen
que permite :
el hueso, los
teoclastos deg
so (fig. 6-4). E
de tejidos óse

Los osteob
= «germen» c
óseo (fig. 6-4).
los citoblasto
gennao = «pro
el periostio y

Los osteob
óseo llamado
que las fibras
tensión. Esta
so cierta flexi
después de un
en una red sir
Los osteoblas
cio y otros cri

A medida
quedan atrap
llamados lagr
teocitos, que
Los osteocito
ciones citoplá
de diminutos
den en todas
liculos y las l

Los osteo
«romper, que
núcleos (fig.
nocitos, que
nominadas r
degradan el
ponentes en
concentran p
tejido óseo y
proceso cont
sistente en r
nación del hu

Apuntes sobre el caso

Maggie se fracturó las diáfisis de la tibia y el extremo distal del radio. ¿Cuál de las fracturas puede describirse como epifisaria? ¿Y como diafisaria?

El tejido óseo está compuesto por la matriz extracelular y células especializadas

Como se comentó en el capítulo 3, el hueso es un tejido conectivo que, como todos los tejidos conectivos, contiene relativamente pocas células y una gran cantidad de matriz extracelular. En el hueso se encuentran tres tipos de células diferenciadas; hay una regla nemotécnica en inglés que permite recordarlos: los osteoblastos forman (*build*) el hueso; los osteocitos cuidan (*care*) del hueso y los osteoclastos degradan (*cleave*) y reabsorben (*recycle*) el hueso (fig. 6-4). Estas células se encuentran en todos los tipos de huesos.

Los **osteoblastos** (del griego *osteon* = «hueso» y *blastos* = «germen» o «retoño») son células formadoras de tejido óseo (fig. 6-4 A). Derivan de un cuarto tipo de células óseas, los **progenitores osteógenos** (del griego *osteon* = «hueso» y *genesis* = «producir»). En el hueso adulto, se encuentran en el periostio y el endostio.

Los osteoblastos producen un tipo especial de colágeno llamado **osteóide**. En el capítulo 3 se comentó que las fibras de colágeno pueden resistir un alto grado de tensión. Esta propiedad, muy importante, confiere al hueso una flexibilidad elástica que lo protege contra lesiones después de un salto. Las fibras osteoides están entrelazadas y forman una red similar a las vigas de la estructura de un edificio. Los osteoblastos generan nuevo hueso cuando añaden calcio y otros cristales minerales a esas vigas osteoides.

A medida que forman nuevo hueso, los osteoblastos quedan atrapados en espacios pequeños de una sola célula llamados **lagunas**, donde maduran y se convierten en **osteocitos**, que a su vez nutren y cuidan al hueso (fig. 6-4 B). Los osteocitos se conectan entre sí por medio de prolongaciones citoplasmáticas que pasan a través de un laberinto de diminutos túneles llamados **canalículos**, que se extienden en todas direcciones a partir de las lagunas. Los canalículos y las lagunas también se muestran en la figura 6-5.

El tejido óseo tiene una estructura precisa

La actividad de los osteocitos es la causa de la intrincada anatomía microscópica de los huesos largos, como se muestra en la figura 6-5. Recuerde que los huesos largos tienen una cavidad medular central tapizada por una capa de células, el **endostio** (no se muestra). Alrededor de la cavidad medular hay una capa delgada de hueso esponjoso y una capa más gruesa de hueso compacto.

El tejido compacto se forma en capas concéntricas denominadas **laminillas**, que como los anillos del tronco de un

árbol rodean el **canal central**, que discurre a lo largo del hueso y sirve de alojamiento para los nervios y los vasos sanguíneos (fig. 6-5, centro). Las laminillas están separadas por los **canales de osteocitos** en sus diminutas lagunas, que se conectan entre sí por medio de los **canaliculos** (fig. 6-5, parte inferior derecha). Observe que los canales centrales son continuos a lo largo del hueso: cada hueso largo tiene una cavidad medular grande, pero muchos canales centrales más pequeños y concéntricos paralelos. Desde cada canal central y en ángulo recto irradian pequeños túneles llamados **canales perforantes**, que se comunican entre los canales centrales y los canales de osteocitos. Van pequeños ramos de nervios y vasos sanguíneos.

El canal central es una columna cilíndrica llamada **osteona**, que es la unidad estructural de los huesos. Las osteonas están puestas en haces que le dan fuerza al hueso.

Sin embargo, el hueso es un tejido vivo. Las células del tejido óseo (fig. 6-5, parte inferior) aún son visibles. Los osteocitos pueden pasar líquidos a través de los canales del hueso esponjoso. Los **reabsorbedores**, se originan en el tejido óseo. Los osteocitos y los osteoclastos participan en el tejido óseo.

Recuerde

(esponjoso y compacto, las laminillas, y el canal central en las osteonas)

El resultado de la actividad microscópica es un hueso fuertemente resistente. Con el tiempo, los cambios de la estructura y la resistencia de los huesos como el hueso no es que las fibras de colágeno. Los huesos se reabsorben y al mismo tiempo se forman. La estructura es una combinación de los huesos extremos y la facilidad de curación.

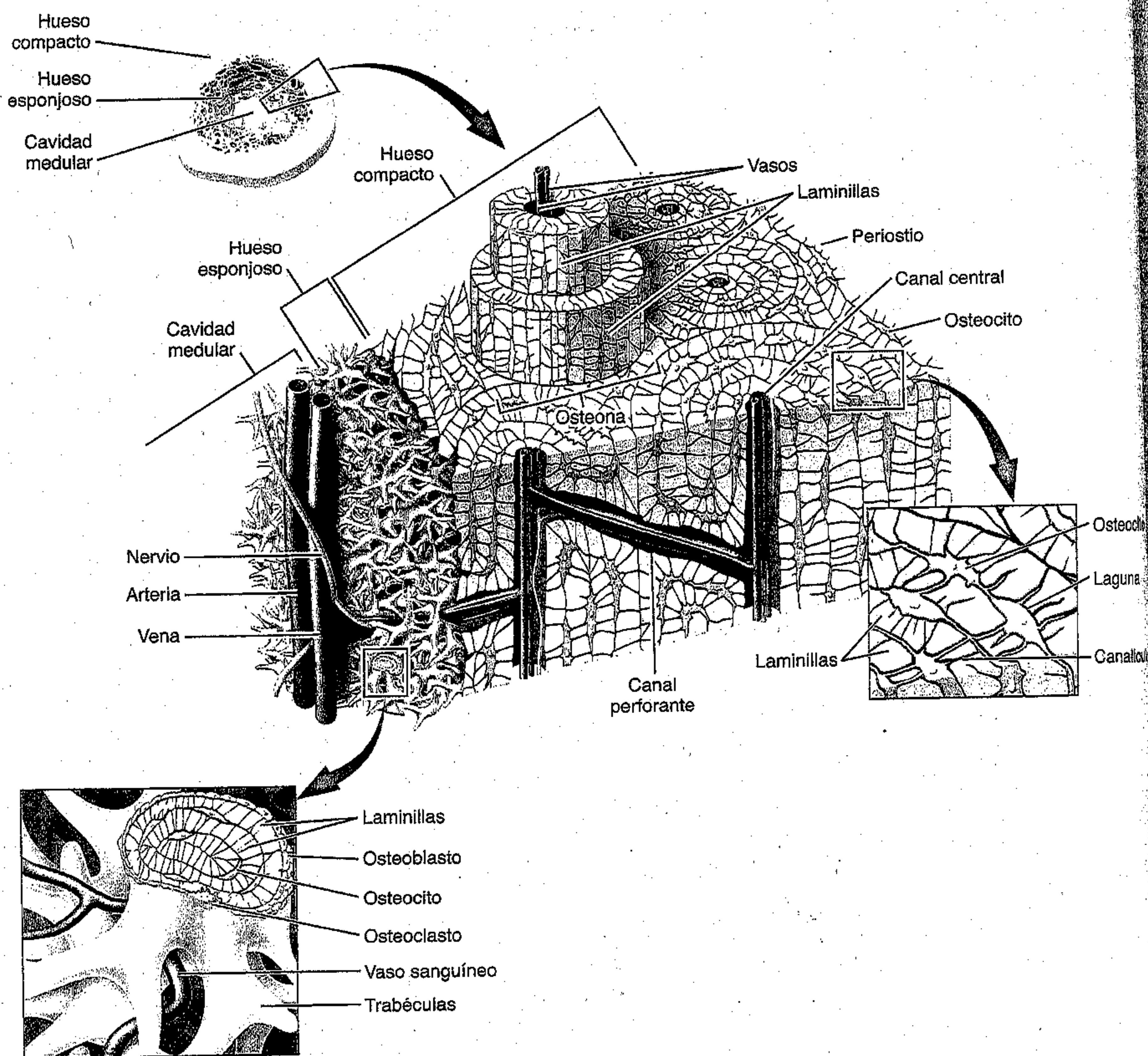
Apuntes

6-5 La fractura por la diáfisis encontrará el hueso o ninguno de los dos.

La osificación del crecimiento y la reparación.

La formación del hueso se produce en los huesos.

• La forma del hueso.



alo largo del eje longitudinal del hueso. El hueso que lo rodea forman una co-
s y los vasos sanguíneos y nervios se encuentran en la médula ósea tan delgada como una mina de lápiz,
tán separados como las láminas de una tarteleta (fig. 6-5, centro). El tejido óseo compac-
gunas que se encuentran en los huesos largos está compuesto por osteonas dis-
los (fig. 6-5, izquierda). Las osteonas son haces paralelos al eje longitudinal del hueso,
centrales y periféricas. Proporcionan fuerza y flexibilidad, como si fueran un mano-
so largo hecho de muchas laminillas.
ales centrales y periféricas. Sin embargo, el patrón microscópico de las lamini-
entral y periférica. El tejido esponjoso es irregular y carece de osteonas
s canales (fig. 6-5, parte inferior izquierda). Aunque las laminillas
es centrales y periféricas, no hay canales centrales porque los vasos
nguineos pasan libremente a través de los espacios abiertos
del tejido esponjoso. A pesar de su aparente distribución
los retículos de hueso esponjoso, llamados trabéculas, se orientan para maximizar la fuerza del tejido
los osteoblastos y los osteocitos recubren las trabéculas y participan activamente en la remodelación del te-
jido óseo.

El hueso compacto y el hueso esponjoso son tipos de tejido óseo. El hueso compacto es el tipo de hueso que forma la mayor parte de la estructura de los huesos largos. El hueso esponjoso es el tipo de hueso que forma la mayor parte de la estructura de los huesos cortos y de la mayor parte de la estructura de los huesos largos en la parte superior del hueso.

El hueso compacto es el tipo de hueso que forma la mayor parte de la estructura de los huesos largos. El hueso esponjoso es el tipo de hueso que forma la mayor parte de la estructura de los huesos cortos y de la mayor parte de la estructura de los huesos largos en la parte superior del hueso.

¡Cuidado! Todos los tejidos óseos (tanto el compacto como el esponjoso) están organizados en una estructura regular, pero solo

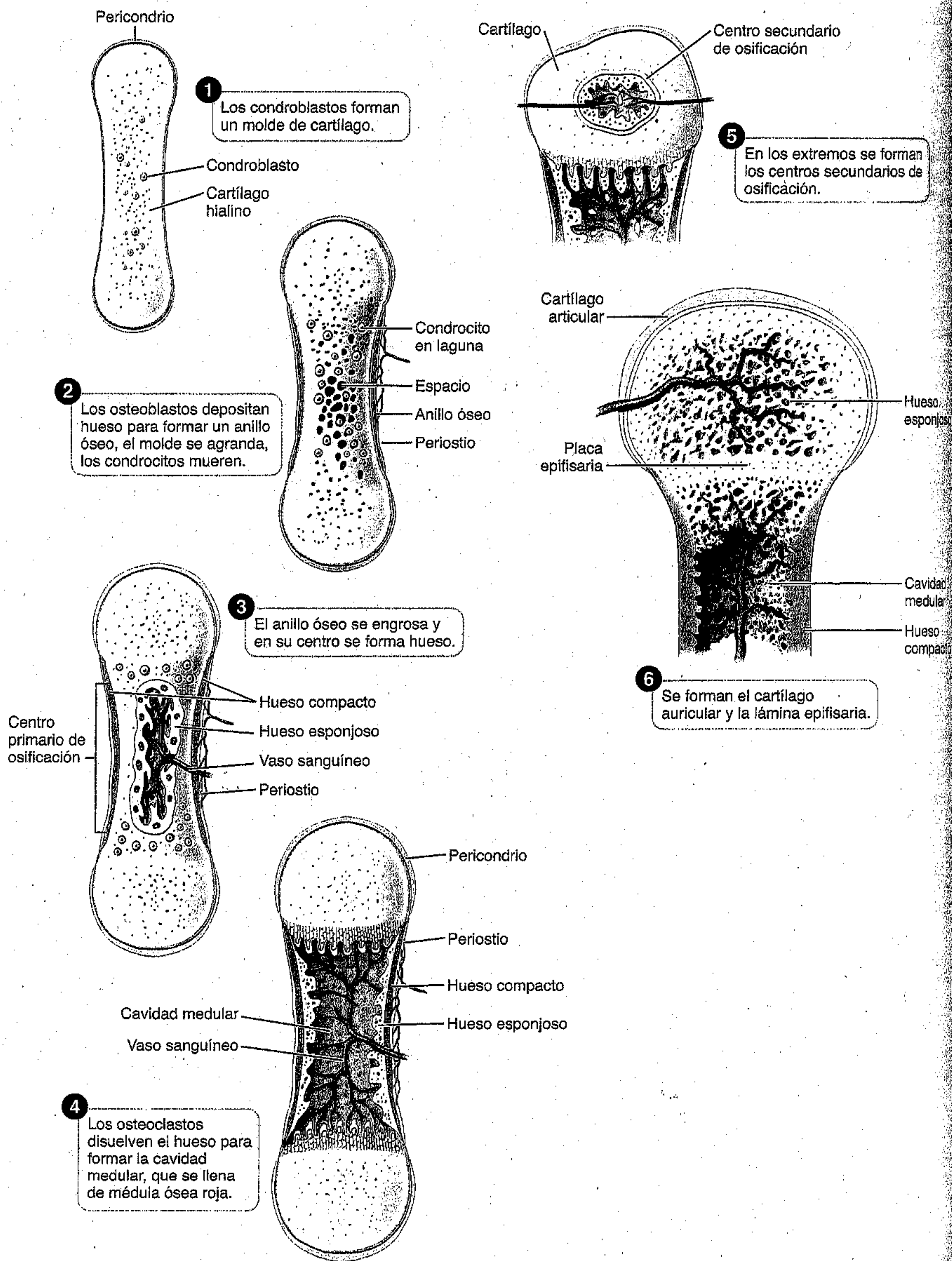


Figura 6-6. Osificación endocondral. ¿Dónde se encuentran los centros secundarios de osificación, en la epífisis o en la diáfisis?

nutrientes forman pe
Comienza
mostio inv
vasos san
osteoblast
go calcific
óseo espo
El espacio
Los osteoc
descompo
crear la ca
al centro c
nos, rellena
continúan
remanente
Aparecen
extremo d
miento, lo
otros cent
nes de cre
osificación
de reciente
cio medul
ne esponj
Se forman
los extre
ciones co
cartílago
tros prim
cen sepa
remanen
producir
crecimien
tisaria sig
el cartíla
se explic

Apuntes

6-6. ¿Media
de Maggie?

Osificación

Los huesos
la se formar
medio de la
producto fin
ción endoco
compacto, y

Al principi
de hueso. E
tos comienz
bras de colá
de tejido ó
y destaca s
pícamente c

quientes, acaban muriendo. Las lagunas se fusionan y forman pequeños espacios huecos.

Comienza la osificación. Los vasos que provienen del perostio invaden el centro primario de osificación. Estos vasos sanguíneos van acompañados de osteoclastos y osteoblastos. Los osteoclastos descomponen el cartílago calcificado y los osteoblastos depositan nuevo tejido óseo esponjoso.

El espacio medular se agranda y aparece la médula ósea. Los osteoclastos continúan su destrucción constructiva descomponiendo parte del nuevo hueso esponjoso para formar la cavidad medular. La médula ósea roja, que llega al centro de osificación junto con los vasos y los osteocitos, rellena el espacio. Los osteoclastos y los osteoblastos continúan su remodelación y sustituyen gran parte del existente de tejido óseo esponjoso por hueso compacto. **Aparecen los centros secundarios de osificación (en cada extremo de los huesos largos).** Poco después del nacimiento los vasos invaden las epífisis óseas y aparecen los centros (secundarios) de osificación. Estas regiones de crecimiento son semejantes al centro primario de osificación; la única excepción es que el tejido esponjoso durante la formación no se degrada para crear el espacio medular. Además, gran parte de ese tejido se mantiene esponjoso y no se convierte en hueso compacto.

Forman el cartílago auricular y la lámina epifisaria. En los extremos de los huesos que constituyen las articulaciones con otros huesos, el pericondrio se transforma en cartílago articular. Como ya se ha comentado, los centros primarios y secundarios de osificación permanecen separados por cartílago hasta la edad adulta. Este cartílago es el único lugar donde puede producirse crecimiento óseo, y se denomina **lámina de crecimiento epifisario**. El crecimiento óseo y la placa epifisaria siguen los mismos principios de crecimiento que el cartílago, seguido de la sustitución por hueso, según se explica más adelante.

Apuntes sobre el caso

¿Dónde se formó la tibia de Maggie?

Osificación intramembranosa

Los huesos planos del cráneo, las clavículas y la mandíbula se forman a partir de membranas de tejido fibroso por **osificación intramembranosa**. No obstante, el hues

saria, que aparece como una delgada capa de tejido óseo denso a través del hueso esponjoso de la epífisis.

Apuntes sobre el caso

6-8 ¿Qué se verá en las radiografías de Maggie, una línea o una lámina epifisaria?

Crecimiento aposicional de los huesos largos y de los huesos intramembranosos

Mientras el hueso se alarga por osificación endocondral, también se ensancha mediante el *crecimiento aposicional* (fig. 6-7). En toda la longitud del hueso, los osteoblastos ubicados debajo del periostio añaden capas de nuevo hueso compacto, en cierto modo como los árboles añaden nuevos anillos en el tronco. Entretanto, aunque a menor velocidad, los osteoclastos del borde del espacio medular están disolviendo y reciclando los minerales óseos para ampliar la cavidad medular y crear espacio para la médula ósea. Como consecuencia de ello, el hueso se ensancha, la cavidad medular se agranda y la corteza se torna algo más gruesa.

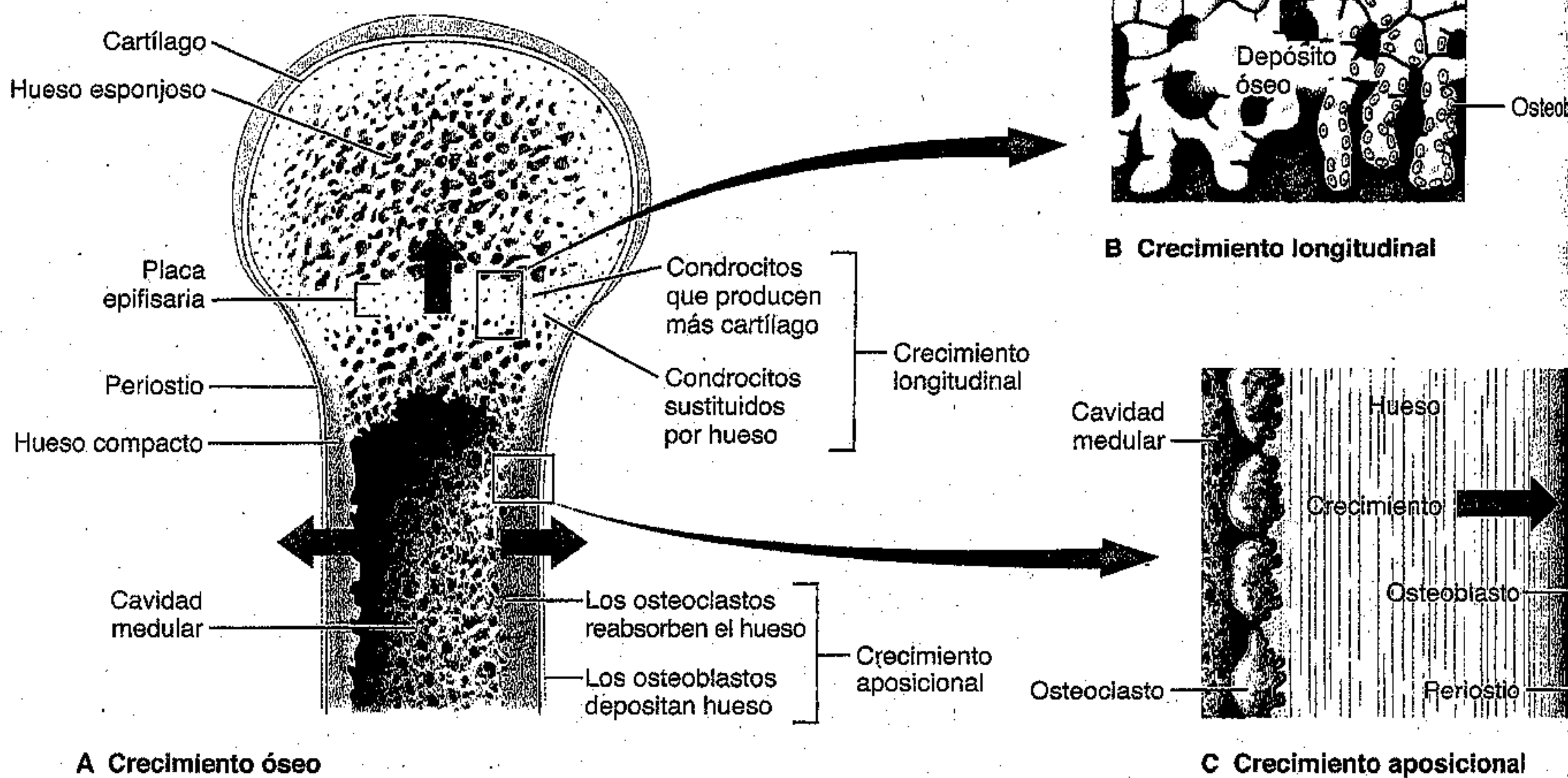
Los huesos intramembranosos también crecen de modo aposicional. Los osteoblastos situados bajo el periostio agrandan y engrosan el hueso al depositar nuevo hueso compacto, mientras que los osteoclastos agrandan las cavidades en los centros de tejido óseo esponjoso para mantener el hueso relativamente liviano.

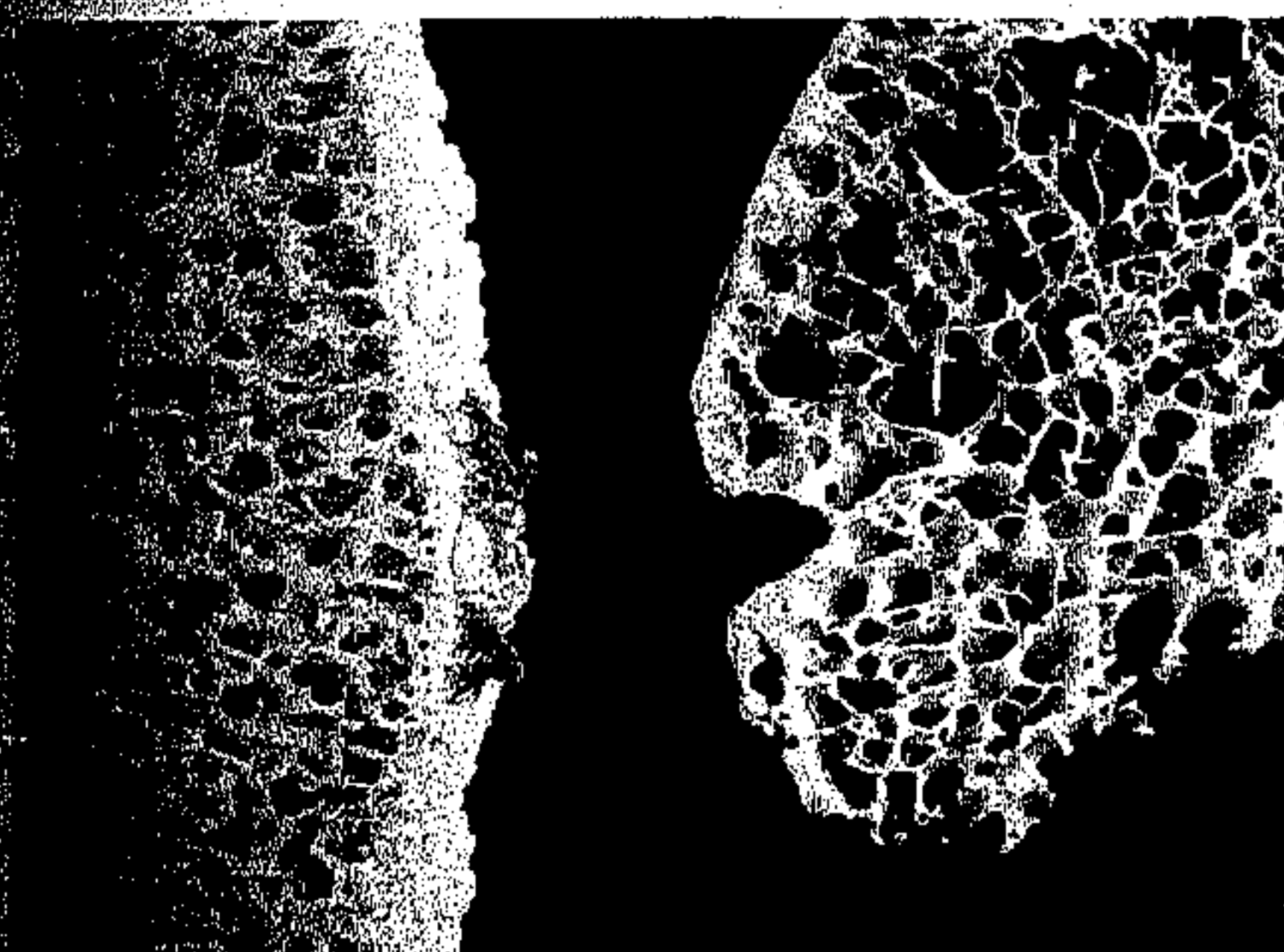
Apuntes sobre el caso

6-9 Maggie sufre una actividad osteoclástica excesiva. ¿Esos osteoclastos eliminan el hueso situado debajo del periostio o del endostio?

La remodelación ósea consiste en la continua sustitución de hueso viejo por hueso nuevo

La remodelación es la «destrucción creativa» normal de los huesos en un proceso diario de destrucción (resorción) y formación (deposición). El hueso es remodelado, siempre de forma ligera. Cada año se reemplaza aproximadamente el 5% de la masa ósea. En un estado de delicado equilibrio, los osteoclastos se dedican su-





B

Fig. 6-9. Enfermedad ósea. A) Secciones de un hueso normal (izquierda) y de uno con osteoporosis (derecha). Las secciones son del mismo grosor. B) Sección transversal de un fémur de un paciente con enfermedad de Paget. Observe el grosor y el aspecto del hueso compacto en la diáfisis. *En la osteoporosis, ¿qué proceso es hiperactivo, la resorción o la formación de hueso?*

absorber tejido óseo, que es sustituido por osteoblastos que a su vez se encargan de reemplazarlos, para sintetizar nuevos osteoides y les incrustan cristales minerales.

La remodelación ósea es esencial para que los huesos tengan la flexibilidad y la resistencia que necesitan para contrarrestar las sobrecargas. Los huesos se remodelan según las *tensiones físicas* (fuerzas) que soportan. Cuando éstas son extraordinarias, los huesos se deforman. Por ejemplo, un niño con las piernas de distinta longitud puede caminar de modo que ello suponga una tensión anormal para su columna vertebral. Las vértebras cambian su forma para responder a esa sobrecarga y, como consecuencia, la columna se curva de manera anómala (fig. 6-7).

El desequilibrio entre la producción osteoblástica y la resorción osteoclástica de hueso puede provocar una enfermedad ósea (fig. 6-8). En el caso de Maggie, la resorción supera a la formación de hueso. Sus huesos son ahora débiles y se fracturan con facilidad, una afección llamada

Tabla 6-2. Factores que determinan la salud ósea

Componentes	Función
Alimentarios	
Calcio (Ca) y fósforo (P)	Los cristales de fosfato cálcico depositados sobre el osteoide endurecen el hueso
Magnesio	Necesario para la actividad normal de los osteoclastos
Vitamina D	Necesaria para la absorción normal de calcio en el intestino delgado
Vitamina A	Necesaria para la actividad normal de los osteoclastos
Vitamina C	Necesaria para la producción normal de colágeno
Vitamina K	Participa en la producción de osteocalcina, una proteína que contribuye a la formación de tejido óseo
Fuoruro	Puede contribuir a la mineralización ósea y estimular el crecimiento y la reparación de los huesos
Del estilo de vida	
Ejercicio físico (entrenamiento con pesas o de fortalecimiento muscular)	Los huesos sujetos a cargas se fortalecen; los que no lo están se tornan más débiles
Peso saludable	Un peso corporal bajo deriva en menos carga sobre los huesos, que así se debilitan
Hormonas	
Calcitriol (forma activa de la vitamina D corporal)	Necesario para la absorción normal de calcio en el intestino delgado
Paratirina (PTH)	Estimula la actividad osteoclástica (resorción ósea) y la activación de la vitamina D
Calcitonina	Estimula la actividad osteoblástica y el depósito óseo
Factor de crecimiento similar a la insulina de tipo I (IGF-I)	Estimula el crecimiento óseo
Somatotropina	Estimula el crecimiento óseo, de forma directa y al estimular la producción de IGF-I
Hormonas tiroideas	Necesarias para el crecimiento normal del tejido óseo
Insulina	Impulsa el crecimiento normal del tejido óseo
Estrógenos, testosterona	Preservan la masa ósea al prolongar la vida de los osteocitos y los osteoblastos; inhiben la actividad osteoclástica

del tejido óseo nuevo en mujeres adultas; la testosterona no es un factor tan importante en la salud ósea de los hombres adultos. La somatotropina y las hormonas tiroideas también estimulan el desarrollo y el crecimiento óseos. Estas hormonas se analizan detalladamente en el ➡ capítulo 15.

Edad. Desde el nacimiento hasta el final de la adolescencia, la masa ósea total aumenta porque los osteoblastos elaboran más tejido óseo del que pueden degradar los osteoclastos. Durante la edad adulta, la masa ósea se estabiliza; sin embargo, a medida que las hormonas sexuales declinan en la madurez, especialmente después de la

menopausia en el caso de las mujeres, la masa ósea comienza a reducirse de forma lenta y prolongada, mientras los huesos poco a poco se van desmineralizando. La osteoporosis (baja densidad ósea) es más problemática para las mujeres que para los hombres, porque los estrógenos desempeñan un papel mucho más importante en la testosterona en la mineralización del hueso nuevo. De por sí, los huesos de las mujeres son más livianos que los de los hombres. Además, durante la infancia y la adolescencia, cuando la densidad ósea está en formación, las niñas son menos proclives que los niños a participar en actividades deportivas que suponen una sobrecarga

para los hombres. La densidad ósea declina con la edad en ambos sexos, pero el riesgo de fractura es mayor en las mujeres. Dicho esto, el riesgo de fractura también depende en parte de la dieta y el ejercicio. La actividad física estimula la formación de hueso y retrasa la pérdida de la edad. Con el tiempo, la pérdida de hueso para la reparación de los huesos se vuelve un problema.

Recuerda que la densidad ósea también puede disminuir un poco con el tiempo.

Las condiciones que afectan la densidad ósea incluyen la anemia, la insuficiencia renal, la diabetes, la hipertensión, la enfermedad cardíaca, la enfermedad pulmonar, la enfermedad hepática, la enfermedad tiroidea, la enfermedad de la glándula pituitaria, la enfermedad de la glándula suprarrenal, la enfermedad de la glándula paratiroides, la enfermedad de la glándula tiroides, la enfermedad de la gl

los huesos. La masa ósea de las mujeres comienza a disminuir alrededor de los 30 años; en cambio, en los hombres comienza a los 60 años.

Además, tanto en los hombres como en las mujeres, la frecuencia de fracturas aumenta con la edad. Ello se debe en parte a la disminución de la somatotropina, la hormona que estimula la producción de colágeno óseo, relacionada con la edad. Como consecuencia, hay menos colágeno disponible para la renovación normal del tejido óseo, por lo que los huesos se vuelven más quebradizos.

¡Cuidado! Un hueso que no soporta carga puede perder su buena salud.

Las condiciones que afectan al crecimiento o a la reparación ósea también son importantes. La circulación sanguínea insuficiente hacia una parte del cuerpo, por ejemplo en un miembro inferior, retrasa el crecimiento o la reparación de los huesos afectados. La diabetes (cap. 15) y la arteriosclerosis (cap. 11) son causas importantes de reducción de la circulación sanguínea hacia los pies y piernas. En la salud de los huesos también influyen otros factores locales, como infecciones o inflamaciones.

Apuntes sobre el caso

Maggie debe lograr la reparación de sus frágiles huesos. Recuerde que tiene 57 años de edad. ¿Qué hormona debería tomar para mejorar su salud ósea: estrógenos o testosterona?

¿El régimen de ejercicio físico intenso que lleva a cabo ha sido beneficioso o perjudicial para sus huesos?

La fractura consolidada y el modelo de reparación ósea

Los huesos saludables necesitan la carga de la vida diaria que estimula la actividad osteoblástica y osteoclástica para reconstruir y renovar el tejido óseo. La falta de carga, como sucede durante los vuelos espaciales o el reposo prolongado en cama, provoca que los huesos se disuelvan y se vuelvan más débiles y quebradizos. No obstante, las fuerzas desde direcciones inusuales o excepcionalmente fuertes pueden tensionar el hueso hasta el punto de romperlo. Una **fractura** es un hueso roto. Una **fractura patológica** (fractura espontánea secundaria) es una fractura que ocurre mientras el hueso está sometido a una carga normal. Las fracturas patológicas se producen en huesos que padecen una afección que provoca debilidad local, por

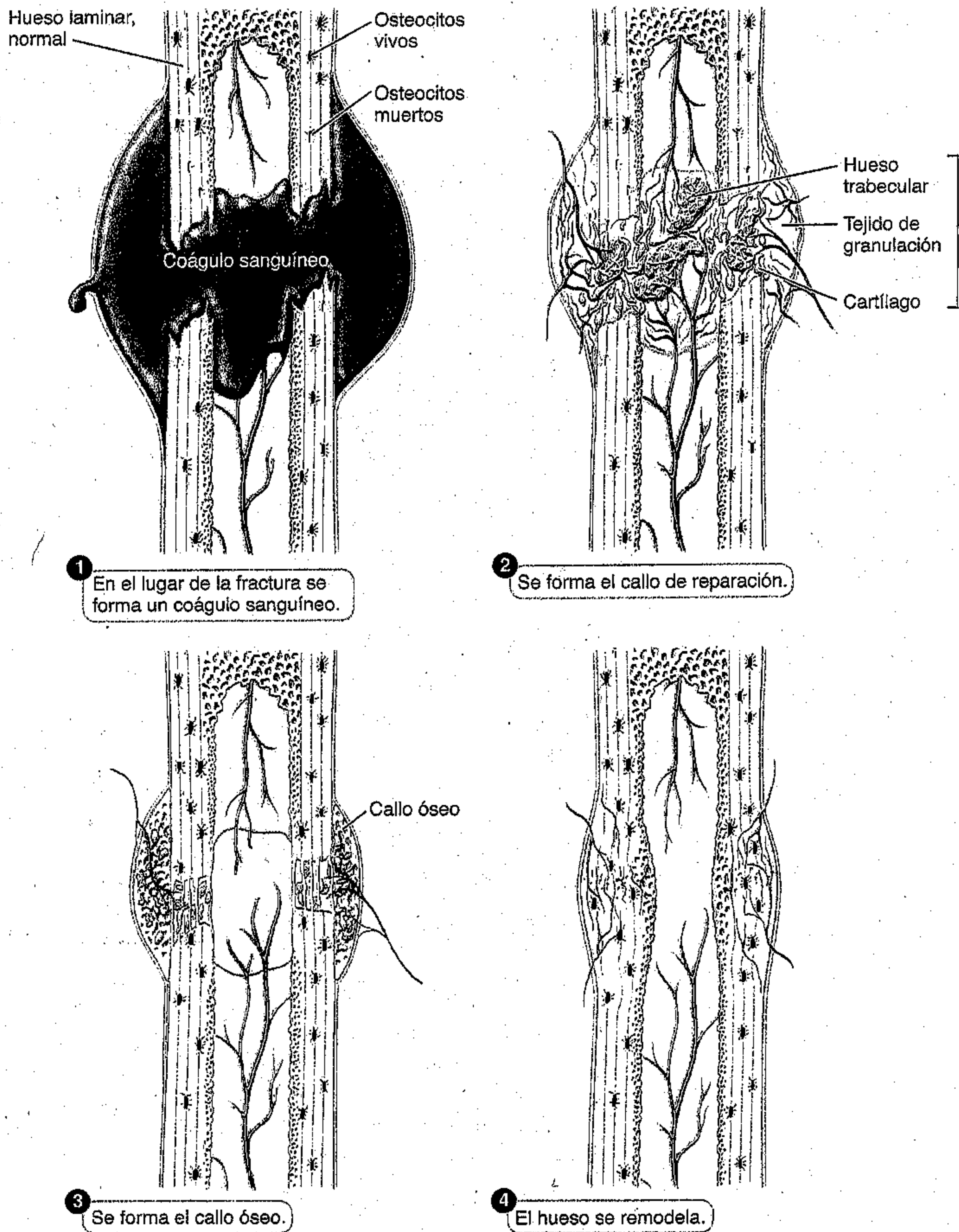


Figura 6-9. Reparación de una fractura. ¿Qué se forma primero, el callo de reparación o el callo óseo?

sanguínea de calcio sea estable, y el cuerpo utiliza diversos mecanismos para mantenerla.

Apuntes sobre el caso

6-14 Revise la presentación del caso para comprobar la concentración de calcio en sangre de Maggie. ¿Es demasiado alta o baja? ¿Cuál de sus síntomas está directamente relacionado con este cambio anómalo?

El tejido óseo es importante en la homeostasis del calcio

El tejido óseo, que almacena el 99 % del calcio corporal, está muy involucrado en la homeostasis del calcio. El hueso actúa como un «banco de calcio», donde el cuerpo lo deposita como ahorro cuando su concentración sanguínea es demasiado alta, y lo retira cuando es necesaria su liberación en la sangre. La síntesis de tejido óseo, a cargo de los osteoblastos, reduce la concentración sanguínea de calcio.





INSTANTÁNEA CLÍNICA

Fracturas

Una fractura es un hueso roto. Las fracturas se producen cuando la carga excede la capacidad de resistencia del hueso. Los huesos enfermizos, como los de Maggie en el caso clínico de este capítulo, son particularmente susceptibles a las fracturas; pero incluso los que se consideran más sanos, es decir, los huesos de los jóvenes, pueden fracturarse si se les somete a una fuerza extraordinaria, como por ejemplo una caída o un accidente de automóvil.

Dado que los huesos se desmineralizan y debilitan con la edad, las fracturas son uno de los principales problemas de salud de las personas mayores. Los factores de riesgo importantes se indican a continuación. Es interesante observar que muchos de ellos se observan con mayor frecuencia en las poblaciones de mayor edad.

Edad superior a 80 años.

Peso inferior a 59 kg.

Uso de benzodiazepinas (se utilizan ampliamente como sedantes).

Falta de ejercicio por no caminar.

Pérdida de visión.

Trastorno cerebral que afecte a la estabilidad física o a la capacidad mental.

Las fracturas se clasifican dependiendo de que el hueso haya perforado o no la piel, y según su propio patrón (la figura al pie muestra algunos ejemplos). Las fracturas *cerradas* son las que no atraviesan la piel. Si la fractura sobresale de la piel, se dice que es *abierta* o *compuesta*.

El patrón de las fracturas es más variable:

- Una línea de fractura única es una fractura *simple*.
- Una línea de fractura simple que abarca todo el espesor del hueso es una fractura *completa*; en caso contrario, la fractura es *incompleta*.

cio, mientras que la resorción de tejido óseo por parte de los osteoclastos la eleva (fig. 6-10, a la izquierda). Los osteoclastos degradan el hueso para mantener la homeostasis del calcio, aun cuando su salud se deteriore en el proceso.

Los intestinos y los riñones son importantes en la homeostasis del calcio

La homeostasis del calcio también necesita que otros dos sistemas, el digestivo y el urinario, funcionen normalmente. El calcio es un elemento y, por supuesto, el cuerpo no puede sintetizarlo. En cambio, debe consumirse con la dieta y se absorbe en el intestino. Los trastornos de malabsorción, como la enfermedad celíaca, pueden reducir notablemente la absorción intestinal de calcio. Además, la absorción inadecuada del calcio en el intestino depende de una señal química, el *colecalfiferol*, conocido más comúnmente como vitamina D, que se obtiene de los productos lácteos enriquecidos y del aceite de pescado, o bien por síntesis en la piel, como respuesta a las radiaciones ultravioleta de los rayos solares. Sin importar su fuente, el hígado y los riñones convierten el colecalfiferol en su forma activa, conocida como *calcitriol* o *1,25-dihidroxit vitamina D₃*. El calcitriol estimula la captación de calcio por las células intestinales. En los niños, la insuficiencia de vitamina D es una enfermedad característica llamada *raquitismo*, que se describe con más detalle en nuestra página web <http://thePoint.lww.com/espanol-McConnellandHull>.

Además, toda la sangre (incluido el calcio disuelto en ella) es filtrada por los riñones, órganos pares del sistema urinario. Los riñones «determinan» la cantidad de calcio que se envía nuevamente a la sangre, es decir, cuánto calcio retendrá el cuerpo y cuánto será excretado en la orina.

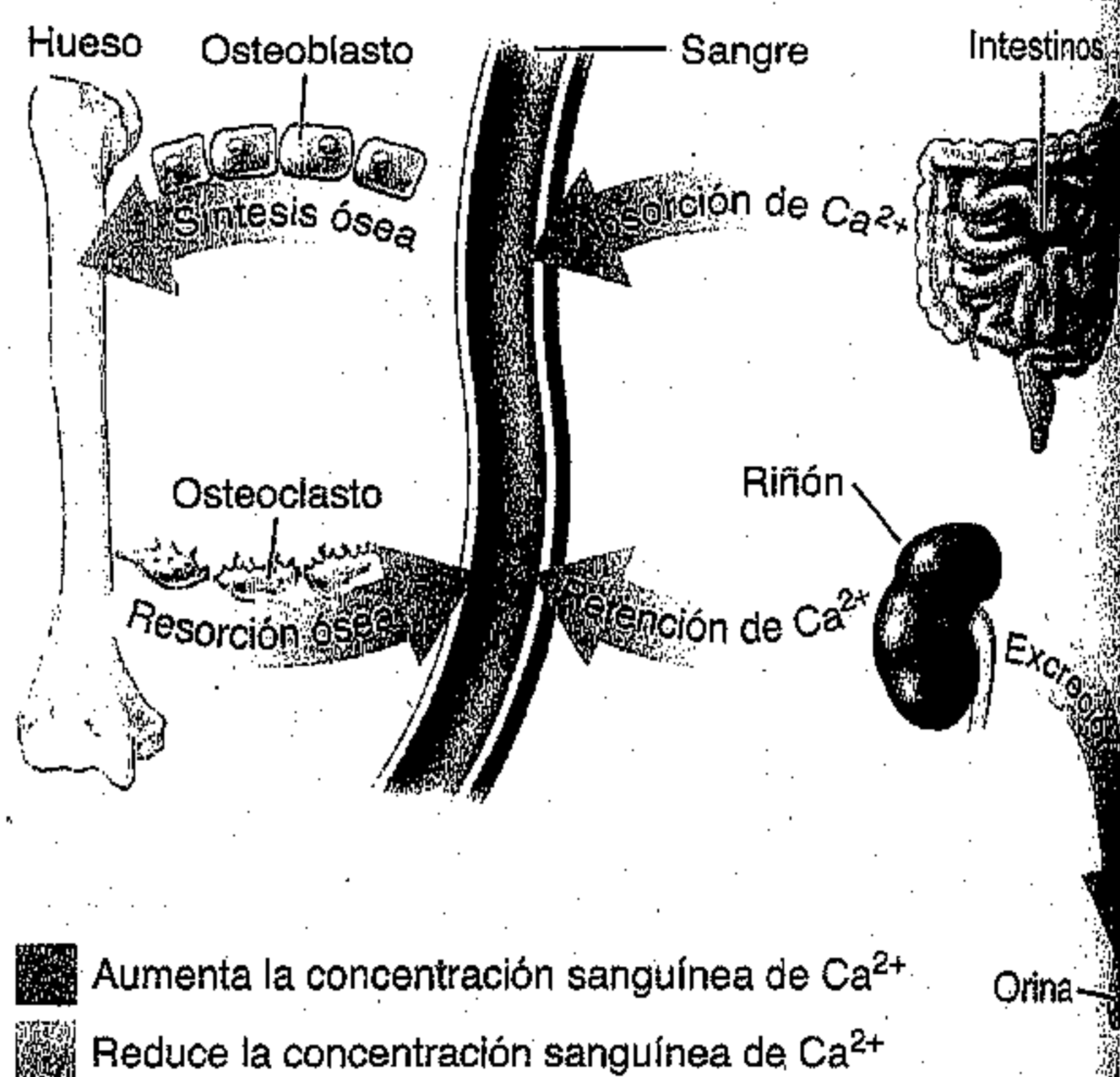


Figura 6-10. Homeostasis del calcio. El cuerpo mantiene una concentración sanguínea constante de calcio modificando tres procesos: la absorción intestinal de

Es extraño que el principal regulador minuto del calcio sanguíneo sea una hormona, la **paratirina** (PTH), secretada por las glándulas paratiroides. Se encuentran cuatro glándulas del tamaño de un guisante, posiblemente en la glándula tiroides, que se encuentra en la base de la garganta (fig. 6-11). El efecto neto de la acción de la PTH es el aumento de la concentración de calcio en la sangre. Pero también puede suceder lo contrario: si el calcio sanguíneo excede el valor de referencia, las paratiroides secretan menos PTH y la concentración de ésta vuelve a los niveles establecidos. Para entender cómo la PTH controla la homeostasis del calcio, volvemos al caso de Maggie.

Resumen del caso

El caso de Maggie H.

El diagnóstico de Maggie fue *hiperparatiroidismo*; es decir, sus glándulas paratiroides estaban secretando cantidades demasiado altas de hormonas. La PTH actúa en tres lugares diferentes para aumentar la concentración de calcio en la sangre (fig. 6-12):

1. Estimula la degradación ósea al aumentar la actividad de los osteoclastos.

2. Estimula la activación de vitamina D por parte de los riñones. La vitamina D, a su vez, aumenta la absorción de calcio en el intestino.

3. Estimula la retención de calcio en los riñones y reduce la cantidad de calcio que se elimina normalmente en la orina.

Los osteoclastos de Maggie tenían una actividad extraordinaria y degradaban cantidades excesivas de tejido óseo y sus huesos eran débiles y muy frágiles. Los iones de calcio liberados pasaban a su torrente circulatorio. Para equilibrar las cosas, Maggie estaba absorbiendo demasiado calcio proveniente de su dieta y no excretaba la cantidad adecuada en la orina. En conjunto, estos procesos elevaban anormalmente la concentración de calcio a costa del tejido óseo.

¿Por qué el cuerpo de Maggie no podía mantener la homeostasis? Normalmente, la alta concentración sanguínea de calcio observada en Maggie hubiera inhibido la secreción de PTH por retroalimentación negativa. No fue así en el caso de Maggie, la PTH era secretada desde un tumor y los tumores son sumamente insensibles a la forma de retroalimentación negativa. Por definición, un tumor es una proliferación in

- 6-6 Si usted quisiera extraer algunos blastocitos para crear tejido óseo, ¿dónde los buscaría?
- 6-7 ¿Cómo se denomina la célula ósea que madura en un osteocito?
- 6-8 ¿Qué sucede con el calcio eliminado del tejido óseo por los osteoclastos?
- 6-9 ¿Qué tipo de canal atraviesa longitudinalmente un hueso, el perforante o el central?
- 6-10 ¿Qué es un osteón?
- 6-11 ¿Dónde se encuentran las trabéculas, en el tejido óseo esponjoso o en el compacto?
- 6-12 ¿Qué tipo de tejido óseo se desarrolla a partir de un molde en cartílago, el membranoso o el endocondral?
- 6-13 ¿Cuál es el primer lugar de depósito óseo en la osificación endocondral?
- 6-14 ¿El cartílago articular se desarrolla a partir del pericondrio o del periostio?
- 6-15 ¿Dónde se produce el crecimiento óseo longitudinal, en la epífisis o en la diáfisis?
- 6-16 ¿Sirve una medicación que estimula la actividad osteoblástica para tratar la osteoporosis o la enfermedad de Paget?
- 6-17 Durante la consolidación de una fractura, ¿qué tipo de callo se forma primero?
- 6-18 Señale los componentes del tejido de granulación.
- 6-19 ¿La paratirina estimula la actividad de los osteoblastos o de los osteoclastos?
- 6-20 Una inyección intravenosa de calcio, ¿aumentaría o reduciría la secreción de paratirina?

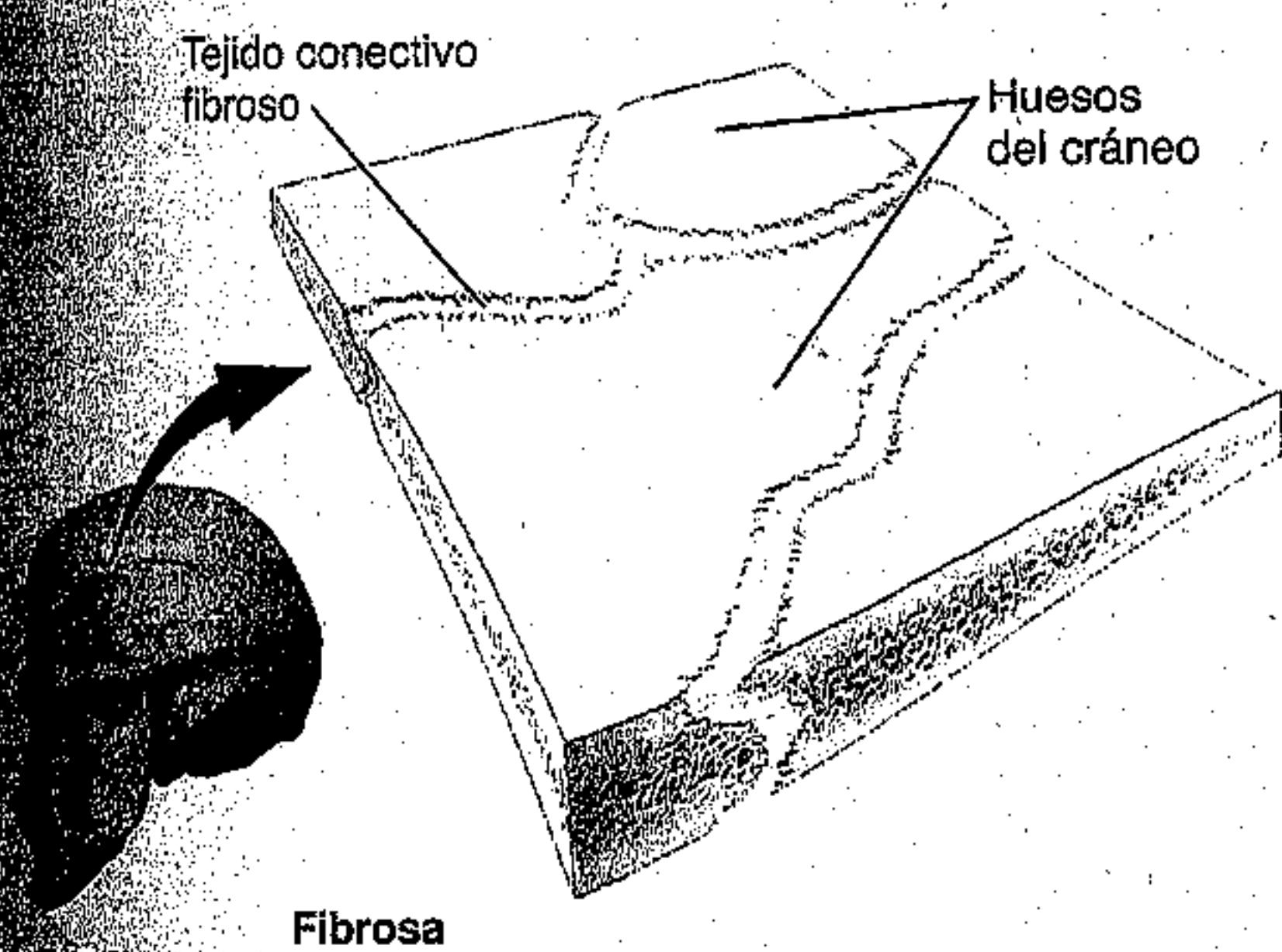
Articulaciones

Salvo el hioides del cuello y los sesamoideos (como la rótula), cada hueso del cuerpo se articula (se une) con otro. El lugar donde se juntan los huesos se llama **articulación**, o *artrosis* (del griego *arthron* = «articulación»). Aunque todas las articulaciones sirven para mantener los huesos juntos, algunas no permiten el movimiento o incluso son casi o totalmente inmóviles. Por ejemplo, los huesos del cráneo están fusionados como si fueran uno, una característica esencial para proteger el cerebro.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, las articulaciones se comportan de modo que permiten el movimiento de las distintas partes del cuerpo. Por ejemplo, las maravillosas actividades que podemos realizar con nuestras manos reflejan los movimientos coordinados de casi todas las articulaciones de los miembros superiores. Para darse una idea, agáchese para desatar y atar los cordones de sus zapatos y preste atención al trabajo de las articulaciones que

participan en ese movimiento. Son tantos los movimientos que se producen al mismo tiempo, que probablemente necesitará verlo varias veces para apreciar del todo cómo el hombro, el codo, la muñeca y cada articulación de la mano trabajan en conjunto para hacerlo posible. Una sola articulación lesionada puede dificultar mucho una actividad tan sencilla como ésta.

FORMA:
Clasificación estructural



FUNCIÓN:
Clasificación funcional

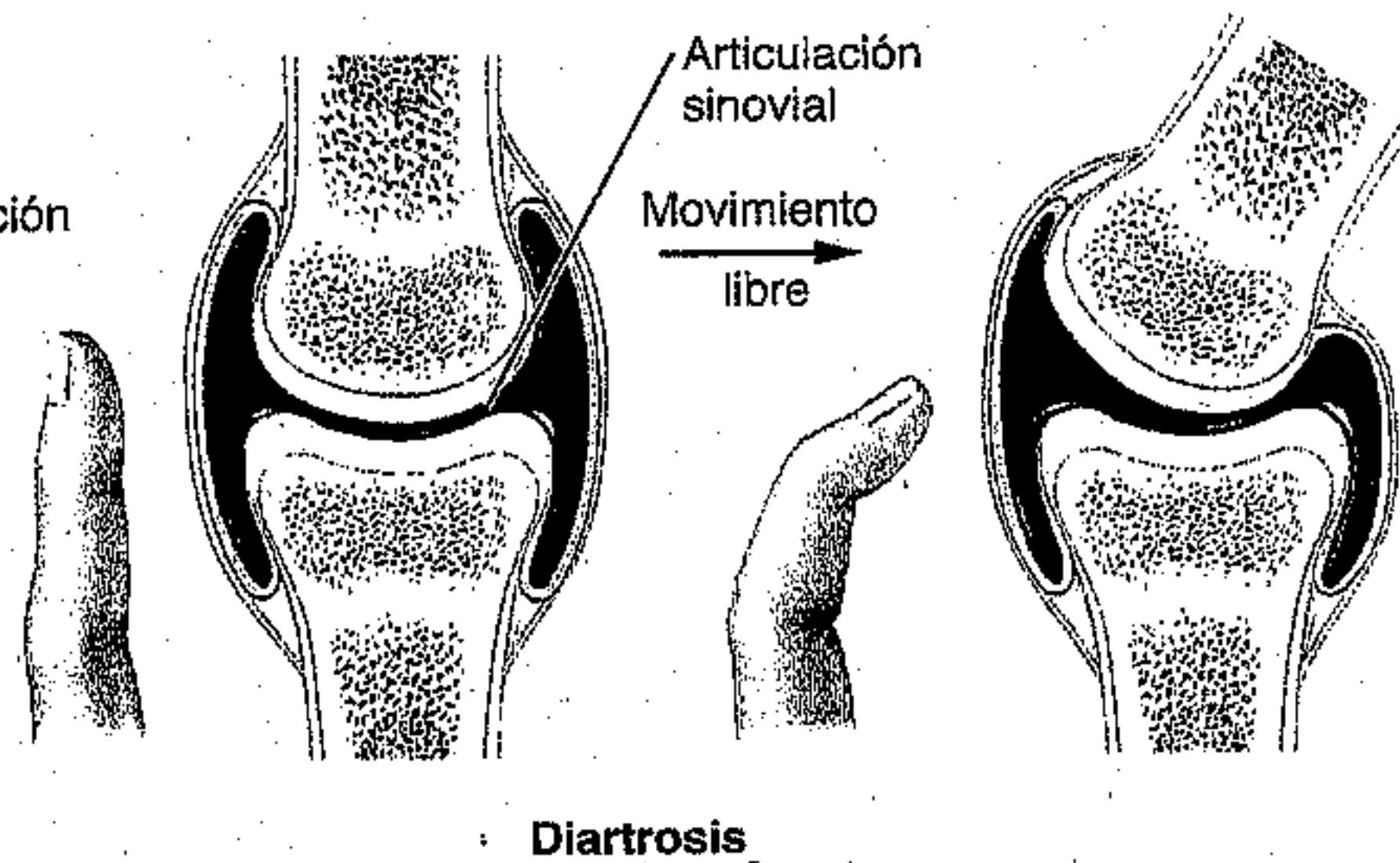
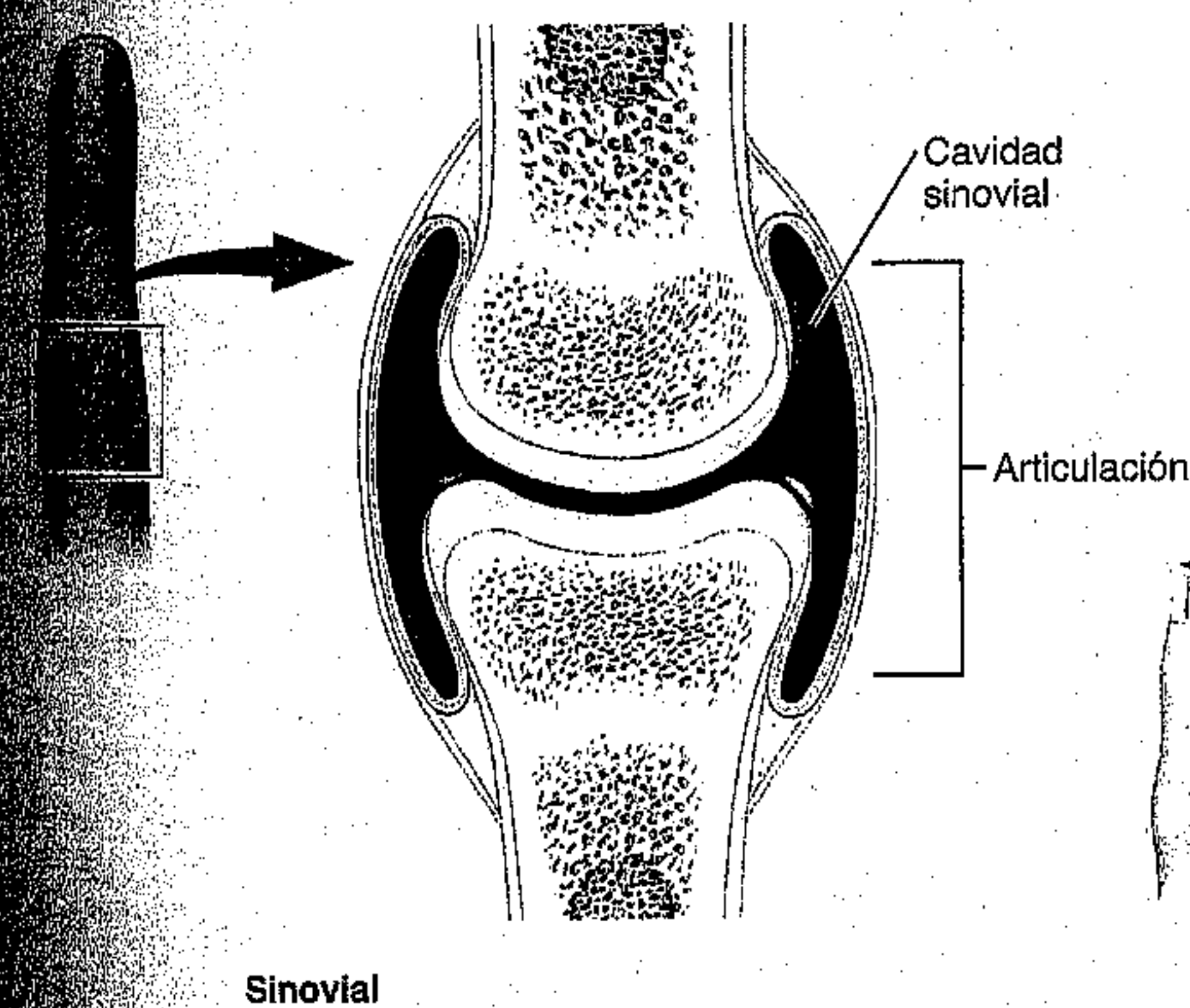
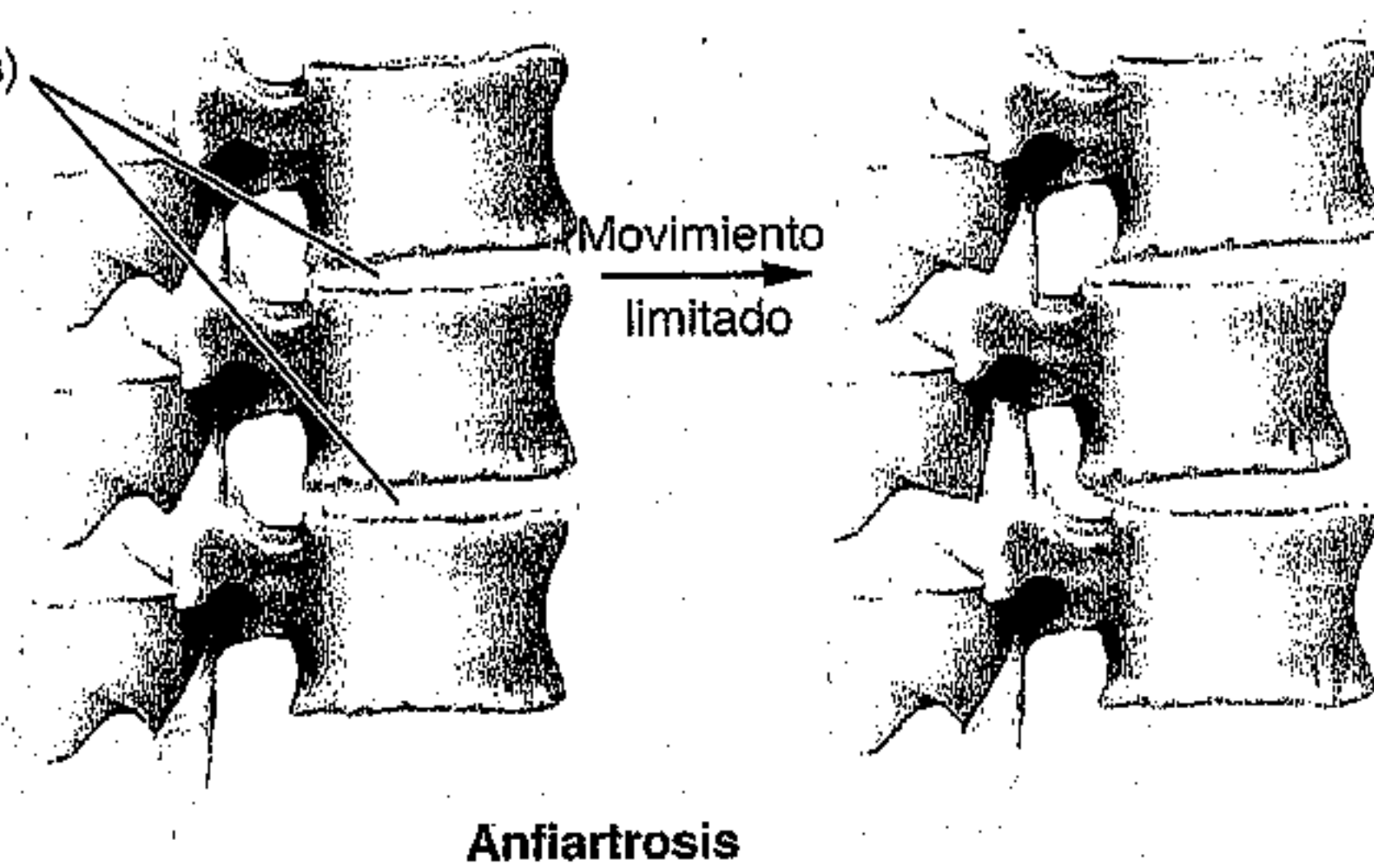
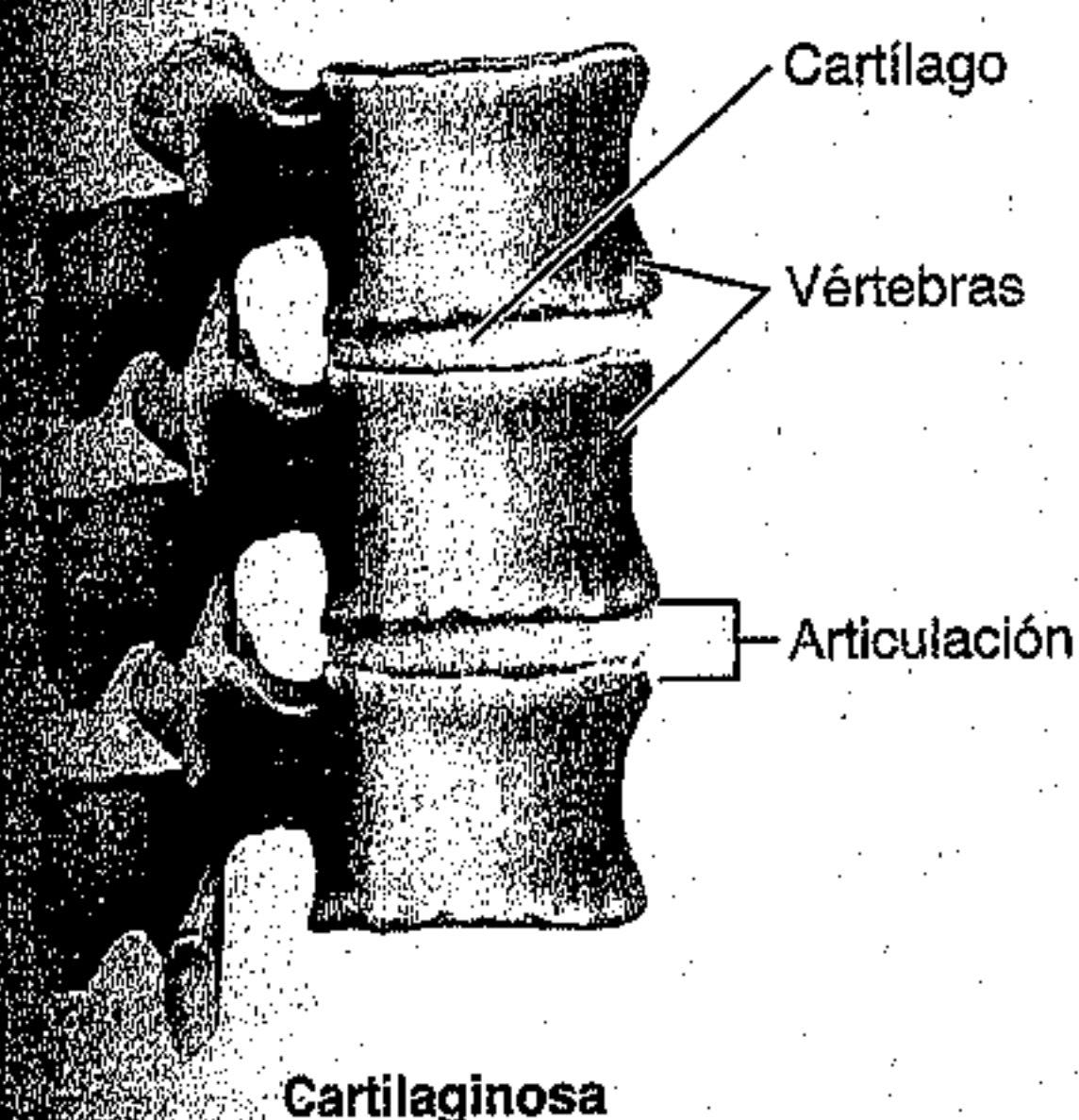
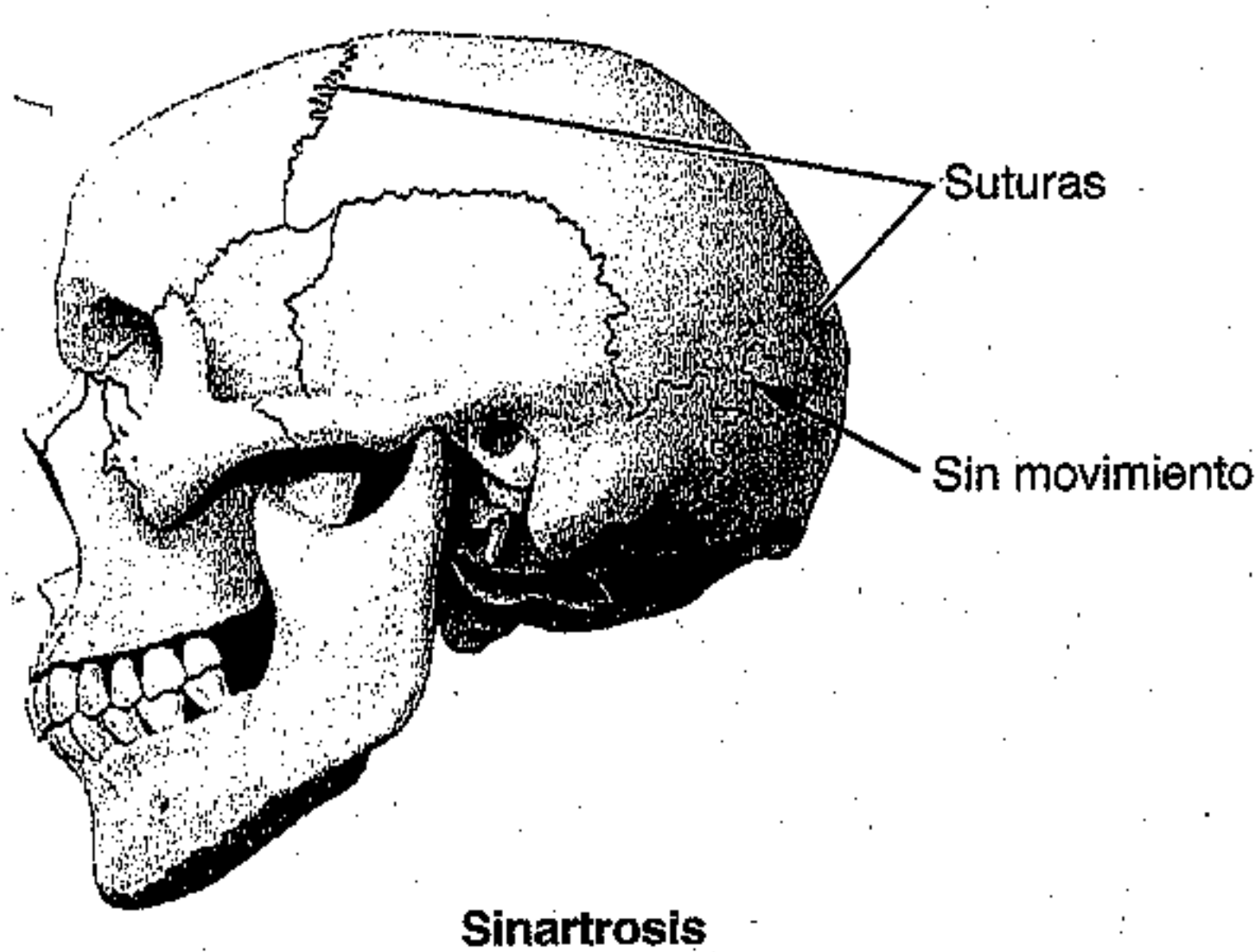


Figura 8-13. Clasificación de las articulaciones. Las articulaciones pueden clasificarse según su forma o su función. ¿Cuál es la clasificación estructural y funcional de las suturas del cráneo?

