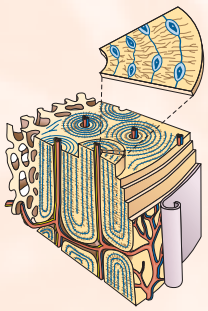
2

Osteología y artrología



Objetivos del aprendizaje

Al finalizar este capítulo, el lector podrá:

- Identificar las funciones de los huesos en el cuerpo humano.
- Comparar y señalar las diferencias entre el hueso esponjoso y el compacto.
- Describir el modo en que los tendones y los ligamentos se insertan en los huesos.
- Identificar los huesos del esqueleto humano y distinguir entre las divisiones axial y apendicular.
- Describir los diferentes tipos y formas de los huesos y relacionarlos con la función.
- Identificar las categorías y las funciones de los reparos óseos en el esqueleto humano.
- Describir cómo se nombran las articulaciones en el cuerpo e identificar todas las articulaciones en las secciones axial y apendicular del esqueleto.
- Clasificar los diferentes tipos de articulaciones en el cuerpo humano por la estructura y la función y dar un ejemplo de cada uno.
- Marcar las estructuras básicas de una articulación sinovial y resumir la función de cada estructura en el cuerpo.
- Identificar los seis tipos de articulaciones sinoviales y proporcionar un ejemplo de cada uno.
- Describir los tres tipos del movimiento accesorio y dar un ejemplo de cada uno.

Índice del capítulo

HUESOS DEL ESQUELETO HUMANO
- Funciones del hueso
  - *Sostén y protección*
  - *Movimiento*
  - *Hematopoyesis*
  - *Almacenamiento de minerales y grasas*
- Tejido óseo
  - *Hueso esponjoso*
  - *Hueso compacto*
- El esqueleto humano

FORMAS DE LOS HUESOS
- Huesos largos
- Huesos cortos
- Huesos planos
- Huesos irregulares

REPAROS ÓSEOS
- Depresiones y aberturas
- Proyecciones que forman articulaciones
- Sitios de inserción

ARTICULACIONES DEL ESQUELETO HUMANO
- Denominación de las articulaciones
- Estructura articular
  - *Articulaciones fibrosas*
  - *Articulaciones cartilaginosas*
  - *Articulaciones sinoviales*
- Función articular
  - *Articulaciones sinartrósicas*
  - *Articulaciones anfiartrósicas*
  - *Articulaciones diartrósicas*

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LAS ARTICULACIONES SINOVIALES
- Anatomía de la articulación sinovial
- Tipos de articulaciones sinoviales

MOVIMIENTOS ACCESORIOS
- Rodamiento
- Deslizamiento
- Espín

Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana

Los huesos del esqueleto humano son estructuras vivientes y cambiantes que reflejan su función en el cuerpo y las exigencias diarias a la que se los expone. Por ejemplo, los huesos presentan reparos específicos (depresiones, crestas, protuberancias y otras características) según las fuerzas que actúan sobre ellos. Estas fuerzas son la compresión de la gravedad y la tensión de los músculos y los tendones.

La mayoría de los huesos se conecta con otros formando articulaciones, estructuras complejas que varían en su capacidad de moverse de acuerdo con su forma y composición. Algunas articulaciones tienen poco o ningún movimiento, mientras que otras se mueven considerablemente y en varias direcciones. En este capítulo describimos la estructura y las funciones de los huesos y las articulaciones. La comprensión de la anatomía funcional de estas estructuras es esencial para entender el movimiento humano. El tipo y la dirección del movimiento disponible en una articulación influirán en la configuración y la función de las estructuras asociadas, como los ligamentos y los músculos.

HUESOS DEL ESQUELETO HUMANO

El aprendizaje de la función básica, la estructura y la clasificación de los huesos nos ayuda a comprender el movimiento humano. El prefijo *osteo-* significa hueso. La **osteología**, el estudio de los huesos, examina cómo estos se desarrollan y responden a nuestro ambiente.

Funciones del hueso

Los huesos cumplen cuatro funciones principales en el cuerpo: sostén y protección, palancas para el movimiento, hematopoyesis y almacenamiento de minerales y grasas.

Sostén y protección

El esqueleto humano es un armazón que sostiene todos los tejidos blandos del cuerpo y protege muchos órganos fundamentales. Por ejemplo, las vértebras cervicales sostienen el cráneo, la caja torácica da sostén a los tejidos blandos del tórax y los huesos de los miembros inferiores soportan todo el peso del cuerpo cuando estamos parados y caminamos. Muchos huesos son protectores: el cráneo protege el cerebro de los traumatismos y las vértebras de la columna vertebral protegen la médula espinal. La función protectora de los huesos también se evidencia en la arquitectura de la caja torácica, que protege el corazón y los pulmones.

Movimiento

Los huesos también actúan como palancas rígidas sobre las cuales traccionan los músculos para producir movimientos. Cuando el cuerpo se sienta o se para en una position estacionaria, una interacción organizada entre músculos, huesos y fuerzas externas, como la gravedad, actúa para mantener la posición en el espacio. Para crear y controlar el movimiento se necesitan interacciones más complejas.

Hematopoyesis

Ciertos tipos de huesos tienen una cavidad interior que contiene **médula ósea roja**, un tejido conectivo laxo donde se forman las células sanguíneas. Este proceso de producción de células sanguíneas se denomina **hematopoyesis** y ocurre sobre todo en el cráneo, la pelvis, las costillas, el esternón y los extremos del fémur y el húmero. Durante la infancia la médula ósea roja también se encuentra dentro del cuerpo de los huesos largos. En la adultez, esta médula roja se convierte en médula amarilla, compuesta sobre todo de tejido graso. La médula amarilla actúa como reserva para la hematopoyesis y puede convertirse de nuevo en médula roja si fuera necesaria la formación masiva de células sanguíneas.

Almacenamiento de minerales y grasas

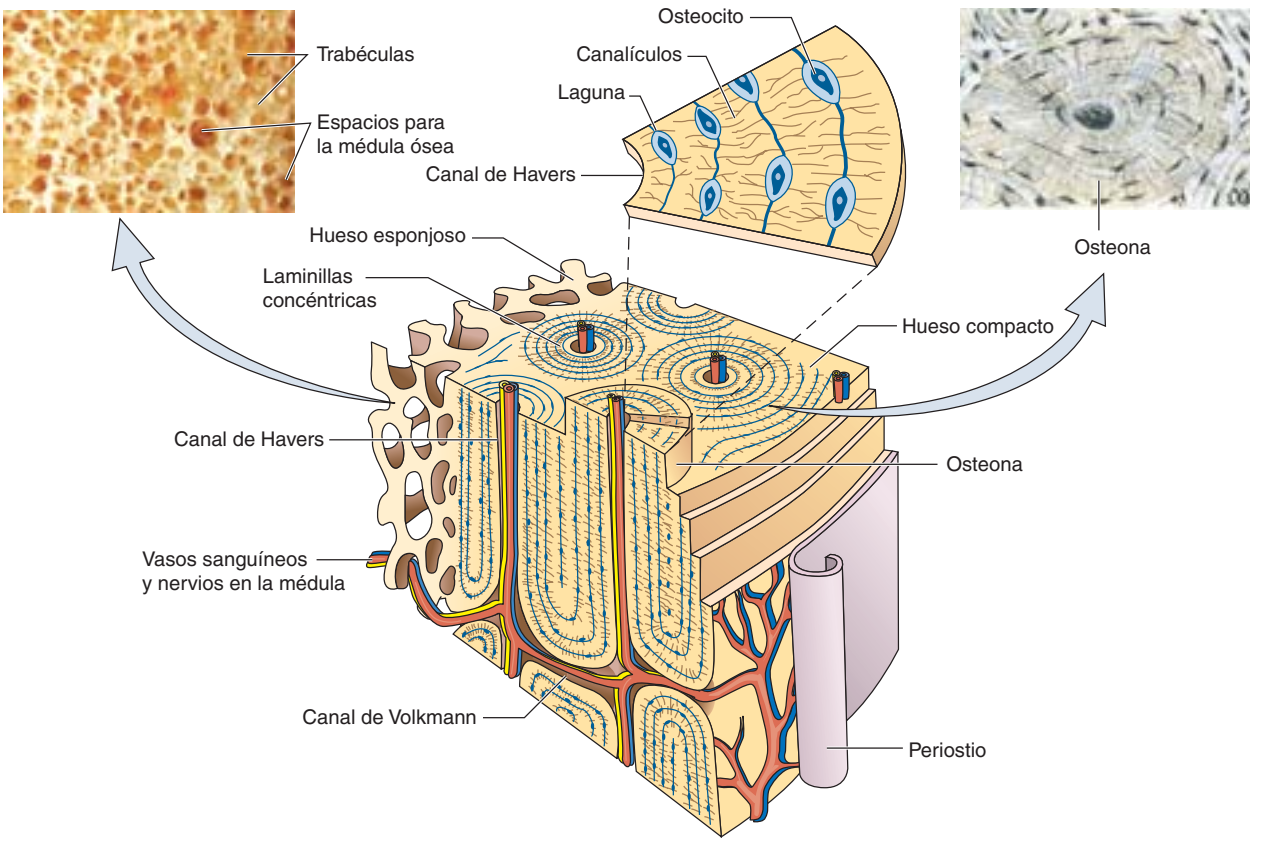
El almacenamiento de minerales dentro de los huesos es, en parte, lo que determina su rigidez. Los minerales como el **calcio** y el **fosfato** crean el "cemento" de los huesos, que forman cristales que se depositan a lo largo de las fibras de colágeno del hueso. Estos minerales no sólo le confieren a los huesos su dureza, sino que pueden reabsorberse para cumplir funciones químicas fundamentales en el cuerpo. Por ejemplo, el calcio es alcalino (una base) y el cuerpo lo utiliza para ayudar a mantener el equilibrio ácido-base de la sangre. Si la sangre se hace demasiado ácida, el calcio depositado en los huesos sale para estabilizar el pH sanguíneo. El calcio también se usa para transmitir los impulsos nerviosos, ayudar a la contracción muscular, mantener la tensión arterial e iniciar la coagulación sanguínea tras una lesión. Es necesario consumir cantidades adecuadas de calcio, fosfato y otros minerales óseos o el "banco de almacenamiento" en nuestros huesos puede agotarse y reducirse su densidad. Esto puede traer como consecuencia una enfermedad llamada *osteoporosis* (que en sentido literal significa *hueso poroso*) y un riesgo mayor de fractura.

Aunque es tentador pensar en el esqueleto humano como una estructura rígida y estática, en realidad esta estructura es dinámica y receptiva, y se ajusta a las fuerzas que encuentra. Este fenómeno se describe por la **ley de Wolff**, que indica que "el hueso se forma en las áreas de tensión y se reabsorbe en áreas donde no hay tensión". Es decir, los huesos, al igual que los músculos, cambian a lo largo de nuestras vidas de acuerdo a cómo los utilizamos. Esta capacidad adaptativa será aclarada con mayor profundidad cuando describamos el tejido óseo.

Tejido óseo

Recuérdese del Capítulo 1 que el tejido óseo es un ejemplo de tejido conectivo de sostén. Casi todos los huesos del cuerpo contienen dos tipos de tejido óseo: el **esponjoso** y el **compacto**. Ambos se crean y se mantienen mediante dos tipos de células óseas llamados **osteocitos** *(osteo-* significa hueso y *–-cyte* significa célula). Los **osteoblastos** son osteocitos que forman hueso. Depositan cristales que contienen calcio a lo largo de la red estructural que forman las

Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana



2-1. Tejido óseo. En esta imagen pueden observarse el hueso esponjoso interno y el hueso compacto externo. Nótese el sistema de canales de transporte, que incluyen el *canal de Havers, el canal de Volkmann* y los *canalículos* diminutos. Los anillos concéntricos de *laminillas* se observan en las imágenes superior y lateral. Una única *osteona* se origina en la parte superior, que destaca el sistema de células óseas *(osteocitos),* las cavidades que los albergan (*lagunas*), el canal de Havers central y sus canalículos correspondientes. El *periostio* forma un tejido conectivo protector que rodea el hueso. La microfotografía (izquierda) de hueso esponjoso muestra claramente su naturaleza esponjosa. Las manchas pequeñas y oscuras en la microfotografía (derecha) de hueso compacto son osteocitos dentro de su laguna. Las áreas oscuras más grandes indican los canales de Havers centrales.

fibras de colágeno en la matriz extracelular. A medida que tensiones nuevas y diferentes ponen en tensión al hueso a lo largo de la vida, los **osteoclastos** degradan el hueso viejo usando sustancias químicas que liberan los cristales minerales y el calcio almacenado hacia el torrente sanguíneo. Esta acción prepara el camino para que los osteoblastos formen hueso nuevo. Este trabajo constante de los osteoclastos y los osteoblastos para degradar y formar hueso asegura la fuerza máxima con masa y peso mínimos.

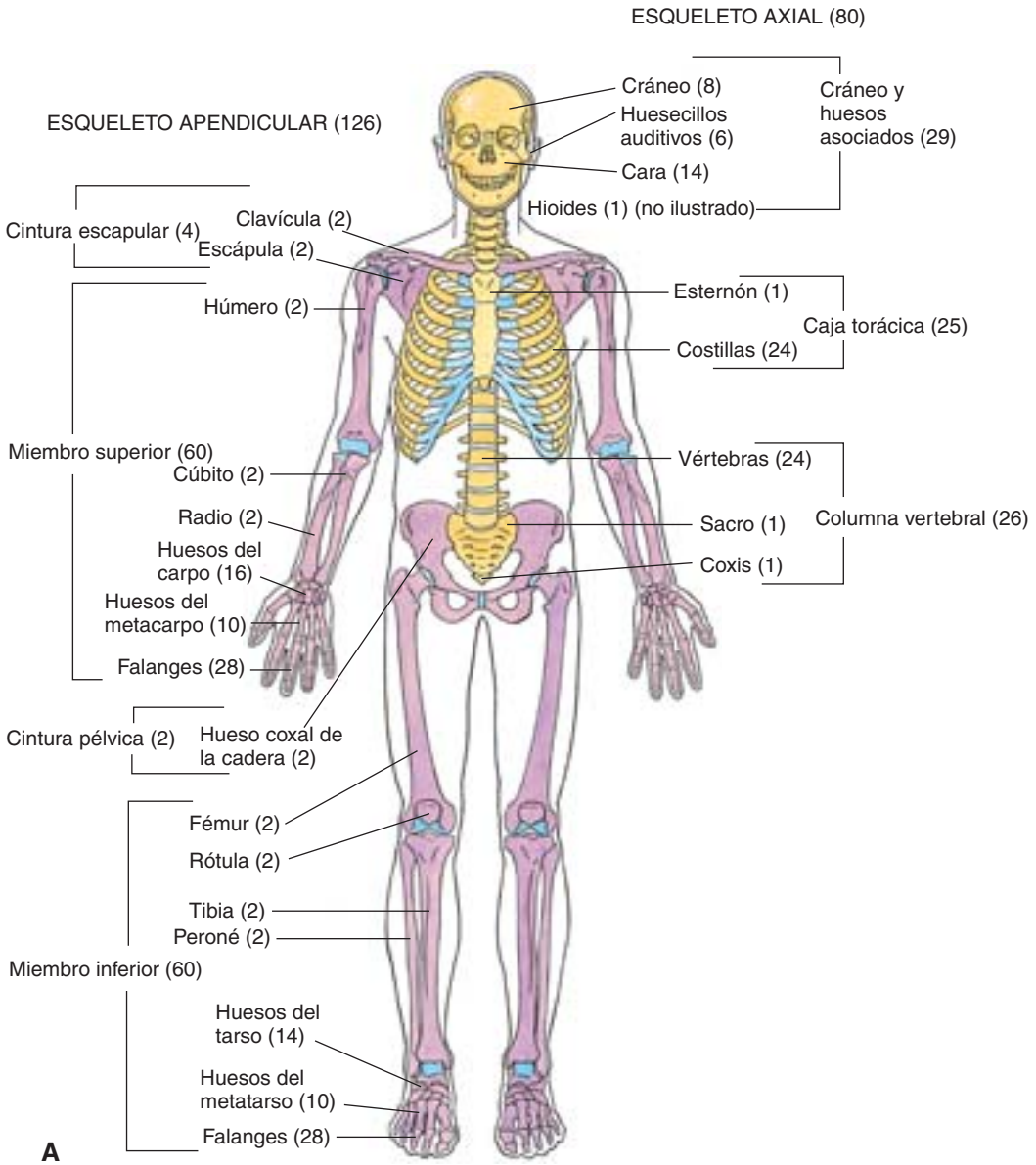
Hueso esponjoso

El hueso esponjoso es un enrejado tridimensional de tejido óseo poroso relleno con médula ósea roja (Fig. 2-1). Es menos denso que el hueso compacto y se asemeja a la esponja de uso doméstico. La red estructural ósea, o **trabéculas**, del hueso esponjoso se forma y modifica de acuerdo con las líneas de tensión. Esto proporciona la máxima fuerza posible, como las abrazaderas utilizadas para soportar una construcción. El hueso esponjoso suele encontrarse en el centro del hueso, en la profundidad del hueso compacto. El hueso esponjoso central se nutre por medio de un sistema de vasos sanguíneos que emergen de los canales dentro del hueso compacto externo más denso.

Hueso compacto

Como se ve en la Figura 2-1, lo primero que se nota acerca del hueso compacto es cuánto más denso es que el hueso esponjoso. Hay varias características presentes, como las cavidades diminutas dentro de la matriz ósea que alberga los osteocitos. Estas cavidades se denominan **lagunas** y están dispuestas en círculos concéntricos (denominados **laminillas**) alrededor de los canales de Havers centrales. Nótese que los vasos sanguíneos y los nervios discurren dentro de estos canales, lo que permite la nutrición del tejido. En conjunto, las laminillas y los canales de Havers forman la unidad funcional del hueso, llamada **osteona** (o *sistema de Havers).* Estas unidades recuerdan a los anillos del tronco de un árbol.

De los canales de Havers centrales irradian varios canales. Los **canalículos**, literalmente "canales diminutos", penetran la matriz del hueso compacto y llevan vasos san-



2-2. El esqueleto humano. En el esqueleto humano típico hay 206 huesos, 80 en el esqueleto *axial* (en amarillo) y 126 en el esqueleto *apendicular* (en rosa) **A.** Imagen anterior. *(continúa)*

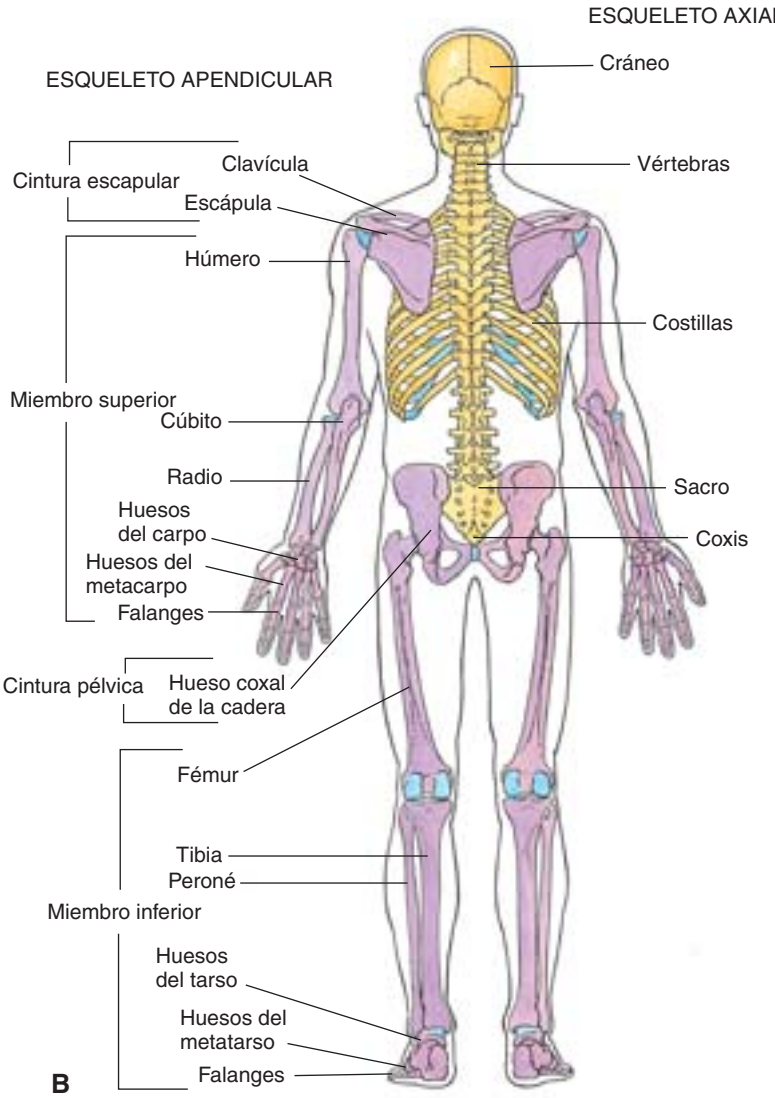
guíneos y ramos nerviosos diminutos a los osteocitos de la periferia. Los **canales de Volkmann** (también denominados *canales perforantes*) discurren en forma perpendicular a los canales de Havers. Ellos completan el recorrido desde la superficie del hueso hasta su interior.

Como puede verse en la Figura 2-1, todo este complejo está cubierto por un tejido conectivo denso denominado **periostio,** que rodea el hueso, lo nutre y lo protege. Esta cubierta está bien irrigada por vasos sanguíneos, que alimentan el hueso y los nervios y posibilitan la comunicación como advertencia del impacto mecánico. El periostio también participa en la regeneración del tejido óseo y en la formación de hueso nuevo después de una lesión, como ser una fractura.

El esqueleto humano

Los 206 huesos del esqueleto humano pueden dividirse en dos partes (Fig. 2-2). El **esqueleto axial** forma el "eje"

Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana



2-2. El esqueleto humano. B. Imagen posterior.

del cuerpo; es decir, forma el centro del cuerpo. Está formado por los huesos de la cabeza y el tronco, como el cráneo y los huesos asociados, hioides, esternón, costillas, vértebras, sacro y coxis. El esqueleto adulto típico contiene 80 huesos en la división axial.

El **esqueleto apendicular** está "agregado" al axial. En un adulto típico, contiene 126 huesos dispuestos en las siguientes estructuras:

- La *cintura escapular* incluye la clavícula y la escápula.
- El *miembro superior* incluye el húmero, el radio, el cúbito, los huesos del carpo, del metacarpo y las falanges.
- La *cintura pélvica* incluye el hueso coxal *(coxa* significa cadera) que en realidad consta de tres huesos fusionados (el ilion, el isquion y el pubis).
- El *miembro inferior* incluye el fémur, la tibia, el peroné, los huesos del tarso, del metatarso y las falanges.

Los miembros superiores e inferiores, o *apéndices,* son esenciales para el movimiento independiente y la interacción completa con el ambiente, si bien las sillas de ruedas, los miembros artificiales y otros dispositivos han hecho posible vivir una vida gratificante sin ellos.

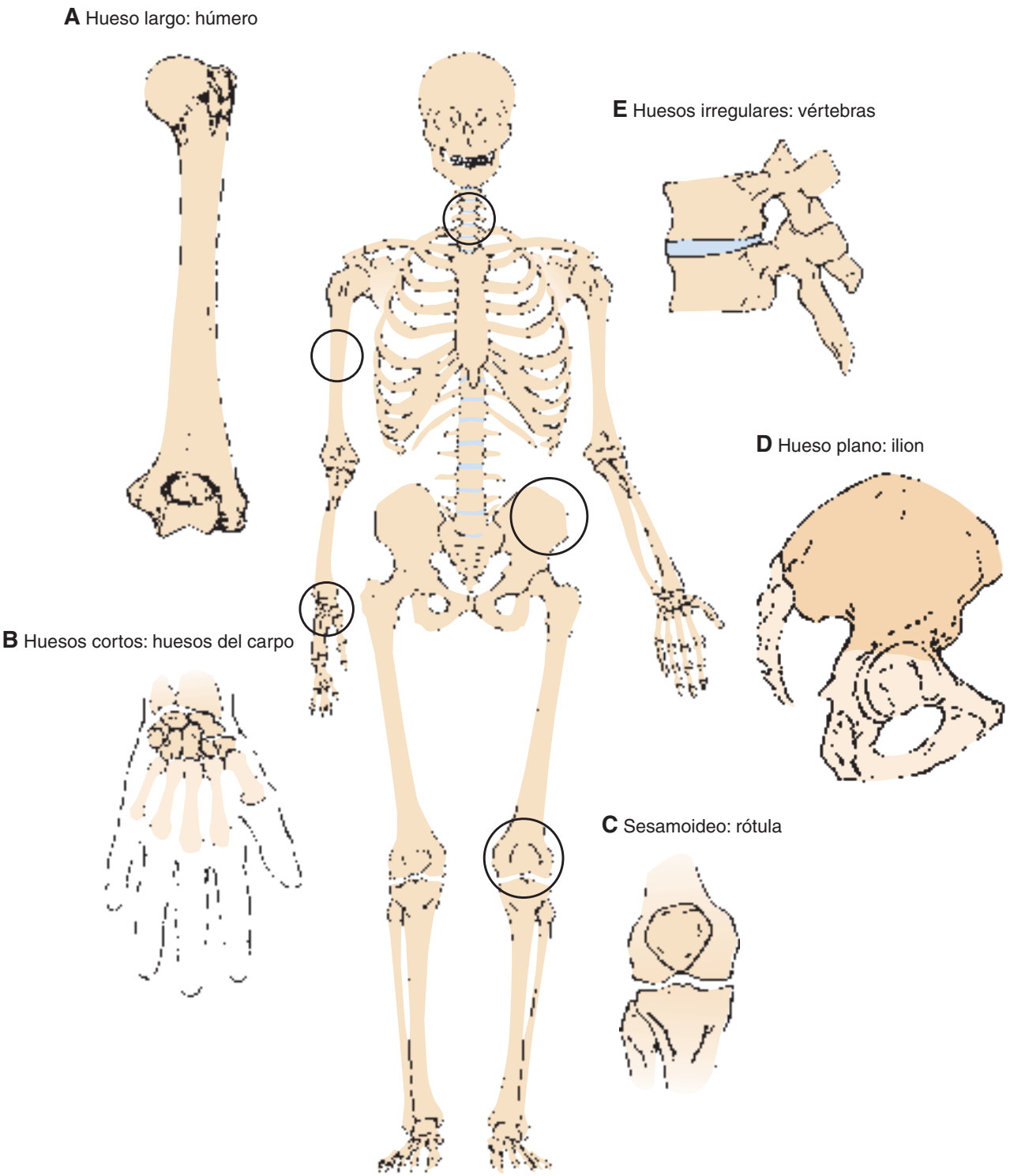
FORMAS DE LOS HUESOS

Dependiendo de su función, los huesos tienen diversas formas y tamaños (Fig. 2-3). Algunos son largos y delgados, otros pequeños y cuadrados, y algunos tienen una configuración única.

Huesos largos

Los **huesos largos** son más largos que anchos (Fig. 2-3A). Estos huesos se dividen en una **diáfisis** (cuerpo) y dos **epífisis** (los extremos protuberantes). La diáfisis está formada por hueso compacto con un tejido conectivo especializado denominado *médula,* que rellena la porción central hueca, denominada **cavidad medular**. Durante la infancia, esta cavidad está llena de médula roja, que sintetiza las células de la sangre. Cuando el individuo alcanza la adultez,

Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana



2-3. Formas de los huesos. A. Hueso largo (húmero). **B.** Huesos cortos (huesos del carpo). **C.** Sesamoideo (rótula). **D.** Hueso plano (ilion). **E.** Huesos irregulares (vértebras).

Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana

alrededor de la mitad de la médula roja ya se ha transformado en médula amarilla rica en grasa.

Cada epífisis está formada por hueso esponjoso rodeado por una capa delgada de hueso compacto. La región en la que la epífisis se encuentra con la diáfisis se denomina **placa epifisaria** o *placa de crecimiento.* Los huesos largos crecen en longitud gracias al desarrollo y la **osificación** del cartílago hialino en esta placa. En el proceso de osificación, los osteoblastos forman tejido óseo, que por último reemplaza el cartílago. La osificación termina en la adultez temprana, cuando las placas epifisarias son sustituidas por completo por hueso y se *cierran.*

Las superficies externas de la epífisis suelen estar recubiertas por cartílago hialino en los sitios donde ellas se articulan con otros huesos. Esto proporciona una superficie lisa que reduce la fricción en las uniones entre huesos. Ejemplos de huesos largos en el cuerpo humano son el húmero, el radio, el cúbito, el fémur, la tibia y el peroné.

Huesos cortos

Los **huesos cortos**, que tienden a ser cúbicos, están formados sobre todo por hueso esponjoso (Fig. 2-3B). Una capa delgada de hueso compacto rodea el hueso esponjoso. Los huesos del carpo de la muñeca y los del tarso del pie son huesos cortos. Las redes formadas por múltiples huesos cortos en estas localizaciones permiten los movimientos complejos y finos de la mano y el pie.

Un hueso corto especializado, llamado **sesamoideo,** es de particular importancia para el movimiento humano (Fig. 2-3C). Estos huesos se asemejan a las semillas de sésamo y se forman dentro de los tendones. Los sesamoideos fortalecen el tendón y mejoran la mecánica de tracción del músculo o músculos correspondientes. El sesamoideo más grande en el cuerpo humano es la rótula, pero los hay más pequeños en la mano y en el pie.

Huesos planos

Los **huesos planos** son delgados y aplanados, y tienden a ser curvos (Fig. 2-3D). Estos huesos no se desarrollan por cartílago hialino, sino por la osificación de una red fibrosa. Una vez maduros, están formados por una capa delgada de hueso esponjoso rodeado por hueso compacto. El hueso esponjoso en el centro de estos huesos planos es un sitio de la hematopoyesis. La mayoría de los huesos del cráneo, el esternón, la escápula, las costillas y el ilion son ejemplos de huesos planos.

Huesos irregulares

Los **huesos irregulares** son los que tienen formas singulares y únicas y, por consiguiente, no se adaptan a las categorías anteriores (Fig. 2-3E). Las vértebras, con sus formas y funciones exclusivas, y el isquion y el pubis de la pelvis se consideran irregulares.

REPAROS ÓSEOS

Con el tiempo, los huesos tienen o desarrollan reparos específicos que participan en varias funciones. Cada reparo óseo tiene un nombre exclusivo que ayuda a indicar su objetivo y su localización. En el Cuadro 2-1 se enumeran los términos más frecuentes para estas referencias.

Depresiones y aberturas

Las **depresiones** son cavidades y canales que albergan músculos, tendones, nervios y vasos sanguíneos. Los médicos distinguen dos tipos de depresiones. Una *fosa* es una depresión poco profunda. Hay una fosa en el extremo distal del húmero y una fosa en el ilion de la pelvis. Un *surco* es una depresión estrecha y alargada, como la que se encuentra entre los dos tubérculos en la porción proximal del húmero.

Las **aberturas** son orificios y canales que permiten el pasaje de nervios, vasos sanguíneos, músculos y tendones. También crean cavidades llenas de aire denominadas *senos.* Los términos utilizados para describir las aberturas son *fisura, agujero* y *meato*. Una *fisura* es una hendidura algo parecida a una grieta o una rendija en un hueso. Un ejemplo es la fisura orbitaria superior del cráneo detrás del ojo. Un *agujero* (*foramen*) es una abertura circular, pequeña o grande, como el agujero occipital (*foramen magnum*), que permite el pasaje de la médula espinal para conectarla con el tronco encefálico. Un *meato* es un pasadizo, especialmente la abertura externa de un canal. Un ejemplo es el conducto auditivo externo del hueso temporal.

Proyecciones que forman articulaciones

Varias **proyecciones** pueden encontrarse en los huesos que ayudan a formar las articulaciones. Tienden a ubicarse en los extremos de los huesos e incluyen *cóndilos* redondeados, *carillas* planas y *cabezas* grandes de los huesos largos y *ramas,* que forman rebordes óseos.

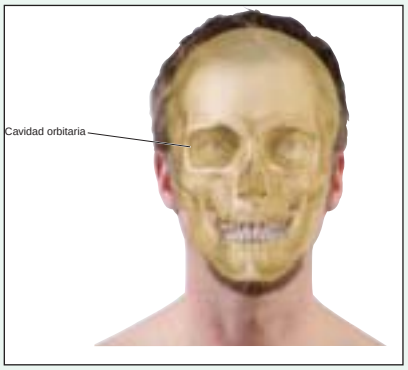
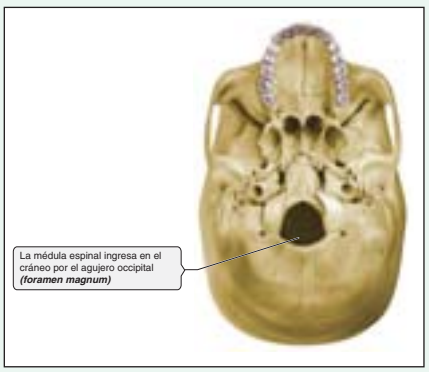
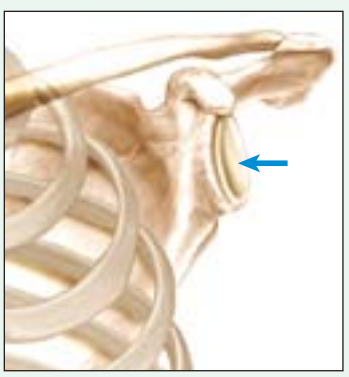
Sitios de inserción

Las protuberancias y los rebordes indican **sitios de inserción** de tendones y ligamentos. Sus tamaños y formas varían según el tipo y la cantidad de fuerza que los crean. Algunos son largos y estrechos, como las *crestas*, las *líneas* o los *rebordes*. Otros son redondeados, como los *tubérculos*, las *tuberosidades* o los *trocánteres*. *Epicóndilos, apófisis* y *espinas* son otras prominencias donde los tejidos blandos se conectan con el hueso.

Algunas de estas características óseas están presentes al nacer, mientras que otras se desarrollan en respuesta a fuerzas de tensión sobre el esqueleto. Por ejemplo, el orificio auditivo externo del hueso temporal está presente al nacer. Por el contrario, la apófisis mastoidea (protuberancia grande ubicada directamente detrás del oído) se desarrolla en el transcurso de varios años, cuando los músculos del cuello traccionan sobre esta inserción ósea. Por lo tanto, el hueso tiene la capacidad de desarrollar prominencias donde se insertan los ligamentos y los tendones. Esta capacidad, además de cambiar las configuraciones trabeculares del hueso esponjoso e incrementar el espesor del hueso compacto, hace del esqueleto una estructura muy adaptativa.

Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana

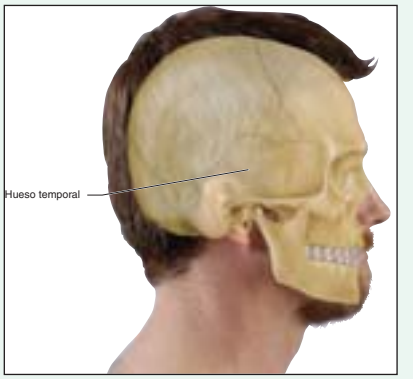
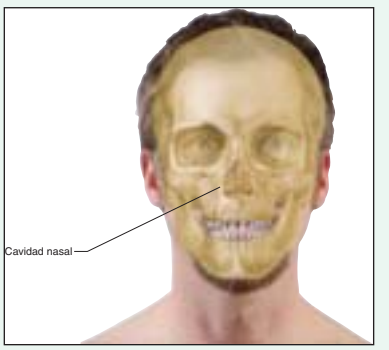
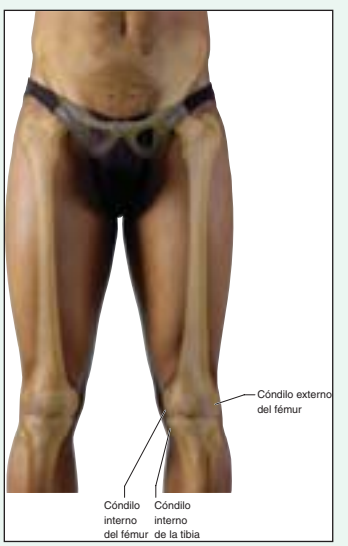
CUADRO 2-1. REFERENCIAS ÓSEAS

Tipo de marca ósea	Descripción	Ejemplo	Ilustración
Fisura	Arruga profunda, hendidura o rendija	Fisuras orbitarias del cráneo	
Agujero (*foramen*)	Abertura redonda a través del hueso	Agujero occipital (*foramen magnum*) del cráneo	
Fosa	Depresión larga	Fosa glenoidea de la escápula	
Surco	Depresión alargada y estrecha	Corredera bicipital del húmero	

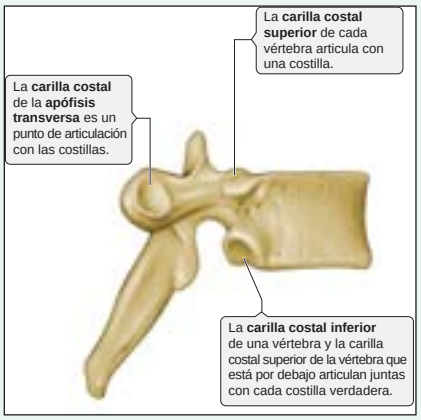
(Continúa)

Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana

CUADRO 2-1. REFERENCIAS ÓSEAS *(continuación)*

Tipo de marca ósea	Descripción	Ejemplo	Ilustración
Meato	Pasaje o canal	Conducto auditivo externo del hueso temporal	
Seno	Cavidad o espacio hueco en el hueso	Seno del etmoides	
Proyecciones que forman articulaciones:			
Cóndilo	Proyección articular redondeada	Cóndilos del fémur	

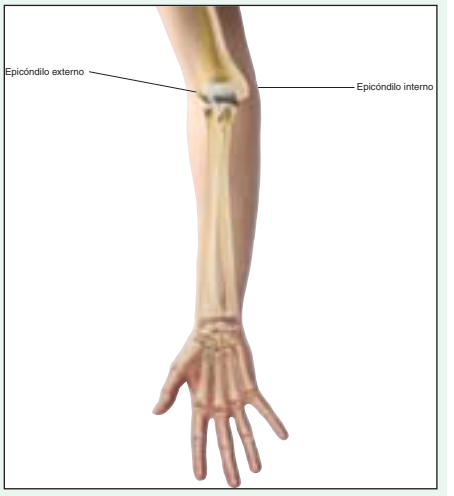
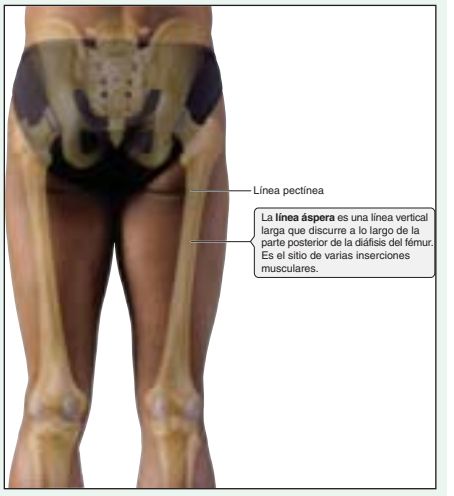
CUADRO 2-1. REFERENCIAS ÓSEAS *(continuación)*

Tipo de marca ósea	Descripción	Ejemplo	Ilustración
Carilla	Área lisa y pequeña	Carilla costal de las vértebras torácicas	
Cabeza	Extremidad redondeada que protruye del cuello estrecho	Cabeza del peroné	
Rama	Parte que se proyecta, apófisis alargada o rama	Rama de la mandíbula	

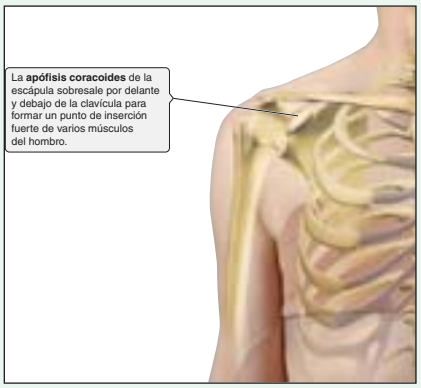
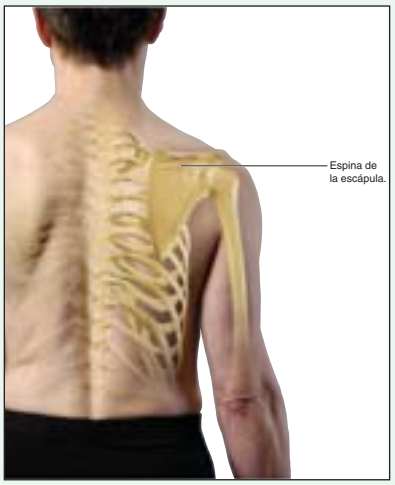
(Continúa)

Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana

CUADRO 2-1. REFERENCIAS ÓSEAS *(continuación)*

Tipo de marca ósea	Descripción	Ejemplo	Ilustración
Proyecciones que son sitios de inserción:			
Cresta	Prominencia estrecha o reborde	Cresta ilíaca	
Epicóndilo	Prominencia en un cóndilo o por arriba de éste	Epicóndilos del húmero	
Línea	Reborde, menos prominente que una cresta	Línea áspera del fémur	

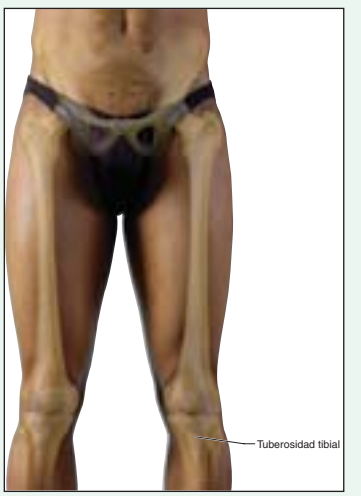
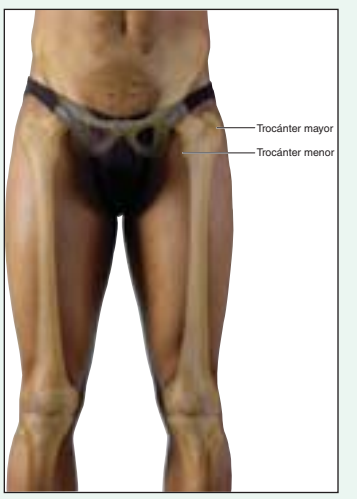
CUADRO 2-1. REFERENCIAS ÓSEAS *(continuación)*

Tipo de marca ósea	Descripción	Ejemplo	Ilustración
Apófisis	Toda prominencia ósea	Apófisis coracoides de la escápula	
Reborde	Elevación lineal	Reborde supracondíleo del húmero	
Espina	Prominencia delgada y filosa	Espina de la escápula	

(Continúa)

Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana

CUADRO 2-1. REFERENCIAS ÓSEAS *(continuación)*

Tipo de marca ósea	Descripción	Ejemplo	Ilustración
Tubérculo	Prominencia pequeña y redondeada	Tubérculo aductor del fémur	
Tuberosidad	Prominencia grande, redonda y rugosa	Tuberosidad tibial	
Trocánter	Prominencia grande y roma que sólo se encuentra en el fémur	Trocánter mayor	

Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana

ARTICULACIONES DEL ESQUELETO HUMANO

Los huesos se reúnen para formar articulaciones. El prefijo *arthr-* indica articulaciones. La artrología es el estudio de las articulaciones y cómo y por qué estas se mueven en su recorrido.

Denominación de las articulaciones

Muchas articulaciones se denominan según los huesos que se articulan (entran en contacto) para formarlas. Por ejemplo, el húmero del brazo articula con el cúbito del antebrazo. Para nombrar esta articulación, simplemente se modifican levemente los nombres de los dos huesos al unirlos. Así, estos huesos forman la articulación *humerocubital* (humero + cubit(o) + al). En general, el hueso más grande o más estable se menciona primero, seguido por el hueso más pequeño o más móvil.

Algunas veces, un hueso participa en más de una articulación. Esto es válido para la escápula, que forma dos articulaciones. En estos casos, mencionamos la articulación según el reparo óseo que la forma. Dado que la escápula articula con el húmero en la fosa glenoidea, la articulación que forman se denomina articulación *glenohumeral* (gleno + humer(o) + al). La escápula también articula con la clavícula en la apófisis acromion para formar la articulación *acromioclavicular* (acromio + clavicul(a) + ar).

Hay escasas excepciones a estas reglas. Por ejemplo, la articulación de la cadera se denomina articulación *coxal*. Aquí, el fémur articula con el hueso coxal o hueso de la cadera, formado por el ilion, el isquion y el pubis. Si se utiliza la regla de hueso + hueso, sería articulación ilioisquiopubofemoral. ¡Parece un trabalenguas! Usar el término "articulación coxal" es mucho más simple. Como otro ejemplo, el nombre clínico para la articulación del tobillo es el de articulación *talocrural*. Tres huesos, la tibia, el peroné y el talus (el latín para astrágalo), forman esta articulación, pero el nombre proviene de *talus* más la región del cuerpo (crural = pierna) a la que conecta.

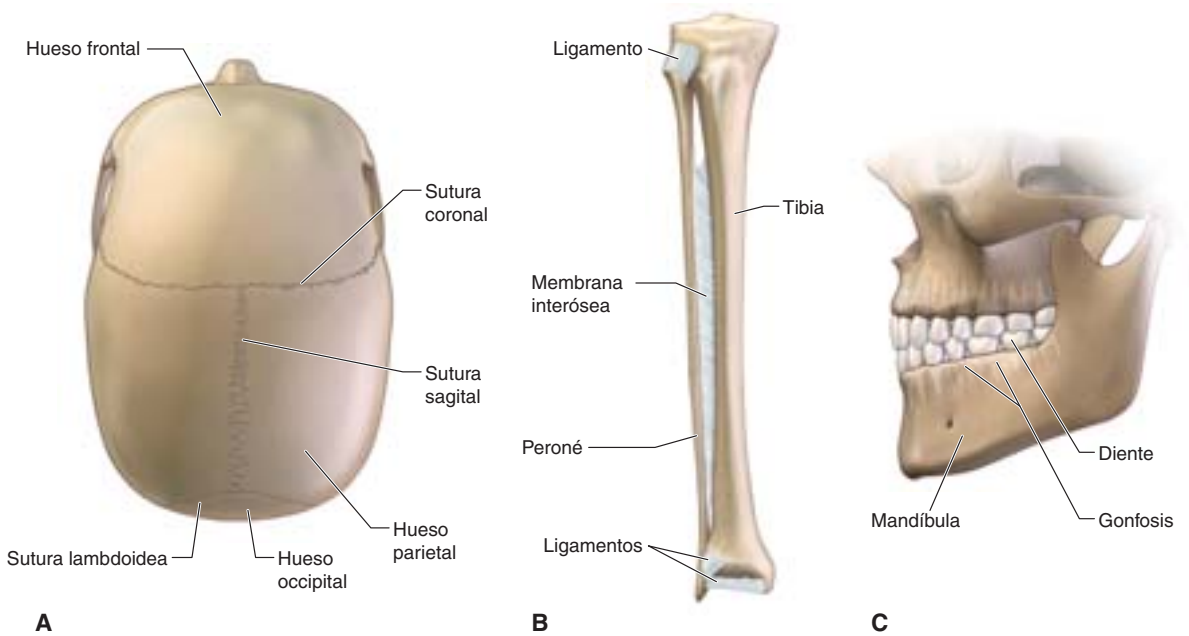
Estructura articular

Cuando se describen articulaciones se utilizan tres categorías estructurales principales: fibrosa, cartilaginosa y sinovial.

Articulaciones fibrosas

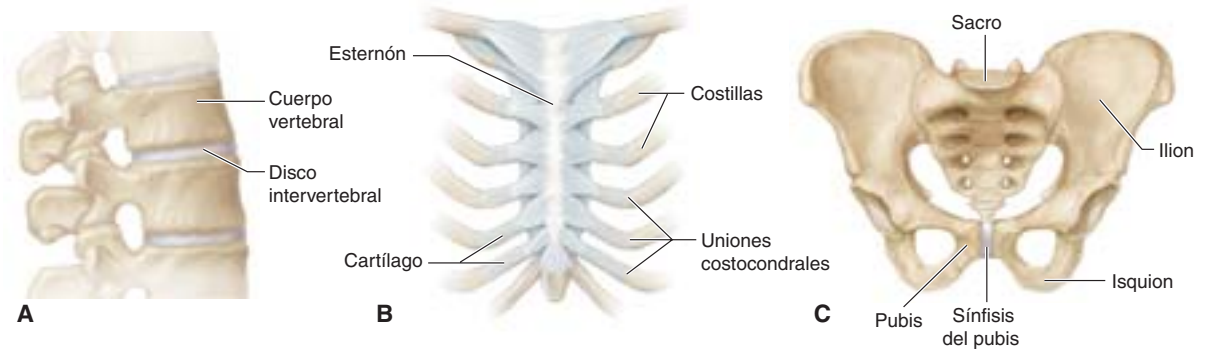
Las **articulaciones fibrosas** construyen conexiones firmes entre los huesos. Hay una cavidad articular mínima (o espacio entre las superficies articulares) y un tejido conectivo denso-colágeno que sostiene los huesos estrechamente unidos. En estas articulaciones sólo es posible un escaso o nulo movimiento; por lo tanto, son el tipo más estable. Existen tres tipos de articulaciones fibrosas:

- **Suturas:** (Fig. 2-4A) son conexiones periósticas continuas entre los huesos, como entre los huesos del cráneo.
- **Sindesmosis**: (Fig. 2-4B) son articulaciones fibrosas que se mantienen unidas por un cordón (ligamento) o lámina (membrana interósea) de tejido conectivo. La conexión entre la tibia y el peroné en la pierna es una sindesmosis.
- **Gonfosis:** (Fig. 2-4C) son articulaciones fibrosas específicas en las que los dientes encajan en sus alvéolos en el maxilar *(gomphos-* significa perno o uña).



2-4. Articulaciones fibrosas. Conexiones fibrosas firmes entre los huesos impiden el movimiento en estas articulaciones. **A.** Suturas del cráneo. **B.** Sindesmosis formada por los ligamentos y la membrana interósea de la pierna. **C.** Gonfosis entre los dientes y sus alvéolos en la mandíbula.

Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana



2-5. Articulaciones cartilaginosas. El cartílago aumenta la flexibilidad de estas articulaciones, que permite un leve movimiento. **A.** Discos intervertebrales de la columna vertebral. **B.** Uniones costocondrales de la caja torácica. **C.** Sínfisis del pubis en la pelvis.

Articulaciones cartilaginosas

Las **articulaciones cartilaginosas** tienen un poco más de movimiento que las articulaciones fibrosas. Aquí, el cartílago separa las superficies articulares de huesos adyacentes (Fig. 2-5). El cartílago aumenta la flexibilidad de la articulación, que permite un leve movimiento. Este tipo de articulación existe entre los cuerpos de las vértebras (Fig. 2-5A), y permite que la columna vertebral absorba cargas al caminar, correr, saltar y levantarse. En las uniones costocondrales (donde las costillas encuentran al esternón) (Fig. 2-5B), las articulaciones cartilaginosas permiten que la caja torácica se expanda y se contraiga al respirar. Estas articulaciones también se encuentran en la sínfisis del pubis (sitio en el que se encuentran los dos huesos púbicos, en el frente de la cintura pélvica) (Fig. 2-5C). Al caminar o al correr, en especial sobre superficies irregulares, esta leve capacidad para el movimiento permite que la cintura pélvica actúe como un sistema de suspensión.

Articulaciones sinoviales

Las **articulaciones sinoviales** son las más móviles de todas las articulaciones. Se llaman así por su estructura distintiva (Fig. 2-6), que se asemeja a un huevo (*syn-* significa junto y *ovi-* significa huevo). A continuación describiremos con mayor detalle su anatomía especializada, así como sus tipos.

Función articular

Ahora que hemos identificado los diferentes tipos de articulaciones, es momento de describir sus funciones exclusivas, que pueden resumirse en tres categorías:

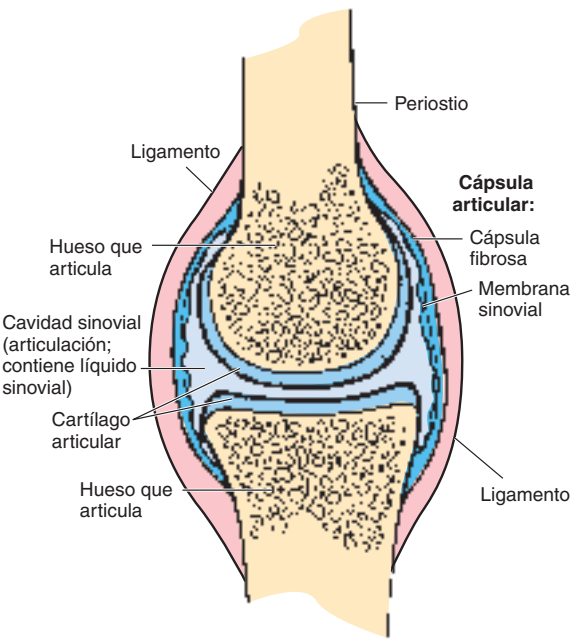
- Las articulaciones sinartrósicas tienen escaso o ningún movimiento.
- Las articulaciones anfiartrósicas tienen muy poco movimiento.
- Las articulaciones diartrósicas son las que tienen la mayor movilidad.

Articulaciones sinartrósicas

Las **articulaciones sinartrósicas** (sinartrosis) tienen superficies articulares que están unidas muy estrechamente (*syn-* significa juntas, con o unidas y *arthrosis* significa articulación). Esto limita su movilidad. Algunas articulaciones fibrosas son sinartrósicas, como lo es otro tipo de articulación denominada **sinostosis** (conexión ósea entre huesos). Un ejemplo de sinostosis es la conexión entre el ilion, el isquion y el pubis de la cintura pélvica.

Articulaciones anfiartrósicas

En las **articulaciones anfiartrósicas** (anfiartrosis) las superficies articulares están más separadas y tienen una



2-6. Anatomía de la articulación sinovial. En este tipo de articulación hay varias características singulares que incluyen una *cápsula articular* gruesa, dividida en una *cápsula fibrosa* externa y *membrana sinovial* interna. Esta última produce *líquido sinovial*, lo que reduce la fricción en la *cavidad articular.* Los extremos articulares del hueso están recubiertos por *cartílago articular* liso para reducir aún más la fricción durante el movimiento. Los *ligamentos* sostienen la cápsula fibrosa, lo que proporciona estabilidad a la articulación.

Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana

estructura flexible entre ellas o a su alrededor *(amphi-* significa de alrededor). Esto permite mayor movilidad en las articulaciones anfiartrósicas. La estructura flexible puede ser en la forma de ligamentos (*sindesmosis*) o de fibrocartílago (sínfisis). Las articulaciones anfiartrósicas se encuentran entre la tibia y el peroné de la pierna y en la cintura pélvica anterior.

Articulaciones diartrósicas

Las articulaciones diartrósicas se mueven libremente porque sus superficies articulares son las que tienen la máxima separación *(di-* significa separada). Esta separación permite la movilidad máxima de todos los tipos articulares. Las articulaciones sinoviales tienden a ser diartrósicas. Sus cavidades articulares, junto con otras características anatómicas descritas en breve, crean una articulación muy móvil.

Cuando se examinan juntas las estructuras y las funciones de las articulaciones, se comprende más claramente cómo la estructura anatómica de la articulación influye en el movimiento articular. Algunos ejemplos de la estructura y la función articulares se enumeran en el Cuadro 2-2.

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LAS ARTICULACIONES SINOVIALES

Las articulaciones sinoviales se describen con mayor detalle porque son responsables de la mayor parte de los movimientos posibles en el cuerpo humano.

Anatomía de la articulación sinovial

Hemos visto que las sinoviales son articulaciones diartrósicas con movimiento libre. Tienen varias características exclusivas (véase Fig. 2-6).

Los extremos articulares de los huesos están revestidas por una **cápsula articular** gruesa que se divide en dos partes: la **cápsula fibrosa** y la **membrana sinovial**. La cápsula fibrosa externa proporciona estabilidad y protección a la articulación. A menudo, ligamentos adicionales ayudan a esta función al limitar movimientos específicos. La membrana sinovial interna recubre la cavidad articular y produce **líquido sinovial**, un lubricante que disminuye la fricción y aporta nutrientes al cartílago articular. El líquido sinovial rellena la **cavidad articular**, un delgado espacio exclusivo de las articulaciones diartrósicas y esencial para el movimiento libre.

El líquido sinovial también se encuentra en las áreas de fricción, además de en las articulaciones. Los sacos de líquido sinovial se denominan *bolsas* y pueden encontrarse en todo el cuerpo (véase Capítulo 1). Las *vainas sinoviales* rodean los tendones largos de las manos y los pies.

Tipos de articulaciones sinoviales

Todas las articulaciones sinoviales constan de las estructuras básicas identificadas, pero su forma varía, lo que permite diferentes posibilidades de movimiento (Cuadro 2-3).

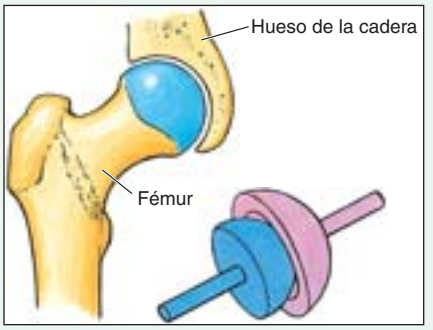
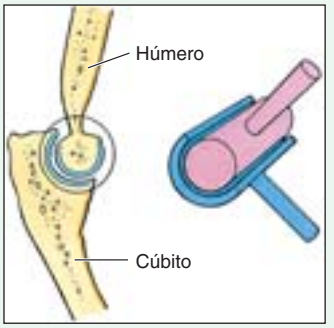
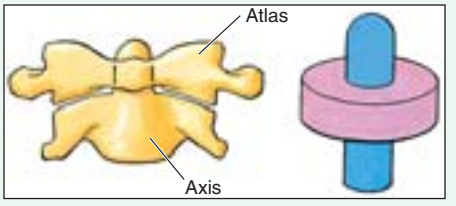
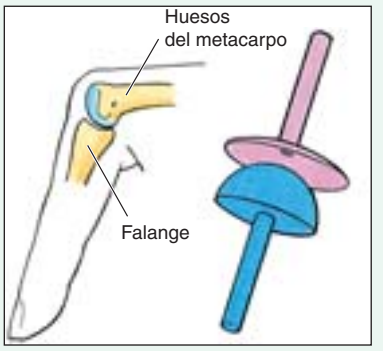
- Las **articulaciones esferoideas o enartrósicas (enartrosis)** tienen una cabeza esférica sobre un hueso que encaja en una cavidad redondeada de otro. Estas articulaciones tienen la posibilidad máxima de movimiento y se las considera triaxiales porque pueden moverse en los tres planos: sagital, frontal y transversal (véase Capítulo 1). Ejemplos de este tipo en el cuerpo son la articulación glenohumeral del hombro y la articulación coxal.
- Las **articulaciones en bisagra** tienen una prominencia cilíndrica en un hueso que encaja en una depresión correspondiente en el otro. Estas articulaciones son uniaxiales, ya que se mueven en un solo plano. Un ejemplo de este tipo es la articulación humerocubital del codo. La articulación temporomandibular de la mandíbula y la articulación femorotibial de la rodilla son articulaciones en bisagra *modificadas*: en ambas se permiten movimientos adicionales, además de su movimiento principal de bisagra.
- Las **articulaciones en pivote** tienen un segmento cilíndrico de un hueso que encaja en una cavidad correspondiente de otro. Estas articulaciones también son uniaxiales, ya que sólo permiten movimientos rotacionales (longitudinales) en la articulación. Ejemplos de este tipo son la articulación atlantoaxial de la columna cervical y la articulación radiocubital del antebrazo.
- Las **articulaciones elipsoideas o condíleas** son similares a las enartrosis, pero las superficies articulares tiene forma

CUADRO 2-2. ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LAS ARTICULACIONES

Estructura articular	Función articular	Movilidad articular	Ejemplos
Fibrosa	Sinartrósica	Inmóvil	Suturas del cráneo Sindesmosis tibioperonea Gonfosis de los dientes
Cartilaginosa	Anfiartrósica	Levemente móvil	Articulaciones intervertebrales Uniones costocondrales de la caja torácica Sínfisis del pubis en la pelvis
Sinovial	Diartrósica	Libremente móvil	Articulación glenohumeral del hombro Articulación humerocubital del codo Articulación femorotibial de la rodilla

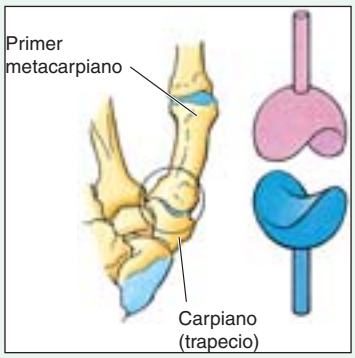
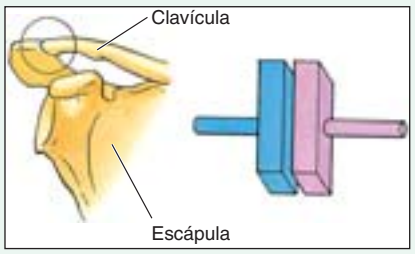
Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana

CUADRO 2-3. TIPOS DE ARTICULACIONES SINOVIALES

Tipo de articulación	Planos/ejes	Movimientos posibles	Ejemplos
Esferoidea (enartrosis) 	Triaxial	Flexión Extensión Abducción Aducción Rotación interna Rotación externa Circunducción (combinación de movimiento)	Articulación glenohumeral Articulación esternoclavicular Articulación coxal
En bisagra 	Uniaxial	Flexión Extensión	Articulación temporomandibular (modificada) Articulación humerocubital Articulaciones interfalángicas Articulación femorotibial (modificada) Articulación talocrural
Pivote 	Uniaxial	Rotación	Articulación atlantoaxial Articulación radiocubital
Condílea o elipsoidea 	Biaxial	Flexión Extensión Abducción Aducción Flexión lateral	Articulación atlantooccipital Articulaciones radiocarpianas Articulaciones metacarpofalángicas

Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana

CUADRO 2-3. TIPOS DE ARTICULACIONES SINOVIALES *(continuación)*

Tipo de articulación	Planos/ejes	Movimientos posibles	Ejemplos
En silla de montar 	Biaxial	Flexión Extensión Abducción Aducción	Articulación 1ra carpometacarpiana (dedo pulgar)
Deslizante 	No axial	N/D	Articulación acromioclavicular Articulación intercarpiana Articulaciones intertarsianas

oval que recuerdan a un círculo o elipse aplanada (*ellip-* significa acortada). Algunas se parecen a un cóndilo, que hemos definido antes como una prominencia redondeada. Las articulaciones condíleas son biaxiales porque pueden moverse en dos planos. La articulación radiocarpiana de la muñeca y la articulación metacarpofalángica de la mano son ejemplos.

- Las **articulaciones en silla de montar** están formadas por dos superficies óseas que son cóncava en una dirección y convexa en la otra. Estas superficies se unen como un jinete en una silla de montar, de allí su nombre. Estas articulaciones también son biaxiales y se encuentran sólo en la articulación carpometacarpiana de los dedos pulgares, que les confiere movimientos únicos que no se observan en ninguno de los otros dedos de la mano.
- Las **articulaciones deslizantes** tienen superficies planas que permiten movimientos pequeños planos. Estas articulaciones se consideran no axiales porque son las menos móviles de todas las articulaciones sinoviales. Hay un movimiento limitado entre las apófisis articulares de las vértebras, los huesos de la cintura escapular, los huesos carpianos de la muñeca y los del tarso del tobillo.

MOVIMIENTOS ACCESORIOS

En el Capítulo 1 describimos el movimiento articular a través de los planos cardinales (flexión, extensión, abducción, etc.). Estos movimientos burdos se denominan **movimientos fisiológicos**. Por el contrario, el término **movimiento accesorio** describe el movimiento de las superficies articulares entre sí. Que una articulación conserve todo su rango de movimiento fisiológico depende de que tenga un movimiento accesorio saludable. A su vez, éste depende de una cierta capacidad de "elasticidad" en la cápsula articular y los ligamentos que rodean esa articulación. Esta "elasticidad" se denomina **juego articular**.

Los términos *rodamiento*, *deslizamiento* y *espín* describen qué sucede entre las superficies articulares cuando se observa la articulación durante su movimiento fisiológico (Fig. 2-7). Cada uno de los movimientos accesorios ayuda a mantener la posición articular óptima durante los movimientos fisiológicos. Esto impide la compresión y la pérdida de contacto entre las superficies articulares de esa articulación.

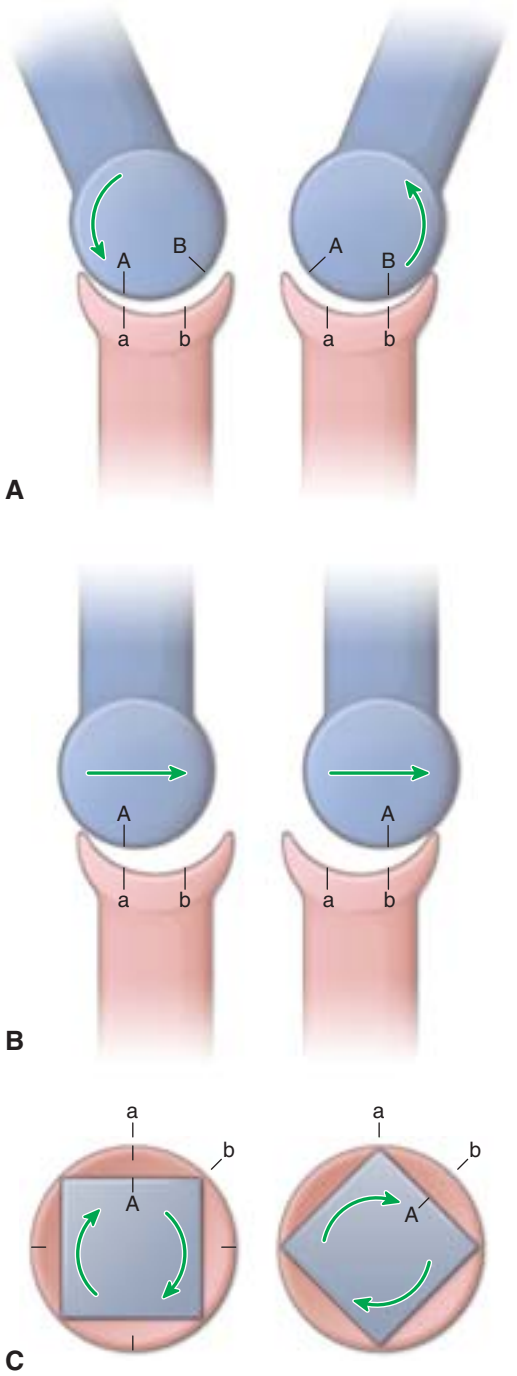
Rodamiento

El **rodamiento** se produce cuando una serie de puntos sobre una superficie ósea entra en contacto con una serie de puntos correspondientes sobre la otra (Fig. 2-7A). Esto es similar a varios puntos de un neumático de un automóvil que contactan con varios puntos del suelo cuando el vehículo rueda hacia adelante y deja una marca en el suelo. Por ejemplo, los cóndilos redondeados del fémur ruedan sobre el platillo tibial deprimido cuando la rodilla es flexionada y extendida.

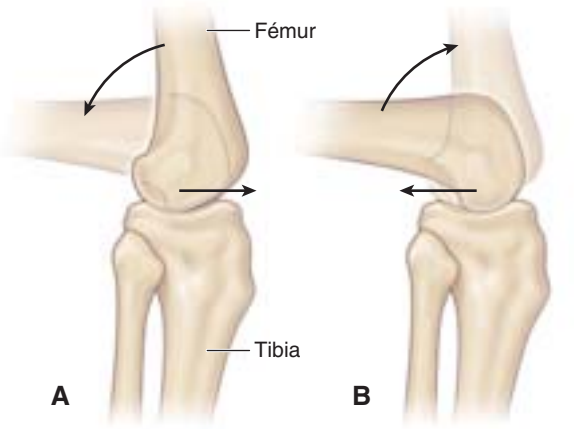
Deslizamiento

El **deslizamiento** se produce cuando un punto de una superficie ósea entra en contacto con una serie de puntos de la otra (Fig. 2-7B). Esto es similar al movimiento de "derra-

Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana



2-7. Movimientos accesorios. Son necesarios movimientos accesorios normales para que se produzcan la amplitud fisiológica completa del movimiento. Evitan la compresión y la pérdida de contacto entre las superficies articulares. **A.** El *rodamiento* se produce cuando una serie de puntos en una superficie ósea (A y B) toma contacto con una serie correspondiente de puntos en la otra (a y b) (vista lateral). **B.** El *deslizamiento* se produce cuando un punto de una superficie ósea toma contacto con una serie de puntos en la otra (vista lateral). **C.** El *espín* se produce cuando una superficie (A) rota en el sentido de las agujas del reloj o contrario a éstas alrededor de un eje longitudinal estacionario (a y b) (vista superior).



2-8. Rodamiento y deslizamiento de la articulación femorotibial. A menudo, el deslizamiento y el rodamiento suceden juntos, lo que mantiene la posición articular óptima. En esta vista lateral se puede ver que el fémur rueda hacia atrás y se desliza hacia adelante sobre la tibia durante la flexión de la rodilla. El fémur rueda hacia adelante y se desliza hacia atrás durante la extensión de la rodilla. Este movimiento accesorio sigue la *regla convexo-cóncava* para una tibia fija.

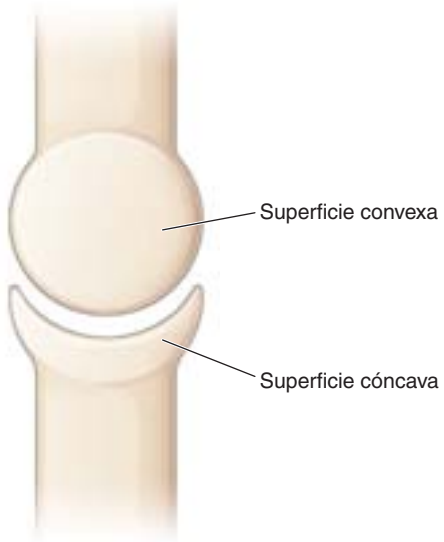
pe": el neumático no rueda, pero el automóvil se sigue desplazando hacia adelante. A veces, al deslizamiento se lo denomina *translación*. Con frecuencia, el deslizamiento y el rodamiento se producen juntos y mantienen la posición articular óptima. Utilicemos la articulación femorotibial para ilustrar el efecto (Fig. 2-8). Imagine que usted está moviéndose para sentarse en una silla. A medida que la rodilla se flexiona, el fémur rueda hacia atrás y se desliza hacia adelante (Fig. 2-8A). Esto mantiene el contacto óptimo entre las superficies articulares de ambos huesos. Ahora imagine que se para de la silla. Durante la extensión, el fémur rueda hacia adelante y se desliza hacia atrás (Fig. 2-8B).

La **regla cóncavo-convexa** determina la dirección del deslizamiento y el rodamiento. Esta regla establece que la forma de las superficies articulares determinará el modo en que ellas se mueven. Casi todas las superficies articulares son **convexas** (redondeadas hacia afuera) o **cóncavas** (redondeadas hacia adentro) (Fig. 2-9). Si una superficie articular cóncava (p. ej., la tibia proximal) se mueve sobre una superficie convexa fija (p. ej., el fémur distal), se producirá el deslizamiento en la misma dirección que el rodamiento. A la inversa, si una superficie convexa (p. ej., el fémur distal) se mueve sobre una superficie cóncava (p. ej., la tibia proximal), el deslizamiento y el rodamiento se producirán en direcciones opuestas. Según esta regla, el tipo de movimiento accesorio en la articulación femorotibial depende de si el individuo lleva peso (pararse sobre una tibia fija) o no lo lleva (sentarse o agacharse con un fémur fijo).

Espín

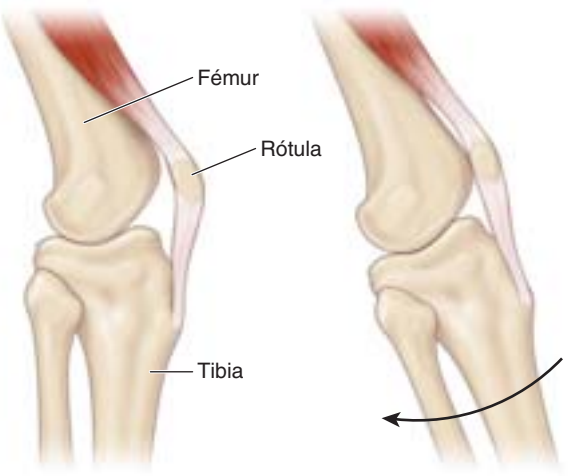
El **espín** se produce cuando una superficie rota en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario a ellas alrededor de un eje longitudinal estacionario. Este movi-

Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana



2-9. Regla cóncavo-convexa. Este principio determina la dirección de deslizamiento y rodamiento y establece que la forma de las superficies articulares determinará el modo en que ellas se muevan. La mayoría de las superficies articulares son *convexas* y redondeadas hacia afuera, o *cóncavas* y redondeadas hacia adentro. De acuerdo con cuál sea el extremo fijo, se determina la dirección de los movimientos accesorios.

miento es similar al de un neumático que rota alrededor de su eje. Como la articulación femorotibial es una articulación en bisagra "modificada", puede rotar ligeramente. Al final de la extensión de la rodilla, la tibia realiza un espín en sentido externo en relación con el fémur (Fig. 2-10). Este movimiento permite que la articulación femorotibial gire y se "trabe", lo que crea mayor estabilidad articular cuando está totalmente extendida. El movimiento de espín se invierte (la tibia rota hacia la parte interna) para "destrabar" la articulación al comienzo de la flexión de la rodilla.



2-10. Espín de la articulación femorotibial. Al final de la extensión de la rodilla, la tibia realiza un espín en sentido lateral en relación con el fémur, que le permite a la articulación girar y "trabarse".

RESUMEN

- Los huesos cumplen cuatro funciones principales en el cuerpo humano porque proporcionan: sostén y protección de los tejidos blandos, un sistema de palancas para el movimiento, un sitio para la formación de las células sanguíneas y almacena minerales y grasas.
- Hay dos tipos de tejido óseo: esponjoso y compacto. El hueso esponjoso es poroso, dispone sus trabéculas según las líneas de tensión y es la localización de la hematopoyesis. El hueso compacto es más denso, tiende a rodear al hueso esponjoso y tiene varias características exclusivas que incluyen un sistema de canales de transporte.
- Los huesos están rodeados por periostio, que protege y nutre las estructuras subyacentes.
- El esqueleto humano típico consta de 206 huesos. El esqueleto axial es la cabeza y el tronco, y el esqueleto apendicular es la cintura escapular, los miembros superiores, la cintura pélvica y los miembros inferiores.
- Los huesos presentan varias formas: huesos largos, huesos cortos, huesos planos y huesos irregulares. Cada forma cumple un propósito único en el cuerpo.
- Los reparos óseos indican el sitio en el que los nervios o los vasos sanguíneos atraviesan un hueso, el sitio en que residen músculos, tendones u otras estructuras, el sitio en el que se forman las articulaciones y el sitio en el que se insertan los tendones y los ligamentos. Cada uno tiene un nombre exclusivo que indica su función y localización.
- Los huesos se aproximan para formar articulaciones. Éstas se clasifican según su estructura y función.
- Se ha establecido un sistema de denominación de las articulaciones específico que combina los nombres de los dos huesos que forman la articulación con leves modificaciones.
- Las estructuras articulares constan de articulaciones fibrosas, cartilaginosas y sinoviales, en las que cada una tiene tejidos únicos para mantenerlas unidas.
- Las articulaciones pueden clasificarse como sinartrósicas, anfiartrósicas o diartrósicas. Cada categoría tiene un espacio cada vez mayor entre las superficies articulares y, por lo tanto, mayor movilidad.
- Las articulaciones sinoviales permiten la mayor cantidad de movimiento en el cuerpo humano.
- Las características de la articulación sinovial son: cápsula articular gruesa y una cavidad articular que contiene líquido sinovial.
- Las articulaciones sinoviales adquieren varias formas que incluyen: enartrosis, en bisagra, en pivote, condílea o elipsoide, en silla de montar y deslizante. Cada forma tiene posibilidades de movimiento singulares.
- El movimiento accesorio describe el movimiento entre las superficies articulares. Se produce junto con los movimientos fisiológicos. El movimiento accesorio disminuye la compresión y mantiene la alineación articular óptima cuando el cuerpo se mueve.
- El rodamiento, el deslizamiento y el espín son los tres tipos de movimiento accesorio.

REVISIÓN

Escoja la respuesta correcta

1. El término que describe la formación de las células sanguíneas es:

A. homeostasis
B. hematopoyesis
C. hemodinamia
D. hemorragia

2. El mineral que se almacena en los huesos y ayuda a mantener el equilibrio ácido-base de la sangre, la conducción del impulso nervioso, la contracción muscular, el mantenimiento de la presión arterial y la coagulación de la sangre es:
   A. fósforo
   B. manganeso
   C. calcio
   D. carbono
3. Tejido poroso que es el sitio para la formación de células sanguíneas.
   A. hueso esponjoso
   B. trabéculas
   C. hueso compacto
   D. periostio
4. Tejido que rodea los huesos, que proporciona nutrición, protección y regeneración después de la lesión.
   A. hueso esponjoso
   B. trabéculas
   C. hueso compacto
   D. periostio
5. Proyección articular redondeada que forma una articulación.
   A. agujero
   B. meato
   C. cóndilo
   D. fosa
6. Prominencia aguda y delgada en la que se inserta un tendón o un ligamento.
   A. rama
   B. espina
   C. meato
   D. carilla
7. El proceso por el cual los osteoblastos elaboran hueso que sustituye un modelo fibroso o cartilaginoso.
   A. osificación
   B. hematopoyesis
   C. osteología
   D. artrología
8. Llena el centro de la diáfisis de un hueso largo maduro.
   A. trabéculas
   B. calcio
   C. médula
   D. hueso compacto
9. Tipo de hueso hallado en la muñeca.
   A. hueso sesamoideo
   B. hueso corto
   C. hueso irregular
   D. hueso plano
10. Movimiento accesorio descrito por una serie de puntos sobre una superficie ósea que toma contacto con una serie de puntos correspondientes sobre la otra.
    A. espín
    B. deslizamiento
    C. rodamiento
    D. convexo

Relacione los conceptos siguientes

A continuación, se enumeran diferentes tipos de articulaciones. Relaciónelos con sus cualidades adecuadas.

11. —— Pivote
12. —— Fibrosa
13. —— Deslizante
14. —— En silla de montar
15. —— Sinovial
16. —— Condílea o elipsoide
17. —— Cartilaginosa
18. —— En bisagra
19. —— Enartrosis
20. —— Sinostosis

A. Siempre contiene cápsula articular, cavidad articular y líquido sinovial, lo que determina su movilidad libre.
B. La única articulación sinovial triaxial.
C. Tiene superficies óseas estrechamente unidas por tejido conectivo.
D. Puede encontrarse sólo en la articulación carpometacarpiana (dedo pulgar).
E. Caracterizada por la osificación entre huesos.
F. Una articulación uniaxial que rota.
G. Las superficies óseas están unidas por tejido blando flexible que permite un movimiento leve.
H. Encontrada en las articulaciones intercarpianas de la muñeca.
I. Puede ser “modificada” para incluir más movimiento que la flexión y la extensión uniaxiales.
J. Encontrada en las articulaciones metacarpofalángicas o “nudillos” de la mano.

Responda en forma breve

21. Identifique y describa todas las funciones del hueso.

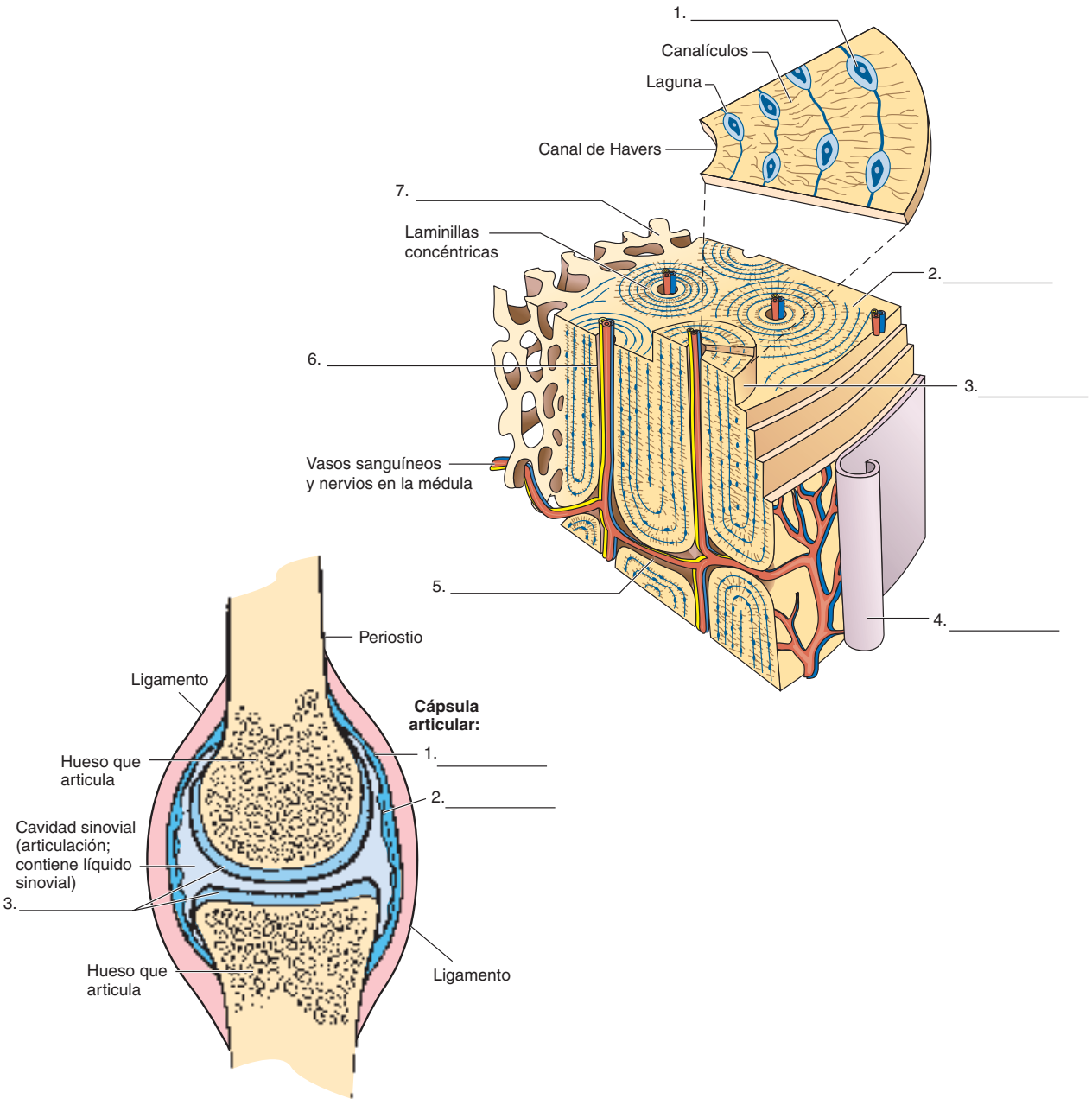
Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana

22. Compare y establezca las diferencias entre el esqueleto axial y el apendicular. Mencione los huesos que forman a cada uno.

23. Identifique las diferentes formas de huesos en el cuerpo y dé un ejemplo de cada una.

24. Compare y establezca las diferencias entre el movimiento accesorio y el fisiológico. Identifique los tres tipos de movimiento accesorio.

25. Identifique cada estructura señalada en los diagramas que se muestran a continuación.



Anatomía Funcional ©2012. Editorial Médica Panamericana

Ejercitación

Actividad: confeccione un conjunto de tarjetas en la que cada una indique un tipo de articulación (fibrosa, cartilaginosa, sinovial). También escriba tarjetas con los diferentes tipos de articulaciones sinoviales (enartrosis, en bisagra, en pivote, condílea, en silla de montar y deslizante). Mezcle sus tarjetas y extraiga una. Señale en su propio cuerpo (o en el de un compañero) una articulación que corresponda a la categoría que escogió. Practique usando el nombre más correcto de la articulación (articulación glenohumeral en lugar de hombro) que usted señala. Si no puede recordar el nombre de la articulación, utilice la fórmula hueso + hueso, con leves modificaciones. Diga el nombre en voz alta si trabaja solo.

Un desafío adicional para usted es identificar la articulación como uniaxial, biaxial, triaxial o no axial (si escogió una articulación sinovial). Una vez realizado esto, efectúe los movimientos posibles en la articulación. Mencione los movimientos a medida que los realiza.

LECTURAS SUGERIDAS

Clarkson H. Joint Motion and Function: A Research-Based Practical Guide. Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins; 2005

Frost HM. From Wolff's law to the Utah paradigm: insights about bone physiology and its clinical applications. Anat Rec. 2001;262(4):398-419.

Moore KL, Dalley AF II. Clinically Oriented Anatomy. 4ª ed. Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins; 1999.

Oatis CA. Kinesiology: The Mechanics and Pathomechanics of Human Movement. Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins; 2004.

Premkumar K. The Massage Connection: Anatomy and Physiology. 2ª ed. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins; 2004.

Prentice WE. Techniques in Musculoskeletal Rehabilitation. New York: McGraw-Hill; 2001.

Ruff C, Holt B, Trinkaus E. Who's afraid of the big bad Wolff? "Wolff's law" and bone functional adaptation. Am J Phys Anthropol. 2006;129(4):484-498.