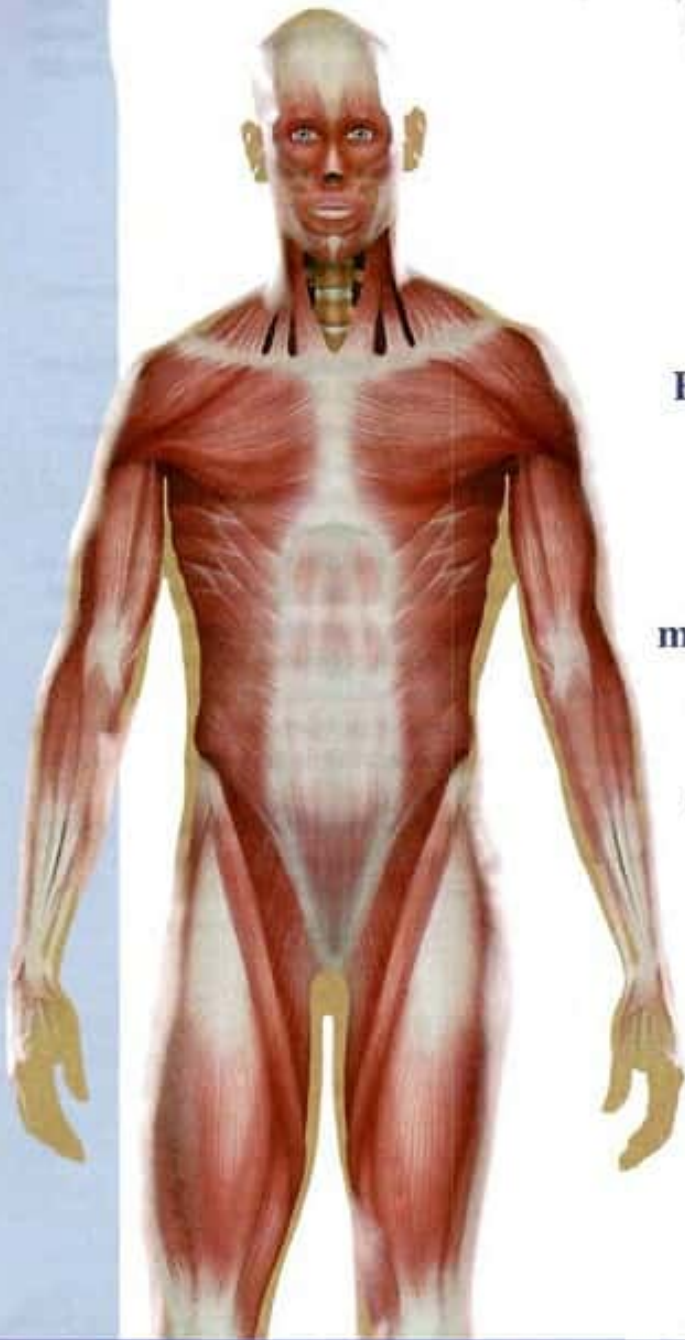


# Capítulo 10

## El tejido muscular



### Tejido muscular y homeostasis

El tejido muscular contribuye a la homeostasis mediante los movimientos corporales, movilizand o sustancias a través del cuerpo y produciendo calor para mantener la temperatura normal del organismo.





A pesar de que los huesos forman el sistema de palanca y el armazón o esqueleto del cuerpo, no pueden mover las diferentes partes por sí solos. El movimiento resulta de la contracción y relajación alternadas de los músculos, que representan el 40-50% del peso corporal total de un adulto. Nuestra fuerza muscular refleja la función primordial del músculo: la transfor-

mación de energía química en mecánica para generar fuerza, trabajo y producir movimiento. Además, los músculos estabilizan la posición del cuerpo, regulan el volumen de los órganos, generan calor y propulsan líquidos y sustancias nutritivas a través de diversos aparatos. La ciencia que estudia a los músculos se denomina **miología** (mio-, de *myós*, músculo, y -logía, de *lógos*, estudio).

## GENERALIDADES DEL TEJIDO MUSCULAR

### ▶ OBJETIVOS

Explicar las diferencias estructurales de los tres tipos de tejido muscular.

Comparar las funciones y propiedades características de los tres tipos de tejido muscular.

### Tipos de tejido muscular

Los tres tipos de tejido muscular —esquelético, cardíaco y liso— fueron analizados en el capítulo 4 (véase **cuadro 4-5**). Si bien comparten ciertas propiedades, también difieren entre sí en su histología, localización y en la regulación que reciben por parte de los sistemas nervioso y endocrino.

El **tejido muscular esquelético** se llama así porque la mayoría de estos músculos mueven huesos del esqueleto. (Unos pocos músculos esqueléticos se fijan a la piel o a otros músculos esqueléticos y los mueven). El tejido muscular esquelético es *estriado*. Se ven bandas oscuras y claras alternadas (*estriaciones*) al observar el tejido al microscopio (véase **fig. 10-4**). El músculo esquelético trabaja principalmente en forma *voluntaria*. Su actividad puede ser controlada en forma consciente por las neuronas que forman parte de la división somática del sistema nervioso. (La **fig. 12-1** expone las divisiones del sistema nervioso). La mayoría se controla también, hasta cierto punto, en forma subconsciente. Por ejemplo, el diafragma se contrae y relaja alternada en forma continua sin un control consciente, para evitar que dejemos de respirar. Asimismo no es necesario pensar conscientemente en contraer los músculos esqueléticos que mantienen la postura o estabilizan la posición corporal.

Solo el corazón tiene **tejido muscular cardíaco**, que forma la mayor parte de la pared del órgano. Este tipo de músculo también es *estriado*, pero su acción es *involuntaria*. El ciclo de contracción y relajación del corazón no se controla en forma consciente. En lugar de esto, el corazón late porque tiene un marcapaso que inicia cada contracción. La capacidad de generar este ritmo propio se denomina **automatismo**. Diversas hormonas y neurotransmisores pueden ajustar la frecuencia cardíaca acelerando o frenando al marcapaso.

El **tejido muscular liso** se encuentra en la pared de las estructuras huecas internas, como los vasos sanguíneos, las vías aéreas y gran parte de las vísceras de la cavidad abdominopelviana. También puede hallarse en la piel, asociado a los folículos pilosos. Al microscopio, este tejido carece de las estriaciones de los tejidos musculares esquelético y cardíaco; por este motivo se lo denomina *liso*. Su acción suele ser *involuntaria*, y ciertos tejidos musculares lisos, como los músculos que propulsan el alimento en el tubo digestivo, tie-

nen automatismo. Tanto este tejido como el cardíaco son regulados por neuronas que forman parte de la división autónoma (involuntaria) del sistema nervioso y por hormonas liberadas por las glándulas endocrinas.

### Funciones del tejido muscular

A través de la contracción sostenida o alternada, como de la relajación, el tejido muscular posee cuatro funciones clave: producir los movimientos corporales, estabilizar las posiciones que adopta el cuerpo, almacenar y movilizar sustancias en el organismo y generar calor.

**1. Producir movimientos corporales.** Los movimientos de todo el cuerpo, como caminar y correr, y los localizados, como asir un lápiz o negar con la cabeza, dependen de la función integrada de huesos, articulaciones y músculos.

**2. Estabilizar las posiciones corporales.** Las contracciones del tejido esquelético estabilizan las articulaciones y ayudan a mantener las posiciones corporales, como pararse o sentarse. Los músculos de la postura se contraen continuamente cuando uno está despierto: por ejemplo, la contracción sostenida de los músculos del cuello, mantiene la cabeza erguida.

**3. Almacenar y movilizar sustancias en el organismo.** El almacenamiento se logra a través de la contracción sostenida de bandas anulares de músculo liso, llamados *esfínteres*, los cuales impiden la salida del contenido de un órgano hueco. El almacenamiento temporal de la comida en el estómago, o de orina en la vejiga, es posible porque los esfínteres cierran la salida de estos órganos. Las contracciones del músculo cardíaco bombean sangre a través de los vasos sanguíneos del organismo. La contracción y relajación del músculo liso de la pared de los vasos ayuda a ajustar el diámetro, con lo que se regula el flujo sanguíneo. También movilizan alimentos y sustancias como la bilis y las enzimas a través del tubo digestivo; impulsan a los gametos (esperma y ovocitos) por las vías del aparato reproductor, y propelen la orina en el aparato urinario. Las contracciones del músculo esquelético promueven el flujo linfático y contribuyen al retorno de la sangre al corazón.

**4. Generar calor.** El tejido muscular, al contraerse, produce calor; este proceso se denomina **termogénesis**. La mayoría del calor generado por el músculo se utiliza para mantener la temperatura normal del organismo. Las contracciones involuntarias del músculo esquelético, conocidas como *escalofríos*, pueden aumentar la tasa de producción de calor.

### Propiedades del tejido muscular

El tejido muscular posee cuatro propiedades particulares que le permiten funcionar y contribuir a la homeostasis:



1. **Excitabilidad eléctrica**, una propiedad tanto del músculo como de las neuronas tratada en el capítulo 4, es la capacidad de responder a ciertos estímulos produciendo señales eléctricas llamadas *potenciales de acción*. En el capítulo 12 hay más detalles acerca de cómo surgen los potenciales de acción; véase página 418. Estos potenciales pueden viajar a lo largo de la membrana plasmática celular gracias a la presencia de canales regulados por voltaje específicos. Para las células musculares (miocitos), existen dos tipos principales de estímulos que activan los potenciales de acción: las señales eléctricas rítmicas automáticas que surgen en el propio tejido muscular, como en el marcapasos cardíaco y los estímulos químicos, como los neurotransmisores liberados por las neuronas, las hormonas transportadas en la sangre e incluso los cambios de pH locales.

2. **Contractilidad**, es la capacidad del tejido muscular de contraerse enérgicamente tras ser estimulado por un potencial de acción. Cuando un músculo se contrae, genera tensión (fuerza de contracción) al atraer sus puntos de inserción. Si la tensión generada es lo suficientemente grande como para vencer la resistencia del objeto a moverse, el músculo se acorta dando lugar a la realización de un movimiento.

3. **Extensibilidad**, es la capacidad del tejido muscular de estirarse sin dañarse. La extensibilidad permite al músculo contraerse con fuerza incluso estando elongado. Normalmente, el músculo liso es sometido a grandes niveles de distensión. Por ejemplo, cada vez que el estómago se llena de comida, el músculo de su pared se distiende. El músculo cardíaco también se estira cada vez que el corazón se llena de sangre.

4. **Elasticidad**, es la capacidad del tejido muscular de volver a su longitud y forma originales tras la contracción o extensión.

Este capítulo se centra principalmente en la estructura y función del tejido muscular esquelético. Los tejidos musculares cardíaco y liso son analizados en detalle en capítulos posteriores.

## ► PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Qué características distinguen a los tres tipos de tejido muscular?
2. Enumere las funciones generales del tejido muscular.
3. Describa las propiedades del tejido muscular.

## TEJIDO MUSCULAR ESQUELÉTICO

### ► OBJETIVOS

Explicar la importancia que representan los componentes del tejido conectivo, vasos sanguíneos y nervios al músculo esquelético.

Describir la histología de la fibra muscular esquelética.

Distinguir entre los filamentos gruesos y finos.

Cada uno de sus músculos esqueléticos es un órgano separado, compuesto por cientos a miles de células, las cuales se denominan

**fibras musculares** por su forma alargada. Entonces, *célula* y *fibra muscular* son dos términos diferentes que se refieren a la misma estructura. También contiene tejido conectivo rodeando tanto las fibras como los músculos enteros, así como vasos sanguíneos y nervios (fig. 10-1). Para entender cómo la contracción muscular genera tensión, primero se debe entender su anatomía macroscópica y microscópica (histología).

## Componentes del tejido conectivo

El tejido conectivo rodea y protege al tejido muscular. Una **fascia** es una capa o lámina de tejido conectivo que sostiene y rodea a los músculos y otros órganos del cuerpo. La **fascia superficial** (**estrato subcutáneo** o **hipodermis**), que separa al músculo de la piel (véase fig. 11-21), se compone de tejido conectivo areolar y tejido adiposo. Provee una vía para el ingreso y egreso de nervios, vasos sanguíneos y vasos linfáticos al músculo. El tejido adiposo de esta fascia almacena la mayor parte de los triglicéridos del cuerpo, actúa como aislante que reduce la pérdida de calor y protege al músculo de los traumatismos físicos. La **fascia profunda** es un tejido conectivo denso e irregular que reviste las paredes del tronco y de los miembros, y mantiene juntos a los músculos con funciones similares (véase fig. 11-21). Esta fascia permite el libre movimiento de los músculos, transporta nervios, vasos sanguíneos y linfáticos y rellena el espacio libre entre ellos.

Desde la fascia profunda se extienden tres capas de tejido conectivo para proteger y fortalecer el músculo esquelético (fig. 10-1). La más externa de las tres, el **epimisio** (epi-, de *epí*, sobre), envuelve al músculo en su totalidad. El **perimisio** (peri-, de *perí*, alrededor) rodea grupos de entre 10 y 100 o incluso más fibras musculares, separándolas en haces llamados **fascículos** (hacecillos). Muchos de estos fascículos son lo suficientemente grandes como para ser percibidos a simple vista. Son ellos quienes le dan a un corte de carne su textura característica; si se rompe un pedazo de carne, ésta se rasgará a lo largo de los fascículos. Tanto el epimisio como el perimisio son tejidos conectivos densos e irregulares. En el interior de cada fascículo y separando las fibras musculares individuales una de otra, se encuentra el **endomisio** (endo-, de *éndon*, dentro), una fina lámina de tejido conectivo areolar.

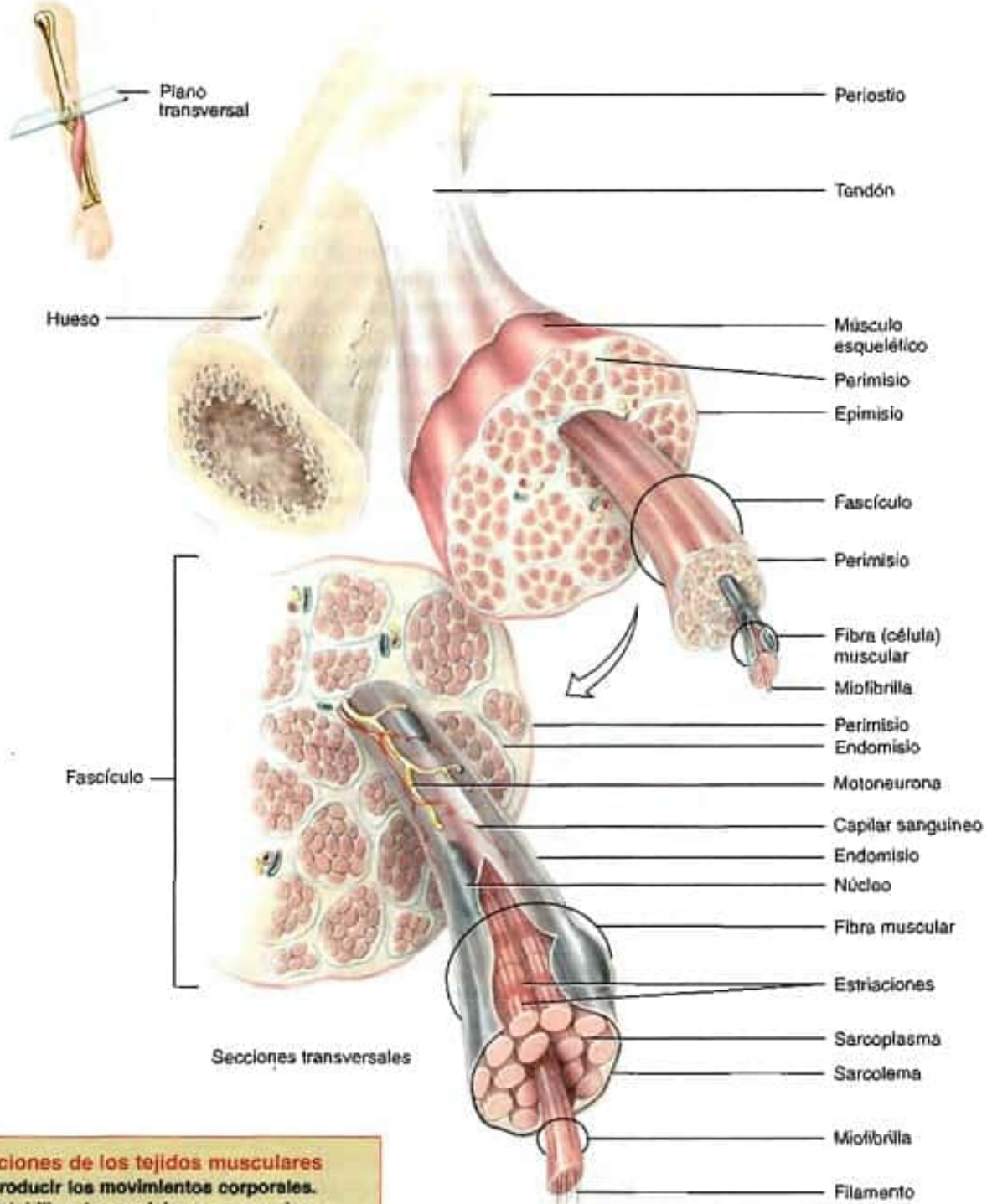
Tanto el epimisio como el perimisio y el endomisio se continúan con el tejido conectivo que adhiere el músculo esquelético a otras estructuras, como el hueso u otros músculos. Las tres fascias pueden extenderse más allá de las fibras musculares para formar un **tendón**, un cordón de tejido conectivo denso y regular compuesto por haces de fibras colágenas que fijan el músculo al periostio del hueso. Ejemplo de esto es el tendón calcáneo (de Aquiles) del músculo gastrocnemio (gemelos), que fija el músculo en el calcáneo (expuesto en fig. 11-22c). Cuando los elementos del tejido conectivo se extienden como una lámina ancha y fina, el tendón se denomina **aponeurosis** (apo-, de *apó*, más allá, y -neurosis, de *neurón*, nervio o tendón). Ejemplo de esto es la aponeurosis presente en la superficie del cráneo entre los fascículos frontal y occipital del músculo occipitofrontal (expuesto en fig. 11-4a, c).

Ciertos tendones, especialmente aquellos de la muñeca y el tobillo, se envuelven en cubiertas de tejido conectivo fibroso llamadas **vainas tendinosas** (**sinoviales**), cuya estructura es similar a una bol-



**Fig. 10-1 Organización del músculo esquelético y sus envolturas de tejido conectivo.**

El músculo esquelético consiste en fibras (células) musculares individuales agrupadas en fascículos y rodeadas por tres capas de tejido conectivo, extensiones de la fascia profunda.



- Funciones de los tejidos musculares**
1. Producir los movimientos corporales.
  2. Estabilizar las posiciones corporales.
  3. Almacenar y movilizar sustancias a través del organismo.
  4. Generar calor (termogénesis).

¿Qué lámina de tejido conectivo rodea grupos de fibras musculares, separándolas en fascículos?

sa sinovial. La lámina interna de estas vainas, la *capa visceral*, se adhiere a la superficie del tendón. La lámina externa, conocida como *capa parietal*, se adhiere al hueso (véase **fig. 11-8a**). Entre ambas se encuentra una cavidad que contiene una fina película de líquido sinovial. Las vainas reducen la fricción del deslizamiento del tendón.

## Irrigación e inervación

Los músculos esqueléticos tienen una irrigación y una inervación muy buenas. Por lo general, una arteria y una o dos venas acompañan a cada nervio que penetra en un músculo. Las neuronas encargadas de estimularlo se llaman *neuronas motoras somáticas (motoneuronas)*. Cada una de ellas posee un largo axón que se extiende desde el encéfalo o la médula espinal hasta un conjunto de fibras musculares esqueléticas (véase **fig. 10-10d**). Estos axones suelen ramificarse muchas veces, destinando cada uno de los ramos a la inervación de una fibra.

Ciertos vasos sanguíneos microscópicos, los capilares, son muy abundantes en el tejido muscular; cada fibra se encuentra en íntimo contacto con uno o más de ellos (**fig. 10-10d**). Brindan oxígeno y nutrientes, y liberan del calor y los productos de desecho del metabolismo muscular. Especialmente durante la contracción, una fibra muscular sintetiza y utiliza cantidades considerables de ATP (adenosín trifosfato). Estas reacciones, las cuales se aprenderán más adelante, requieren oxígeno, glucosa, ácidos grasos y otras sustancias que la sangre se encarga de transportar hacia la fibra muscular.

## Histología de la fibra muscular esquelética

Los componentes más importantes de un músculo esquelético son las fibras musculares que lo constituyen. El diámetro de una fibra madura es de 10 a 100  $\mu\text{m}$ .<sup>\*</sup> La longitud normal se ubica alrededor de los 10 cm, a pesar de que algunas alcanzan los 30 cm. Dado que cada fibra surge de la fusión de cientos de pequeñas células mesodérmicas llamadas *mioblastos* (**fig. 10-2a**) durante el desarrollo embrionario, cada fibra madura de músculo esquelético posee cientos de núcleos. Una vez que concluyó la fusión, la fibra muscular pierde la capacidad de realizar mitosis. De esta manera, el número de miocitos se establece antes del nacimiento, y la mayor parte de ellos duran toda la vida.

El espectacular crecimiento muscular que tiene lugar tras el nacimiento, se produce principalmente por **hipertrofia** (hiper-, de *hypér*, por encima, y -trofia, de *trophée*, nutrición), un aumento del tamaño de las fibras existentes, más que por **hiperplasia** (hiper- + -plasia, de *plásis*, formación), aumento de la cantidad de fibras. Durante la infancia, tanto la hormona de crecimiento humana como otras hormonas estimulan el incremento del tamaño de las fibras. La hormona testosterona (producto de los testículos masculinos y, en pequeñas cantidades, de ciertos tejidos femeninos) promueve

una hipertrofia aún mayor de las fibras. Pocos mioblastos persisten en el músculo esquelético como células satélite (**fig. 10-2a**). Estas células conservan la capacidad de fusionarse entre ellas o con fibras dañadas para regenerar las fibras musculares funcionales. Sin embargo, el número de fibras musculares formadas no es suficiente para compensar pérdidas importantes de tejido por lesión o degeneración. En tales circunstancias el músculo esquelético experimenta **fibrosis**, un reemplazo de fibras por tejido fibroso cicatrizal. Por este motivo, dicho tejido puede regenerarse, pero sólo hasta un determinado límite.

## Sarcolema, túbulos transversos y sarcoplasma

Los múltiples núcleos de una fibra muscular esquelética se localizan justo debajo del **sarcolema** (sarco-, de *sarkós*, carne, y lema, de *lémma*, vaina), la membrana plasmática de una célula muscular (**fig. 10-2b, c**). Miles de pequeñas invaginaciones del sarcolema, llamadas **túbulos transversos (túbulos T)**, penetran desde la superficie hacia el centro de cada fibra. Los túbulos T se abren al exterior, llenándose con el líquido intersticial. Los potenciales de acción musculares viajan a lo largo del sarcolema y a través de los túbulos T, extendiéndose por toda la fibra. Esta disposición asegura que el potencial de acción generado excite todas las porciones de la fibra aproximadamente en forma simultánea.

Dentro del sarcolema se encuentra el **sarcoplasma**, el citoplasma de la fibra. Éste posee una cantidad sustancial de glucógeno, una macromolécula compuesta por muchas moléculas de glucosa. El glucógeno puede ser utilizado para la síntesis de ATP. Además, el sarcoplasma posee una proteína denominada **mioglobina**. Esta proteína, que tan sólo se encuentra en el músculo, se combina con las moléculas de oxígeno que difunden hacia las fibras musculares desde el líquido intersticial. La mioglobina libera el oxígeno cuando la mitocondria lo requiere para la producción de ATP. Las mitocondrias se extienden en hileras a través de la fibra, estratégicamente cerca de las proteínas musculares que utilizan el ATP durante la contracción (**fig. 10-2c**).

## Miofibrillas y retículo sarcoplasmático

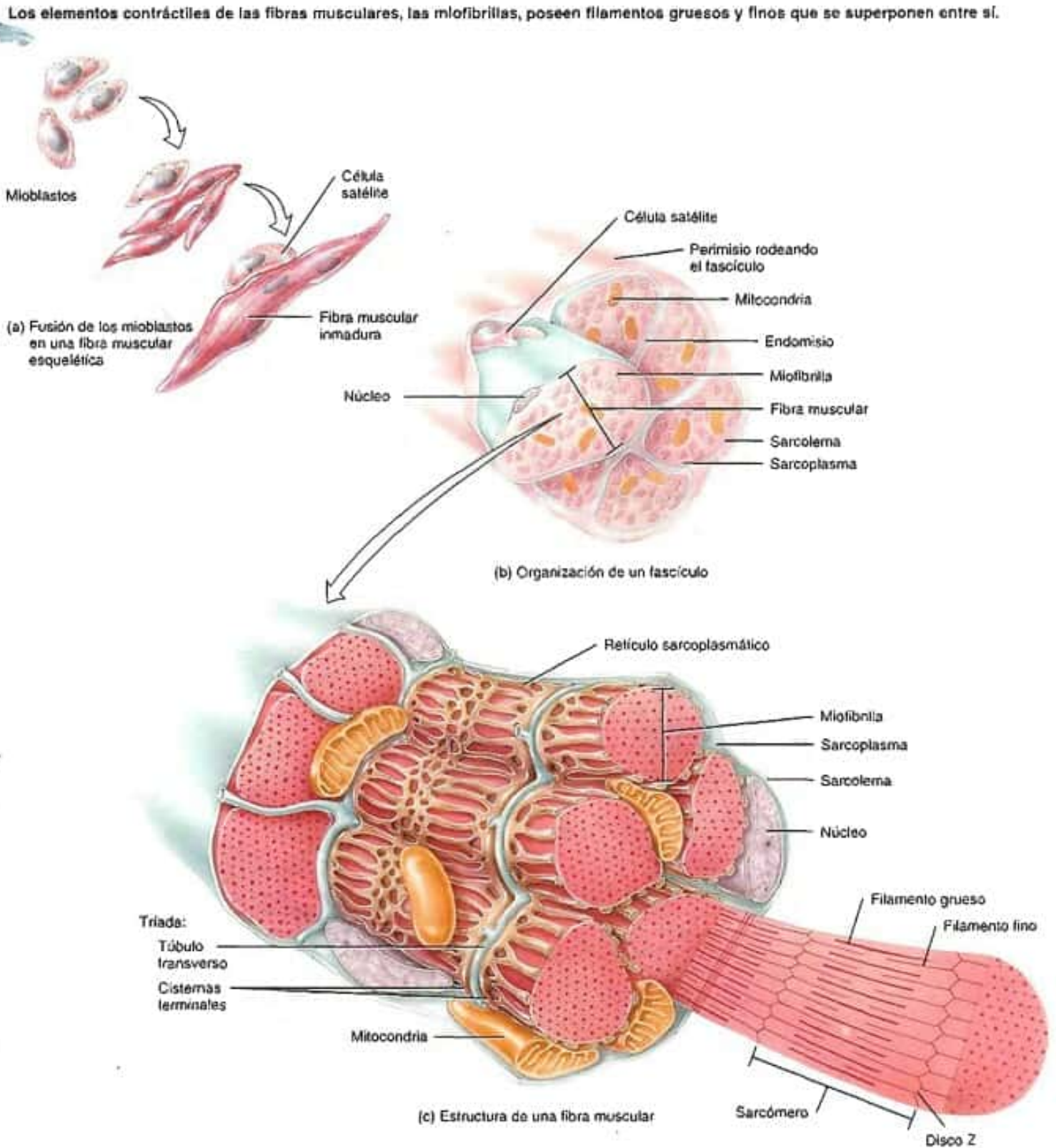
A gran aumento, el sarcoplasma se presenta colmado de pequeños haces. Estas estructuras son las **miofibrillas**, los orgánulos contráctiles del músculo esquelético (**fig. 10-2c**). Su diámetro es de alrededor de 2  $\mu\text{m}$  y se extienden a lo largo de toda la fibra muscular. Sus prominentes estriaciones hacen que toda la fibra parezca estriada.

Un sistema de sacos membranosos con contenido líquido llamado **retículo sarcoplasmático** o RS rodea cada miofibrilla (**fig. 10-2c**). Este complejo sistema es similar al retículo endoplasmático en las células no musculares del organismo. Las dilataciones saculares terminales del retículo sarcoplasmático, las cisternas terminales, abultan en los túbulos T de cada lado. Un túbulo T y las dos cisternas terminales ubicadas en cada una de sus caras forman una **tríada** (de *trías*, conjunto de tres). En la fibra muscular en reposo, el retículo sarcoplasmático almacena iones de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ). La liberación de  $\text{Ca}^{2+}$  desde las cisternas terminales del retículo dispara la contracción muscular.

<sup>\*</sup>Un micrómetro ( $\mu\text{m}$ ) es  $10^{-6}$  metros.



**Fig. 10-2 Organización microscópica del músculo esquelético.** a) Durante el desarrollo embrionario, muchos mioblastos se fusionan para formar una fibra muscular esquelética. Al pasar esto, la fibra pierde la capacidad de realizar mitosis (división celular), no así las células satélite. b) y c) El sarcolema de la fibra encierra al sarcoplasma y a las miofibrillas, las cuales son estriadas. El retículo sarcoplasmático se envuelve alrededor de cada miofibrilla. Miles de túbulos transversos, llenos de líquido intersticial, se invaginan desde el sarcolema hacia el centro de la fibra muscular. Una triada es un túbulo transverso y las dos cisternas terminales del retículo que se disponen en sus extremos. En el cuadro 4-5a de la página 137 se ve una microfotografía del tejido muscular esquelético.



¿Qué estructura aquí expuesta libera iones calcio para disparar la contracción muscular?

# TEJIDO MUSCULAR CARDIACO

## ▶ OBJETIVO

Describir las principales características estructurales y funcionales del tejido muscular cardíaco.

El principal tejido presente en la pared del corazón es el **tejido muscular cardíaco** (descrito con más detalle en el cap. 2 e ilustrado en la **fig. 20-9**). Entre las capas de **fibras musculares cardíacas**, las células contráctiles del corazón, se ubican láminas de tejido conectivo que contienen vasos sanguíneos, nervios y el sistema de conducción del corazón. Las fibras musculares cardíacas tienen la misma disposición de actina y miosina y las mismas bandas, o líneas y discos Z que las fibras musculares esqueléticas. Sin embargo, los *discos intercalares* son característicos de las fibras cardíacas. Estas estructuras microscópicas son engrosamientos irregulares transversales del sarcolema que conectan los extremos de las fibras uno a otro. Contienen *desmosomas*, que mantienen a las fibras unidas, y *uniones en hendidura (gap)*, que permiten que los potenciales de acción musculares se propaguen de una fibra a otra (véase **fig. 4-1e**).

En respuesta a un potencial de acción aislado, el tejido muscular cardíaco permanece contraído por un período entre 10 y 15 veces más largo que el tejido muscular esquelético (véase **fig. 20-11**). La contracción prolongada se debe al influjo prolongado de  $\text{Ca}^{2+}$  hacia el sarcoplasma. En las fibras cardíacas, el  $\text{Ca}^{2+}$  entra al sarcoplasma tanto desde el retículo sarcoplasmático (como en las fibras esqueléticas) como desde el líquido intersticial que baña la fibras. Dado que los canales que permiten el influjo de  $\text{Ca}^{2+}$  desde el intersticio permanecen abiertos por un período de tiempo relativamente largo, una contracción de músculo cardíaco dura mucho más que una de músculo esquelético.

Hemos visto que este último se contrae sólo cuando es estimulado por la acetilcolina liberada por un impulso nervioso desde una neurona motora. En contraposición, el tejido muscular cardíaco se contrae cuando es estimulado por sus propias fibras musculares autoexcitables. En condiciones de reposo, se contrae unas 75 veces por minuto. Esta actividad rítmica continua es una de las principales diferencias fisiológicas entre ambos tipos de tejido muscular. Las mitocondrias de las fibras miocárdicas son más abundantes y de mayor tamaño que las de las esqueléticas. Esta característica estructural sugiere que el músculo cardíaco depende principalmente de la respiración celular aeróbica para generar ATP, requiriendo así un constante aporte de oxígeno. Las fibras miocárdicas también utilizan el ácido láctico producido por las fibras musculares esqueléticas para producir ATP, lo cual representa un beneficio durante el ejercicio.



## TEJIDO MUSCULAR LISO

### ▶ OBJETIVO

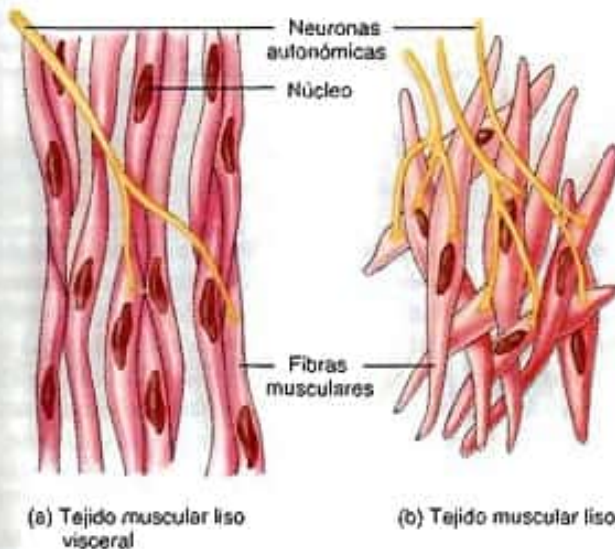
Describir las principales características estructurales y funcionales del tejido muscular liso.

Al igual que en el tejido muscular cardíaco, el **tejido muscular liso** se activa, habitualmente, en forma involuntaria. De los dos tipos de éste que existen, el más común es el **tejido muscular liso visceral (simple)** (fig. 10-17a). Se dispone de forma tubular en las paredes de las arterias y venas pequeñas, así como en los órganos huecos como el estómago, intestino, útero y vejiga. Al igual que el músculo cardíaco, posee automatismo (autoexcitabilidad). Las fibras se conectan entre ellas a través de uniones en hendidura (gap), formando una red o sincitio por la cual se pueden propagar los potenciales de acción. Cuando un neurotransmisor, hormona o señal automática estimula a una fibra, el potencial de acción se transmite a las fibras vecinas, las cuales se contraen al unísono, como una unidad.

El segundo tipo, el **tejido muscular liso multiunitario** (o de unidades múltiples) (fig. 10-17b) está constituido por fibras indivi-

**Fig. 10-17** Dos tipos de tejido muscular esquelético. En a), una motoneurona autonómica hace sinapsis con diversas fibras musculares lisas viscerales, y los potenciales de acción se propagan hacia las fibras vecinas a través de las uniones en hendidura. En b), tres motoneuronas autonómicas hacen sinapsis con fibras musculares lisas multiunitarias individuales. La estimulación de una fibra multiunitaria provoca la contracción de sólo esa fibra.

Las fibras musculares lisas viscerales se conectan entre sí a través de uniones en hendidura y se contraen como una unidad. Las multiunitarias carecen de estas uniones y se contraen en forma independiente.



¿Qué tipo de músculo liso es más parecido al músculo cardíaco que el esquelético, con respecto tanto a su estructura como a su función?

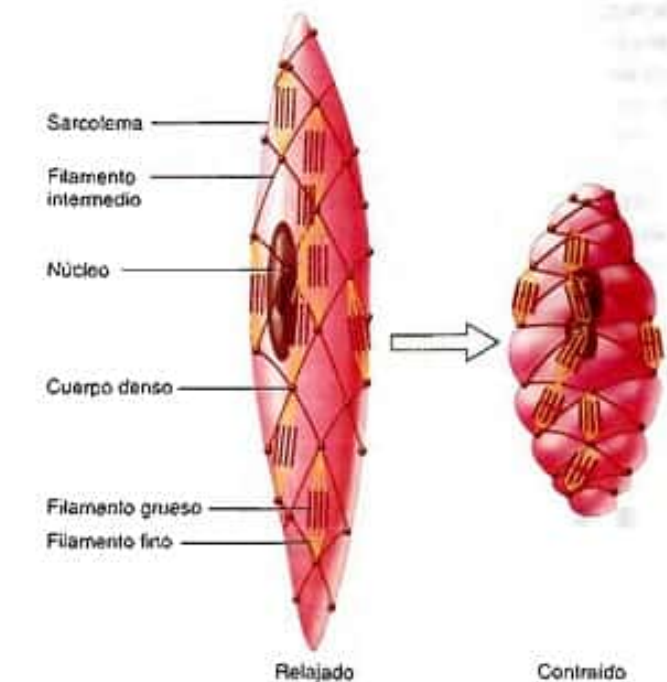
duales, cada una con su propia neurona motora terminal y pocas uniones en hendidura entre fibras vecinas. La estimulación de una de las fibras anteriores provoca la contracción de muchas fibras adyacentes, pero en este caso la estimulación de una fibra multiunitaria provoca la contracción de esa fibra solamente. Se encuentra en las paredes de las grandes arterias, en las vías aéreas, en los músculos erectores del pelo asociados con los folículos pilosos, en los músculos del iris que ajustan el diámetro pupilar y en los cuerpos ciliares que ajustan el foco del cristalino en el ojo.

### Histología del músculo liso

La longitud de una fibra muscular lisa relajada es de 30-200  $\mu\text{m}$ . Es más gruesa en la mitad (3-8  $\mu\text{m}$ ) y se afina hacia los extremos (fig. 10-18). Cada fibra tiene un solo núcleo ovalado de posición central. El sarcoplasma de las fibras contiene *filamentos gruesos* y *finos*, en proporción de entre 1:10 y 1:15, pero éstos no se disponen en sarcómeros como en el músculo estriado. También poseen *filamentos intermedios*. Dado que los diversos tipos de filamentos no tienen un patrón particular de disposición, las fibras musculares lisas no presentan estriaciones (véase cuadro 4-5c), lo que da lugar a

**Fig. 10-18** Anatomía microscópica de una fibra muscular lisa. Se expone una microfotografía de músculo liso en el cuadro 4-5c.

Las fibras musculares lisas tienen filamentos gruesos y finos, pero carecen de túbulos transversos y presentan escasos retículos sarcoplasmáticos.



¿Cómo se compara la velocidad de comienzo y la duración de la contracción en un músculo liso con las de fibras musculares esqueléticas?