

## CAPITULO XII

### TEJIDO MUSCULAR

El tejido muscular se halla caracterizado por una propiedad fisiológica especial: la *contractilidad*. Aunque esta propiedad sea general y pertenezca á gran número de elementos protoplasmáticos, adquiere en los músculos, á consecuencia de la disposición de los elementos en fibras y células contráctiles, un grado tal de potencia y precisión, que no se puede menos de estimar esta propiedad como característica del tejido muscular.

Distinguiremos dos variedades de tejido muscular: el *estriado* y el *liso*.

1.º Los *músculos rojos* ó *estriados*. Salvo raras excepciones, de las que nos ocuparemos más adelante, estos músculos son órganos de *contracción rápida* y se hallan *sometidos al influjo de la voluntad*. Son, pues, músculos de relación, de contracción voluntaria.

2.º Los *músculos pálidos* ó *lisos*. Se contraen lentamente y pertenecen todos, en el hombre, á la *vida orgánica*; no se hallan sometidos al influjo de la voluntad; son, pues, músculos de contracción involuntaria (1).

#### ESTRUCTURA DEL TEJIDO MUSCULAR ESTRIADO

Cuando se disocia un fragmento de músculo estriado después de haberlo tratado convenientemente, y se examina con el microscopio, se observan un gran número de fibras estriadas transversalmente á las cuales se ha designado con el nombre de *fibras musculares estriadas*. Estas fibras constituyen el elemento fundamental de los músculos estriados. Mayor ó menor número de estas fibras situadas unas al lado de otras y paralelamente unidas por tejido conjuntivo, forman los fascículos musculares. Estudiaremos sucesivamente: las *fibras estriadas en estado de reposo*, en *estado de contracción*, su *reunión en fascículos* para formar los músculos, su *unión con los tendones*, los *vasos* y los *nervios* (2) de los músculos.

(1) Hay músculos estriados, como el miocardio, el músculo motor del intestino de la tenca y el esófago que no se hallan sometidos al influjo de la voluntad. Por el contrario, en ciertos animales, como en el caracol, todos los músculos son lisos y, sin embargo, unos son voluntarios y otros involuntarios.

(2) El estudio de los nervios lo haremos en el capítulo del *Sistema nervioso*.

## § 1. — LA FIBRA ESTRIADA EN ESTADO DE REPOSO

Las fibras estriadas se presentan bajo la forma de fibras cilíndricas ó prismáticas finamente estriadas á lo largo y transversalmente, cuyas dimensiones varían considerablemente. Miden de 10 á 100  $\mu$  de *diámetro*; pero no es raro encontrar en los individuos robustos fibras de 150  $\mu$  (1). Su *longitud* se rige por la siguiente disposición general: en los músculos muy cortos, como, por ejemplo, en los de la laringe é intercostales, las fibras tienen una longitud igual á la del músculo entero; en los músculos largos, la longitud es muy inferior á la del órgano entero y no pasa de 3 á 12 centímetros (2).

Los fascículos musculares estriados *no se dividen*; es preciso, sin embargo, hacer una excepción para la *lengua de la rana*, los *corazones linfáticos* y la *membrana retrolingual* de este batracio.

La membrana que tapiza el saco linfático retrolingual, ha sido estudiada diferentes veces por RANVIER, quien ha publicado diversos trabajos notables acerca de este asunto: «Los elementos musculares de esta membrana, son fascículos estriados, aplanados, en forma de cinta, unidos unos á otros por ramas anastomóticas. Forman, pues, un plexo comparable al que se observa en la pared de los corazones linfáticos... Terminan en cada lado de la línea media, por extremidades ramificadas y arborizadas; se sabe desde hace tiempo que los fascículos musculares estriados de la lengua de la rana tienen terminaciones análogas, es decir, que afectan la forma de una arborización... Pero, ¿cómo se fijan las ramas de esta arborización en las partes que deben mover?... Las fibras elásticas forman en la membrana retrolingual una elegante red de mallas relativamente estrechas. Las ramas de estas arborizaciones terminales de los fascículos estriados, parecen terminarse con la apariencia de fibras elásticas en la red general. Estas fibras elásticas que se desprenden de cada extremidad muscular son más ó menos gruesas; la mayor parte tienen un diámetro superior al de las fibras de la red general. Su conjunto parece un pincel irregular, una especie de brocha. Brotan fibras elásticas, no solamente de cada extremidad de los fascículos estriados, sino que también de diversos puntos de su superficie. Las fibras que así nacen, se pierden en la red elástica de la membrana, ó bien se dirigen á un fascículo muscular vecino, al cual se incorporan. Hay, pues, en la membrana retrolingual, una armazón elástica y muscular, en la que todos sus componentes son solidarios. Si una ó muchas fibras musculares se contraen, obran sobre la totalidad de la red elástica... Las fibras elásticas, tanto en la extremidad de los fascículos musculares, como en diversos puntos de su superficie, se unen al sarcolema y se sueldan íntimamente con él, terminándose en este sitio bruscamente. A menudo, antes de alcanzar al sarcolema, la fibra elástica se divide y subdivide, para fijarse en distintos puntos. La

(1) En los músculos gemelos.

(2) Se encuentran fascículos de 12 centímetros en el sartorio del hombre. En la rana, la longitud de las fibras iguala casi siempre á la de los músculos.

unión de las fibras elásticas y el sarcolema es extremadamente sólida» (RANVIER).

**ESTRUCTURA DE LAS FIBRAS ESTRIADAS.** — Las fibras estriadas se hallan formadas por una *membrana de cubierta* (sarcolema), por *núcleos* subyacentes á esta membrana, por un *protoplasma* y por la *substancia contráctil* (1).

**A. Sarcolema.** — La envoltura del fascículo primitivo es una membrana amorfa, delgada y transparente hasta tal extremo (2), que es imposible verla si no se echa mano de un procedimiento especial de preparación (3).

Aparece claramente en las fibras, en las que la substancia muscular *se ha roto* á consecuencia de una *violenta disociación*, dejando un espacio en el cual el sarcolema está vacío. En estado fisiológico se halla íntimamente unida á la substancia muscular. El sarcolema se suelda á dicha substancia á nivel de ciertas partes de ella, que más adelante conoceremos con el nombre de *discos finos*. Si se disocia un fragmento de músculo en el agua, este



Fig. 88. — Fascículo primitivo aislado de un músculo de mamífero (según RENAUT)

líquido penetra por endósmosis debajo de la membrana y la levanta en forma de ampollas y de pliegues. Este fenómeno permite ver bien el sarcolema.

La resistencia del sarcolema á la acción de los reactivos es considerable: el ácido *acético* y el agua *hirviendo* no le modifican, mientras que estos reactivos alteran profundamente el contenido de la fibra. Las *materias colorantes* que se emplean habitualmente en histología, no se fijan sobre la membrana de cubierta del fascículo estriado, solamente la *tintura de yodo* le comunica una coloración amarillenta (4). El sarcolema es en grado notable *extensible y elástico*.

Cierto número de reacciones permiten asegurar que el sarcolema no se halla constituido, ni por una *substancia elástica*, ni por una *substancia conjuntiva*, y sí que lo está por una *cubierta celular*, análoga á la que se halla en las vesículas adiposas.

*a.* El sarcolema se disuelve en la potasa, mientras que la substancia elástica queda intacta: le ataca igualmente el jugo gástrico que no destruye las fibras elásticas. El ácido picrico y la eosina no le tiñen, mientras que estas substancias coloran vivamente las fibras elásticas.

*b.* El sarcolema no se tiñe con el carmín como lo hacen las substancias conjuntivas, no se hincha con los ácidos y no se disuelve por la ebullición en el agua.

(1) Fibra estriada, fascículo estriado y fascículo primitivo, son sinónimos.

(2) Mide como máximo  $1 \mu$  de espesor.

(3) El índice de refracción del sarcolema y de la substancia muscular es idéntico, por lo cual la membrana que se halla íntimamente unida con dicha substancia es invisible.

(4) El sarcolema se tiñe también por el sulfato de rosanilina.

El sarcolema no existe en los fascículos estriados al principio de su formación. En ciertos animales las fibras estriadas se hallan desprovistas de sarcolema (ciclóstomos); en los insectos las fibras de las patas poseen un sarcolema, las de las alas no.

**B. Núcleos.**— Se encuentran en el interior de los fascículos estriados núcleos ovales, alargados paralelamente al fascículo y aplanados de fuera adentro. El número de núcleos existente en una sola fibra es considerable, hallándose muy poco distantes unos de otros; pueden contarse por centenares. Su constitución es la de todos los núcleos.

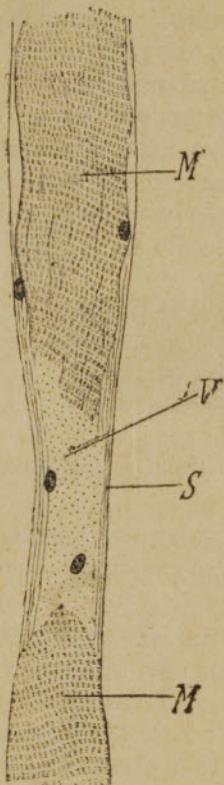


Fig. 89. — Fascículo muscular preparado para que se vea el sarcolema.

M, substancia muscular. — V, espacio vacío de substancia muscular que se ha roto por la disociación. — S, sarcolema.

En la rana y en los batracios en general, así como en los peces, los núcleos se hallan *esparcidos por todo el espesor* del fascículo estriado. Esta disposición se encuentra también en algunos músculos de mamíferos: en el conejo existen, como ya veremos más adelante, *músculos que tienen color rojo, y músculos estriados de color blanco*. Los fascículos de los *músculos rojos* contienen núcleos en su espesor, como en los músculos de la rana; los fascículos de los *músculos blancos* no los tienen más que en la superficie. En la liebre todos los músculos son rojos, pero se encuentran músculos formados por fascículos con núcleos intersticiales y otros con núcleos superficiales. Estas dos variedades de músculos (en los mamíferos), excitados por una corriente farádica, se conducen de distinta manera:

1.º Los músculos con *núcleos interiores* (los rojos del conejo doméstico) se contraen lentamente, quedando en contracción todo el tiempo que la excitación dura, volviendo lentamente al estado de relajación cuando aquélla cesa. Tienen, pues, una *contracción tónica* comparable á la de los esfínteres.

2.º Los músculos con *núcleos superficiales ó marginales* (blancos del conejo), se *contraen bruscamente* ofreciendo sacudidas durante su contracción. Cuando la excitación cesa vuelven rápidamente al estado de relajación.

En el hombre (1) se encuentran estos dos órdenes de fibras, pero sin formar músculos distintos, como en el conejo: se hallan mezcladas en un mismo punto. El diafragma y el trapecio son más ricos en fibras con núcleos interiores que en fibras con núcleos marginales. Por el contrario, el esternomastoideo es más rico en fibras de esta última especie (2).

(1) Es preciso, sin embargo, hacer notar que en el hombre la presencia de fibras con núcleos interiores constituye una excepción.

(2) Los *núcleos musculares* son difíciles de ver en la fibra viva; para ponerlos en

Los núcleos presentan la constitución de cualquier otro núcleo celular. La cromatina se exhibe en forma de un filamento único arrollado en espiral. Tienen uno ó dos nucléolos.

C. **Protoplasma.** — Alrededor de los núcleos se halla una masa de *protoplasma* (1) finamente granuloso representante de los vestigios de la célula embrionaria que ha dado nacimiento al fascículo primitivo. De cada una de estas masas protoplasmáticas perinucleares parten *trabéculas* que se dividen y subdividen formando una red que ocupa la totalidad del fascículo primitivo (2). Estas trabéculas formadas por *protoplasma condensado*, dividen

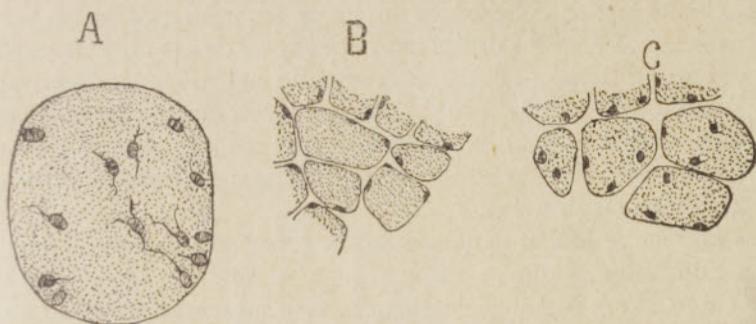


Fig. 90. — Situación de los núcleos en la fibra muscular de la rana (A), en los músculos estriados blancos (B) y en los músculos estriados rojos (C) del conejo

al fascículo primitivo en una infinidad de alvéolos paralelos á su eje, alvéolos en los que se encuentra lo que más tarde conoceremos con el nombre de cilindros de LEYDIG. Estos cilindros, según la expresión del profesor RENAUT, se hallan dispuestos á la manera de una serie de agujas unidas por una masa de cola, masa que representaría en tal esquema la substancia protoplasmática (3).

D. **Substancia contráctil.** — La substancia contenida en el interior del fascículo primitivo presenta una doble estriación: una dirigida en sentido longitudinal, y la otra en el transversal. La primera, divide los fascículos en *fibrillas*; la segunda, divide las fibrillas en *elementos contráctiles primordiales*.

1.º *Fibrillas musculares.* — Para demostrar que la estriación longitu-

videncia es preciso teñir intensamente con carmín y decolorar con ácido acético. La substancia muscular se presenta transparente, las fibrillas desaparecen y los núcleos aparecen vivamente coloreados en rojo.

(1) El protoplasma se designa algunas veces con el nombre de sarcoplasma.

(2) Esta red se designa también con el nombre de *red de Gerlach*.

(3) La repartición del protoplasma en el seno del fascículo primitivo varía según los animales: en ciertos insectos (fítico), el protoplasma y el núcleo están situados en el eje de cada fascículo primitivo. Del margen de este acúmulo protoplasmático parten trabéculas protoplasmáticas que circunscriben los alvéolos donde se hallan situados los cilindros primitivos. En el hipocampo, por el contrario (músculo de la aleta dorsal), la substancia contráctil es axial y se halla rodeada por una gran mancha de protoplasma sembrada de núcleos.

dinal no es una ilusión, y que el fascículo estriado se halla formado por un paquete de fibrillas cuyas estrías no son más que la proyección óptica de los planos de contacto, se puede hacer macerar un fragmento de músculo en el alcohol al tercio, ó en una disolución débil de ácido crómico, disociándole después con las agujas. En los insectos, no es necesario hacer obrar estos reactivos, puesto que se dividen fácilmente en fibrillas musculares (1). En estos últimos tiempos. RANVIER ha demostrado que las ramas de arborización terminal de los fascículos estriados de la membrana retrolingual de la rana, podrían ser reducidos á una fibrilla muscular (2).

Estas fibrillas existen en tal número en el fascículo primitivo, que no pueden ser contadas: su *diámetro* es de  $1\ \mu$  en los músculos de los vertebrados; en los insectos y en los crustáceos, el espesor de las fibrillas puede llegar á 2 y 3  $\mu$ ; su *forma* es la de un prisma de cuatro caras; otras veces es triangular con cinco ó seis facetas. El *agua fría* hincha las fibrillas y las vuelve transparentes: el *agua hirviendo* las endurece y acusa mejor las estriaciones transversales transformándolas en más quebradizas; el *ácido acético* las hincha y luego las disuelve.

Estas fibrillas se hallan llenas de *estrias transversales*, muy perceptibles, lo cual ha sido causa de que se designara con el nombre de *tejido muscular estriado* al que ahora estamos estudiando. Con un fuerte aumento se echa de ver que la estriación transversal de la fibrilla es debida á una serie de *bandas alternativamente claras y oscuras* (3). Las *bandas oscuras* son casi tan largas como anchas, por esto se les da el nombre de *discos gruesos*; las *bandas claras* están atravesadas en su parte media por una estría que presenta los caracteres de la banda oscura. Se ha designado por algunos autores con el nombre de *disco delgado* ó *estria de Amici*.

Si se examinan atentamente los discos gruesos de una fibrilla tensa se observa en su centro una banda que presenta los caracteres ópticos de los espacios claros. Esta banda, descrita con el nombre de *estria intermediaria de HENSEN*, no aparece más que en las fibrillas muy tensas y fijadas en el máximo grado de tensión.

Así, pues, en una fibrilla muscular se suceden los siguientes detalles:

- 1.º *Un disco delgado;*
- 2.º *Una banda clara;*
- 3.º *Un semidisco grueso;*
- 4.º *LA ESTRIA DE HENSEN;*
- 5.º *Un semidisco grueso;*

(1) Para disociar en fibrillas los músculos de los vertebrados puede emplearse con éxito el método ideado por RENAULT y DEBOVÉ. Este método se funda en que un músculo fijado y macerado por ácido pícrico, á una temperatura de  $70^{\circ}$ , basta para disolver en veinticuatro horas el cemento que une las fibrillas.

(2) Es necesario advertir que la estriación longitudinal que se observa cuando se examina una fibra estriada aislada, representa paquetes de fibrillas conocidas con el nombre de cilindros de LEYDIG.

(3) Las expresiones *disco claro* y *disco oscuro*, proceden de que estas partes aparecen, sin la acción de los reactivos, unas transparentes y otras opacas. Y esta diferencia depende de que los discos oscuros son muy refringentes, mientras que los claros lo son muy poco.

6.º Una banda clara;

7.º *Un disco delgado.*

Y así consecutivamente en toda la extensión de la fibrilla.

Estos detalles son los que se observan en las fibrillas del músculo de alas del *hidrófilo*, que es el objeto clásico para el examen de la estriación transversal; pero si se examinan los músculos de las patas de los insectos, fuertemente extendidos, se reconoce que la estriación transversal es mucho más compleja. En lugar de *un disco grueso*, dividido en dos por la estría de HENSEN, se encuentra una *serie de bandas oscuras* separadas por otras pequeñas claras; tales son los *discos accesorios de BRUCKE*.

Los *discos* no tienen los mismos caracteres químicos que los *espacios claros*, pues mientras que aquéllos se tiñen por los reactivos colorantes, éstos son intingibles. Los *caracteres ópticos*, determinados por la observación con la luz polarizada son también distintos. En la fibrilla muscular no contraída, el *disco grueso* y el *delgado* gozan de la propiedad de la doble refringencia; son *birrefringentes*; los *espacios claros*, por el contrario, son *monorrefringentes*. Las *reacciones químicas*, así como los *caracteres ópticos*, demuestran, pues, que las fibrillas están formadas por dos sustancias diferentes: una que constituye los espacios claros y la otra los discos oscuros. La primera es inactiva y representa una *materia unitiva* para las porciones oscuras; la segunda constituye la *substancia muscular activa* ó fundamental de ROLLET.

Los caracteres de los discos delgados y de los gruesos observados con la luz polarizada, no permiten establecer diferencias entre estas distintas partes de la fibrilla muscular, pero existe cierto número de reacciones que facultan para afirmar que el *disco grueso no se halla constituido por la misma substancia que el delgado*. El *disco grueso*, sometido á la acción de los *ácidos débiles*, *se disuelve*, mientras que el *disco delgado es insoluble*; el *disco grueso* de una fibrilla fijada por el alcohol, *se tiñe en rojo* con el picrocarminato, mientras que el *disco delgado se colora en amarillo dorado*. Si en la preparación se hace actuar la glicerina acetificada (1 por 200) el *disco grueso se decolora* y se hace transparente, mientras que los *discos delgados persisten y se tiñen en rojo*.

Estas reacciones han permitido á RENAULT resolver un problema de gran interés. Cuando la estriación de una fibrilla es *compleja*, es decir, cuando en lugar del disco grueso se encuentra una serie de bandas oscuras separadas por líneas claras, ¿es preciso considerar los discos accesorios como el disco grueso, porción contráctil, ó al disco claro como pieza de armazón de la fibrilla? (1).

(1) La mayor parte de los histólogos consideran el disco grueso como representante exclusivo de la parte contráctil de la fibrilla muscular.

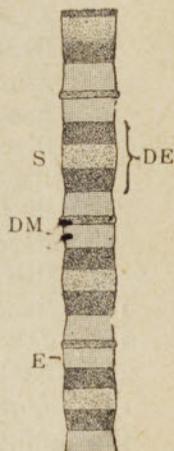


Fig. 91. — Fibrilla muscular de las alas del hidrófilo.

DE, disco grueso que presenta en su centro la estría de Hensen (S). — DM, disco delgado. E, espacio claro.

Las fibrillas del músculo de la pata del *Lucanus cervus*, que presenta, entre los *dos discos delgados*, cinco bandas oscuras, sometidas á estas reacciones han demostrado que «entre estas bandas, dos son *accesorias de los discos delgados* que limitan el segmento, y dos lo son *del disco grueso*». Así, pues, una fibrilla del músculo de la pata del *Lucanus cervus* aparece constituida de la siguiente manera:

- 1.º *Disco delgado principal.*
- 2.º Banda clara.
- 3.º *Disco delgado accesorio.*
- 4.º Banda clara.
- 5.º **Disco grueso accesorio.**
- 6.º Banda clara.
- 7.º **Disco grueso principal.**
- 8.º Banda clara.
- 9.º **Disco grueso accesorio.**
- 10.º Banda clara.
- 11.º *Disco delgado accesorio.*
- 12.º Banda clara.
- 13.º *Disco delgado principal.*

Los resultados que ofrece la observación de las fibrillas de los músculos con núcleos intersticiales y de los músculos con núcleos periféricos, no pueden ser más instructivos.

Los músculos con *núcleos periféricos* (1) presentan un solo disco grueso, voluminoso, dividido en dos por la estría de HENSEN. Además de los dos discos delgados principales, voluminosos, existen dos discos delgados accesorios situados en el centro del espacio que separa el disco grueso del disco delgado principal. He aquí lo que se halla en estas fibrillas:

- 1.º *Un disco delgado principal.*
- 2.º Una banda clara.
- 3.º *Un disco delgado accesorio.*
- 4.º Una banda clara.
- 5.º **Un semidisco grueso.**
- 6.º **UNA BANDA CLARA (LA ESTRÍA DE HENSEN).**
- 7.º **Un semidisco grueso.**
- 8.º Una banda clara.
- 9.º *Un disco delgado accesorio.*
- 10.º Una banda clara.
- 11.º *Un disco delgado principal.*

Si, en lugar de emplear los reactivos que disocian los fascículos primitivos en fibrillas, se tratan por el jugo gástrico ó el ácido clorhídrico al 1 por 100, veremos acentuarse la estriación y descomponerse el contenido de la fibra muscular en una serie de discos dispuestos como las piezas en una pila de monedas.

Cuando la fibra se halla incurvada, los *discos* separados á nivel de la convexidad como las hojas de un libro, resultan perfectamente visibles. Si

(1) Ya veremos, á propósito del mecanismo de la contracción, la significación de esta diferencia de estructura.

se rompe el sarcolema en un punto, pueden salir libremente fuera de la membrana de cubierta y nadar en el líquido de la preparación. Se obtiene un resultado análogo si, después de haber congelado un músculo vivo, se practican cortes paralelos al eje de los fascículos disociándolos luego con las agujas (RANVIER). Según BOWMANN, que ha dado su nombre á los discos que acabamos de estudiar, la división del fascículo muscular en discos es tan natural como la división en fibrillas.

«Acabamos de ver que el fascículo primitivo se disocia en fibrillas ó en discos; es preciso, pues, afirmar con BOWMANN, que no se halla formado ni por aquellas ni por éstos, sino por partículas limitadas por planos transversales y verticales (*elementos sarcódicos*). Estas partículas serían los elementos contráctiles primordiales. Así, pues, según esta teoría, una fibrilla se hallaría formada por una serie

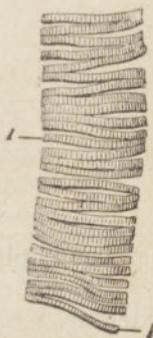


Fig. 92. — División del fascículo muscular en discos

1. 1. Discos de BOWMANN

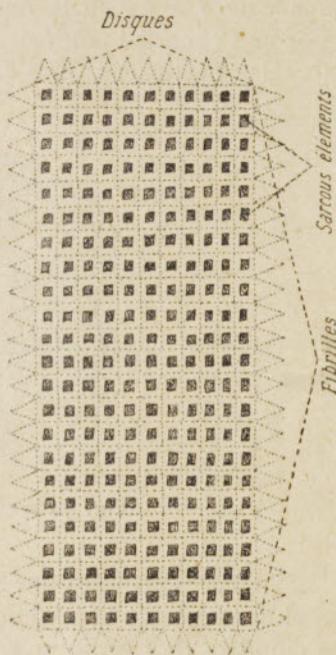


Fig. 93. — Descomposición ideal de la fibra estriada en discos, fibrillas y elementos contráctiles primordiales.

de elementos sarcódicos unidos en sentido longitudinal, y un disco estaría constituido por una sola capa de estos elementos dispuestos en sentido transversal» (RANVIER).

La concepción de BOWMANN no es exacta más que en parte. La fibra muscular se halla en realidad compuesta por *fibrillas*, y la descomposición del fascículo en discos *es puramente artificial*; pero la fibrilla se halla formada por elementos unidos longitudinalmente, y de los que unos (discos gruesos) representan los elementos sarcódicos ó contráctiles primordiales (1).

(1) Actualmente, cierto número de histólogos han propuesto una concepción diferente de la fibra muscular estriada. Para éstos, la fibra muscular no se halla formada por fibrillas, sino que representa «una célula ordinaria cuyo retículo se ha regularizado y cuyo enquilema se ha cargado de miosina» (CARNOY). VAN GEHUTCHEN, concibe la fibra

AGRUPACIÓN DE LAS FIBRILLAS EN LA FIBRA ESTRIADA. — Las fibrillas no constituyen en el fascículo primitivo un fascículo único, sino que se hallan divididas en *pequeños grupos* separados por hendiduras, rellenas por las trabéculas que el protoplasma perinuclear envía al espesor de la fibra muscular. Estos fascículos de fibrillas descubiertas por LEYDIG, quien les dió el nombre de *cilindros primitivos*, se llaman también *columnas musculares* de KOLLIKER. Su forma es la de un huso muy prolongado (RANVIER); su espesor es muy variable, midiendo por término medio de 1'3 á 2'5  $\mu$  en los mamíferos y de 2 á 5  $\mu$  en la rana. En cada cilindro las fibrillas se hallan unidas por una cantidad mínima de cemento que las acompaña en toda su longitud y las fija unas á otras á nivel de los discos delgados. Los discos

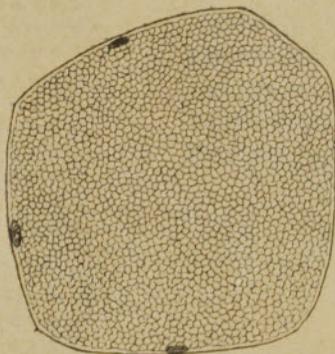


Fig. 94. — Campos de CONHEIM

gruesos se hallan separados por espacios que se llenan con el plasma muscular, en el momento de la contracción.

Los cilindros de LEYDIG no se sitúan paralelamente unos á otros en la totalidad de la longitud del fascículo primitivo: según KÖLLIKER estarían unidos y se fusionarían en muchos puntos (1); según RANVIER su disposi-

estriada de la siguiente manera. La porción estriada del músculo comprende dos elementos: un retículo y una substancia amorfa.

a. El *retículo* existe en toda la extensión de la fibra muscular. Es de una regularidad matemática. Las mallas alargadas é iguales tienen su mayor diámetro paralelo al eje de la fibra y comunican unas con otras. Los diferentes planos se hallan unidos por filamentos transversales que van de la superficie de la fibra hacia su profundidad. Estos filamentos forman, en su conjunto, una línea transversal continua en la superficie del músculo, una red en su profundidad, red cuyo plano se halla situado perpendicularmente á su eje mayor. La altura de todas las mallas es la misma, de modo que la red transversal se repite á distancias regulares. En sentido longitudinal, las mallas se hallan también regularmente situadas unas encima de otras, de modo que las trabéculas que las limitan lateralmente parecen formar filamentos continuos unidos entre sí por filamentos transversales. La substancia que constituye el retículo es elástica y contráctil.

b. La substancia amorfa, posee una consistencia semifluida y viscosa. Tiene una composición química compleja, pero es muy rica en miosina. Llena las mallas del retículo y es completamente inactiva.

(1) Puede observarse fácilmente la anastomosis de los cilindros primitivos en los músculos de las alas de los insectos. En las disociaciones bien hechas se ve que, en ciertos

ción sería distinta. «Los husos alargados se engranan unos con otros y llegarían á formar la masa cilíndrica que constituye el fascículo primitivo, como veremos en las fibras musculares lisas, que son igualmente fusiformes y constituyen por su reunión grupos cilíndricos ó membranosos.»

En una sección transversal del fascículo muscular, el corte de los cilindros primitivos aparece en forma de espacios poligonales, conocidos con el nombre de *campos de Conheim*, los cuales parecen formar un elegante mosaico. Antes se les consideraba, erróneamente, como representación del corte de las fibrillas; con un objetivo potente y en cortes muy finos, es posible observar la sección de las fibrillas, que forman el cilindro primitivo, en el área misma del polígono. Los *polígonos de Conheim* son de seis á diez veces más anchos que una fibrilla; representan el corte de los cilindros primitivos, es decir, pequeños fascículos compuestos de gran número de fibrillas.

## § 2. — LA FIBRA ESTRIADA EN ESTADO DE CONTRACCIÓN MECANISMO DE LA CONTRACCIÓN MUSCULAR

Cuando se observa un músculo que se contrae, se ve que se *acorta*, y este acortamiento va acompañado de un *aumento en su grosor*. ¿Cómo se producen estas modificaciones?

Gran número de teorías se han propuesto para explicar este fenómeno. BRUCKE, KRAUSE, MERKEL y ROUGET han emitido diferentes hipótesis para explicar la estriación muscular, correspondiendo á cada una de estas hipótesis una nueva teoría de la contracción.

*Teoría de Amici.* — «Según AMICI, el fascículo primitivo se halla formado por hileras de bastoncillos superpuestos y por granos. Los bastoncillos son longitudinales, paralelos entre sí y de la misma longitud. Constituyen, por su reunión, bandas transversales, separadas por otras más claras que contienen gránulos colocados en series lineales transversales. Durante el *reposo*, y en un mismo fascículo primitivo, todos los bastoncillos están situados en series rectilíneas, y ofrecen en su conjunto la imagen ordinaria de la estriación longitudinal. Durante la contracción, los bastoncillos se inclinan formando un zizás. De esta manera se explica fácilmente el acortamiento del músculo.»

*Teoría de Brücke.* — La teoría de BRUCKE se funda en el examen de la fibrilla con la luz polarizada. Este autor admite que los discos se hallan formados por multitud de gránulos unidos y superpuestos. Cuando el músculo se halla en reposo, estos gránulos, que llama BRUCKE *disdiaclastos*, se presentan en una *hileras*; cuando el músculo se contrae, cambian de situación y se colocan de *frente*. De esta manera el músculo se acorta y engruesa. Esta teoría es ingeniosa, pero sin fundamento alguno, puesto que no descansa en ninguna observación positiva. La existencia de los disdiaclastos y sus cambios de situación, constituyen simplemente un capricho mental del autor.

puntos, la substancia contráctil de un cilindro se divide y da nacimiento á un filamento delgado que se une con un cilindro vecino.

*Teoría de Krause.* — Este autor considera los discos delgados como tabiques: el espacio comprendido entre dos discos finos formaría una caja, llamada *caja muscular*, llena de un líquido, en el seno del que flotaría el dis-

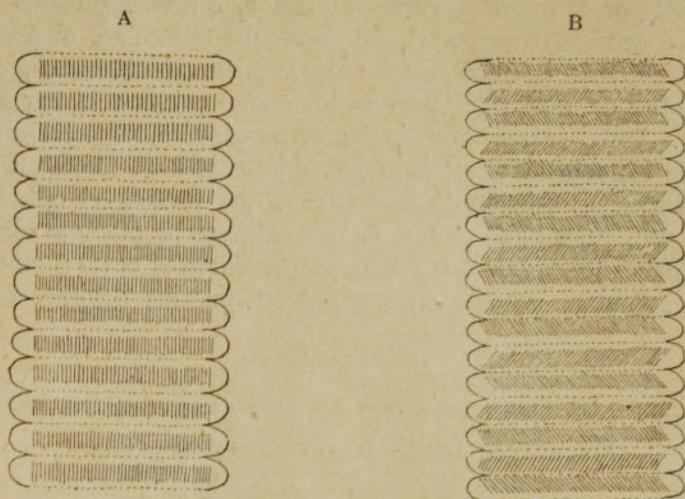


Fig. 95 — Teoría de AMICI

A, fibra en estado de reposo. — B, fibra en estado de contracción

co grueso (*prisma muscular*). En estado de reposo, el líquido se acumularía en las dos extremidades del prisma; durante la contracción pasaría á los lados.

De esta manera se produciría el *acortamiento* y el *espesamiento* del músculo.

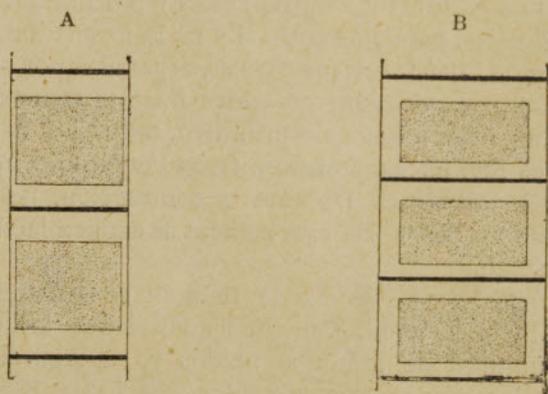


Fig. 96. — Teoría de KRAUSE

A, fibra en estado de reposo. — B, fibra en estado de contracción

*Teoría de Engelman.* — ENGELMAN cree, como KRAUSE, que la contracción es el resultado de la desaparición del líquido de los espacios claros; pero mientras que KRAUSE opina que el prisma muscular es un elemento enteramente pasivo, ENGELMAN cree que este prisma es el que absorbe el líquido.

*Teoría de Merkel.*—MERKEL desdobra la caja muscular de KRAUSE. Para este autor, la estria intermediaria de HENSEN sería también un tabique. La caja muscular de KRAUSE correspondería, pues, á dos cajas más pequeñas. La teoría de MERKEL se conoce con el nombre de *teoría de la inversión*.

Este autor describe un *estado de reposo*, otro *intermediario* y otro de *inversión*.

La materia contenida en la caja sería muy espesa, pero móvil. En *estado de reposo*, esta materia se acumula á cada lado de la estria intermediaria: en el *estado intermediario* la substancia del disco se reparte por toda la semicaja

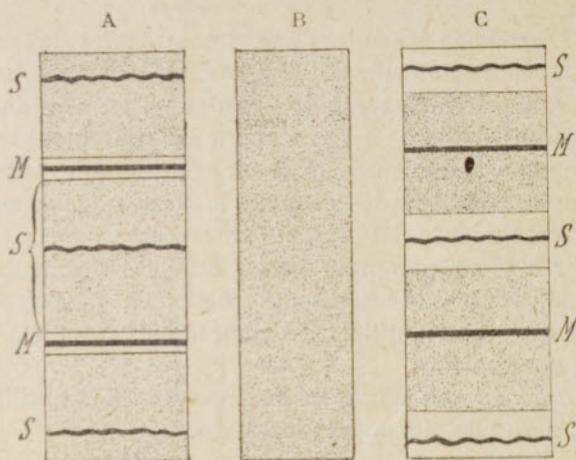


Fig. 97. — Teoría de MERKEL.

- A, estado de reposo. — S, disco grueso con la estria intermediaria señalada por una línea negra ondulada. — M, M, discos delgados.  
 B, estado intermediario.  
 C, estado de inversión. — S, estria intermediaria. — M, disco delgado á cada lado del cual se ha trasladado la substancia del disco grueso.

muscular, de tal modo que la estriación no es visible; en *estado de inversión* se aleja de la estria intermediaria para acumularse á cada lado de los discos delgados. Este transporte de substancia no explica ni poco ni mucho el acortamiento del músculo.

*Teoría de Rouget.*—Este fisiólogo ha propuesto una teoría singular acerca de la contracción: compara la fibrilla muscular al pedículo contráctil de las vorticelas y dice: «que se trata de un verdadero resorte espiral que, activamente distendido durante el reposo del músculo, vuelve pasivamente sobre sí mismo en el momento de la contracción.»

Así, pues, lo que nosotros consideramos como estado activo del músculo no sería más que un estado de reposo: el músculo no se transformaría en activo hasta su alargamiento total. Si una causa cualquiera (irritación mecánica, influjo nervioso, electricidad), interviene, la fuerza que mantenía el músculo alargado, se suprime momentáneamente, se contrae, es decir, se coloca en estado de reposo. No nos extenderemos más sobre la singular manera de considerar el estado de reposo y el estado activo. El examen histológico demuestra que la fibrilla muscular no es un resorte en espiral; por otra parte, esta teoría no tiene valor desde el momento en que se sabe que las fibras lisas son también contráctiles.

*Teoría de Ranvier.* — Las teorías que acabamos de examinar se basan en hipótesis sin fundamento, en observaciones histológicas erróneas, hechas con la idea preconcebida de que en la estriación muscular debe encontrarse la razón de la contracción.

Si se hubiera hecho notar solamente que ciertos elementos, puramente celulares, son contráctiles, no se hubiera necesitado recurrir á estimar una propiedad general de la materia organizada aneja á una estructura destinada exclusivamente á modificar esta propiedad. La *contractilidad muscular no es más que la contractilidad del protoplasma ejerciéndose en un determinado sentido.*

Los *discos gruesos* son las únicas partes contráctiles de la fibra estriada. Cuando la contracción se efectúa, adquieren estos discos la *forma esferoidal*. Ahora bien; como primitivamente son alargados en sentido de la fibrilla, esta modificación tiende desde luego á acortar el músculo. Así, pues, comprenderemos que el acortamiento puede ser considerable si echamos de ver que el disco grueso, contrayéndose, *expulsa el plasma* que se acumula en sus partes laterales (crecimiento del músculo en espesor).

Los *espacios claros* representan partes elásticas destinadas á transformar la contracción brusca de los discos gruesos en contracción continua, permitiendo de este modo utilizar de manera más completa la fuerza desarrollada por la contracción.

Los *discos delgados* son las piezas de armazón de la fibrilla. Son ligeramente elásticos, pero completamente inactivos.

La contractilidad muscular no es más que la manifestación de una propiedad de la materia viva: lo que hay de particular, en el músculo estriado, es la pequeñez del elemento contráctil, con relación á los fascículos cuya longitud ha de acortar. Esta pequeñez, que permite cambios más rápidos, se halla, pues, en relación con la misma rapidez en la contracción. «*Lo que es preciso buscar en la estriación no es, pues, la contractilidad, sino la rapidez en la contracción.*»

El estudio de la contracción en los músculos con núcleos marginales y en los músculos con núcleos interiores, confirma la teoría de RANVIER:

1.º Los músculos con *núcleos marginales*, que se contraen bruscamente y presentan fibrillas musculares, *extremadamente delgadas*, lo cual favorece mucho los cambios nutritivos; además, el *disco grueso* (elemento contráctil) excede en volumen á las bandas claras;

2.º Los músculos con *núcleos interiores* que se contraen lentamente, tienen las fibrillas *más gruesas* y *discos gruesos* (elementos contráctiles) menos voluminosos. Además, aquí, los *discos delgados* y las *bandas claras* tienen más importancia. Estas partes que representan un papel de lazos elásticos, unen las porciones contráctiles, «transformando la fuerza de corta duración, desarrollada por la contracción de los discos gruesos, en una fuerza continua. Permite utilizar la fuerza producida almacenándola, para restituirla en seguida de una manera regular y progresiva... cuanto más rico sea un músculo en armazón elástica, tanto más lenta, prolongada y sostenida será su contracción: así, pues, el tiempo perdido (retardo del movimiento con relación á la excitación) será considerable. Esto es lo que se produce precisamente en los músculos con núcleos interiores. Al propio tiempo que

se comprueba experimentalmente que el tiempo perdido es prolongado y que la contracción en estos músculos es lenta y sostenida, se observa también un mayor desarrollo en las bandas claras y en los discos delgados, á menudo acompañados cada uno de ellos de los discos accesorios» (RENAUR).

Tal es la teoría de RANVIER, desarrollada en sus lecciones sobre el sistema muscular (1875-1876). Descansaba en esta época en ingeniosos experimentos, que consistían en fijar, por medio de inyecciones intersticiales de ácido ósmico, las fibras de los músculos *tetanzados* y *tensos*. En rigor, podría acusarse á esta teoría de inexactitud, á causa de la posible infidelidad del reactivo fijador. En una comunicación á la Academia de Ciencias (10 de Marzo de 1890), RANVIER ha completado la demostración, afirmando que los fenómenos que había descrito podían observarse en la fibrilla muscular viva. La membrana retrolingual de la rana, colocada tensa sobre una cámara húmeda portaobjetos, se la puede excitar con una corriente farádica. Se comprueba entonces que la estriación no desaparece en ninguna de las fases del fenómeno de la contracción, y que nada cambia en la relación entre los discos gruesos, los delgados y las bandas claras cuando del estado de reposo pasan al de contracción. Se limitan las modificaciones á la disminución en longitud de los discos gruesos, y al alargamiento de los espacios claros y los discos delgados. Ya hemos indicado con anterioridad la significación de estos hechos.

### § 3. — TEXTURA DE LOS MÚSCULOS

Las fibras musculares estriadas constituyen los fascículos primitivos de los músculos, los cuales se reúnen á su vez en pequeños grupos, para formar los fascículos más voluminosos, visibles á simple vista, y que se conocen con el nombre de *fascículos secundarios*. Estos fascículos se hallan formados por un considerable número de fascículos primitivos separados por una delgada capa de tejido conjuntivo, y envueltos por una vaina conjuntiva, bastante gruesa por regla general. Los fascículos secundarios se agrupan entre sí para constituir los fascículos *terciarios*, que se reúnen á su vez para formar los *cuaternarios* de los músculos gruesos (1). Alrededor de cada músculo se encuentra una capa de tejido conjuntivo que reúne todos los fascículos y se continúa con los tabiques interfasciculares. Algunos anatómicos llaman á esta capa conjuntiva perimuscular, *perimio externo*, y dan el nombre de *perimio interno* á los tabiques intramusculares. El tejido conjuntivo de los músculos presenta algunas variaciones de estructura en las diferentes partes del órgano.

1.º Entre los fascículos primitivos, se halla reducido á una capa extremadamente delgada formada por *fascículos conjuntivos* que tienen una dirección paralela á la de las fibras musculares. Sin embargo, se encuentran gran número de hacillos transversales que dan á esta capa un aspecto plexiforme. Al lado de estos fascículos se encuentra cierto número de *células conjuntivas* y *linfáticas*, no hallándose de ordinario vesículas adiposas y pocas ó ninguna fibras elásticas;

(1) Los fascículos secundarios tienen un diámetro de 0,5 á 1 milímetro.

2.º En los tabiques perifasciculares y en el perimisio externo, se encuentran, al lado de los fascículos conjuntivos, vasos, nervios, fibras elásticas muy delgadas y vesículas adiposas en mayor ó menor número.

**Vasos de los músculos.**—El tejido muscular estriado se halla recorrido por una red extremadamente rica en capilares sanguíneos. Esta red, aplicada inmediatamente al sarcolema de las fibras estriadas, está formada por mallas rectangulares que miden, en sentido transversal, lo mismo que el diámetro transversal de los fascículos estriados, y en sentido longitudinal, tres ó cuatro veces este tamaño (1). Las mallas se hallan dispuestas de tal manera que los lados más largos de los rectángulos son paralelos á los fas-



Fig. 98. — Corte esquemático de un músculo pequeño

2, fascículo secundario. — 3, fascículo terciario. — 4, fascículo primitivo. — 5, vaina conjuntiva

cículos primitivos; estos lados se conocen con el nombre de *ramas longitudinales* de la red. Los lados cortos, por el contrario, perpendiculares á estos mismos vasos, establecen comunicación, de trecho en trecho, entre las ramas longitudinales; estos vasos son las *ramas transversales* de la red. «La forma general de la red capilar es la de una reja de mallas rectangulares, constituida por un sistema de vasos longitudinales paralelos y unidos entre sí, de dos en dos, por ramas que son perpendiculares á su dirección. Cada uno de los fascículos primitivos, se halla rodeado por un sistema vascular que presenta esta disposición, y que le envuelve en sus mallas como podría hacerlo una red.» Cuando el músculo está relajado, las *ramas longitudinales* son rectilíneas; cuando está contraído, estas ramas presentan un aspecto ondulado. Las *ramas transversales*, siempre rectilíneas en los músculos ordinarios, presentan en los *músculos rojos* del conejo una disposición especial que ha sido señalada por RANVIER: «En la mayor parte de

(1) RANVIER, *Leçons d'anatomie générale sur le système musculaire*, pág. 253.

estas ramas se observan *dilataciones fusiformes*. Las vénulas que brotan de la red poseen dilataciones mayores todavía, ofreciendo, á primera vista, el aspecto de minúsculos aneurismas.» Esta disposición es necesaria por el modo de contraerse estos músculos; hemos visto que se produce lentamente



Fig. 99. — Red capilar de un músculo estriado rojo del conejo (según RANVIER)

y que el músculo vuelve á su primitiva longitud con la misma lentitud cuando cesa la excitación. Deteniéndose la circulación todo el tiempo que dura la contracción, y siendo, por otra parte, necesario el oxígeno para el trabajo muscular, este gas lo suministra la sangre que se halla contenida en las mallas dilatadas de los capilares.

No existen linfáticos en el *interior* de los músculos en estado de vasos distintos limitados por un endotelio. Se hallan representados por los espacios conjuntivos, que separan los fascículos musculares, y comunicando, no se sabe de qué manera, con los vasos linfáticos verdaderos situados en la superficie de los músculos.

#### Unión de los músculos con los tendones.—

Cada fascículo primitivo muscular se termina, por el lado del tendón, mediante una *extremidad dentellada* irregularmente cónica, que se aloja en una especie de *cúpula*, excavada en la extremidad correspondiente del tendón. La substancia muscular no se aplica inmediatamente al tejido tendinoso, sino que se halla separada por el sarcolemma que se refleja á nivel

de la extremidad libre de la fibra, cerrándola por completo. La unión existente entre el sarcolemma y la cúpula tendinosa, es tan íntima, que es imposible desprenderle, aunque se hagan actuar los más poderosos reactivos disociadores. Es mucho más débil con la substancia muscular. RANVIER, á quien se debe el conocimiento de estos detalles sobre la unión de los

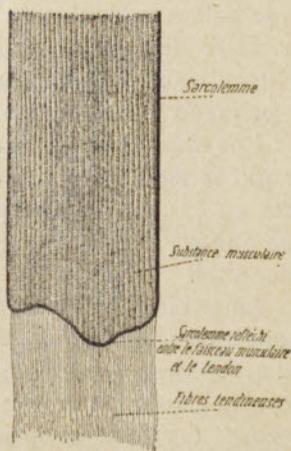


Fig. 100. — Unión de un fascículo primitivo con un tendón (esquemático).

tendones con los músculos, ha llevado aún más allá la minuciosidad de este estudio. «¿Cómo se realiza la terminación natural de una fibrilla muscular por el lado del tendón? ¿Es á nivel de un disco grueso, de uno delgado ó de un espacio claro? Puede observarse en alguna de las ramas de la arborización terminal de los fascículos de la membrana retrolingual, la sucesión de los discos gruesos de los delgados y de los espacios claros, hasta su inserción en el tendoncito elástico. Después de un último disco delgado y un espacio claro, se halla una masa que tiene forma hemisférica y cuya superficie plana mira hacia el último disco delgado. Esta masa parece corresponder á un disco grueso. Las fibrillas se terminan, pues, en los *discos gruesos*.»

#### § 4. — PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL MÚSCULO ESTRIADO

**Propiedades físicas del tejido muscular.**— El tejido de los músculos estriados, presenta una *coloración* roja viva cuando se le examina poco tiempo después de la muerte, y en los individuos cuya nutrición ha sido normal. Esta coloración no es debida, como se creería á primera vista, á la presencia de sangre, pues persiste aunque los capilares se hallen completamente vacíos. Se cree generalmente que es producida por la combinación de una pequeña cantidad de hemoglobina (1) con la substancia muscular. En la *serie animal* se encuentran *numerosas variaciones* de la coloración muscular: es conocida de todo el mundo la diferencia que existe en la coloración de los músculos del buey y de la ternera; en los peces, los músculos tienen la transparencia del vidrio; finalmente, en algunos animales, se hallan músculos de color rojo oscuro, y otros, pálidos ó apenas teñidos. Esta disposición aparece muy clara en el conejo; tanto es así que en los miembros abdominales, el músculo semitendinoso, el crural, el adductor pequeño y el sóleo son rojos, mientras que los demás son blancos.

Los músculos son muy *extensibles*, además son *retráctiles*, es decir, que cuando se les secciona transversalmente se acortan. Esta propiedad se manifiesta en los movimientos; en efecto, la disposición del sistema muscular hace que no se pueda contraer una de sus porciones sin que la otra se halle distendida.

La acción de la *desección* ha sido muy bien estudiada por BICHAT. Expuesto á la acción del aire, el tejido muscular se conduce de dos maneras: 1.º se deseca si se corta en trozos delgados, susceptibles de una rápida evaporación de los flúidos que contiene. En este caso, toma un color pardo oscuro; sus fibras se aprietan unas contra otras; se adelgaza y se transforma en duro y frágil. Si se sumerge en agua durante algún tiempo, después de quince ó treinta días de desección, vuelve á adquirir su primitiva blandura y su forma, ofreciendo, sin embargo, un color menos pronunciado; 2.º cortado en masas gruesas y puesto en contacto con el aire, el tejido muscular no se deseca, se pudre.

Expuesto á la *acción del agua*, el músculo experimenta modificaciones

(1) En los insectos, que no tienen ni glóbulos rojos, ni hemoglobina, los músculos tienen, sin embargo, una hemoglobina propia (*miohemoglobina*), cuyo espectro difiere un poco del de la hemoglobina de la sangre.

diversas según sea caliente ó fría: el agua *fría* le quita su color rojo disolviendo el principio colorante y deja un tejido blanco fibroso: el agua *caliente* coagula desde luego la substancia muscular, ablandándola más tarde cuando se prolonga la ebullición. En un experimento, que ha llegado á ser clásico, RANVIER ha demostrado que el agua á una *temperatura de 55° C.* disuelve el tejido conjuntivo de los músculos de la rana y deja los fascículos musculares en libertad. En un litro de agua á 55° C. se sumerge una rana viva. El animal se agita, muere y queda rígido. Se la deja en el agua caliente cuya temperatura se hace descender paulatinamente por espacio de un cuarto de hora. Al cabo de este tiempo, la piel se ha ablandado hasta tal

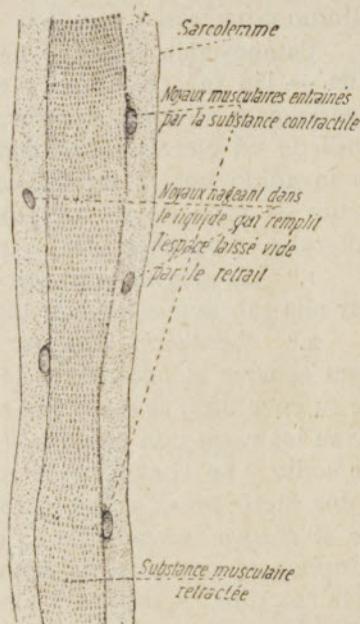


Fig. 101. — Fascículo muscular en la rigidez cadavérica (figura de demostración)

extremo, que basta para quitarla de uno de los miembros abdominales, cogerla con un trapo y ejercer una ligera tracción. Los músculos se desprenden de sus tendones con gran facilidad, y sus fascículos primitivos se separan con sólo agitarlos en agua ó disociándolos groseramente con agujas. Así pueden obtenerse numerosos fascículos musculares aislados; la estriación longitudinal de la substancia muscular se presenta muy marcada; en cambio, la estriación transversal es menos clara y más irregular (1).

Las estriás transversales *descomponen la luz blanca*, como lo hacen los retículos que emplean los físicos.

El músculo sartorio de la rana (2) desecado, extendido y montado en

(1) RANVIER, *Traité technique d'histologie*.

(2) Los fascículos de este músculo son casi paralelos entre sí.

bálsamo del Canadá, es muy apropiado para este experimento. «El observador se coloca en el fondo de una habitación cuyas ventanas hayan sido cerradas, no dejando más que una pequeña hendidura por donde penetre la luz. Se coloca la preparación del músculo muy cerca del ojo, de manera que los fascículos primitivos se hallen orientados de tal suerte que su eje mayor sea perpendicular á la hendidura por donde penetra la luz. En esta disposición aparecen á cada lado de la hendidura uno, dos ó tres espectros dispuestos simétricamente.» Esta propiedad ha conducido á RANVIER á construir un *miospectroscopio*, que permite hacer el estudio espectroscópico de la sangre (1).

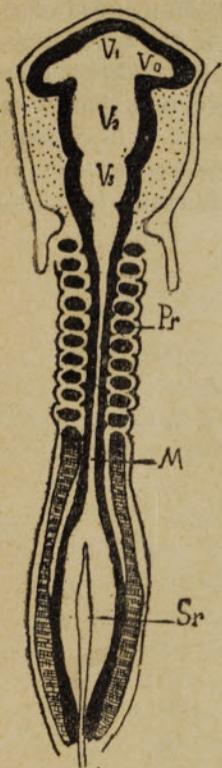


Fig. 102. — Corte longitudinal de un embrión para demostrar las vértebras.

V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>, vesículas cerebrales primitivas. — V, vesícula óptica. — M, conducto medular. — Pr, vértebras.

**Composición química de los músculos estriados.** — Un músculo vivo y en reposo es neutro ó ligeramente alcalino, transformándose en ácido después de un ejercicio prolongado y también cuando es invadido por la rigidez cadavérica (2). Desde el punto de vista de su composición química, el tejido muscular comprende dos partes bien distintas:

1.º *Sarcolema*. — El sarcolema se halla formado por una substancia imperfectamente conocida.

2.º *Substancia muscular propiamente dicha*. — Para separar el contenido de las fibras musculares de su envoltura, se mata una rana por hemorragia, se lavan los vasos con una disolución acuosa de cloruro de sodio y se congelan los músculos sometidos á una fuerte presión. La materia exprimida constituye el *plasma muscular* de KÜHNE (3). Es un líquido siruposo, opalescente, un poco amarillento, con reacción alcalina y espontáneamente coagulable. Esta coagulación, que se facilita mediante el calor y los ácidos, separa el plasma muscular coagulado (*miosina*) del *suero muscular* (4).

a. *Miosina*. — La miosina es una substancia semisólida espontáneamente coagulable y retráctil después de su coagulación. Se disuelve fácilmente en una disolución de cloruro de sodio al décimo; el ácido clorhídrico muy diluido la disuelve rápidamente sin alterarla al principio, pero transformándola pronto en *sintonina*.

b. *Suero muscular*. — El suero muscular contiene dos albúminas, una coagulable á 45° y otra á 70°. Además tiene *caseína*, *hemoglobina* (5), *crea-*

(1) RANVIER, *Traité technique d'histologie*.

(2) Esta acidez es producida por el ácido sarcoláctico ó quizá por el fosfato ácido de potasio.

(3) También se designa con el nombre de *mioplasma*.

(4) La coagulación del plasma muscular es comparable á la de la sangre. El fermento *miósico* que se produce después de la muerte transforma el *miosgéno* en miosina.

(5) La hemoglobina es la substancia que da á los músculos su color rojo especial.

*tina, creatinina, sarcina, xantina, taurina, ácido inósico, indicios de azúcar dextrogira y ácido sarcoláctico.*

Los cuerpos minerales del músculo estriado se hallan representados principalmente por *sales de potasio* y, en particular, por *fosfatos*. Se encuentran pequeñas cantidades de hierro.

El estudio de las propiedades químicas de la miosina explica la producción de la *rigidez cadavérica*. Este fenómeno, que consiste simplemente en la coagulación de la substancia muscular, puede ser estudiado en el microscopio. La substancia muscular de los fascículos rígidos parece experimentar una retracción tan intensa, que entre ella y el sarcolema existe un espacio ocupado por una materia clara, probablemente líquida. Entre los núcleos musculares, unos flotan en este líquido y otros parecen seguir á la substancia muscular en su retracción.

### § 5. — DESARROLLO DEL TEJIDO MUSCULAR ESTRIADO

I. Origen blastodérmico del tejido muscular. — Al estudiar la formación del mesodermo hemos dejado de consignar un dato que tiene importancia en este sitio. La porción interna de la masa mesodérmica, la que se encuentra en contacto con el conducto medular, no queda comprendida dentro de la hendidura que ha de constituir la cavidad pleuroperitoneal, sino que se divide en una serie de segmentos dispuestos unos á continuación de otros de delante hacia atrás. Estos segmentos recuerdan la disposición de las vértebras, no representando como se había creído una vértebra, sino los músculos intervertebrales; también se ha abandonado la designación de *protovértebras* (vértebras primitivas) que servía para designarlos substituyéndola por las de *prevértebras*, indicando de este modo que sirven únicamente para señalar las divisiones vertebrales. Cada vértebra, presenta pronto una cavidad que la divide en dos porciones: una inferior ó ventral y otra superior ó dorsal. Esta última porción, llamada *lámina muscular*, es la que producirá todos los elementos musculares estriados del esqueleto (1).

II. Desarrollo de la fibra estriada. — La fibra estriada se desarrolla á expensas de una célula fusiforme provista de un núcleo central. Esta célula, designada algunas veces con el nombre de *mioblasto*, se alarga cada vez más, el núcleo se divide por kariokinesis y da nacimiento á una serie de núcleos elípticos que se sitúan en el eje de la célula, orientándose de manera que sus ejes mayores son paralelos al del mioblasto.

Este cuerpo, que forma parte de la constitución del músculo, desempeña un papel importante en la fisiología del músculo. Sabemos que todo el tiempo que dura la contracción, la circulación se detiene en el músculo, y entonces es cuando la hemoglobina muscular suministra el oxígeno de que tienen necesidad los elementos contráctiles. En los insectos, que no tienen glóbulos rojos, los músculos contienen hemoglobina propia, llamada *miohematina*, cuyo espectro es algo distinto del de la hemoglobina.

(1) Veremos más adelante que los músculos viscerales tienen otro origen.



Fig. 103  
Desarrollo  
de la fibra  
muscular  
estriada

Hacia el tercer mes de la vida fetal, en el hombre, se ven aparecer, en la capa periférica del mioblasto, estrías longitudinales y transversales que forman á modo de una corteza en torno de la célula. En este período se halla constituida la fibra estriada por un elemento cilíndrico, que presenta su porción periférica formada por estrías y su centro por una masa de protoplasma granuloso sembrada de núcleos elípticos.

La capa estriada no es continua; se halla interrumpida por trabéculas que brotan del protoplasma central y que la dividen en pequeños fascículos de fibrillas que formarán más tarde los cilindros primitivos de la fibra muscular. En estos momentos la fibrilla se halla constituida de la misma manera que en los músculos adultos de los insectos; los núcleos se hallan todos situados en el centro, no existiendo sarcolema.

En los vertebrados, y en el hombre en particular, la formación de la fibra estriada se completa por la aparición de una membrana de cubierta (1) (*sarcolema*) y por la emigración de los núcleos. Como consecuencia de la formación de nuevas estriaciones y la invasión por ellas de la porción central del mioblasto, los núcleos son rechazados hacia la periferia. En las fibras con *núcleos esparcidos*, queda en su interior una gran cantidad de protoplasma no estriado, en cuyas trabéculas quedan contenidos diversos núcleos: en las *fibras con núcleos marginales* todos ellos son rechazados hacia la periferia.

La emigración de los núcleos se verifica de diferente manera según las distintas especies animales.

En el embrión de la rana, todos los núcleos se hallan situados en la periferia del mioblasto, mientras que en el animal adulto se hallan esparcidos por todo el espesor de la fibra. «Se produce, pues, un fenómeno de cambio de situación en los núcleos, precisamente en sentido inverso del que se observa en los mamíferos.»

#### RESUMEN DEL TEJIDO MUSCULAR ESTRIADO

I. *Estructura.* — El elemento fundamental del tejido muscular estriado se halla representado por la fibra estriada ó fascículo primitivo. Se halla constituido por una membrana de cubierta, por un protoplasma lleno de núcleos y por cilindros contráctiles.

1.º *Sarcolema.* — La membrana de cubierta (*sarcolema*) hialina y transparente, está aplicada inmediatamente á la substancia muscular. Es análoga á la cubierta de cualquier célula.

2.º *Protoplasma y núcleos.* — Los núcleos ovales, cuyo eje mayor es paralelo á los fascículos, existen en número considerable. Se hallan situados unas veces debajo del sarcolema en la superficie del fascículo (casi todos los músculos del hombre, músculos blancos estriados del conejo) y otros esparcidos en su interior (músculos de la rana y músculos rojos del conejo).

El protoplasma se exhibe en forma de pequeñas masas granulosas que rodean á los núcleos. De estas masas parten trabéculas que forman en el interior de la fibra estriada una red que limita alvéolos longitudinales en los que se hallan situados los elementos conocidos con el nombre de cilindros de LEYDIG.

3.º *Fibrillas musculares.* — Las fibrillas musculares que existen en

(1) Esta formación es siempre tardía.

número incalculable en la fibra estriada miden de 1 á 3  $\mu$  de diámetro. Presentan estrías transversales producidas por sus partes constituyentes que se suceden según su longitud en el siguiente orden: un disco delgado, una banda clara, un disco grueso que presenta en su centro la estría intermedia de HENSEN, una banda clara, un disco delgado y así sucesivamente.

El disco grueso representa la porción contráctil de la fibrilla; el disco delgado constituye una pieza de armazón inactiva; el espacio claro representa una porción elástica destinada á transformar la contracción brusca en contracción continua.

Las fibrillas no se hallan repartidas uniformemente en la fibra muscular. Están divididas en pequeños fascículos situados en los alvéolos del protoplasma. Estos fascículos reciben el nombre de cilindros de LEYDIG, columnillas musculares ó cilindros primitivos. En un corte transversal de la fibra estriada, la sección de los cilindros primitivos aparece en forma de polígonos designados con el nombre de campos de CONHEIM.

Las modificaciones microscópicas que se producen durante la contracción de las fibrillas son las siguientes: la estriación no desaparece y la relación de sus partes constituyentes no se cambia: el disco grueso se acorta, mientras que los discos delgados y los espacios claros se alargan ligeramente.

II. *Textura.* — Las fibras estriadas se agrupan en fascículos que se ven á simple vista, constituyendo los fascículos secundarios de los músculos; éstos á su vez se reúnen en fascículos más voluminosos (terciarios), los cuales por su reunión forman los fascículos cuaternarios de los músculos.

Estos diferentes fascículos se hallan unidos por tejido conjuntivo (perimio interno) que forma también, en la superficie del músculo, una capa continua (perimio externo).

El tejido conjuntivo que separa las fibras estriadas (fascículos primitivos) se halla constituido por haces colágenos, longitudinales unos y transversales otros, formando por su entrecruzamiento una capa plexiforme; habitualmente no se encuentran vesículas adiposas y pocas ó ninguna fibras elásticas. En los tabiques perifasciculares y en el perimio externo se encuentran todos los elementos del tejido conjuntivo (fascículos, células, células adiposas y fibras elásticas).

La red capilar se halla formada por mallas rectangulares, cuyas ramas largas son paralelas y aplicadas á las fibras estriadas; las ramas cortas que establecen comunicación de trecho en trecho entre las ramas longitudinales son transversales y perpendiculares á estas fibras.

Cuando el músculo está contraído, las ramas longitudinales son flexuosas; cuando está relajado, son rectilíneas. En algunos músculos (estriados rojos del conejo), las ramas transversales presentan varicosidades en forma de ampollas.

Los vasos linfáticos no existen en estado de vasos distintos en el interior de los músculos. Las vías linfáticas se hallan representadas por los espacios conjuntivos interfasciculares que comunican, no se sabe de qué manera, con los vasos linfáticos situados en la superficie del músculo (1).

III. *Propiedades físicas y químicas.* — El color del tejido muscular estriado varía en la serie animal. Es rojo en el hombre (presencia de hemoglobina), blanco en la ternera y transparente en los peces. En algunos animales se encuentran músculos estriados rojos y blancos (conejo). Los músculos estriados son extensibles y retráctiles.

(1) Los nervios se estudiarán en el capítulo consagrado al sistema nervioso.

Cuando se someten los músculos congelados á una fuerte presión se obtiene el plasma muscular de KHUNE. Este plasma se separa en un coágulo (miosina), y una porción líquida (suero muscular), la cual contiene, además de dos albúminas, hemoglobina, caseína, creatina, creatinina, sarcina, xantina, taurina, ácido inósico, indicios de azúcar dextrogira, ácido sarcoláctico, fosfatos de potasio, hierro, etc.

La rigidez cadavérica se produce por la coagulación de la miosina.

IV. **Desarrollo.** — Los músculos estriados se desarrollan á expensas de la lámina muscular de las protovértebras. Cada mioblasto de esta lámina (célula fusiforme) produce una fibra estriada. El núcleo se multiplica, y la capa superficial de la célula comienza á estriarse. A medida que la porción central del mioblasto se estría, los núcleos, al principio centrales, se van colocando en la superficie del mioblasto. El sarcolema se forma tardíamente.

---

## CAPITULO XIII

### TEJIDO MUSCULAR LISO

Los músculos lisos se llaman también por algunos autores *músculos de contracción lenta y músculos de la vida orgánica*. Esta última expresión aplicada por BICHAT á la división del sistema muscular que estudiamos, no es exacta en la generalidad de los casos. En el hombre mismo, hay músculos de la vida orgánica que tienen una estriación transversal muy marcada (miocardio y esófago), mientras que en ciertos invertebrados los músculos de la vida animal son lisos. Sin embargo, todos los músculos lisos de los vertebrados pertenecen á la vida orgánica.

Cuando se disocia un fragmento de músculo liso, se observan gran número de células alargadas, fusiformes, que son *las fibras musculares lisas*. Estudiaremos sucesivamente las fibras lisas, su reunión en fascículos para formar los músculos y los vasos y nervios que las acompañan.

#### § I. — FIBRAS LISAS (1)

Las fibras lisas se presentan con aspecto de células cuya *forma* es muy variable; ordinariamente tienen la forma de un huso alargado y regular; otras veces, conservando sin embargo esta forma general, son aplanadas, figurando una cinta y dividiéndose en sus extremidades. En la túnica media de las arterias adquieren formas muy irregulares, imposibles de comparar con ninguna figura conocida. Las *dimensiones* de estos elementos varían casi tanto como su forma (2).

Su *longitud* oscila, según los órganos, entre 45 y 225  $\mu$  (KÖLLIKER); su *anchura* es muy desigual para un mismo elemento, puesto que disminuye hacia sus extremidades; la *porción media*, la más ancha, mide de 3 á 20  $\mu$ . En el útero grávido llega alcanzar 500 á 560  $\mu$  de longitud por 20  $\mu$  de anchura. En algunos invertebrados se encuentran fibras cuya longitud se eleva á muchos milímetros.

(1) *Sinonimia*: fibrocélulas, células musculares lisas.

(2) Para aislar las fibras lisas, se las disocia con las agujas después de haberlas macerado en la potasa al 40 por 100 ó en el ácido nítrico diluido en nueve veces su volumen de agua.

**Constitución de la fibrocélula.** — Desde el punto de vista de su constitución íntima, la célula muscular lisa presenta á nuestra consideración *un cuerpo celular y un núcleo*:

1.º *Cuerpo celular.* — El cuerpo celular *no posee membrana de cubierta* y la substancia contráctil parece limitarse á sí misma (RANVIER). Se halla formado por dos partes bien distintas: en el *centro* se observa una substancia granulosa que rodea al núcleo y se extiende siguiendo el eje de la célula (1) en una longitud más ó menos considerable; esta substancia presenta las

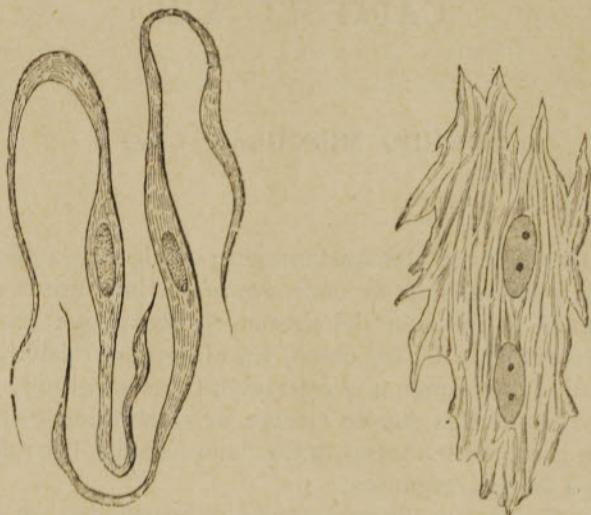


Fig. 104. — Células musculares lisas. Las células de la izquierda proceden del intestino; la de la derecha procede de la aorta

reacciones y caracteres del *protoplasma* embrionario: es el *sarcoplasma*. En la *periferia* se halla la substancia contráctil propiamente dicha que parece estriada paralelamente al eje de la fibra lisa. Con un débil aumento se percibe una grosera estriación que divide la capa periférica de la célula en *fascículos*; con un aumento mayor se distingue una estriación más fina que divide á estos fascículos en *fibrillas*. Donde mejor puede estudiarse la composición fibrilar de la substancia contráctil es en un corte transversal. En uno de estos cortes se ven, en la periferia de la célula, cierto número de *campos* que corresponden á la sección de los fascículos de fibrillas. Estos campos corresponden á los de CONHEIM de la fibra estriada; los fascículos de fibrilla corresponden á los *cilindros primitivos* (2).

La substancia protoplasmática que ocupa el centro de la célula envía, entre estos cilindros, prolongaciones que se extienden hasta la superficie del elemento. En ciertos animales, el protoplasma central emite prolonga-

(1) En los moluscos hay en cada fibrocélula un eje de protoplasma que ocupa toda la longitud del elemento.

(2) Según algunos autores, los campos de CONHEIM no corresponden á una disposición homóloga de la fibra estriada; corresponderían más bien al corte de una sola fibrilla muy voluminosa.

ciones hasta la periferia de la célula, formando en su superficie una capa continua (pulpo).

2.º *Núcleo*. — El núcleo, que se halla situado próximamente en la mitad de la longitud total de la célula, no ocupa exactamente la línea axial. Ordinariamente se halla más próximo á un borde de la célula que al otro,

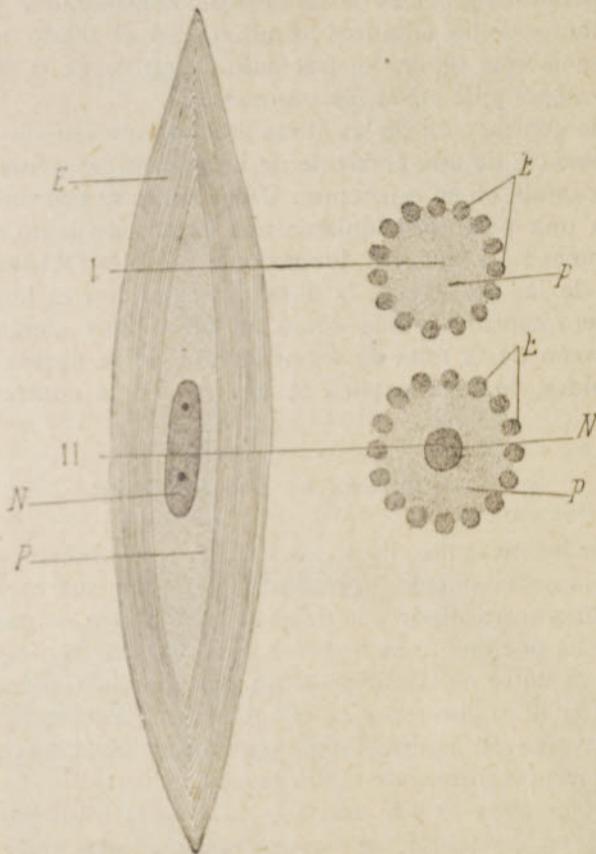


Fig. 105. — Figura que demuestra la constitución de la fibra lisa

La fibra de la izquierda representa un corte ideal que pasa por el eje mayor de la fibra lisa

Las de la derecha representan unos cortes transversales de esta fibra: uno á nivel del núcleo (II) y otro un poco más arriba (I)

E, capa estriada. — N, núcleo. — P, protoplasma

presentando una forma muy variable; es esférico en ciertas células, pero casi siempre es oval y á menudo tan alargado que toma la forma de bastoncillo, forma que ha sido considerada durante mucho tiempo como la característica. Haciendo actuar el ácido acético se retrae y adquiere una figura ondulada en zizás. En cada núcleo se observan uno ó dos nucléolos.

La constitución íntima del núcleo es variable. En el hombre, puede distinguirse en su interior un retículo, extremadamente fino, lleno de gránulos cromáticos abundantes, con uno ó dos nucléolos (1). En la salamandra

(1) La red cromática se dispone á menudo en filamentos arrollados.

el núcleo es muy rico en cromatina, que se dispone en forma de una cubierta con trabéculas que le surcan según su anchura. Existen muchos nucléolos.

En resumen, la célula muscular lisa puede ser considerada como análoga al *fascículo primitivo estriado*. Igualmente que este fascículo, contiene un núcleo rodeado por una masa de protoplasma (sarcoplasma), cuyas prolongaciones separan los pinceles de las fibrillas consideradas por RANVIER como representantes de los cilindros primitivos en el tejido muscular liso. La única diferencia que separa el fascículo primitivo, de la fibra lisa, es la ausencia de *sarcolema* y de *estriación transversal*.

El modo de contracción de las fibras lisas es muy sencillo:

Con la influencia de una corriente de inducción, las *fibras lisas* no presentan ningún cambio en su estructura. Unicamente se acortan y aumentan de espesor. En una palabra, adquieren una forma, mediante la cual disminuyen su superficie á las menores dimensiones posibles (RANVIER) (1).

Cada una de las fibrillas de la fibra muscular lisa es homóloga á un disco grueso, pero considerándole como un disco muy alargado en forma de fibra. Por razón de la falta de segmentación de la fibrilla, los cambios son menos rápidos, lo cual explica la lentitud en la contracción de los músculos lisos.

## § 2. — TEXTURA DE LOS MÚSCULOS

Para formar los músculos lisos, las células que acabamos de estudiar se yuxtaponen inmediatamente por sus bordes y por sus caras. Se hallan sólidamente unidas entre sí por una delgada *capa de una substancia cementadora*, que se señala por una línea negra en los músculos impregnados por la plata, y que se disuelve en la potasa al 40 por 100, en el alcohol al tercio, en el ácido nítrico al 20 por 100 y en el agua regia. Esta es la razón por la que estos reactivos sirven habitualmente para aislar las fibras lisas (2).

Existen numerosas formas de tejido muscular liso:

1.º En las *arterias de tipo elástico*, las células musculares, lejos de hallarse reunidas en fascículos, se encuentran separadas unas de otras por una red de fibras elásticas. Es muy fácil, pues, disociarlas en estado fresco, puesto que *no existe cemento intercelular*;

2.º La segunda forma con la que se presenta el tejido muscular liso, es la *forma membranosa*. Las células se hallan situadas, unas al lado de otras, en una sola hilera, de manera que constituyen una especie de membrana. Esta es la disposición que afectan en las *arteriolas*;

3.º Otras veces se asocian las fibras lisas, para formar *fascículos aplanados*, separados unos de otros por tejido conjuntivo, por vasos y nervios á los que se asocian las fibras elásticas. Es preciso hacer notar, que allí donde se encuentren fibras musculares lisas, hállanse también fibras elásticas como si tales elementos fueran imprescindibles para completar su acción. La asociación de las células musculares en fascículos se halla en el *intestino*;

(1) El profesor RANVIER ha estudiado la contracción de las fibras lisas en la membrana retrolingual de la rana.

(2) El cemento está constituido por una substancia refringente sin estructura, análoga á la que une las células epiteliales.

4.º También se presentan las fibras lisas en *forma de red*. Estas se reúnen en pequeños fascículos, los cuales se dividen en otros más delgados que, anastomosándose y entrecruzándose unos con otros, forman una red completa. La *vejiga de la rana* es un buen ejemplo de esta disposición;

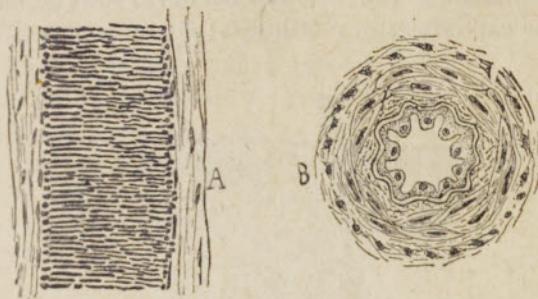


Fig. 106. — Disposición de las fibras musculares lisas en una arteriola  
A, corte longitudinal. - B, corte transversal

5.º Una quinta disposición presenta las células musculares agrupadas en pequeños fascículos aislados, que forman *musculitos* tan gruesos como anchos, como ocurre en los *músculos erectores de los pelos*;

6.º Las células se agrupan en fascículos que se asocian como los

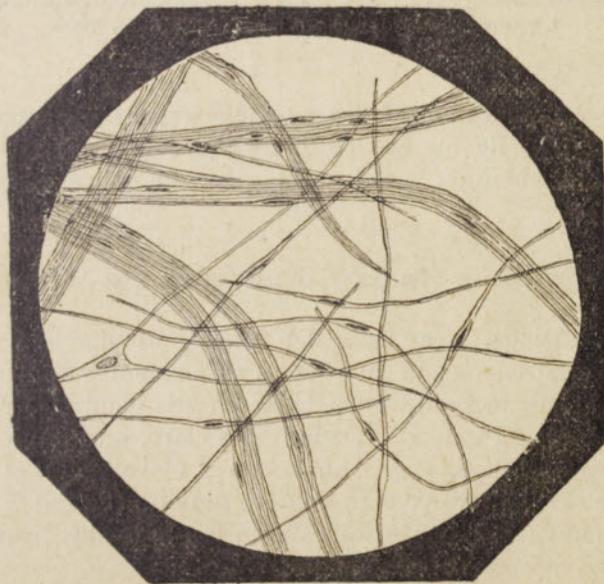


Fig. 107. — Células musculares en forma de red de la vejiga de la rana

estriados para constituir músculos propiamente dichos. Estos no existen en el hombre; pero, en algunos animales, ciertos músculos del periné presentan esta forma, por ejemplo, el *músculo retrocoxígeo* del conejo;

7.º Finalmente, las células se anastomosan en todos sentidos para

formar una gran *masa muscular*. El *útero* es un ejemplo de esta disposición (1).

Los *capilares sanguíneos* forman, alrededor de las células musculares lisas, mallas rectangulares análogas á las que hemos descrito al hablar del fascículo primitivo estriado (2). Cuando las fibras lisas se hallan extendidas, las ramas de estos capilares son rectilíneas; cuando, por el contrario, están

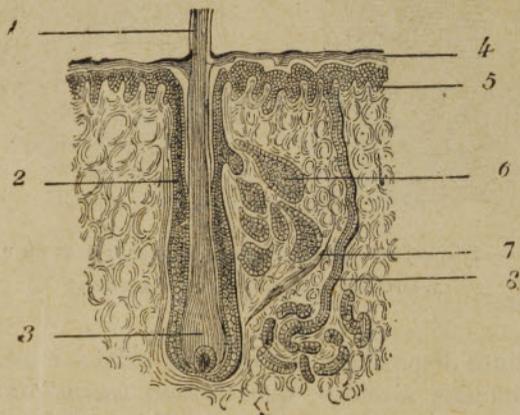


Fig. 108. — Corte de la piel á nivel de un pelo para que se vea el musculito erector

1, pelo. — 2, cubiertas del pelo. — 3, bulbo — 4, capa córnea. — 5, cuerpo de Malpighio. — 6, glándula sebácea  
7, músculo erector del pelo. — 8, tejido conjuntivo del dermis

contraídas, presentan flexuosidades y ondulaciones semejantes á las de las ramas longitudinales de los fascículos estriados colocados en las mismas condiciones. Sin embargo, la red vascular es menos rica que en los músculos estriados (3).

### § 3. — PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS MÚSCULOS LISOS

**Caracteres físicos.** — El *color* del tejido muscular liso varía según el espesor de sus capas y según su riqueza en elementos conjuntivos. En los animales recientemente sacrificados, es de un gris pálido, semitransparente, ligeramente rosado en todo el intestino; gris claro, semitransparente y algo blanquecino en la vejiga, y gris blanco en el útero vacío: es de color gris rojizo bastante mate ó rojo vivo en el útero grávido (ROBIN).

La *extensibilidad* es muy manifiesta en los músculos lisos. BICHAT les atribuye las dos siguientes propiedades:

(1) Según algunos autores, las células musculares lisas no se hallan siempre unidas por un cemento, sino que en ciertos casos (útero, intestino y músculo orbitopalpebral) se sueldan unas á otras mediante prolongaciones del cuerpo celular, como lo hacen las células epiteliales del cuerpo de MALPIGIO.

(2) Se trata de masas musculares lisas tales como las de las tónicas del intestino.

(3) Los nervios de los músculos lisos se estudiaron en el capítulo consagrado á las terminaciones nerviosas.

1.º Rapidez en su manifestación. Así ocurre en el estómago é intestinos, que en un instante pasan de una vacuidad absoluta á una enorme distensión.

2.º Extensión extraordinaria de que son susceptibles. Se puede formar una idea de la amplitud de esta extensibilidad si se compara la vejiga vacía situada detrás del pubis, con la vejiga llena de orina en un caso de retención que llega hasta por encima del ombligo.

Reacciones microquímicas de las fibras lisas. — Las reacciones microquímicas de las fibras lisas son las siguientes: el *agua* no las altera; el *alcohol* las contrae y exagera la estriación longitudinal; el *ácido acético* las hincha y transforma en una masa homogénea en el seno de la que el núcleo se hace más evidente; el *ácido nítrico* en solución débil las fija y permite aislarlas por disociación; la *potasa* en solución acuosa fuerte (40 por 100) no ataca las células musculares lisas. Este último es un medio que puede emplearse para descubrir estos elementos en las masas de tejido conjuntivo, puesto que tal tejido queda disuelto por el reactivo.

Composición química. — La composición química de este tejido no es completamente conocida. Es posible que contenga miosina, pues LEHMANN, tratándole por el ácido clorhídrico al milésimo, ha obtenido sintonina, cuerpo derivado de la miosina. El *jugo* que puede extraerse de los músculos lisos contiene sustancias albuminoideas, creatina, hipoxantina, etc. En cuanto á los compuestos minerales, predominan las sales de *sodio*, al contrario de lo que ocurre en los músculos estriados que son más ricos en sales de *potasio* (GAUTIER).

#### § 4. — REPARTICIÓN DEL TEJIDO MUSCULAR LISO EN LA ECONOMÍA

Este tejido no se halla tan abundantemente repartido en la economía como el precedente. La masa total que representa comparada con la de los músculos estriados que forma más del tercio del cuerpo, ofrece desde este punto de vista una diferencia muy notable (BICHAT).

1.º En el *tubo digestivo* forma una túnica contráctil desde los dos tercios inferiores del esófago hasta el esfínter interno del ano.

2.º En el *aparato respiratorio*, completa los arcos cartilaginosos de la tráquea y de los bronquios, y se prolonga hasta las más finas ramificaciones bronquiales.

3.º En el *aparato circulatorio*, la túnica media de las arterias y las paredes de las venas contienen gran número de fibras lisas.]

4.º En la *piel*, estas fibras constituyen los músculos erectores de los pelos, y ciertos músculos cutáneos, como, por ejemplo, la túnica dartoica del escroto.

5.º En las *glándulas*, y principalmente en sus conductos excretores, abundan las fibras lisas. En los órganos *génitourinarios* es donde se las encuentra en mayor cantidad (uréteres, vejiga, ovarios, trompas, útero, etc.).

6.º A pesar de la opinión de BICHAT, en la cabeza se encuentra cierto número de fibras lisas en los órganos de los sentidos, por ejemplo, *el músculo del iris*.

7.º En los órganos genitales masculinos y femeninos.

8.º Finalmente, existe cierto número de músculos lisos anexos á los esplánicos (músculos broncoesofágico, pleuroesofágico, suspensor del duodeno, retrocoxígeo y pubiovesicales).

### § 5. — DESARROLLO DE LOS MÚSCULOS LISOS

I. **Origen mesodérmico.** — Mientras que las fibras musculares estriadas tienen centros especiales de formación (láminas musculares), las fibras lisas derivan de cualquier célula mesodérmica. Las dos hojas del mesodermo dan nacimiento á músculos lisos; la lámina fibrointestinal da origen, para no citar más que un ejemplo, á los músculos del intestino; la lámina fibrocutánica, á las fibras lisas de la piel y de los vasos.

II. **Desarrollo de la fibra lisa.** — La célula mesodérmica que ha de dar origen á una fibra lisa, se alarga; el protoplasma elabora una corteza de fibrillas contráctiles, no formándose membrana de cubierta.

Las células musculares lisas que representan elementos poco diferenciados, pueden multiplicarse por kariokinesis. Las investigaciones de STILLING, PFITZNER y BUSACHI, han demostrado que las pérdidas de substancia de los músculos lisos, se reparan á expensas de las fibras que quedaron intactas en los bordes de la herida. Al cabo de los dos días (en el perro) de que la lesión ha sido producida, las fibras se multiplican por kariokinesis. El plano de segmentación es perpendicular al eje del elemento. Cuando la solución de continuidad no es muy considerable se halla materialmente rellena por fibras lisas.

Las fibras lisas pueden en ciertas condiciones hipertrofiarse considerablemente. Así ocurre en el útero grávido, cuyas fibras alcanzan dimensiones enormes desarrollándose otras nuevas á expensas de elementos mesodérmicos hasta entonces indiferentes (KÖLLIKER). Después del parto, las células vuelven á sus primitivas dimensiones y cierto número de ellas degeneran y desaparecen.

### RESUMEN DEL TEJIDO MUSCULAR LISO

I. **Estructura.** — El elemento fundamental del tejido muscular liso se halla representado por la fibra ó célula muscular lisa. La figura de esta célula es en general fusiforme, es decir, ancha en su porción central y afilada á nivel de sus dos extremidades; sin embargo, conservando á menudo la misma figura geométrica, se presenta redondeada paralelamente á su eje mayor; además, existen fibras lisas muy irregulares en su forma, como ocurre en las arterias.

Las dimensiones varían entre 45 y 225  $\mu$  de longitud por 3 á 20  $\mu$  en su porción central.

La célula muscular presenta, para su estudio, un núcleo, protoplasma y substancia contráctil.

1.º El núcleo situado á nivel de la parte media de la célula, es oval y á veces alargado en figura de bastoncillo. Se retrae en zizás bajo la influencia del ácido acético.



2.º El protoplasma, situado en el centro del cuerpo celular alrededor del núcleo, se extiende más ó menos en el sentido del eje de la célula. Envía á la periferia de la célula prolongaciones que separan las fibrillas de la substancia contráctil.

3.º La substancia contráctil ocupa la periferia de la célula, donde forma una capa más ó menos gruesa. Se halla representada por fibrillas que no poseen estriación transversal. En un corte transversal de la fibra muscular lisa, la sección de las fibrillas aparece en forma de campos poligonales, análogos á los campos de CONHEIM de la fibra estriada. Según algunos autores, cada polígono representaría el corte de una sola fibrilla; según otros, representaría el de un paquete (cilindros primitivos de la fibra lisa). Así, pues, la analogía entre la fibra estriada y la lisa sería completa.

II. Textura. — Las células musculares lisas yuxtapuestas por sus bordes y por sus caras, se unen mediante un cemento parecido al que une las células epiteliales.

Constituyen estas fibras una especie de membrana muscular como ocurre en las arteriolas. Otras veces se agrupan en fascículos, separados por tejido conjuntivo, constituyendo planos musculares más ó menos gruesos; en otros casos, forman redes (vejiga de la rana), musculitos microscópicos (erectores de los pelos), verdaderos músculos análogos á los estriados (retrocoxisgeos del conejo). Finalmente, pueden formar gruesas masas musculares en las cuales los fascículos se anastomosan en todos sentidos (útero), ó se hallan esparcidos entre elementos elásticos (arterias).

III. Caracteres físicos y químicos. — El color habitual del tejido muscular liso, es gris pálido ligeramente rosado. Es gris rojizo ó rojo intenso en el útero grávido. Este tejido es muy extensible y retráctil.

El tejido muscular liso contiene probablemente miosina, pues LEHMAN ha obtenido sintonina, derivado de la miosina, tratando los músculos lisos con el ácido clorhídrico. El jugo que puede extraerse de los músculos lisos contiene substancias albuminoideas, creatina, hipoxantina, etc. Las sales minerales se hallan representadas por las de sodio, mientras que en los músculos estriados se encuentran principalmente las de potasio.

IV. Repartición en la economía. — Se halla tejido muscular de fibra lisa en los siguientes órganos: tubo digestivo, bronquios, arterias y venas, piel, glándulas y sus conductos excretorios, vejiga, uréteres, útero, músculos anejos á los órganos esplánicos, iris, etc.

V. Desarrollo. — Mientras que las fibras estriadas proceden únicamente de las láminas musculares, las fibras lisas derivan de cualquier célula mesodérmica.

Esta, cuando ha de dar origen á una fibra lisa, se alarga, y el protoplasma elabora una capa de fibrillas contráctiles. No se forma membrana de cubierta.



Las células nerviosas no se reproducen

## CAPITULO XIV

### TEJIDO NERVIOSO. — CÉLULA NERVIOSA

#### § I. — CARACTERES MORFOLÓGICOS DE LA CÉLULA NERVIOSA

**Volumen de la célula nerviosa.** — La célula nerviosa presenta habitualmente grandes dimensiones. El cuerpo protoplasmático, sin tener en cuenta las diferentes prolongaciones, puede alcanzar  $70 \mu$  y aun más (células motrices de la médula espinal); hay, sin embargo, otros elementos cuyo volumen es más reducido, como, por ejemplo, los granos del cerebelo que no miden más que  $6$  ó  $8 \mu$ . Entre estos dos extremos se encuentran multitud de tamaños intermedios.

Si se considera exclusivamente á los vertebrados, puede decirse que el volumen de la célula disminuye á medida que se desciende en la serie.

A pesar de lo afirmado por PIERRET, no existe ninguna relación entre el volumen de la célula nerviosa y longitud del axón, lo mismo que entre aquél y la categoría funcional del elemento.

Parece, no obstante, que las dimensiones del cuerpo protoplasmático son proporcionales al número de ramificaciones del axón y, por consiguiente (salvo algunas excepciones), al número de células con las que dichas ramificaciones se ponen en relación.

[Si se considera á la célula nerviosa en unión de todas sus prolongaciones (dendritas y axón) como una unidad morfológica y funcional, el volumen puede alcanzar dimensiones mucho más considerables que las consignadas anteriormente, pues, sin citar más que un solo ejemplo, cualquier célula motriz de la médula, considerando su extensión total unida al axón, puede llegar á varios decímetros de longitud.] — (C. CALLEJA).

**Forma y prolongaciones de la célula nerviosa.** — Las células nerviosas presentan *formas* muy variadas. Haciendo abstracción de las prolongaciones se hallan células globulosas, piriformes, estrelladas, fusiformes, etc.

Pero lo que en realidad modifica la forma de las células nerviosas, es la presencia de las prolongaciones que parten del cuerpo celular y se prolongan más ó menos. Antes se dividían las células según el número de sus prolongaciones. Distingúanse así tres variedades de células nerviosas:

a. Las *células monopolares*, es decir, provistas de una sola prolongación (elementos amacrinós de la retina; células de los ganglios raquídeos).

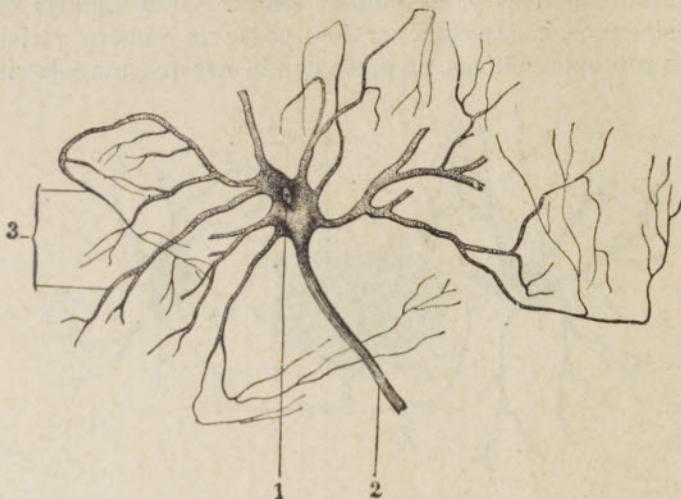


Fig. 109. — Célula multipolar del asta anterior de la médula  
1, cuerpo celular. — 2, prolongación cilindro-axil. — 3, prolongaciones protoplasmáticas

b. Las *células bipolares*, las cuales presentan dos prolongaciones que salen de dos polos opuestos (células opósito-polares; células de los ganglios espinales de los peces y del acústico de otros vertebrados).

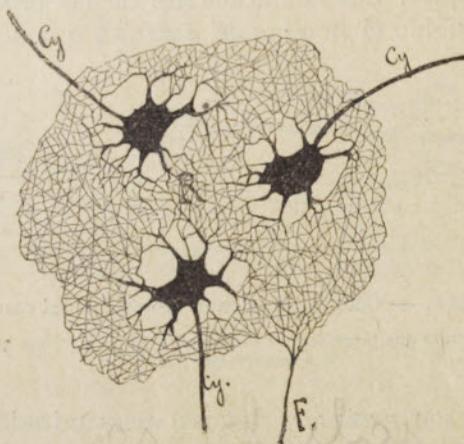


Fig. 110. — Red de Gerlach.—Las prolongaciones protoplasmáticas se anastomosan para formar red

Cy, cilindro-eje

c. Las *células multipolares*, que presentan un número más ó menos considerable de prolongaciones (elementos de la médula espinal, cerebro y cerebello, etc.).

Esta división de las células nerviosas no ofrece gran interés anatómico.