

19

TEJIDO MUSCULAR ESTRIADO ESQUELÉTICO

ESTRUCTURA DEL TEMA:

- 19.1. Generalidades.
- 19.2. célula muscular estriada esquelética.
- 19.3. Células satélites.
- 19.4. Heterogeneidad de las fibras musculares estriadas esqueléticas.

19.1. GENERALIDADES

Las células musculares estriadas esqueléticas se dividen en: comunes o extrafusales (extrahusales) y en infrafusales (intrafusales). Esto es debido a que existen en los músculos unos receptores sensoriales (**husos neuromusculares**) que en su interior tienen células musculares especiales (**intrafusales**).

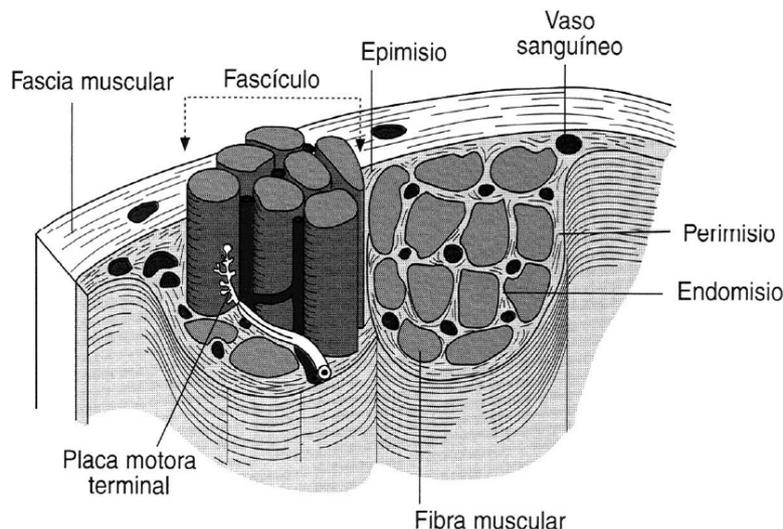
19.2. FIBRA MUSCULAR ESTRIADA ESQUELÉTICA

ORGANIZACIÓN:

Las células musculares estriadas esqueléticas presentan alrededor de cada célula una lámina externa que es PAS positiva y que se continúa con fibras de colágeno con pequeños capilares, inervación... Es el **endomisio**.

Las células estriadas musculares se agrupan formando fascículos. Varios fascículos están agrupados por tejido conjuntivo laxo algo más grueso, en mayor cantidad, que recibe el nombre de **perimisio**. En el perimisio hay más haces de colágeno, fibras de reticulina, vasos sanguíneos y nervios de mayor calibre.

En el tejido muscular hay varios fascículos unidos por tejido conjuntivo denso para formar el músculo propiamente dicho. Este tejido conjuntivo fibroso denso desorganizado es el **epimisio**.



MICROSCOPIA ÓPTICA:

La célula muscular estriada va a ser un cilindro cuya longitud varía desde 1mm a 30 cm. Son células muy largas. El diámetro de la célula ronda las 50 – 100 micras. Forman cilindros sincitiales.

En la larga longitud de la fibra aparecen cientos de núcleos. Son núcleos situados en la periferia por debajo del sarcolema. Son alargados, siguiendo el eje longitudinal de la célula, con extremos redondeados y cromatina laxa.

En el eje de la célula se encuentran las **miofibrillas**. Las miofibrillas son cilindros de 1 – 2 micras de diámetro que tienen la misma longitud que la célula, se disponen paralelas entre sí y con la misma longitud que la célula. Presentan estriaciones transversas y son eosinófilas en hematoxilina-eosina.

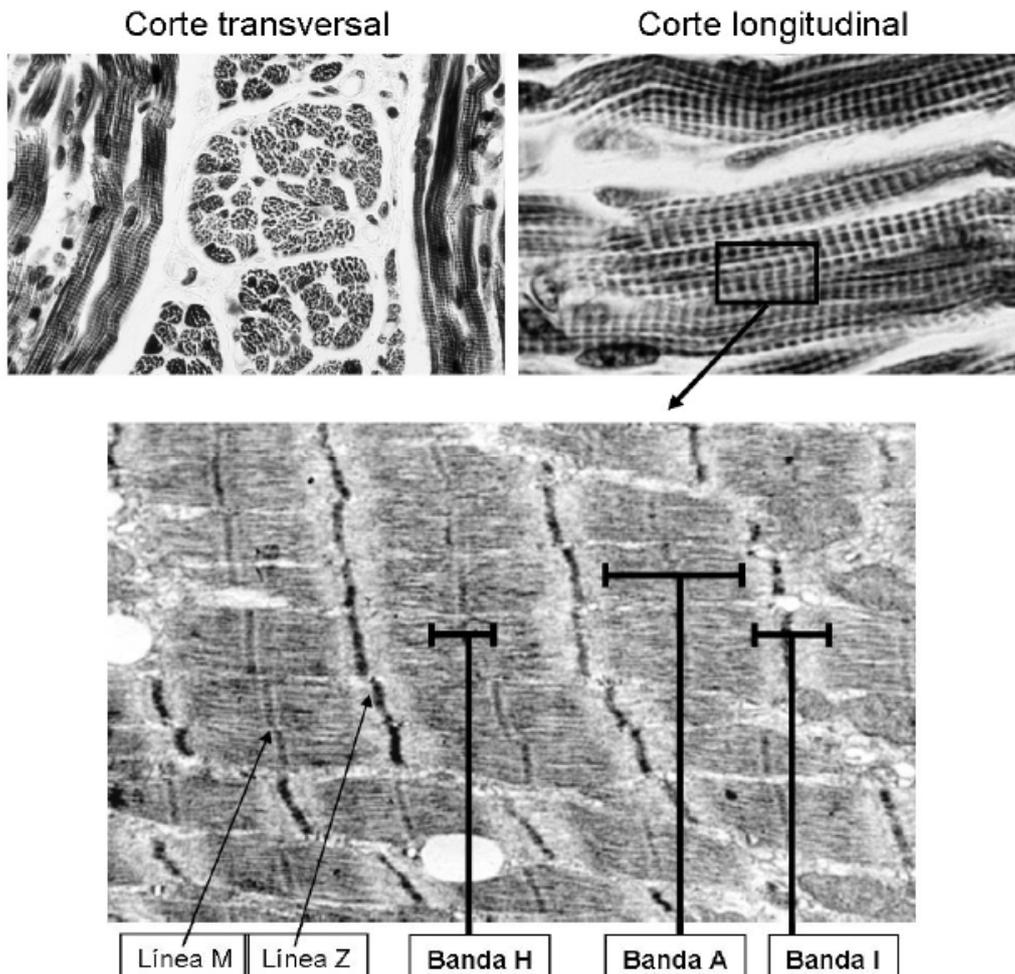
Con luz refringente se observa que las estriaciones transversas se observan unas bandas brillantes (**anisótropas**) denominadas **bandas A**, con hematoxilina férrica se observan muy oscuras. Estas bandas A se alternan con unas bandas menos brillantes (**isótropas**) denominadas **bandas I**, que con hematoxilina férrica se observan claras.

A mayor aumento, se observa en el medio de cada banda A una banda más clara que recibe el nombre de **banda H** y en su centro se encuentra una línea denominada **línea M**. En las bandas I, en su centro, hay una línea más oscura, la **línea Z**, dividiendo la banda I en dos hemibandas.

Con esto se define la unidad funcional del músculo, el **sarcómero**. Entre banda Z y banda Z habrá un sarcómero. Cada una de las miofibrillas están constituidas por sarcómeros sucesivos. Un sarcómero tiene una banda A, con su banda H y su línea M, y dos hemibandas I, una a cada lado.

En un corte transversal, la célula se observa como un círculo con sus núcleos en la periferia. En el interior se observan puntos en el centro que corresponden a las miofibrillas cortadas. En un corte transversal no se observan las estriaciones transversas.

CAMPOS DE CONHEIN: antiguamente se creían que las miofibrillas se agrupaban formando acúmulos de miofibrillas.



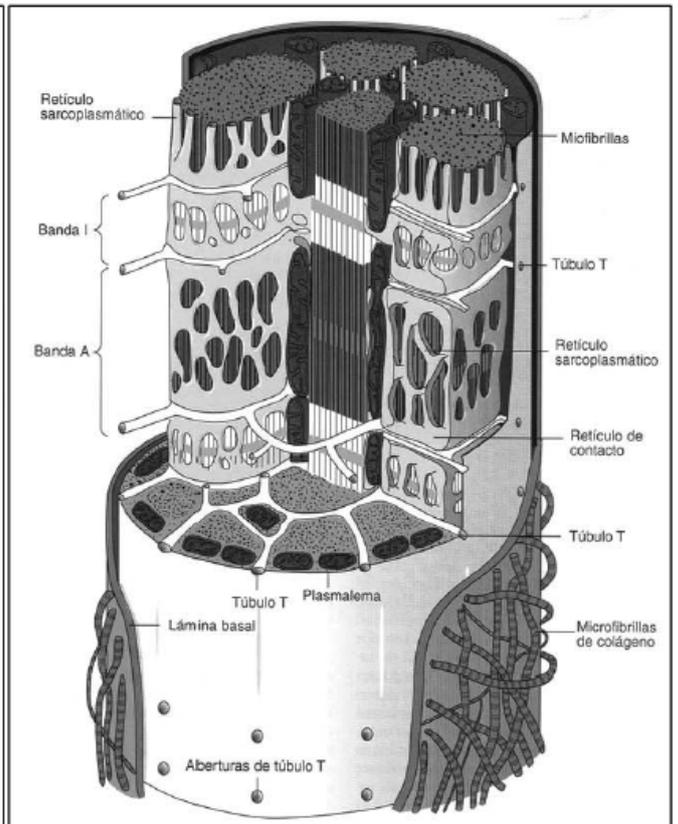
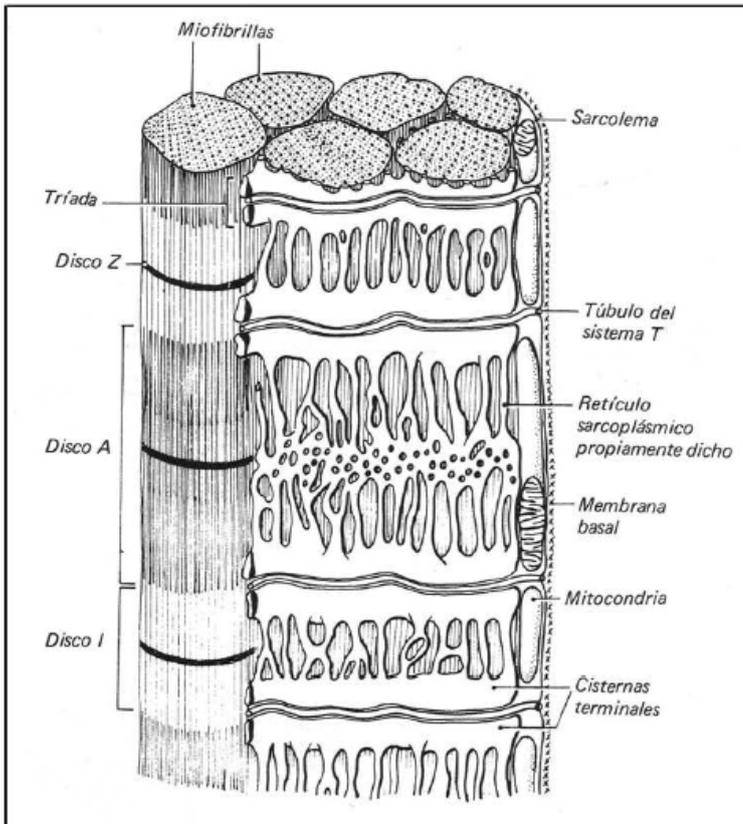
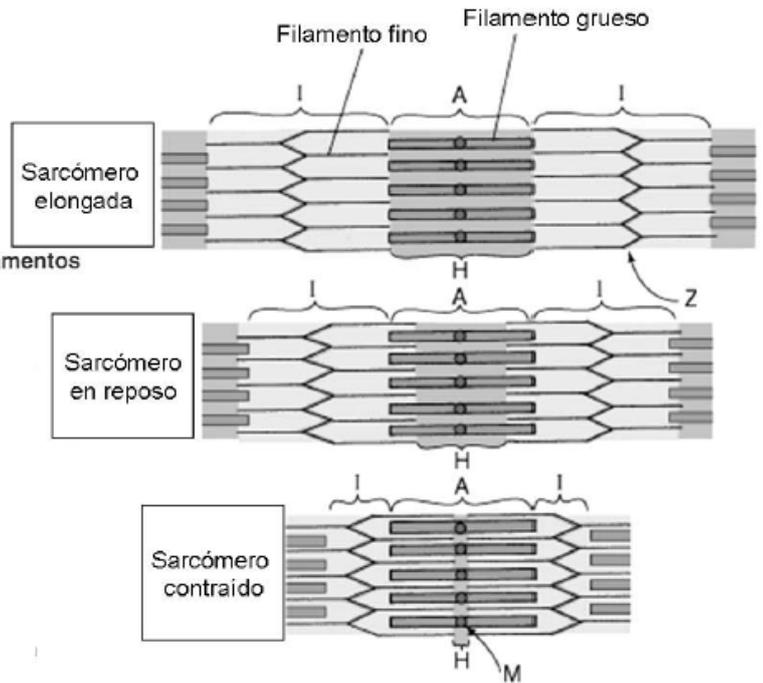
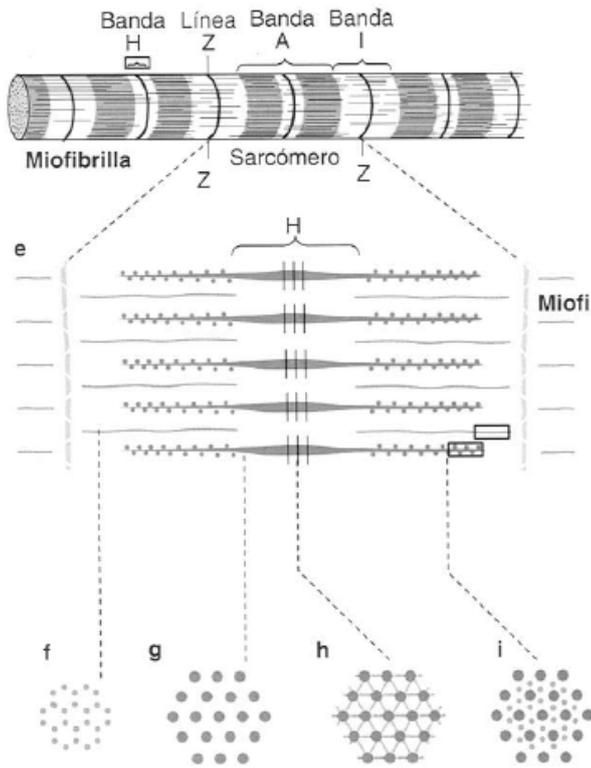
MICROSCOPIA ELECTRÓNICA:

Núcleo: hay múltiples. Son de cromatina laxa, alargados, están cerca del sarcolema. A su alrededor hay sarcosomas, aparato de Golgi, retículo sarcoplásmico... Por debajo del núcleo hay una proteína (**distrofina**) que mantiene la forma de la célula.

Por fuera de la membrana se ve la estructura de la lámina externa (*ver membrana basal*).

Citoplasma o sarcoplasma:

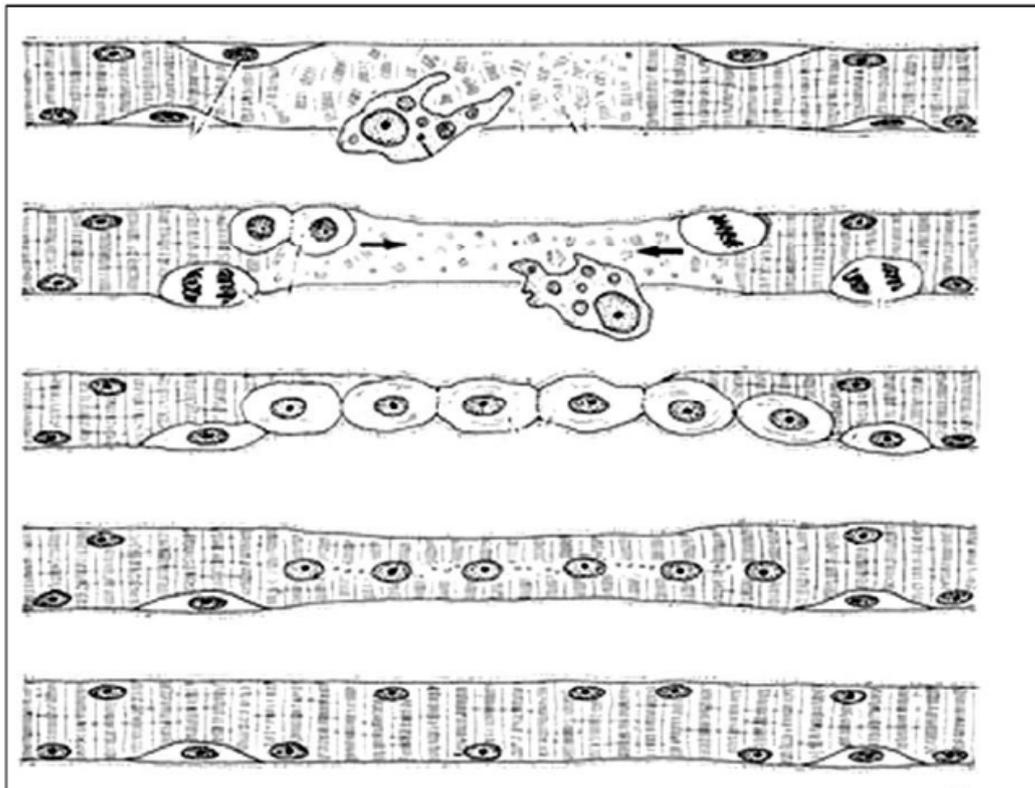
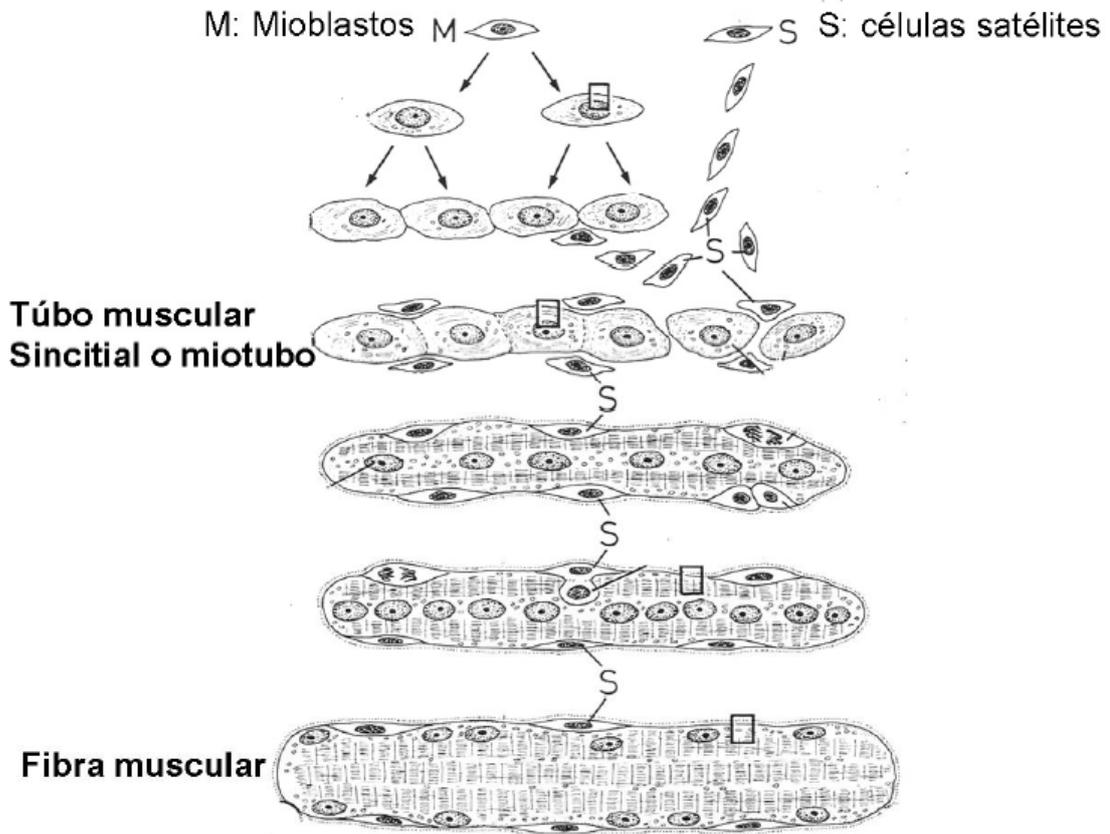
- Está repleto de miofibrillas. Se observan bien definidos estos cilindros porque entre ellos hay una gran cantidad de retículo sarcoplásmico.
- Existen también mitocondrias entre miofibrilla y miofibrilla.
- Los sarcotúbulos (del retículo sarcoplásmico) están ordenados en relación con las miofibrillas. En relación con la banda A y la I, se organizan como sarcotúbulos paralelos entre sí. En la zona de la línea M, estos retículos sarcoplásmicos se anastomosan entre sí y justo en la unión de la banda A con la banda I, los sarcotúbulos se fusionan y constituyen las **cisternas terminales transversas**.
- En medio de las cisternas transversas aparece un tercer elemento, el **túbulo T**. El túbulo T es una invaginación de la membrana celular digitiforme.
- Estas estructuras, en un corte transversal, se observan como estructuras paralelas y en el centro el túbulo T. Siempre se encuentra esta estructura en la unión A-I, luego cada sarcómero tiene dos **triadas**.
- Se observan también unas densificaciones entre las cisternas terminales y el túbulo T que son puentes de unión y que unen los tres elementos de la triada entre sí (**calcisecuestrina** y **rianodina**).
- Por otra parte, los **miofilamentos** constituyen las miofibrillas. Los miofilamentos están perfectamente ordenados constituyendo el sarcómero.
 - El filamento fino (5 nm) tiene una longitud completa de 1 micra. Va desde la línea Z, ocupa la hemibanda I y entra paralelos entre sí entre los filamentos gruesos. Por cada filamento grueso hay seis filamentos finos (1:6).
 - El filamento grueso tiene 15 nm de diámetro y una longitud de 1,5 micras. El filamento grueso se disponen paralelos y en relación con 6 filamentos finos. Están unidos en el centro por proteínas fibrilares que corresponden con la línea M. Estos filamentos forman puentes de unión con la actina y que en la zona central se ordenan y se alisa. Este fragmento liso origina la banda H al microscopio óptico.
 - En un corte transversal a nivel de la unión A-I, se observan 6 filamentos finos que rodean de forma hexagonal a un filamento de miosina.
 - Este sarcómero varía en longitud las hemibandas I en relación con el estado de contracción o relajación de la fibra muscular.
 - Un sarcómero en reposo, contraído o en estiramiento tiene diferentes valores de longitud; corresponde a 2,5 micras, 2 micras y, 3 micras respectivamente.
- Existen otros filamentos como los filamentos de **titina** (4 nm de grosor y 1 micra de longitud). Este filamento se inserta en la banda Z, pero penetra en la banda A y forma parte del filamento grueso. Es importante para el estiramiento.
- La **banda Z** aparece como filamentos en zig-zag. En un corte transversal se observa como una cuadrícula porque cada filamento fino de actina se insertan a cuatro filamentos de **proteína Z**, que son los filamentos más importantes de la banda Z. La actina se inserta perpendicularmente a estos filamentos.



19.3. CÉLULAS SATÉLITES

Compartiendo la lámina externa aparecen células satélites. Estas células son células aplanadas y que se diferencian los núcleos de estas células porque el citoplasma casi no se observa. Los núcleos son más pequeños y tienen cromatina condensada.

Las células satélite se producen cuando hay una lesión de las células musculares (lesión microfibrilar, que mantiene sana la lámina externa). Las células satélite forman mioblastos y que forman los miotúbulos, células con múltiples núcleos ubicados en el centro de la célula. De estos miotúbulos se origina la célula propiamente esquelética. Si la lesión es más grave esta se repara gracias a la acción de los fibroblastos.



19.4. HETEROGENEIDAD DE FIBRAS ESTRIADAS ESQUELÉTICAS

Existe tejido muscular rojo y blanco. Hay células con diferencias físicas, fisiológicas y metabólicas. Se pueden diferenciar tres tipos:

- Células rojas:
 - o Tienen una velocidad de contracción lenta.
 - o Son resistentes a la fatiga.
 - o Tienen un diámetro menor.
 - o Presentan una coloración roja porque tienen mayor número de capilares y mioglobina.
 - o Al MET presentan un mayor desarrollo del retículo sarcoplásmico, gran cantidad de mitocondrias y menor desarrollo del túbulo T.
 - o Los sarcómeros presentan bandas Z muy marcadas.
 - o Tienen muchos y pequeños terminales axónicos (**placas motoras**).
- Células blancas:
 - o Tienen una velocidad de contracción rápida.
 - o Son poco resistentes a la fatiga.
 - o Células con un diámetro mayor.
 - o Citoplasma con coloración más pálido por menor cantidad de capilares y mioglobina.
 - o Menor cantidad de mitocondrias.
 - o Tienen menor cantidad de retículo sarcoplásmico y mayor del túbulo T.
 - o Tienen bandas Z más finas.
 - o Presenta grandes **placas motoras** pero en menor cantidad de número.
- Células intermedias:
 - o Presentan características intermedias entre las células blancas y rojas a todos los niveles.

Mediante el ejercicio, se aumenta el tamaño de las células musculares.