

Fig. 3 Estriaciones transversales en el músculo esquelético Hematoxilina férrica.

La disposición regular de estas proteínas en cada miofibrilla da lugar a las estriaciones transversales regulares que recorren la longitud total de las fibras musculares y que se distingue al M/O con una preparación de H/E, estas se observan más nítidamente con hematoxilina férrica o utilizando el microscopio de polarización.

Bajo la luz polarizada, las fibras muestran bandas oscuras birrefringentes anisotrópicas, motivo por el cual se les denominó bandas A, mientras que las bandas claras son isotrópicas y se designan con la letra I.

En el centro de cada banda I aparece una línea transversal oscura, la línea Z que se repite con cierta periodicidad, aproximadamente cada 24 μm .

La porción de una fibrilla comprendida entre dos líneas Z adyacentes, se denomina **sarcómera** y constituye la unidad lineal de la contracción. Cada sarcómera está formada por dos líneas Z, dos medias bandas I, una banda A completa y una H. Las estriaciones de las miofibrillas, como señalamos anteriormente, son debidas a la repetición de estas unidades lineales.

Los espacios que quedan entre los extremos libres de los filamentos delgados en la fibra relajada, corresponden a la banda H, los cuales ocupan la zona media de la sarcómera y donde solo hay filamentos gruesos (miosina), este hecho explica el aspecto más claro de la banda H.

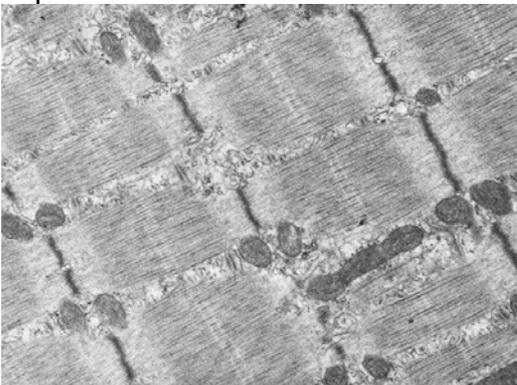


Fig. 4 Músculo estriado. Sarcómeras. Microscopía electrónica de transmisión

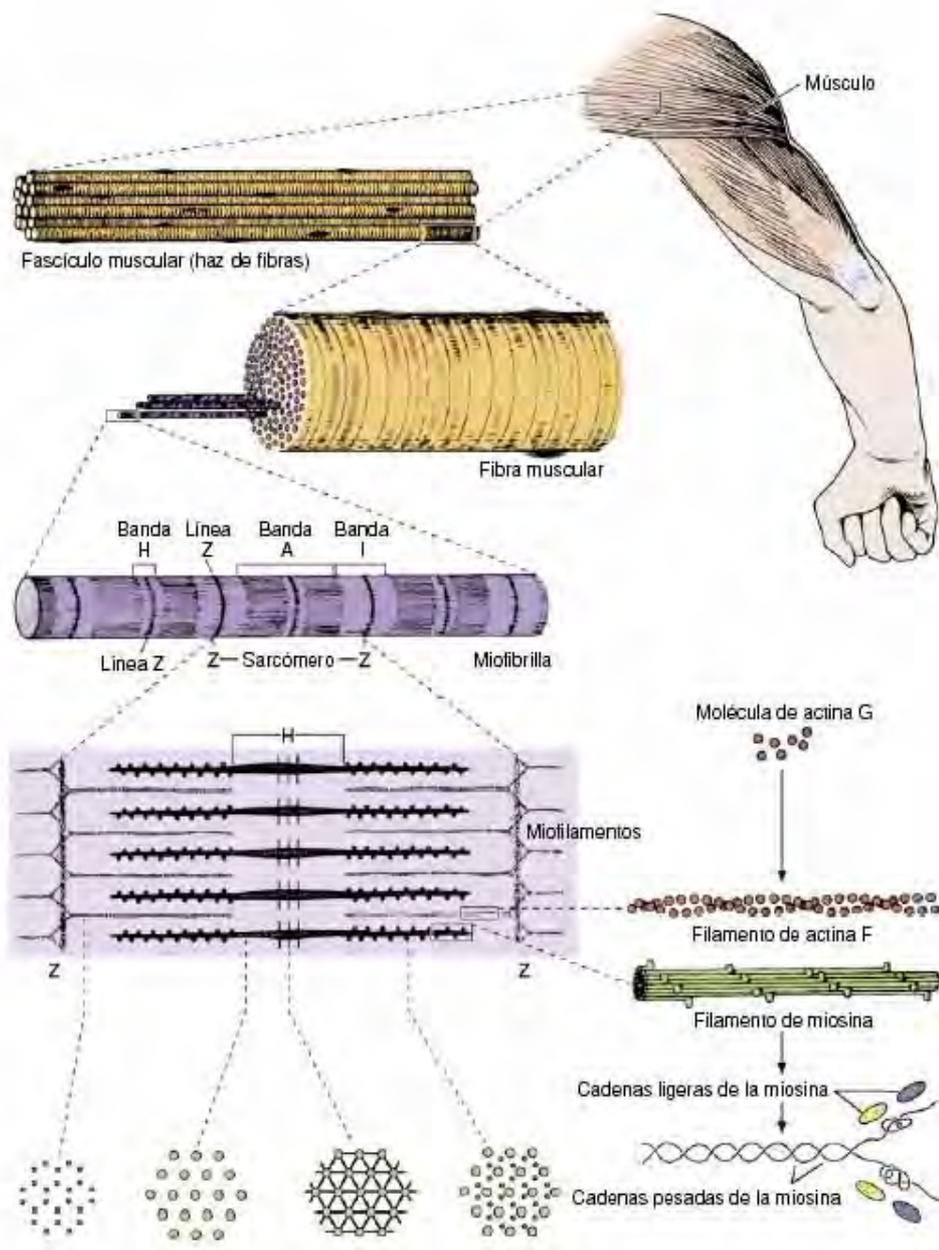


Fig. 5 Estructura del músculo esquelético: del órgano a la estructura molecular.

Los límites de la banda A están determinados por la longitud de la molécula de miosina. Los filamentos gruesos no alcanzan la línea Z, por lo cual hay una región a cada lado de las líneas Z que solo tienen filamentos delgados. Esto explica que la banda I (clara) tenga menor densidad que los extremos de la banda A, donde se

interdigitan los filamentos delgados y gruesos. Debido a esto hay mayor densidad, y se explica la presencia de las bandas oscuras.

En el sarcoplasma, entre las miofibrillas, se disponen numerosas mitocondrias, partículas de glucógeno y cisterna del retículo sarcoplásmico. Estas últimas adosadas a las miofibrillas.

Cada miofibrilla contiene 1000 o más miofilamentos, de los cuales los dos tercios aproximadamente son filamentos delgados y el otro tercio lo forman los filamentos gruesos. Al microscopio electrónico se puede distinguir que los filamentos delgados caracterizan a la banda I y los filamentos gruesos a la banda A. Un extremo de cada filamento delgado queda unido a la línea Z, de donde se extiende linealmente y acaba en terminaciones libres antes de alcanzar la parte media.

La línea Z corresponde a una zona en que los filamentos finos de las sarcómeras vecinas se anastomosan entre sí.

Tipos de fibras

Los músculos esqueléticos se destacan por la heterogeneidad de sus fibras: rojas, de contracción lenta; blancas, de contracción rápida, e intermedias. Las propiedades morfológicas, histoquímicas y funcionales caracterizan y distinguen a cada una de éstas fibras.

Fibras rojas

Estas fibras, a un corte transversal, tienen poco diámetro y poseen abundantes mitocondrias, por lo que reaccionan positivamente con las técnicas que se utilizan para demostrar la presencia de enzimas respiratorias; por ejemplo, la succinodeshidrogenasa. Por todo esto su metabolismo es fundamentalmente aeróbico.

Además poseen un alto contenido de mioglobina, proteína pigmentada de color rojo pardo (responsable del color rojo de los músculos). Esta proteína puede transportar, almacenar y liberar oxígeno.

Las fibras rojas de contracción lenta son las que predominan en los músculos posturales y las que permanecen por más tiempo tónicamente activas; a la vez son más resistentes a la fatiga.

Fibras blancas

Poseen mayor diámetro en los cortes transversales y presentan pocas mitocondrias; esto indica la dependencia al metabolismo anaeróbico para la obtención de energía. Estas fibras son ricas en glucógeno y enzimas glucolíticas, y presentan poca cantidad de mioglobina, de ahí que reciban el nombre de fibras blancas. Tienen además una pobre vascularización.

Las fibras blancas predominan en los músculos responsables de las contracciones intensas pero esporádicas; bíceps y tríceps son ejemplo de estos músculos.

Fibras intermedias

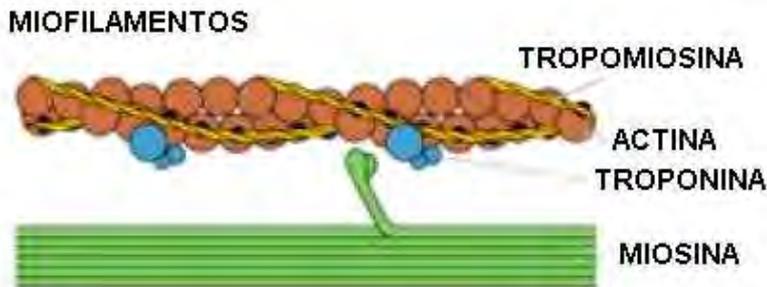
Sus características morfológicas y funcionales son de tipo intermedio entre las aerobias y las anaerobias.

Composición de los filamentos

Los miofilamentos, como planteamos anteriormente, son de dos tipos: finos y gruesos, y están constituidos por proteínas contráctiles.

Miofilamentos finos

Están constituidos por actina, tropomiosina y troponina. La actina existe en forma globular, de ahí su nombre de actina G ; presentan un diámetro de 5 nm. Las moléculas de actina G, están alineadas en dos filas enrolladas en espiral, para constituir el filamento principal del filamento delgado, actina F. Relacionados con la actina F se encuentran otros dos miofilamentos proteicos: la tropomiosina, molécula fibrosa que se dispone entre las dos hileras de la espiral de actina y la troponina, agregado proteico que se encuentra a intervalos regulares a lo largo de la hélice. El mecanismo por el cual estas proteínas intervienen en la contracción lo explicaremos más adelante.



MOLÉCULA DE MIOSINA

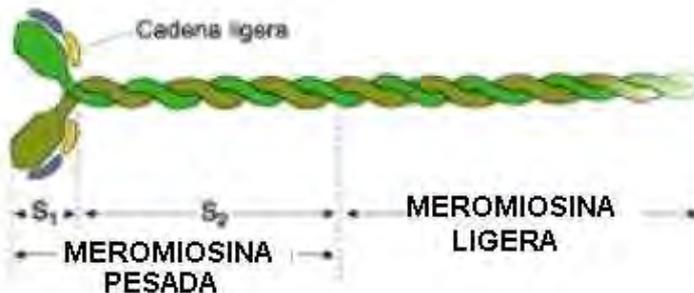


Fig. 6 Esquema en que se muestran las proteínas del filamento de actina. Troponina. Tropomiosina, y actina globular. Molécula de miosina con sus porciones de meromiosina ligera y pesada.

Miofilamentos gruesos

Están constituidos por la molécula de miosina, que presenta un diámetro de 10 nm. La miosina, mediante enzimas hidrolíticas, se puede desdoblar en dos subunidades: una de tipo filamentososo y aproximadamente 80 nm de longitud (meromiosina ligera), y la otra en una cabeza globulosa de alrededor de 4 nm de diámetro (meromiosina pesada). Por experiencias realizadas se conoce que la porción pesada de la meromiosina puede desdoblar el ATP. El punto de unión