

**¡Recuerde!** Las cabezas de miosina están reguladas en el músculo liso; los puntos de unión de las moléculas de actina están regulados en el músculo esquelético.

Al igual que en el músculo esquelético, la relajación del músculo liso se inicia cuando el calcio es eliminado de forma activa del citoplasma. En el caso del músculo liso, se lleva a cabo principalmente por proteínas transportadoras de membrana. Sin embargo, recuerde que las cabezas de miosina se activan enzimáticamente para iniciar la contracción muscular. Por lo tanto, deben ser desactivadas de forma enzimática para detener el ciclo de los puentes cruzados e inducir la relajación del músculo liso. La enzima *miosina fosfatasa* hace el trabajo.

### Apuntes sobre el caso

**7-17** Según la información proporcionada aquí, ¿tiene Hammid problemas con la función del músculo liso? ¿Por qué o por qué no?

## La contracción del músculo liso es involuntaria

El movimiento del músculo liso es involuntario, es decir, no está sujeto a un control consciente, como el músculo esquelético. Algunos músculos lisos están inervados por el sistema nervioso neurovegetativo, una división importante del sistema nervioso que no está sujeta a control voluntario (cap. 8).

Sin embargo, no todos los músculos lisos están inervados por nervios del sistema nervioso neurovegetativo. Ciertas hormonas o sustancias químicas locales, tales como prostaglandinas, iones de hidrógeno y gases (dióxido de carbono, oxígeno y óxido nítrico), estimulan la contracción de algunos. Consideremos, por ejemplo, el músculo liso que recubre los vasos sanguíneos (cap. 11). Las células musculares lisas de las paredes de los vasos sanguíneos se contraen o relajan en respuesta a la producción local de factores paracrinicos secretados por las células vecinas que señalan su necesidad de más o menos flujo sanguíneo. La contracción de estas células musculares constriñe los vasos sanguíneos, lo que reduce el torrente circulatorio, mientras que la relajación dilata el vaso, aumentándolo.

El músculo liso también es estimulado por señales mecánicas. Este mecanismo homeostático impide la sobredistensión de los vasos sanguíneos y otros tejidos y evita, por lo tanto, su lesión. Consideremos, por ejemplo, un estómago sobredistendido por una comida muy copiosa. El músculo del estómago comienza a contraerse conforme el estómago se va llenando, con lo que previene la rotura del músculo del órgano (y, dicho sea de paso, provoca el malestar que evita seguir consumiendo más alimentos).

Por último, las células de algunos músculos lisos tienen potenciales de membrana inestables, que generan los po-

tenciales de acción autoestimulados denominados *actividad marcapasos*. En el tracto gastrointestinal, por ejemplo, la actividad marcapasos genera ondas de contracción del músculo liso (*peristaltismo*) que impulsan los alimentos desde un extremo del tubo digestivo al otro (cap. 14). Como veremos en el capítulo 11, el músculo cardíaco también posee autoestimulación.

## El músculo liso se contrae como una sola unidad

Grupos de células musculares lisas se contraen al unísono porque las células están conectadas entre sí por uniones comunicantes (*gap junctions*) (cap. 4), diminutos túneles con líquido que van de una célula a la siguiente y que permiten la rápida propagación de la señal a través de todas las células. Cuando una señal eléctrica o química estimula una célula, el cambio se extiende a través de toda la red de células musculares que se contraen como una sola unidad. Por lo tanto, la fuerza de contracción del músculo liso no pueden variarse cambiando el número de células que se contraen, como en el músculo esquelético, que contiene fibras musculares que están aisladas eléctricamente unas de otras. En cambio, la cantidad de tensión generada por las células musculares lisas individuales varía en función de la cantidad de calcio que puede entrar en la célula desde el líquido extracelular, que a su vez activa un mayor o menor número de cabezas de miosina.

### Examen sorpresa

**7-31** Verdadero o falso: por lo general, el calcio que causa la contracción del músculo liso proviene del líquido extracelular, pero el calcio que produce la contracción del músculo esquelético por lo general proviene del retículo sarcoplasmático.

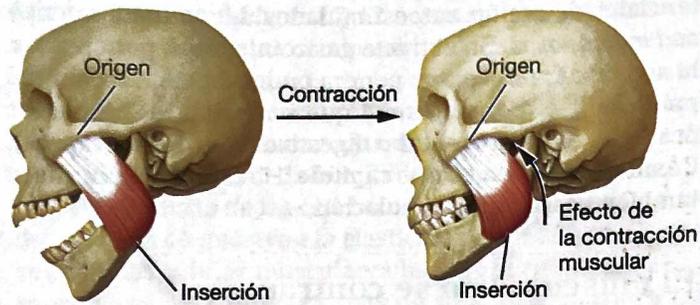
**7-32** ¿Encontraría troponina en el músculo liso?

**7-33** Para generar una mayor contracción en el músculo liso, ¿variarnos la fuerza producida por cada fibra muscular o variarnos el número de células musculares que se contraen?

## Acciones del músculo esquelético

Los músculos esqueléticos mueven los huesos o los estabilizan en ciertas posiciones, y (en el caso de los músculos faciales) mueven la piel y fascia asociada. La mayoría de los músculos cruzan una articulación y actúan moviendo un hueso en relación con otro. El final del músculo, que sirve como un ancla para el movimiento, se denomina *origen*, y el extremo, que mueve una parte del cuerpo, *inserción*.

La contracción de un músculo produce una tracción (¡nunca empuja!) de la inserción hacia el origen. Consideremos, por ejemplo, el músculo masetero, con origen en



**Figura 7-16. Origen e inserción.** La mayoría de los músculos cruzan una articulación y se insertan en dos huesos. El origen del músculo se fija en el hueso menos móvil; la inserción, en el hueso más móvil. En este esquema, ¿el músculo se inserta en la mandíbula o en el hueso temporal?

la apófisis cigomática del hueso temporal e inserción en la mandíbula (fig. 7-16).

La contracción de este músculo cierra la mandíbula, lo que acerca esta última (inserción) a la apófisis cigomática (origen). Las palabras *origen* e *inserción* pueden no tener un significado literal para los extremos de ciertos músculos del torso, porque se mueven las partes del cuerpo de ambos extremos. Por ejemplo, algunos músculos se insertan en la columna vertebral en ambos extremos y doblan la columna vertebral, por lo que se puede discutir cuál es el extremo del origen y cuál el de la inserción.

La acción ejercida por un músculo en particular varía de acuerdo con el lugar en el que se inserta y cómo están orientadas las fibras. Por ejemplo, un músculo circular rodea la boca. Cuando se contrae, frunce la boca, como en un beso.

Cuando se produce un movimiento, las acciones de los diferentes músculos a menudo se complementan o se oponen entre sí. La función de un músculo en un movimiento concreto se puede describir de la siguiente manera:

- **Músculo principal (o agonista):** es el músculo principal responsable para un movimiento dado. El cuádriceps en la parte anterior del muslo es el músculo principal que extiende (estira) la pierna en la rodilla.
- **Antagonista:** es el músculo que se opone a la acción del músculo principal. Los antagonistas deben relajarse y alargarse para permitir el movimiento, y a menudo ejercen la acción contraria cuando se contraen. Los músculos isquiotibiales en la parte posterior de la pierna deben relajarse y alargarse cuando el cuádriceps femoral endereza la pierna.
- **Sinérgico:** es el músculo que ayuda a la acción del músculo principal. Algunos músculos sinérgicos, denominados *fijadores*, evitan el movimiento de una articulación cercana. Recuerde que los músculos se acortan cuando se contraen, acercando la inserción al origen. Sin fijadores, el origen también se movería hacia la inserción. Por ejemplo, cuando inspiramos profundamente, varios

músculos del cuello evitan que el cuello se flexione para que otros músculos pueden elevar la caja torácica.

Para unir todas estas interacciones, consideremos cómo levantamos el brazo lateralmente en el hombro (abducción). El músculo deltoides es el motor principal, el supraespinoso (un músculo del manguito de los rotadores profundo al músculo deltoides) es un sinérgico importante para el inicio del movimiento. La gravedad es el antagonista principal, pero los antagonistas musculares al deltoides son los músculos pectoral mayor y dorsal ancho (ambos aducen el brazo). Muchos músculos actúan como fijadores mediante la estabilización de la escápula, incluyendo el trapecio y el pectoral menor. Todos estos músculos pueden visualizarse en la lámina 7-5 al final del capítulo.

### Apuntes sobre el caso

**7-18** Cuando Hammid camina sobre sus talones, se contraen los gemelos y se relaja el peroneo largo. ¿Qué músculo es el principal y cuál es el antagonista?

### Examen sorpresa

**7-34** Cuando un músculo se contrae, qué parte se mueve más, ¿el origen o la inserción?

**7-35** ¿Cómo se denomina un músculo que ayuda a la acción de uno principal?

## Principales músculos esqueléticos

El cuerpo humano contiene cientos de músculos, desde los músculos grandes y fuertes a los pequeños músculos que mueven los ojos. Comentaremos un subgrupo de estos músculos, que hemos elegido porque son importantes en la postura o en el movimiento del cuerpo o porque son puntos de referencia importantes. Como se comentó en el cuadro de Historia de la ciencia, titulado «Arte médico e historia de la disección humana», los artistas han representado el cuerpo humano con diversos fines durante miles de años, pero sólo hace pocos cientos de años empezaron a presentarse sus estructuras internas para estudiarlas científicamente. Utilice nuestras ilustraciones y las tablas contiguas para conocer la ubicación y la forma de los principales músculos esqueléticos. Podría aprender más fácilmente la anatomía de los músculos mediante: a) el aprendizaje de partes de la palabra utilizada para dar nombre a los músculos y b) realizando las acciones de cada músculo a medida que lee sobre el mismo. Las figuras 7-17 y 7-18 proporcionan un resumen de los principales músculos superficiales. En las láminas 7-1 a 7-9 se detallan los músculos de cada región y un resumen de sus funciones importantes.