

absorber los choques y como superficie lubricada. Como resultado, la articulación es cada vez más vulnerable a las fricciones repetidas que ocurren durante los movimientos. En algunos individuos, estos cambios no producen síntomas significativos, mientras que en otros pueden producir un considerable dolor.

La enfermedad articular degenerativa, o **artrosis**, se acompaña a menudo de rigidez, malestar y dolor. La artrosis es frecuente en el anciano y habitualmente afecta a las articulaciones que soportan el peso del cuerpo (p. ej., las caderas y las rodillas). La mayoría de las sustancias presentes en el torrente sanguíneo, normales o patológicas, penetran fácilmente en la cavidad articular. De modo similar, la infección traumática de una articulación puede ir seguida de una **artritis**, o inflamación articular, y de una **septicemia**, o infección de la sangre.

Puntos fundamentales

ARTICULACIONES

Una articulación es la unión entre dos o más huesos o partes rígidas del esqueleto. Se distinguen tres grandes clases de articulaciones: fibrosas, cartilaginosa y sinoviales. Las articulaciones sinoviales, con movimientos libres, ♦ son el tipo más frecuente; ♦ pueden dividirse en planas, gínglimos, en silla de montar, condíleas, esferoideas y trocoides; ♦ reciben su irrigación sanguínea de las arterias articulares, que a menudo constituyen una red; ♦ drenan mediante las venas articulares que se originan en la membrana sinovial; ♦ se hallan ricamente inervadas por los nervios articulares que transmiten la sensación propioceptiva, el conocimiento del movimiento y la posición de las partes del cuerpo.

TEJIDO Y SISTEMA MUSCULARES

El sistema muscular está compuesto por todos los músculos del cuerpo. Los músculos esqueléticos voluntarios constituyen su gran mayoría. Todos los músculos esqueléticos están compuestos por un tipo específico de tejido muscular. Sin embargo, otros tipos de tejido muscular forman algunos músculos (p. ej., los músculos ciliar y detrusor, y los músculos erectores del pelo) y son componentes importantes de los órganos de otros sistemas: cardiovascular, digestivo, genitourinario, tegumentario y visual.

Tipos de músculos (tejido muscular)

Las células musculares, a menudo denominadas *fibras musculares* debido a su forma alargada y estrecha en estado de relajación, son células contráctiles especializadas. Están organizadas en tejidos que mueven partes del cuerpo, o modifican temporalmente la forma (reducen total o parcialmente el perímetro) de los órganos internos. El tejido conectivo asociado conduce fibras nerviosas y capilares a las células musculares, uniéndolos en haces o fascículos.

Artroscopia



La cavidad de una articulación sinovial puede examinarse insertando en ella una cánula y un artroscopio (un pequeño telescopio). Este procedimiento quirúrgico —**artroscopia**— permite al cirujano ortopédico examinar las articulaciones en busca de anomalías, como desgarros de los meniscos (discos articulares parciales de la articulación de la rodilla). Durante la artroscopia también pueden realizarse algunas intervenciones quirúrgicas (p. ej., introduciendo instrumentos a través de pequeñas incisiones). Debido a que la abertura realizada en la cápsula articular para insertar el artroscopio es pequeña, la curación es más rápida después de este procedimiento que tras la cirugía articular tradicional.

Se distinguen tres tipos de músculos según sus características en relación a:

- Si normalmente están controlados por la voluntad (**voluntarios** frente a **involuntarios**).
- Si se observan o no estrías en el examen microscópico (**estriados** frente a **lisos** o **no estriados**).
- Si están localizados en la pared corporal (**soma**) y en los miembros, o componen los órganos huecos (**visceras**) de las cavidades corporales, o los vasos sanguíneos (**somáticos** frente a **viscerales**).

Existen tres tipos de músculos (tabla I-1):

1. Los **músculos estriados esqueléticos** son músculos somáticos voluntarios que componen los *músculos esqueléticos* del sistema muscular que mueve o estabiliza los huesos y otras estructuras (p. ej., el globo ocular).
2. El **músculo estriado cardíaco** es un músculo visceral involuntario que constituye la mayor parte de las paredes cardíacas y de las partes adyacentes de los grandes vasos, como la aorta, y bombea la sangre.
3. Los **músculos lisos** (no estriados) son músculos viscerales involuntarios que forman parte de las paredes de la mayoría de los vasos sanguíneos y órganos huecos (*visceras*), y mueven sustancias a través de ellos mediante contracciones secuenciales coordinadas (pulsaciones o contracciones peristálticas).

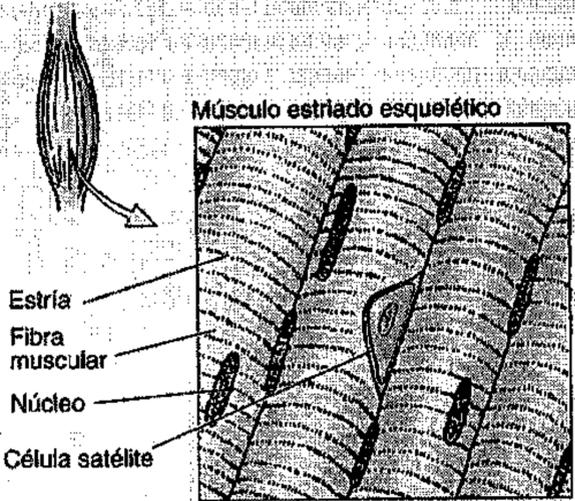
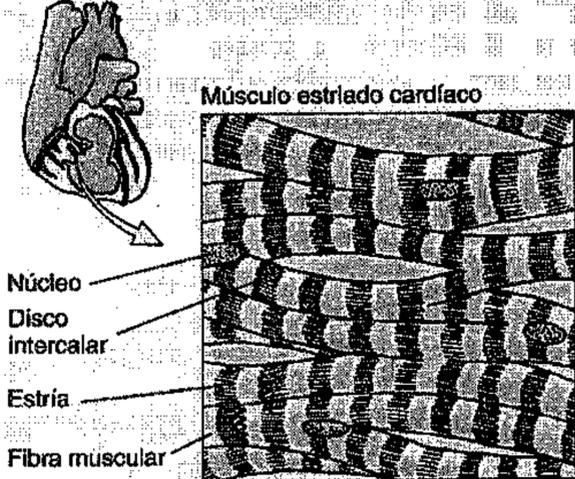
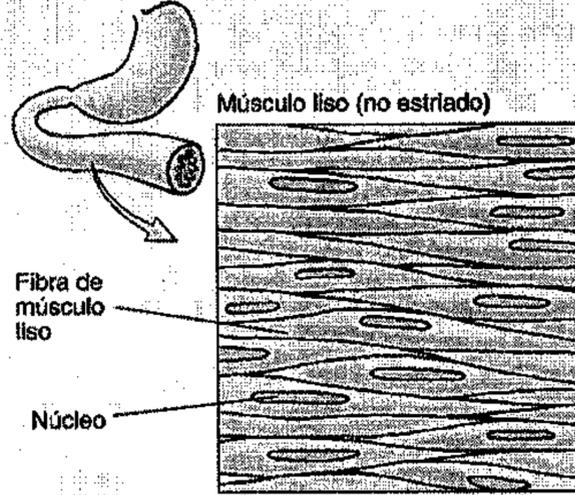
Músculos esqueléticos

MORFOLOGÍA, CARACTERÍSTICAS Y TERMINOLOGÍA DE LOS MÚSCULOS

Todos los músculos esqueléticos, que suelen denominarse simplemente «músculos», poseen porciones contráctiles (una o más cabezas o vientres) carnosas y rojizas, compuestas por músculo estriado esquelético. Algunos músculos son carnosos en su totalidad, pero la mayoría presenta además otras porciones blancas no contráctiles (*tendones*), formadas principalmente por haces de colágeno organizados, que proporcionan un medio de fijación (fig. I-18).

Al considerar la longitud de un músculo se incluyen el vientre muscular y los tendones. Es decir, la longitud de un músculo

TABLA I-1. TIPOS DE MÚSCULOS

Tipo de músculo	Localización	Apariencia de las células	Tipo de actividad	Estimulación
 <p>Músculo estriado esquelético</p>	<p>Forma la mayor parte de los denominados músculos (p. ej., el bíceps braquial) unidos al esqueleto y/o a las fascias de los miembros, la pared corporal y la cabeza/cuello</p>	<p>Fibras grandes, largas, no ramificadas, cilíndricas con estrias transversas (bandas), dispuestas en haces paralelos; múltiples núcleos localizados periféricamente</p>	<p>Contracción intermitente (fásica) por encima de un tono basal; actúa principalmente para producir movimiento (contracción isotónica) mediante un acortamiento (contracción concéntrica) o una relajación controlada (contracción excéntrica), o para mantener la posición contra la gravedad u otra fuerza sin producir movimiento (contracción isométrica)</p>	<p>Voluntaria (o refleja) a través del sistema nervioso somático</p>
 <p>Músculo estriado cardíaco</p>	<p>Músculo del corazón (miocardio) y porciones adyacentes de los grandes vasos (aorta, vena cava)</p>	<p>Fibras cortas que se ramifican y anastomosan con estrias transversas (bandas) que corren paralelas y se conectan por sus extremos mediante complejos de unión (discos intercalares); núcleo único, central</p>	<p>Contracción rítmica potente, rápida y continua; actúa bombeando la sangre desde el corazón</p>	<p>Involuntaria; estimulada y propagada intrínsecamente (miogénicamente); frecuencia y fuerza de contracción modificadas por el sistema nervioso autónomo</p>
 <p>Músculo liso (no estriado)</p>	<p>Paredes de las vísceras huecas y vasos sanguíneos, iris y cuerpo ciliar del ojo; se une a los folículos pilosos de la piel (músculo erector del pelo)</p>	<p>Fibras fusiformes pequeñas, independientes o aglomeradas, sin estrias; núcleo único, central</p>	<p>Contracción débil, lenta, rítmica o de tono sostenido; actúa fundamentalmente para impulsar sustancias (peristalsis) y restringir la corriente (vasoconstricción y actividad esfinteriana)</p>	<p>Involuntaria a través del sistema nervioso autónomo</p>

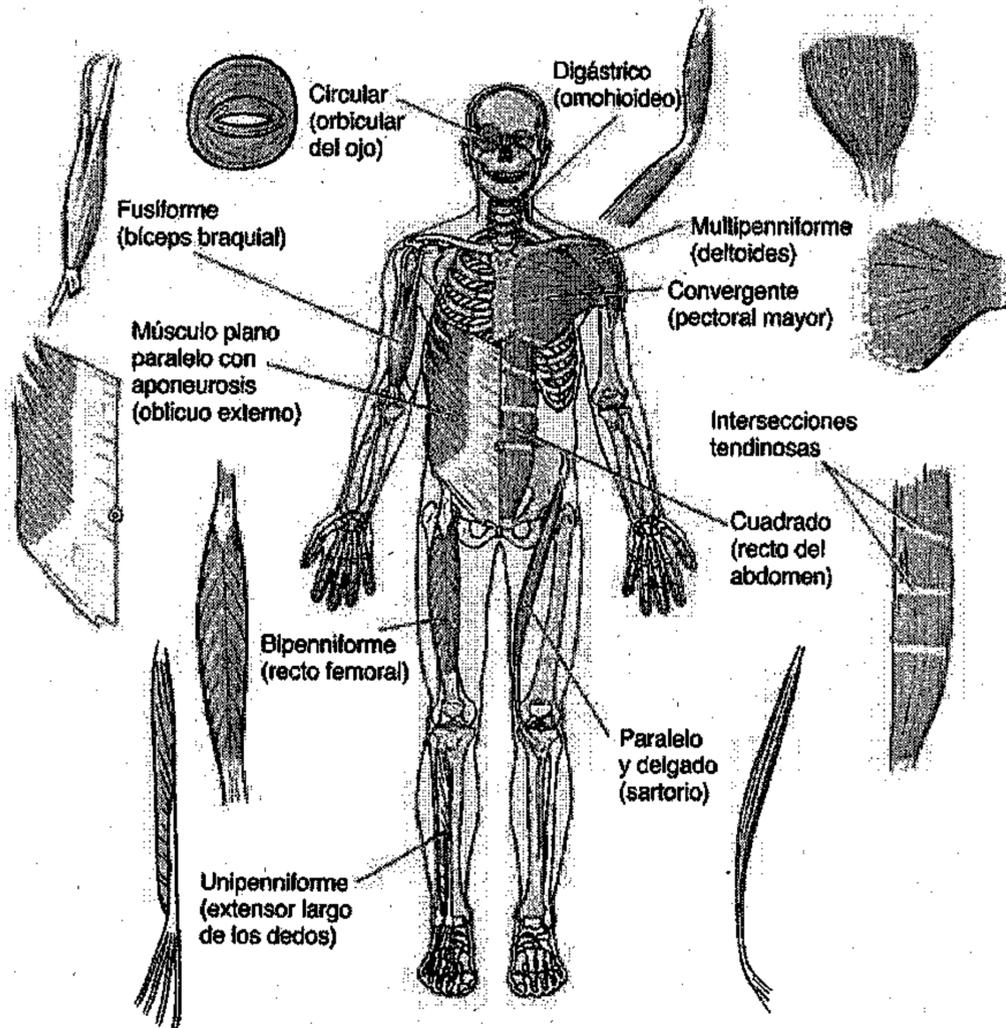


FIGURA I-18. Estructura y forma de los músculos esqueléticos. La estructura y la forma de los músculos esqueléticos dependen de la disposición de sus fibras.

es la distancia entre sus inserciones. La mayoría de los músculos esqueléticos se insertan de manera directa o indirecta en los huesos, los cartílagos, los ligamentos o las fascias, o en alguna combinación de estas estructuras. Algunos músculos se fijan en órganos (p. ej., el globo ocular), en la piel (músculos faciales) o en las mucosas (músculos intrínsecos de la lengua). Los músculos son órganos de locomoción (movimiento), pero también proporcionan soporte estático, dan forma al cuerpo y aportan calor. En la figura I-19 se identifican los músculos esqueléticos situados más superficialmente. Los músculos profundos se describen al estudiar cada región.

La estructura y la forma de los músculos son variables (figura I-18). Los tendones de algunos músculos forman láminas planas, o aponeurosis, que fijan los músculos al esqueleto (habitualmente en una cresta o serie de apófisis espinosas) y/o la fascia profunda (como el músculo dorsal ancho del dorso), o a la aponeurosis de otro músculo (como los músculos oblicuos de la pared anterolateral del abdomen). La denominación de la mayoría de los músculos se basa en su función o en los huesos donde se insertan. Por ejemplo, el músculo abductor del dedo meñique realiza la función de abducción de este dedo. El músculo esternocleidomastoideo se inserta inferiormente en el esternón y en la clavícula, y superiormente en la apófisis mastoides del hueso temporal del cráneo. La denominación de otros músculos se basa en su posición (medial, lateral,

anterior, posterior) o en su longitud (corto, largo). Los músculos pueden dividirse o clasificarse según su forma, y conforme a ella denominarlos:

- Los **músculos planos** tienen fibras paralelas, a menudo con una aponeurosis; por ejemplo, el músculo oblicuo externo del abdomen (plano y ancho). El sartorio es un músculo plano y estrecho con fibras paralelas.
- Los **músculos penniformes** son semejantes a plumas en cuanto a la disposición de sus fascículos. Pueden ser unipenniformes, bipenniformes o multipenniformes; por ejemplo, el músculo extensor largo de los dedos (unipenniforme), el recto femoral (bipenniforme) y el deltoides (multipenniforme).
- Los **músculos fusiformes** tienen forma de huso, con un vientre grueso y redondeado y extremos adelgazados; por ejemplo, el bíceps braquial.
- Los **músculos convergentes** se originan en un área ancha y convergen para formar un solo tendón; por ejemplo, el pectoral mayor.
- Los **músculos cuadrados** tienen cuatro lados iguales; por ejemplo, el recto del abdomen entre sus intersecciones tendinosas.
- Los **músculos circulares o esfinterianos** rodean las aberturas u orificios corporales y los comprimen cuando se contraen; por ejemplo, el orbicular del ojo (que cierra los párpados).

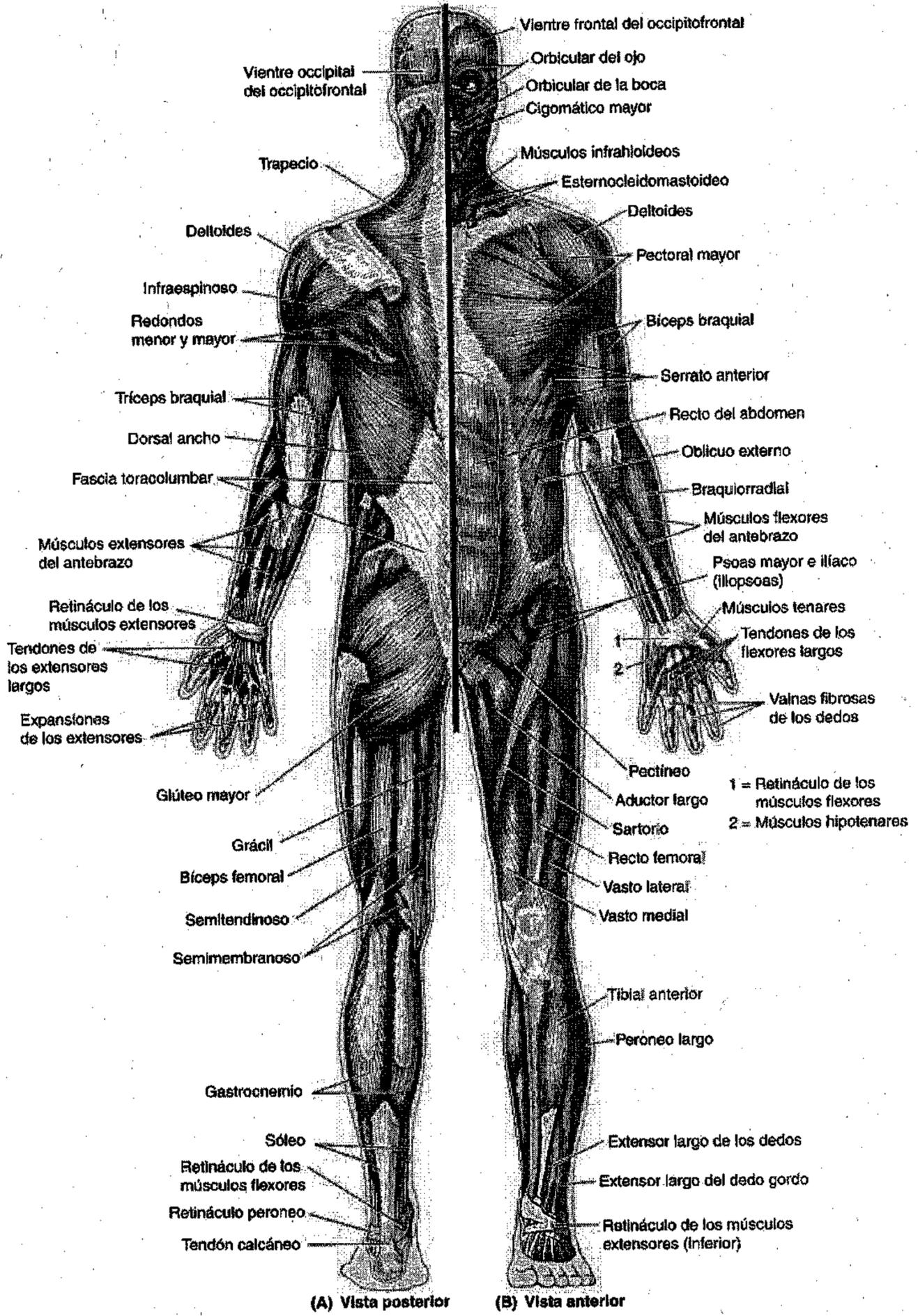


FIGURA I-19. Músculos esqueléticos superficiales. La mayoría de los músculos que se muestran mueven el esqueleto para la locomoción, pero algunos —especialmente los de la cabeza— mueven otras estructuras (p. ej., los globos oculares, el cuero cabelludo, los párpados, la piel de la cara y la lengua). La vaina del recto del abdomen izquierdo, formada por las aponeurosis de los músculos planos abdominales, ha sido retirada para mostrar el músculo.

- Los músculos con múltiples cabezas o vientres tienen más de una cabeza de inserción o más de un vientre contráctil, respectivamente. Los músculos bíceps tienen dos cabezas de inserción (p. ej., bíceps braquial), los músculos tríceps tienen tres cabezas (p. ej., tríceps braquial), y los músculos digástrico y gastrocnemio tienen dos vientres. (Los del primero se disponen en tándem; los del segundo, en paralelo.)

CONTRACCIÓN MUSCULAR

Los músculos esqueléticos funcionan por contracción: traccionan, nunca empujan. Sin embargo, ciertos fenómenos, como el «destapamiento de los oídos» para igualar la presión del aire, y la bomba musculovenosa (pp. 41-42, fig. I-26), aprovechan la expansión de los vientres musculares durante la contracción. Cuando un músculo se contrae y se acorta, una de sus fijaciones suele permanecer estable y la otra (más móvil) queda atraída hacia él, lo que a menudo produce un movimiento. Las inserciones de los músculos se denominan comúnmente origen e inserción: el *origen* suele ser el extremo proximal del músculo, que permanece fijo durante la contracción muscular, mientras que la *inserción* suele ser el extremo distal, móvil. Sin embargo, no siempre ocurre así, pues algunos músculos pueden actuar en ambas direcciones en diferentes circunstancias. Por ejemplo, al realizar levantamientos del tronco, los extremos distales de los miembros superiores (las manos) permanecen fijas (sobre el suelo), y los extremos proximales de los miembros y el tronco se desplazan. Así pues, en el texto se utilizan habitualmente los términos *proximal* y *distal*, o *medial* y *lateral*, al describir la mayoría de las fijaciones musculares. Nótese que si se conocen las fijaciones de un músculo, habitualmente puede deducirse su acción (en vez de memorizarla). Al estudiar las inserciones musculares es útil realizar la acción, pues es más probable que se aprendan las cosas que se experimentan personalmente.

Contracción refleja. Aunque los músculos esqueléticos se denominan también músculos voluntarios, ciertos aspectos de su actividad son automáticos (*reflejos*) y, por lo tanto, fuera del control de la voluntad. Por ejemplo, los movimientos respiratorios del diafragma, controlados la mayor parte del tiempo por reflejos estimulados por las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre (aunque podemos controlarlos voluntariamente dentro de ciertos límites); y el *reflejo miotático*, que produce un movimiento al distenderse el músculo cuando se golpea su tendón con un martillo de reflejos.

Contracción tónica. Incluso cuando están «relajados», los músculos de un individuo que conserva la consciencia casi siempre se hallan ligeramente contraídos. Esta ligera contracción, denominada *tono muscular*, no produce movimiento ni resistencia activa (a diferencia de la *contracción fásica*), pero confiere al músculo una cierta firmeza que ayuda a estabilizar las articulaciones y a mantener la postura, mientras el músculo se mantiene dispuesto a responder a los estímulos apropiados. El tono muscular suele faltar únicamente cuando el sujeto se halla inconsciente (como durante el sueño profundo o bajo anestesia general) o después de una lesión nerviosa que ha producido una parálisis.

Contracción fásica. Existen dos clases principales de contracción muscular fásica (activa): 1) **contracción isotónica**, en la cual el músculo modifica su longitud en relación con la producción de

movimiento, y 2) **contracción isométrica**, en la cual no varía la longitud del músculo—no hay movimiento, pero la fuerza (tensión muscular) está aumentada por encima de los niveles tónicos, para resistir frente a la gravedad u otra fuerza antagonista (fig. I-20). Este último tipo de contracción es importante para mantener la postura erguida y cuando los músculos actúan como fijadores, o músculos coaptadores, como se describe más adelante.

Existen dos clases de contracciones isotónicas. La más evidente es la **contracción concéntrica**, en la cual se produce un movimiento como resultado del acortamiento muscular; por ejemplo, al levantar una copa, empujar una puerta o dar un golpe. La capacidad para aplicar una fuerza excepcional por medio de la contracción concéntrica es a menudo lo que distingue a un atleta de un aficionado. El otro tipo de contracción isotónica es la **contracción excéntrica**, en la cual un músculo se alarga mientras se contrae, es decir, experimenta una relajación controlada y gradual sin dejar de ejercer una fuerza continua (en disminución). Aunque generalmente no se piensa en ello, las contracciones excéntricas son tan importantes como las concéntricas para los movimientos funcionales coordinados, como andar, correr y bajar objetos (o descender uno mismo).

A menudo, cuando el músculo principal para un determinado movimiento está llevando a cabo una contracción concéntrica, el músculo antagonista está realizando una contracción excéntrica coordinada. Al andar, se realizan contracciones concéntricas para

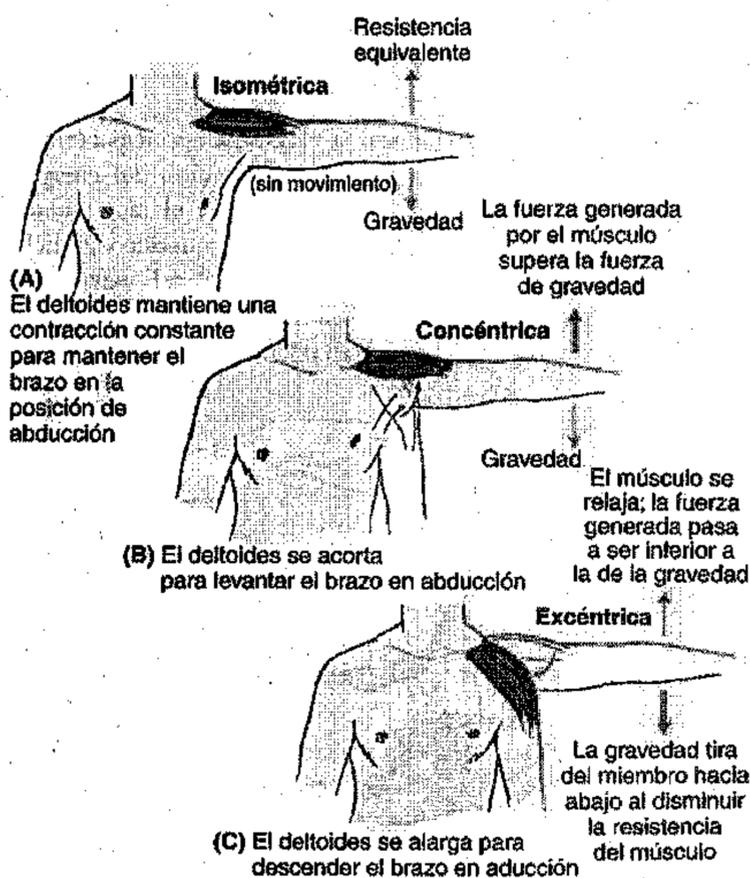


FIGURA I-20. Contracciones isométricas e isotónicas. Las contracciones isométricas mantienen la posición de la articulación sin producir movimiento. Las contracciones concéntricas y excéntricas son contracciones isotónicas en las cuales el músculo cambia de longitud: la contracción concéntrica por acortamiento y la contracción excéntrica por alargamiento controlado activamente del músculo (relajación).

desplazar el centro de gravedad hacia delante, y luego, cuando éste sobrepasa el miembro, se efectúan contracciones excéntricas para evitar tambalearse al trasladar el peso al otro miembro. Las contracciones excéntricas requieren menos energía metabólica con la misma carga, pero en una contracción máxima son capaces de generar una tensión mucho más alta que en la contracción concéntrica, hasta un 50% más (Marieb, 2004).

Mientras que la **unidad estructural** de un músculo esquelético es una fibra muscular estriada, la **unidad funcional** es una **unidad motora**, formada por una neurona motora y las fibras musculares que ésta controla (fig. I-21). Cuando una *neurona motora* de la médula espinal recibe un estímulo, inicia un impulso que contrae simultáneamente todas las fibras musculares inervadas por esa unidad motora. El número de fibras musculares de una unidad motora oscila entre uno y varios cientos. El número de fibras varía según el tamaño y la función del músculo. Las grandes unidades motoras, en las cuales una neurona inerva centenares de fibras musculares, se hallan en los grandes músculos del tronco y del muslo. En los pequeños músculos del ojo y de la mano, donde se requiere precisión en los movimientos, las unidades motoras incluyen tan sólo unas pocas fibras musculares. El movimiento (contracción fásica) se produce por activación de un número creciente de unidades motoras, por encima del nivel requerido para mantener el tono muscular.

FUNCIONES DE LOS MÚSCULOS

Los músculos desempeñan funciones específicas para movilizar y posicionar el cuerpo:

- Un **motor principal** (agonista) es el músculo principal encargado de producir un determinado movimiento del cuerpo. Se contrae concéntricamente para producir el movimiento deseado, realiza la mayor parte del trabajo requerido y gasta la mayor parte de la energía necesaria para ello. Para la mayoría de los movimientos existe un solo motor principal, pero en algunos intervienen dos, que se reparten el trabajo por igual.

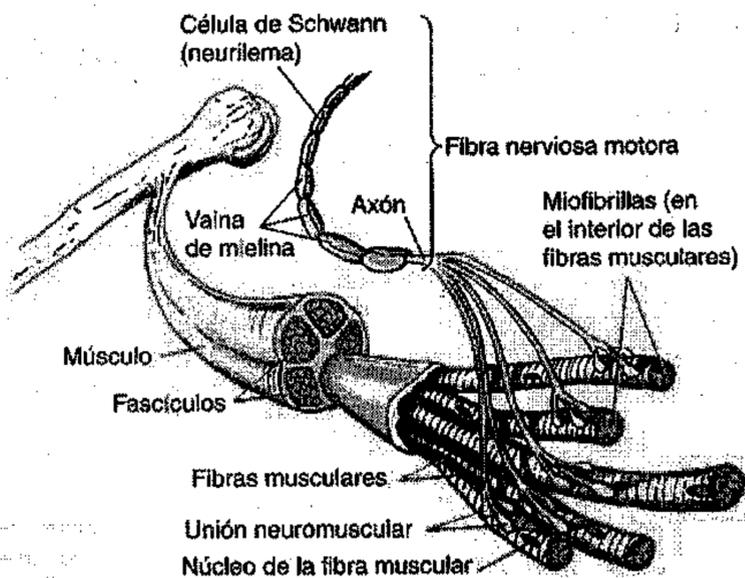


FIGURA I-21. Unidad motora. La unidad motora consta de una única neurona motora y de las fibras musculares que inerva.

- Un **fijador** es el músculo que estabiliza las partes proximales de un miembro mediante una contracción isométrica, mientras ocurren movimientos en las partes distales.
- Un **sinergista** es el que complementa la acción del motor principal. Puede ayudarlo directamente al proporcionar un componente más débil o con más desventaja mecánica para el mismo movimiento, o bien indirectamente, por ejemplo al servir de fijador de una articulación participante cuando el motor principal actúa sobre más de una articulación. No es raro que intervengan varios sinergistas para ayudar a un motor principal en un determinado movimiento.
- Un **antagonista** es un músculo que se opone a la acción de otro. Un antagonista primario se opone directamente al motor principal, pero los sinergistas también pueden oponerse como antagonistas secundarios. Mientras los movilizadores activos se contraen concéntricamente para producir el movimiento, los antagonistas se contraen excéntricamente, con relajación progresiva para producir un movimiento suave.

El mismo músculo puede actuar como motor principal, antagonista, sinergista o fijador, según las circunstancias. Nótese asimismo que el motor principal real en una determinada posición puede ser la gravedad. En tales casos puede producirse una situación paradójica, en la cual el motor principal que interviene habitualmente en ese movimiento esté inactivo (pasivo), mientras que la relajación controlada (contracción excéntrica) de los antagonistas antigravitatorios es el componente activo (que requiere energía) para el movimiento. Un ejemplo es el descenso (aducción) de los miembros superiores desde la posición de abducción (elevados 90° con respecto al tronco) estando de pie (fig. I-20C). El motor principal (aducción) es la gravedad; los músculos descritos como motor principal para este movimiento (pectoral mayor y dorsal ancho) se hallan inactivos o pasivos, y el músculo inervado activamente (que se contrae excéntricamente) es el deltoides (un abductor, descrito típicamente como antagonista de este movimiento).

Cuando la tracción de un músculo se ejerce a lo largo de una línea paralela al eje de los huesos a los que está unido, constituye una desventaja para producir el movimiento. En vez de ello, dicho músculo actúa para que se mantenga el contacto entre las superficies articulares de las articulaciones que cruza (es decir, se opone a las fuerzas de luxación); este tipo de músculo es un **músculo coaptador**. Por ejemplo, cuando los brazos están a los lados del cuerpo, el músculo deltoides funciona como un músculo coaptador. Cuanto más oblicuamente está orientada la línea de tracción de un músculo con respecto al hueso que moviliza (es decir, cuanto menos paralela es la línea de tracción con respecto al eje largo del hueso; p. ej., el bíceps braquial cuando el codo está flexionado), tanto más capaz es ese músculo de un movimiento rápido y efectivo; este tipo de músculo es un **músculo activador**. El deltoides se hace cada vez más efectivo como músculo activador después de que otros músculos hayan iniciado la abducción del brazo.

NERVIOS Y ARTERIAS DE LOS MÚSCULOS

Son raras las variantes en la inervación de los músculos, pues existe una relación casi constante. En los miembros, los músculos de acciones similares están generalmente contenidos en un **compartimiento fascial común** y comparten la misma inervación (fig. I-9);

por lo tanto, la inervación de los músculos de los miembros debe aprenderse por grupos funcionales, lo que sólo obliga a memorizar las excepciones. Los nervios que inervan los músculos esqueléticos (**nervios motores**) casi siempre penetran en la parte carnosa del músculo (en vez de en el tendón) desde la cara profunda (para que el nervio quede protegido por el músculo al cual inerva). Las escasas excepciones a esta norma se señalan más adelante en el texto. Cuando un nervio penetra en un músculo, al pasar a través de su

porción carnosa o entre sus dos cabezas de fijación, habitualmente lo inerva. Las excepciones son los ramos sensitivos que inervan la piel del dorso después de atravesar sus músculos superficiales.

La irrigación sanguínea de los músculos no es tan constante como su inervación, y suele ser múltiple. Las arterias nutren generalmente las estructuras con las que establecen contacto. Así pues, hay que aprender el curso de las arterias y deducir que un músculo recibe irrigación de todas las arterias vecinas.

MÚSCULOS ESQUELÉTICOS

Disfunción muscular y parálisis

Desde el punto de vista clínico es importante no sólo considerar la acción que normalmente produce un determinado músculo, sino también tener en cuenta las consecuencias derivadas de su pérdida de función (**parálisis**). ¿Cómo se manifiesta la disfunción de un músculo o grupo de músculos? (es decir, ¿cuáles son los signos visibles?)

Ausencia de tono muscular

Aunque el tono muscular es una fuerza suave, puede tener efectos importantes. Por ejemplo, el tono de los músculos de los labios ayuda a mantener los dientes alineados. Cuando falta esta presión leve pero constante (por parálisis o cortedad de los labios que deja los dientes expuestos), los dientes se desplazan y quedan en eversión («dientes de conejo»).

La ausencia de tono muscular en un paciente inconsciente (p. j., bajo anestesia general) puede hacer que se produzcan luxaciones cuando se procede a levantarlo o posicionarlo. Cuando un músculo está denervado (pierde su inervación), queda *paralizado* (flácido, con pérdida del tono y de la capacidad para contraerse fásicamente a demanda o de modo reflejo). Cuando falta el tono normal de un músculo, el tono del músculo oponente (*antagonista*) puede conducir a que un miembro asuma una posición anormal en reposo. Además, el músculo denervado se fibrosa y pierde su elasticidad, lo que contribuye a dicha posición anormal.

Dolor y distensiones musculares

Las contracciones excéntricas que resultan excesivas o desacostumbradas causan a menudo *dolor muscular* de comienzo tardío. Debido a ello, bajar muchos peldaños de escalera causa más dolor muscular, por las contracciones excéntricas, que subir el mismo número de escalones. El estiramiento muscular que ocurre en el tipo de alargamiento de la contracción excéntrica es más probable que produzca *microdesgarros* musculares y/o irritación perióstica, en comparación con la contracción concéntrica (acortamiento del vientre muscular).

Los músculos esqueléticos tienen una capacidad de alargamiento limitada. Habitualmente, los músculos no pueden estirarse más allá de un tercio de su longitud en reposo sin sufrir daños. Esto se refleja en sus fijaciones al esqueleto, que habitualmente

no permiten un alargamiento excesivo. Una excepción es la de los músculos isquiotibiales. Cuando se extiende la rodilla, dichos músculos alcanzan típicamente su máxima longitud antes de que se flexione por completo la cadera (es decir, la flexión de la cadera queda limitada por la capacidad de los isquiotibiales para estirarse). Ello explica indudablemente, además de las fuerzas relacionadas con su contracción excéntrica, el hecho de que los músculos de la parte posterior del muslo sufren distensiones (desgarros) con más frecuencia que otros músculos (fig. CI-7).

Crecimiento y regeneración del músculo esquelético

Las fibras musculares estriadas no pueden dividirse, pero sí reemplazarse individualmente por nuevas fibras musculares derivadas de *células satélite del músculo*

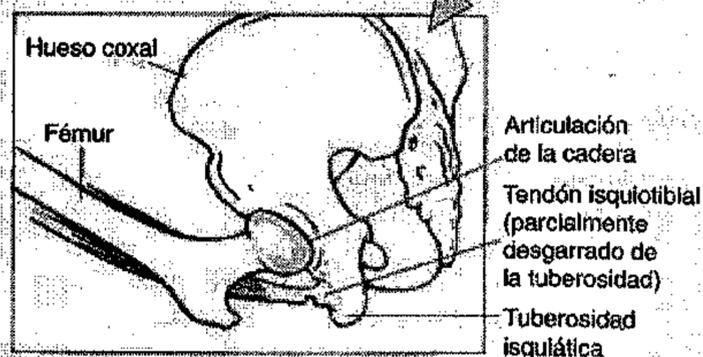
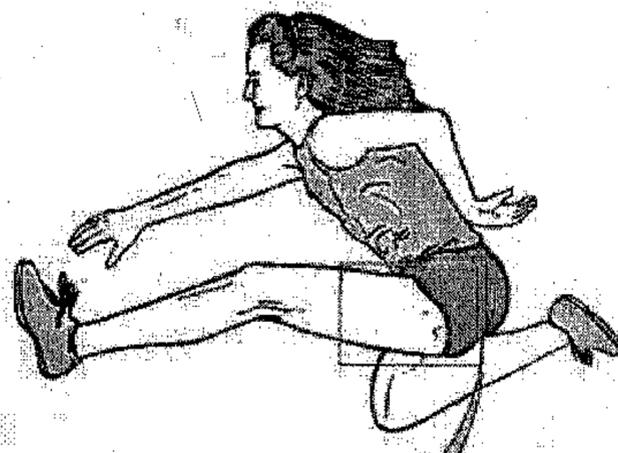


FIGURA CI-7.

esquelético (v. figura del músculo esquelético, tabla I-1). Las células satélite representan una fuente potencial de *mioblastos*, precursores de las células musculares, que son capaces de fusionarse entre sí para formar nuevas fibras de músculo esquelético en caso necesario (Ross *et al.*, 2006). El número de nuevas fibras que pueden producirse es insuficiente para compensar la pérdida por degeneración o traumatismos musculares. En vez de regenerarse de un modo efectivo, el nuevo músculo esquelético está formado por una mezcla desorganizada de fibras musculares y tejido fibroso cicatricial. Los músculos esqueléticos pueden crecer en respuesta a un ejercicio intenso y constante, como ocurre en el culturismo. El crecimiento se produce por *hipertrofia de las fibras existentes*, no por adición de nuevas fibras musculares. La hipertrofia alarga y aumenta las *miofibrillas* dentro de las fibras musculares (fig. I-21), lo que incrementa la cuantía del trabajo que puede realizar el músculo.

Pruebas musculares



Las pruebas musculares ayudan en el diagnóstico de las lesiones nerviosas. Estas pruebas se realizan comúnmente por dos métodos:

- El paciente efectúa movimientos contra la resistencia opuesta por el examinador. Por ejemplo, el paciente mantiene el antebrazo doblado mientras el examinador trata de estirarlo. Esta técnica permite calibrar la potencia de los movimientos.
- El examinador realiza movimientos para resistir a los del paciente. Al investigar la flexión del antebrazo, el paciente trata de flexionarlo mientras el examinador se opone. Habitualmente las pruebas se realizan por pares bilateralmente, a efectos comparativos.

La **electromiografía (EMG)**, o estimulación eléctrica de los músculos, es otro método para investigar la acción muscular. Se colocan electrodos sobre un músculo y se pide al paciente que realice ciertos movimientos. A continuación se amplifican y registran las diferencias en los potenciales de acción eléctricos musculares. Un músculo normal en reposo sólo muestra una actividad basal (tono muscular) que únicamente desaparece con el sueño profundo, o bien en la parálisis o bajo anestesia. Los músculos, al contraerse, presentan unos picos variables de actividad fásica. La EMG permite analizar la actividad de un determinado músculo al efectuar diferentes movimientos. Además, la EMG puede formar parte de un programa de tratamiento para restaurar la acción de los músculos.

Puntos fundamentales

MÚSCULOS ESQUELÉTICOS

Los músculos se dividen en estriado esquelético, estriado cardíaco y liso. ♦ Los músculos esqueléticos se subdividen a su vez, según su forma, en planos, penniformes, fusiformes, cuadrados, circulares o esfinterianos y con cabezas o vientres múltiples. ♦ Las funciones del músculo esquelético son las de contraerse, permitir los movimientos automáticos (reflejos), mantener el tono muscular (contracción tónica) y realizar contracciones fásicas (activas), con cambio en la longitud del músculo (isotónicas) o sin cambio (isométricas). ♦ Los movimientos isotónicos pueden ser concéntricos (que producen movimiento por acortamiento) o excéntricos (que permiten el movimiento por relajación controlada). ♦ Los motores principales son los músculos responsables de un determinado movimiento. ♦ Los fijadores estabilizan una parte del miembro mientras otra parte de ella se mueve. ♦ Los sinergistas aumentan la acción de los motores principales. ♦ Los antagonistas se oponen a la acción de otro músculo.

Músculo estriado cardíaco

El **músculo estriado cardíaco** forma la pared muscular del corazón, o **miocardio**. Una cierta cantidad de músculo cardíaco se halla también en las paredes de la aorta, las venas pulmonares y la vena cava superior. Las contracciones del músculo estriado cardíaco no se hallan bajo el control voluntario. La frecuencia cardíaca se regula intrínsecamente por un *marcapasos*, un sistema de conducción de los impulsos compuesto por fibras musculares cardíacas especializadas que, a su vez, están influidas por el sistema nervioso autónomo (SNA) (comen-

tado más adelante en este capítulo). El músculo estriado cardíaco tiene una apariencia microscópica netamente en bandas (tabla I-1). Ambos tipos de músculo estriado (esquelético y cardíaco) se caracterizan además por el carácter inmediato, rápido y potente de sus contracciones. *Nota:* aunque el rasgo se aplica al músculo estriado esquelético y cardíaco, comúnmente se emplean los términos *estriado* y *en bandas* para designar el músculo estriado esquelético voluntario.

Como se aprecia en la tabla I-1, el músculo estriado cardíaco se distingue del músculo estriado esquelético por su localización, aspecto, tipo de actividad y medio de estimulación. Para apoyar su continua y elevada actividad, la irrigación sanguínea del músculo estriado cardíaco es el doble que la del músculo estriado esquelético.

Músculo liso

El **músculo liso**, así denominado por la ausencia de estriaciones en las fibras musculares al examen microscópico, forma una gran parte de la capa media (*túnica media*) de las paredes vasculares (por encima del nivel capilar) (fig. I-23; tabla I-1). Por lo tanto, aparece en todo el tejido vascularizado. También compone las partes musculares de las paredes del tubo digestivo y sus conductos. El músculo liso se encuentra en la piel, donde forma los *músculos erectores del pelo* asociados con los folículos pilosos (fig. I-6), y en el globo ocular, donde controla el grosor del cristalino y el tamaño de la pupila.

Al igual que el músculo estriado cardíaco, el músculo liso es un *músculo involuntario*; sin embargo, está innervado directamente por el SNA. Su contracción también puede iniciarse por acción hormonal o por estímulos locales, como el estiramiento. El músculo liso responde más lentamente que el músculo estriado, y su contracción es tardía y más lenta. Puede experimentar una contracción parcial durante largos períodos y tiene una capacidad mucho mayor que el músculo estriado para alargarse sin sufrir una