

UNIVERSIDAD DE VALENCIA



SERVICIO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTES

**Curso de especialización profesional
universitaria:**

Dirección de programas de fitness

DISEÑO DE PROGRAMAS DE FITNESS



Dr. Eloy Izquierdo Rodríguez

CAPÍTULO III – ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DEL MÚSCULO

3. ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DEL MÚSCULO

EL SISTEMA MÚSCULO-ESQUELÉTICO

Músculos y huesos componen lo que se llama el *sistema músculo-esquelético* del cuerpo humano. Los huesos construyen la estructura y proporcionan soporte al cuerpo y los músculos hacen que se pueda mover (contrayéndose y poniéndose en tensión). El sistema músculo-esquelético también proporciona soporte, alojamiento y protección a los órganos internos. Para cumplir su función, los huesos deben estar unidos entre sí de alguna forma. Esta unión la proporcionan las *articulaciones* y estas estructuras están constituidas principalmente por *ligamentos* (y con la ayuda de los músculos). Los músculos se unen al hueso mediante los *tendones*.

ESTRUCTURA DEL MÚSCULO

Los músculos varían en forma y tamaño y tienen que cumplir muy diversas funciones. Los músculos más grandes, como los isquiotibiales y el cuádriceps controlan el movimiento. Otros músculos, como el corazón o los músculos del oído interno cumplen con otras funciones, sin embargo, a un nivel microscópico todos tienen una estructura similar.

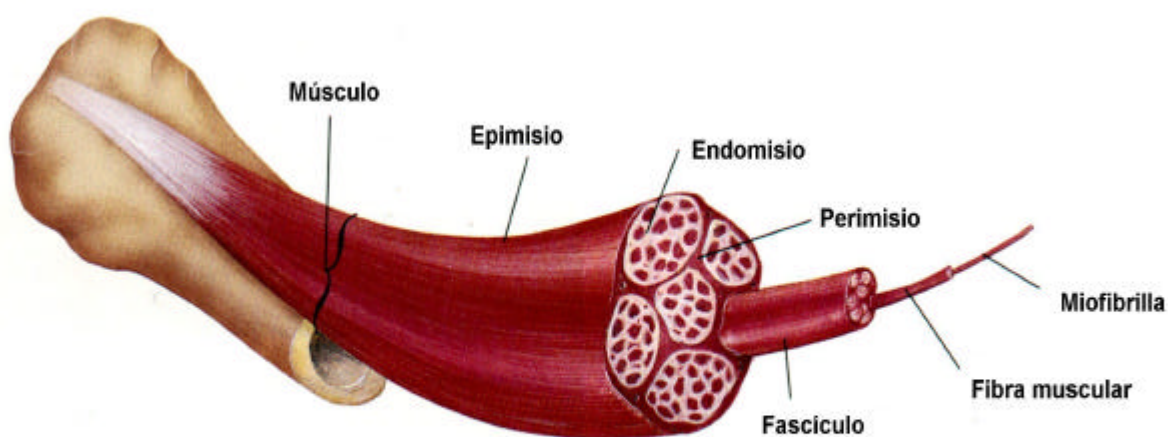


Fig. 1: Estructura básica del músculo (adaptado de Wilmore y Costill, 1994)

En un nivel macroscópico, el músculo esquelético tiene una estructura compleja. Si diseccionamos un músculo, vemos que está cubierto por una capa de tejido conectivo, el *epimisio* que cubre el músculo por completo manteniendo su estructura interna unida. Si cortamos el epimisio vemos una serie de pequeños haces de fibras (*fascículos*) rodeados por un tejido conectivo denominado *perimisio*. Finalmente, cortando el perimisio se llega a las *fibras musculares* que son células musculares individuales. Cada fibra muscular está cubierta por una capa de tejido conectivo llamada *endomisio*.

La fibra muscular es casi invisible a simple vista, su diámetro oscila de 10 a 80 micras y la mayoría tienen la misma longitud que el músculo. Ello significa que

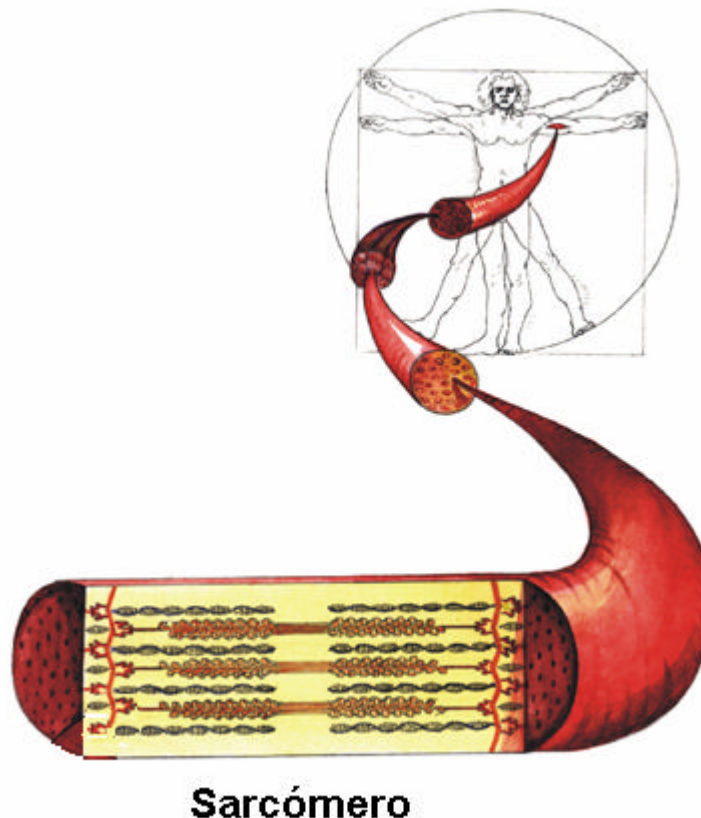


Fig. 2. El sarcómero en la estructura muscular

una fibra muscular del muslo ¡tiene más de 35 cm de largo!. El número de fibras musculares varía considerablemente, dependiendo del tamaño y de la función muscular. Cada fibra muscular está compuesta de decenas de miles de *miofibrillas* que se pueden contraer, relajar y elongar. Las miofibrillas están formadas por millones de bandas denominadas *sarcómeros*.

Cada sarcómero está formado por filamentos delgados y gruesos llamados *miofilamentos* que están formados por proteínas contráctiles, fundamentalmente *actina* y *miosina*.

- ✓ Una célula muscular es conocida como “fibra muscular”.
- ✓ El citoplasma de una fibra muscular se denomina “sarcoplasma”
- ✓ Cada fibra muscular contiene cientos o millares de “miofibrillas”

LA CONTRACCIÓN MUSCULAR

El músculo se contrae debido al estímulo nervioso que recibe que hace que los filamentos del sarcómero deslicen unos sobre otros provocando la contracción muscular. Cuando miles de millones de sarcómeros en el músculo se acortan simultáneamente se produce una contracción de la totalidad de la fibra muscular. **Cuando una fibra muscular se contrae, lo hace por completo**, no es posible que se dé una contracción parcial de la fibra. Las fibras musculares no son capaces de contraerse con una intensidad adecuada a la carga contra la que están actuando.

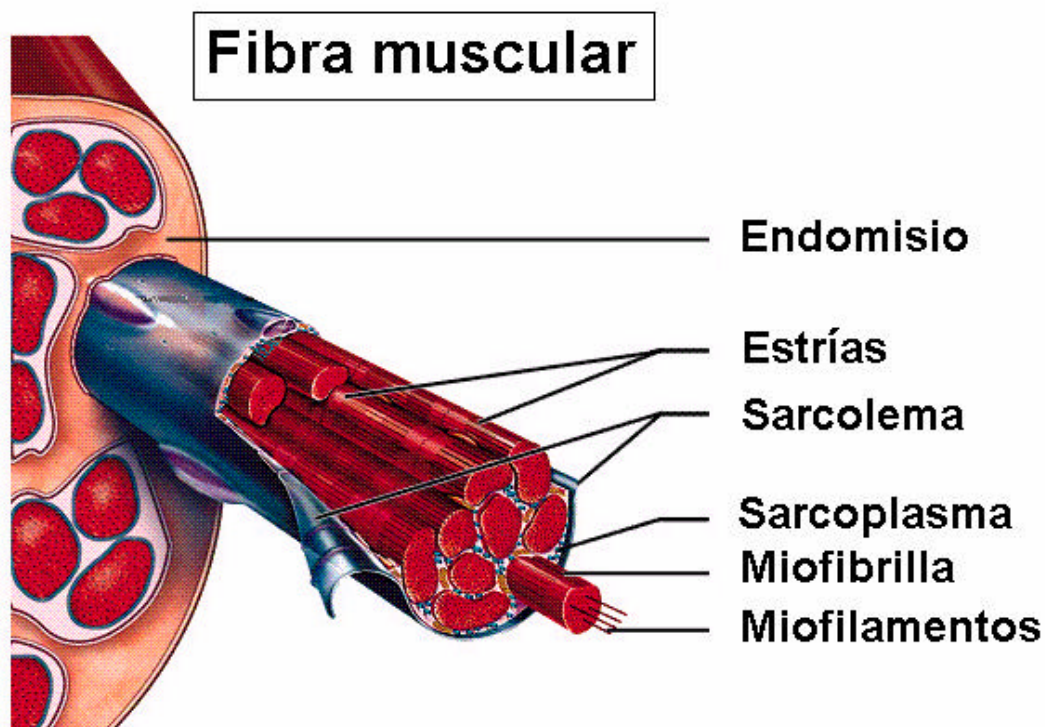


Fig. 3. La fibra muscular. Adaptado de: Saladin K. *Anatomy and Physiology: The Unity of Form and Function*. McGraw Hill. 1998

TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES

No todas las fibras musculares son iguales. El músculo esquelético contiene dos principales tipos de fibras musculares: fibras de contracción lenta (ST) y fibras de contracción rápida (FT). Las fibras de contracción lenta tardan aproximadamente 110 milisegundos en alcanzar su máxima tensión cuando son estimuladas. Las fibras de contracción rápida pueden contraerse en 50 milisegundos.

Existe un único tipo de fibras de contracción lenta, pero se han identificado dos tipos principales de fibras de contracción rápida, las fibras rápidas de

tipo *a* (FT_a) y las fibras rápidas de tipo *b* (FT_b). También ha sido identificado otro subtipo de fibras de contracción rápida, el tipo *c* pero su intervención en la contracción muscular es menor por lo que no las consideraremos. Por término medio, la mayoría de los músculos se componen de un 50% de fibras de contracción lenta (ST) y un 25% de fibras de contracción rápida tipo *a*. Del 25% restante, la mayoría de fibras son del tipo *b*. Las fibras ST también son llamadas de tipo I y las FT de tipo II (II_a y II_b). Entre las diferencias entre cada tipo de fibras cabe destacar que en una unidad motora (una motoneurona y las fibras musculares que inerva) ST la motoneurona inerva de 10 a 180 fibras musculares. Una unidad motora FT inerva de 300 a 800 fibras musculares. Esta distribución implica que cuando una motoneurona ST estimula a sus fibras se contraen muchas menos fibras musculares que cuando lo hace una motoneurona FT, por lo tanto las fibras FT alcanzan su pico de tensión antes y generan más fuerza que las fibras ST. Individualmente la fuerza de una fibra FT no difiere mucho de la de una fibra ST. **La diferencia en la fuerza desarrollada por las unidades motoras FT y ST es debido al número de fibras por unidad motora, no a la fuerza generada por cada fibra.**

Características	Clasificación de las fibras musculares		
	Fibras de contracción lenta Tipo ST o I	Fibras de contracción rápida	
		Tipo FT _a o II _a	Tipo FT _b o II _b
Capacidad oxidativa	Alta	Moderadamente alta	Baja
Capacidad glucolítica	Baja	Alta	Muy alta
Velocidad contráctil	Lenta	Rápida	Rápida
Resistencia a la fatiga	Alta	Moderada	Baja
Fuerza de la unidad motora	Baja	Alta	Alta

Las fibras de contracción lenta tienen un elevado nivel de resistencia aeróbica. Este tipo de fibras es muy eficiente a la hora de producir energía para la resíntesis de ATP a partir de la oxidación de los carbohidratos y de las grasas. Mientras el proceso de oxidación se mantiene activo, las fibras ST continúan produciendo ATP y les permite permanecer activas. *La capacidad para mantener la actividad muscular durante un tiempo prolongado se denomina “resistencia muscular”*. Así, las fibras ST tienen una gran resistencia aeróbica y son las que se reclutan cuando se hacen esfuerzos de baja intensidad y larga duración, como por ejemplo una carrera de maratón.

Las fibras de contracción rápida tienen, por el contrario, poca resistencia aeróbica. Están mejor adaptadas para rendir de forma anaeróbica (sin oxígeno), esto quiere decir que su ATP se forma a partir de vías energéticas anaeróbicas (no por oxidación).

Las unidades motoras de tipo *a* (FT_a) generan mucha más fuerza que las de tipo *ST*, pero se fatigan pronto por su escasa resistencia. Este tipo de fibras se utiliza cuando se requiere resistencia durante esfuerzos de corta duración y alta intensidad como pueden ser los 1.500 metros lisos o los 400 metros libres en natación.

Las fibras de tipo (FT_b) no se activan en esfuerzos de media y baja intensidad pero son las que se usan de forma predominante en eventos que requieren fuerza explosiva como los 100 metros lisos, el salto de longitud o los 200 m de velocidad en ciclismo en pista.

Las unidades motoras tienen una respuesta de *todo o nada*. Para que una unidad motora se implique en la actividad, el impulso nervioso que le llegue debe alcanzar o superar su umbral de excitación. Cuando ello sucede, **todas las fibras musculares de la unidad motora se contraen a su máxima intensidad**. Si el umbral de excitación no se alcanza, las fibras de esa unidad motora no actúan. **Se produce más fuerza cuando se activan más unidades motoras, esto es, cuando se contraen más**

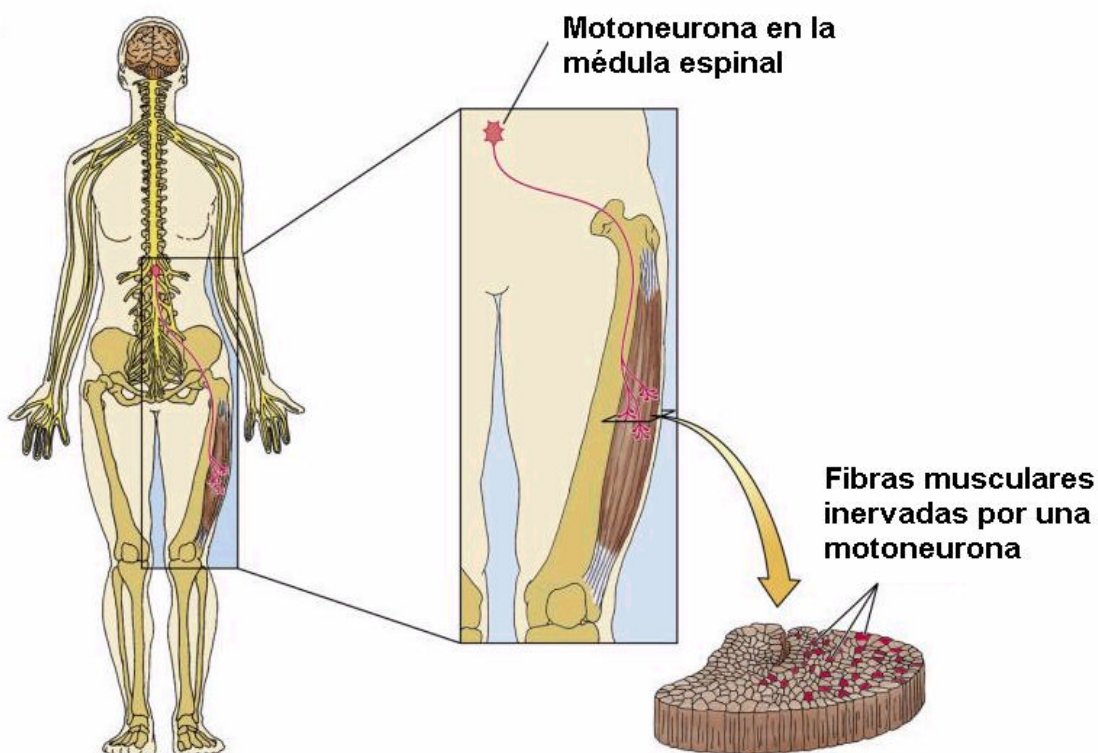


Fig. 4: Fibras musculares inervadas por una motoneurona

fibras musculares.

El tipo de composición de los músculos es bien diferente en deportistas de resistencia de los de fuerza y velocidad con porcentajes de uno u otro tipo de fibras en función del deporte practicado. Por ejemplo, los músculos de la pantorrilla (gemelos) de un corredor de fondo de clase mundial puede tener más de un 90% de fibras de contracción lenta mientras que un *sprinter* del mismo nivel tiene únicamente un 25% de

este tipo de fibras lentas. Una persona no entrenada tiene de un 45 a un 55% de fibras de contracción lenta.

ESPECIFICIDAD DE LAS ADAPTACIONES

Aunque la influencia genética es importante, el tipo de entrenamiento condiciona bastante el porcentaje de uno u otro tipo de fibras, aspecto que debe tenerse en cuenta en función de los objetivos deportivos que se pretenda alcanzar. Está demostrado y resulta evidente, el aumento de tamaño de las fibras musculares con el entrenamiento (hipertrofia) y que el aumento de tamaño de uno u otro tipo de fibras depende del tipo de entrenamiento. Así si un atleta es practicante de un deporte que implique acciones rápidas y potentes o que requieran una gran cantidad de fuerza muscular, debe realizar un entrenamiento específico que implique la hipertrofia de las fibras de contracción rápida.

De este modo, una sección transversal de su músculo tendrá una superficie de fibras de contracción rápida mayor, ello aún sin pensar en que el entrenamiento haya condicionado aparición de nuevas fibras (hiperplasia). Si bien durante años no ha podido demostrarse la existencia de hiperplasia, es decir, la formación de nuevas células musculares, actuales investigaciones la demuestran en estudios realizados con algunos animales de laboratorio y otros estudios realizados con humanos muestran evidencias indirectas de la existencia de hiperplasia, lo que refuerza todavía más la importancia de realizar un entrenamiento específico.

UTILIZACIÓN DE LOS MÚSCULOS

Los músculos actúan de forma coordinada, cada acción muscular requiere la aplicación de un determinado nivel de fuerza muscular en los músculos implicados en el movimiento. Cuando una articulación se mueve por la acción de los músculos que la controlan, el músculo o grupo muscular que realiza la acción principal se denomina *agonista*, el que se opone a esa acción principal es el *antagonista* y el que asiste al grupo muscular que realiza la acción principal es el *sinergista*.

Por ejemplo, como puede verse en la figura, la flexión del codo requiere el

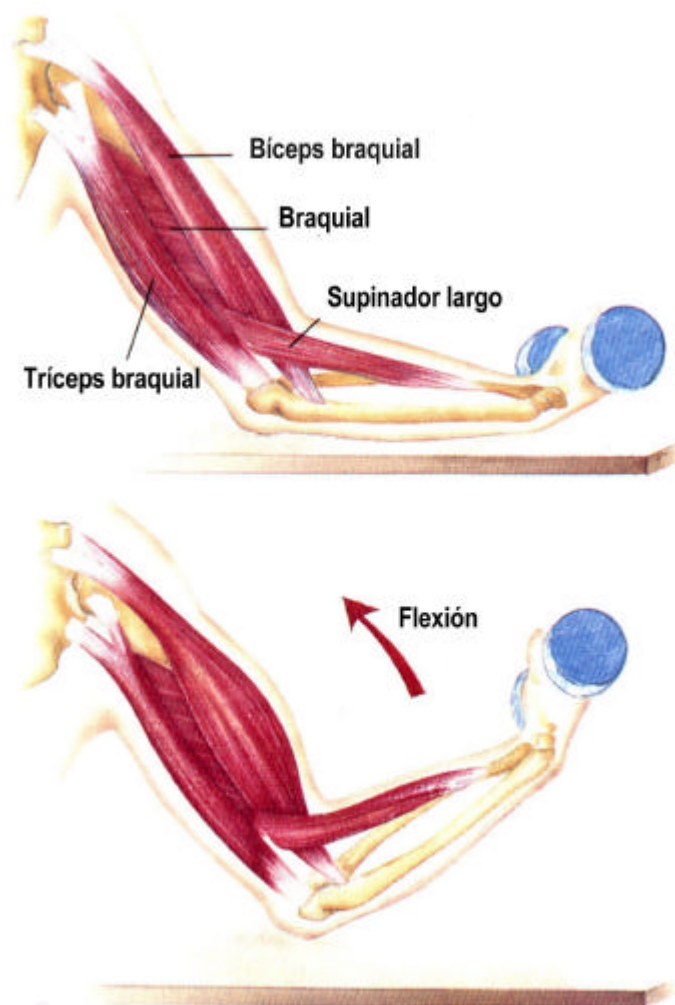


Fig. 5: Las acciones de los músculos agonistas, antagonistas y sinergistas.

acortamiento del braquial y del bíceps braquial (agonistas) y la relajación del tríceps (antagonista). El supinador largo (sinergista) asiste a los agonistas en su acción de flexión del codo. Los agonistas producen la mayoría de la fuerza y los sinergistas

ayudan a la acción y a menudo contribuyen a regular de forma precisa la dirección del movimiento. Los antagonistas juegan un papel de protección contribuyendo al control del movimiento oponiéndose a veces con una contracción ligera a la acción, evitando posibles lesiones por una acción demasiado violenta de los agonistas.

TIPOS DE ACCIÓN MUSCULAR

1. Concéntrica
2. Estática
3. Excéntrica

Los movimientos musculares se pueden clasificar desde tres tipos de acciones: En algunas acciones concretas, como por ejemplo el salto, pueden concurrir las tres formas al ejecutar un movimiento coordinado.

Como *acción concéntrica* se entiende la acción principal de un músculo: acortarse. Esta es la acción que hace que los dos extremos de los huesos que forman una articulación se aproximen y dado que se produce un movimiento en la articulación, las acciones concéntricas se consideran *acciones dinámicas*.

Como *acción estática* se entiende cuando el músculo produce fuerza pero su longitud permanece invariable (estática), el ángulo de la articulación no varía. También se denomina *acción isométrica*. Esta acción se produce, por ejemplo, cuando se intenta levantar un peso del suelo y no se puede con él debido a que su peso es mayor que la fuerza generada o también cuando se soporta un peso sin mover la articulación. En ambos casos se percibe la tensión muscular pero no se produce movimiento, es decir los músculos no se acortan.

Los músculos también pueden ejercer fuerza mientras se alargan. Este movimiento es una *acción excéntrica*. Debido a que se produce movimiento en la articulación, esta es también una acción dinámica. Acciones de este tipo son las acciones de frenado, la amortiguación de un salto, el movimiento de dejar un peso suavemente, etc. Todas estas acciones son susceptibles de ser entrenadas con cargas para desarrollar diversas manifestaciones de la fuerza.



Fig. 6. Acciones musculares. a) Concéntrica, b) Estática, c) Excéntrica.

ÍNDICE DEL CAPÍTULO

3. ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DEL MÚSCULO	21
EL SISTEMA MÚSCULO-ESQUELÉTICO	21
ESTRUCTURA DEL MÚSCULO	21
LA CONTRACCIÓN MUSCULAR	23
TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES	23
ESPECIFICIDAD DE LAS ADAPTACIONES	26
UTILIZACIÓN DE LOS MÚSCULOS	27
TIPOS DE ACCIÓN MUSCULAR	28
<i>ÍNDICE DEL CAPÍTULO</i>	30