



TEJIDO MUSCULAR

Permite los movimientos del cuerpo y la reducción del diámetro de las vísceras y los vasos, esto es posible ya que posee células alargadas -las *células musculares*- que son capaces de acortarse.

Sobre la base de las características morfológicas y funcionales de sus células, el tejido muscular puede dividirse en tres tipos, denominados estriado voluntario, estriado cardíaco y liso.

TEJIDO MUSCULAR ESTRIADO VOLUNTARIO

Comprende la parte esencial de cada uno de los *músculos* del esqueleto.

Los músculos están compuestos de tejido muscular estriado voluntario y tejido conectivo.

No solo hacen posible la locomoción sino cualquier movimiento voluntario del cuerpo.

Debe advertirse que existen músculos estriados que no pertenecen al esqueleto sino a vísceras, como los de la faringe y la parte superior del esófago o el diafragma.

Observados con el microscopio óptico, los músculos esqueléticos presentan en toda su longitud bandas transversales oscuras alternadas con bandas claras, por lo cual se los llama *músculos estriados*.

Las *células musculares estriadas voluntarias* miden hasta 30 cm de largo, son cilíndricas y de ancho uniforme, excepto en los extremos, donde se adelgazan. Además son multinucleadas y todos los núcleos se localizan por debajo de la membrana plasmática. En cada musculo las células musculares estriadas se disponen paralelamente una al lado de la otra, formando agregados longitudinales que se conocen con el nombre *de fascículos*. Cada célula muscular esta rodeada por el *endomisio*, que es una red de fibras reticulares situada en torno de la lamina externa. En cambio, cada fascículo esta rodeado por una capa de tejido conectivo denso denominada *perimisio*.

TIPOS DE CÉLULAS ESTRIADAS VOLUNTARIAS

- Las fibras *rojas* son pequeñas y finas. Su color se debe a que están rodeadas por abundantes capilares sanguíneos y a que contienen gran cantidad de mioglobina. La energía se genera mediante procesos oxidativos. Son muy resistentes a la fatiga.
- Las *fibras blancas* son las más grandes. Gran parte de la energía que consumen deriva de la glucólisis anaerobia, motivo por el cual sus mitocondrias son relativamente escasas. se contraen rápidamente y se fatigan con facilidad.
- *Las fibras intermedias* poseen características tintoriales, morfológicas y funcionales que se hallan entre las de las fibras rojas y las fibras blancas.

La intensidad de la fuerza mecánica que genera un músculo cuando se contrae depende del número y del tamaño de sus fibras. Debido a que son las más grandes, las fibras blancas son las que aportan mayor fuerza relativa.

ULTRAESTRUCTURA DE LAS CELULAS MUSCULARES ESTRIADAS VOLUNTARIAS

Membrana plasmática. esta rodeada por la *lamina externa*. En toda su extensión desarrolla unas invaginaciones tubulares que ingresan perpendicularmente en el citoplasma y que están separadas entre si por distancias mas o menos regulares.

Citoesqueleto. Se componen de *miofibrillas*, adaptadas para acortarse durante las contracciones y alargarse en los períodos de reposo. La miofibrilla esta compuesta por una sucesión de unidades contráctiles denominadas *sarcómeros*. En el limite entre un sarcómero y otro hay una estructura electrodensa, el *disco Z*.

Las distintas bandas del sarcómero resultan de la superposición periódica de los filamentos de actina con los otros componentes del citoesqueleto.

Los cortes transversales seriados del sarcómero revelan que las hemibandas I contienen únicamente filamentos de actina: que la zona central de la banda A posee solo fibras gruesas, y que las zonas de la banda A cercanas a las hemibandas I están compuestas por ambos elementos.

A pesar de su nombre, el disco Z no es una placa sino un entramado zigzagueante de proteínas fibrosas que van y vienen entre los sarcómeros opuestos.

Las fibras gruesas, cada una esta compuesta por alrededor de 350 unidades de la proteína *motora miosina II*.

Experimentalmente ciertas enzimas esconden a la miosina II en dos fragmentos llamados *meromiosina pesada* (que contiene las cabezas y una parte de la cola) y *meromiosina liviana* (que contiene el resto de la cola).

En cada fibra gruesa la mitad de las miosinas II se orientan hacia un extremo y la otra mitad hacia el extremo opuesto. En esta estructura fibrosa bipolar, las colas de las miosinas dan lugar a una zona central "lisa", que corresponde a la banda H.

La contracción de una célula muscular es el resultado de la suma de los acortamientos de todos los sarcómeros de todas las miofibrillas.

El disco Z posee la proteína *actinina*, que interviene en el anclaje de los filamentos de actina en el disco. En este se anclan también las *nebulinas*, que son proteínas fibrosas gigantes que acompañan a los filamentos de actina y los mantienen derechos. Además, en el disco Z se ancla otra proteína fibrosa gigante denominada *titina*. Una de las funciones de la titina es sostener a la fibra gruesa en medio de seis filamentos de actina. Otra de sus funciones la cumple por medio del tramo situado en la hemibanda I, que es elástico y se comporta como un resorte.

Otra proteína ligadora que ayuda a mantener a las fibras gruesas en sus posiciones es la *miomesina*, que va de una fibra a otra fibra en el centro del sarcómero, lo que da lugar a la línea M

Ajenos a los sarcomeros la célula muscular estriada voluntaria posee también filamentos intermedios. Son de *desmina* y mantienen a las miofibrillas unidas firmemente por sus lados lo cual evita que se pierda el alineamiento entre los sarcomeros durante la contracción de la célula muscular.

Por debajo del sarcolema hay una proteína ligadora llamada *distrofina*. Conecta a las miofibrillas periféricas con un complejo proteico del sarcolema, integrada por varios polipeptidos que llevan el nombre de *distroglicanos* y *sarcoglicanos*.

Retículo endoplasmático. Posee una organización muy distinta de la de los demás tipos celulares y se asocia con los *túbulos T* del sarcolema. Cada túbulo T está acompañado por dos conductos del retículo sarcoplasmático de diámetro bastante mayor que el del túbulo, llamados *cisternas terminales*. En el músculo relajado, las cisternas terminales almacenan *iones calcio*, los cuales están unidos a una proteína llamada *calsequestrina*.

Mitocondrias. Las mitocondrias, también llamadas *sarcosomas*, se distribuyen entre las miofibrillas por debajo del sarcolema. Son más abundantes en las fibras rojas e intermedias que en las fibras blancas.

Inclusiones. El citosol contiene gotas de *lípidos* y gránulos de *glucógeno*. Las primeras prevalecen en las fibras rojas y los segundos en las fibras blancas.

INERVACIÓN MOTORA

Las fibras nerviosas motoras que inervan a las células musculares estriadas voluntarias se componen de axones pertenecientes a neuronas localizadas en el mesencéfalo, la protuberancia, el bulbo y las astas anteriores de la medula espinal.

Cada axón se ramifica en el endomisio de una fibra muscular y los extremos de las últimas ramas presentan una dilatación llamada *terminal sináptico*, que establece contacto con un área circunscrita del sarcolema, denominada *placa motora terminal*. Esta estructura de contacto se conoce como *sinapsis neuromuscular*.

A nivel de la concavidad de la placa motora el sarcolema recibe el nombre de *membrana posináptica*, mientras que por su parte, la membrana plasmática del terminal sináptico, separada del sarcolema por el espacio simpático primario se llama *membrana presináptica*.

TEJIDO MUSCULAR ESTRIADO CARDIACO

Compone el *miocardio*, que es la pared muscular del corazón. Consta de células cilíndricas mucho más cortas y delgadas que las del tejido muscular estriado voluntario.

Debido a que las células cardíacas no actúan como unidades independientes y se unen por sus puntas, forman fibras que funcionan de manera semejante a las fibras de los músculos voluntarios.

Las células musculares cardíacas están separadas por tabiques muy delgados de tejido conectivo laxo, por los que transcurren capilares sanguíneos y fibras nerviosas. Carecen de células satélites, de modo que si se lesionan no pueden ser reemplazadas.

INERVACION

La inervación del tejido cardíaco es provista por fibras simpáticas y parasimpáticas del sistema nervioso autónomo.

MECANISMO QUE PROVOCA LA CONTRACCION DE LAS CELULAS MUSCULARES ESTRIADAS CARDIACAS

Además de ser independientes de la voluntad, las células musculares cardíacas no necesitan de nervios para contraerse. Así, sus contracciones se clasifican como miogénicas o intrínsecas, pues se desencadenan por la despolarización espontánea del sarcolema.

TEJIDO MUSCULAR LISO

Las células del tejido muscular liso son fusiformes, se contraen de modo involuntario y se les dice lisas porque no presentan las bandas claras y oscuras que caracterizan a las células musculares estriadas. Se encuentran en la mayor parte de los órganos de los sistemas digestivo, respiratorio, urinario y reproductor, en los vasos sanguíneos, en la piel, en el bazo y en el ojo.

El citoesqueleto está compuesto por haces de filamentos diagonales cuyos extremos se anclan en la membrana plasmática mediante las proteínas *talina*, *paxilina* y *vinculina*.

Cada filamento diagonal consta de un segmento medio, compuesto por un filamento intermedio de *desmina*. Los tramos restantes corresponden a *filamentos de actina*, los cuales de tanto en tanto tienen intercaladas moléculas de *actinina* que cumplen funciones equivalentes a las de los discos Z de los sarcomeros.

INERVACION

Las contracciones del *tejido muscular liso visceral* son espontáneas, rítmicas y coordinadas esto último porque los impulsos contráctiles se propagan de una célula muscular a otra a través de las uniones comunicantes presentes en las membranas plasmáticas de las células contiguas.

Las células del *tejido muscular lisa multiunitaria* carecen de uniones comunicantes y se contraen cuando son inducidas por las fibras simpáticas y parasimpáticas que las inervan.

En el *tejido muscular lisa mixto* conviven características de los tejidos musculares visceral y multiunitario.

Las células musculares lisas aumentan de tamaño y se multiplican a consecuencia de algunas demandas fisiológicas (por ejemplo, el crecimiento del útero durante el embarazo) o de ciertas situaciones patológicas (por ejemplo, la distensión del intestino grueso en la malformación denominada megacolon aganglionar congénito). La multiplicación de las células musculares lisas se produce también cuando algunas mueren por ciertas lesiones tisulares y deben ser reemplazadas.

OTROS TIPOS DE CELULAS CONTRACTILES

Los miofibroblastos son células contráctiles del tejido conectivo laxo.

Los pericitos se hallan en la pared de los capilares continuos y de las vénulas pequeñas.

Las células mioepiteliales deben su nombre a que derivan del ectodermo. Se localizan en *las* glándulas sudoríparas, salivales y mamarias y en el iris del ojo.

Las células mioides están representadas por las células parecidas a fibroblastos del perineurio.