

El estudio de la evolución dentaria puede practicarse, á falta de fetos humanos de cinco ó más meses, en las mandíbulas del perro recién nacido. Pequeños trozos de estos huesos se decalcificarán en ácido pícrico á saturación, se deshidratarán en alcohol, se incluirán en celoidina y se reducirán á finos cortes microtómicos, que se teñirán con picro-carminato, zafranina, hematoxilina, etc., y conservarán en glicerina ó bálsamo.

CAPÍTULO X

TEJIDO MUSCULAR

Definición. — El tejido muscular es una trama orgánica constituida por la asociación de corpúsculos larguísimo, paralelamente dirigidos, y susceptibles de encogerse bajo la influencia del sistema nervioso.

Clasificación. — Desde el punto de vista anatómico y fisiológico, reviste el tejido muscular dos modalidades: *tejido muscular de fibra lisa* ó de contracción lenta, y *tejido muscular de fibra estriada* ó de contracción rápida. En general, cabe afirmar que la variedad muscular lisa (así calificada por carecer de aspecto estriado), entra en la construcción de los órganos de la vida vegetativa y funciona con independencia de la voluntad; mientras que la variedad estriada forma parte de los órganos de la vida de relación, y se contrae bajo la influencia del sensorio. Existen, empero, excepciones: los músculos lisos de los invertebrados y los vesicales de los vertebrados, obedecen al estímulo de la voluntad, y, al contrario, el corazón y el diafragma, que son músculos estriados, actúan de un modo involuntario. El carácter voluntario ó automático de las contracciones, parece depender, no de la textura del músculo, sino del centro nervioso de donde brota la excitación. Así, todo músculo que pueda ser influido por la vía piramidal del cerebro, será voluntario; en tanto que será automático todo aquel cuya actividad se subordine exclusivamente á centros medulares ó simpáticos.

VARIEDAD MUSCULAR LISA

Caracteres macroscópicos y distribución general.—Examinado á simple vista, se presenta el tejido muscular de fibra lisa como una trama blanda, elástica, ligeramente amarillenta ó amarillosácea y de aspecto fasciculado.

Reside esta variedad muscular en casi todos los órganos de la vida vegetativa, á saber : la túnica media de las arterias y venas, la capa muscular del intestino, la de igual nombre de la vejiga urinaria y matriz, los conductos excretores de las glándulas, los músculos *arrectores pili*, el aparato acomodador de la visión, los bronquios, etc.

Caracteres micrográficos. — Cuando se disocia á favor del ácido nítrico al cuarto, ó de la potasa al 33 por 100, un trozo de tejido muscular liso, quedan en libertad multitud de corpúsculos alargados, que, por no ofrecer rayas transversales, se han denominado *fibras musculares lisas*, y también *fibro-células* de Kölliker, en honor del sabio que las descubrió.

Poseen las fibro-células una longitud que oscila entre 3 y 10 centésimas de milímetro ; su espesor, medido en la parte más gruesa, es de 6 á 12 μ . Su forma es la de un huso, es decir, abultada en su porción media donde se alberga el núcleo, y adelgazada hacia los extremos, que acaban en puntas algo romas. En los cortes transversales, se advierte que la sección de las fibro-células no siempre es redondeada, sino más ó menos poligonal ; lo que prueba que la verdadera configuración de estos corpúsculos es la prismática con cabos progresivamente adelgazados.

Fig. 118. — Fibra muscular lisa del intestino, aislada por el alcohol al tercio.

La textura de la fibro-célula debe estudiarse en preparaciones no tratadas por los reactivos disociantes, en aquellas, por ejemplo, en que los paquetes de fibras yacen en su posición normal, teñidas por el carmín de Grenacher ó por la hematoxilina. El *núcleo* es único, alargado en forma de baston-



itos con extremos redondeados (fig. 118) ; reside en la región central de las fibro-células, y mide una talla de 14 μ ó más. Con buenos objetivos de inmersión, deja percibir una membrana incolora y un contenido cromático reticulado, cuyos hilos se disponen en gran parte de un modo transversal. No existe nucleolo.

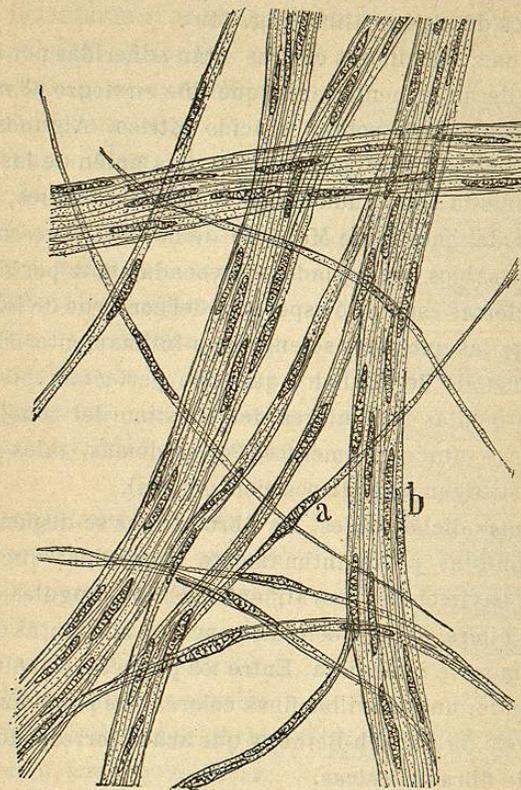


Fig. 119. — Fascículos de fibras musculares lisas de la vejiga de la rana. a, fibra suelta ; b, fascículo.

lo verdadero, pero sí algunas gruesas nudosidades cromáticas. El *protoplasma* es finamente granuloso, excepto en la inmediaciones de los polos nucleares, donde los granos son gruesos y refringentes ; esta granulación oculta una trama reticular perceptible solamante con los más fuertes objetivos, y en la cual los hilos son en su mayor parte paralelos á la longitud de la célula,

arrancando del núcleo y terminándose en los cabos del protoplasma. La *membrana* es finísima, elástica y difícil de discernir por su íntima unión con el retículo celular.

Haces de fibro-células. — Las fibras musculares lisas, rara vez se hallan independientes; lo común es que formen haces separados por tabiques de tejido conjuntivo laxo, portadores de los vasos y nervios de algún calibre (fig. 119).

En cada haz, las citadas células están adheridas por sus caras á beneficio de un cemento tenaz que tiñe en negro el nitrato de plata y disuelven la potasa y ácido nítrico. Algunos autores (Barfunth y Kulschinky) afirman que esta unión de las fibro-células se refuerza con ayuda de fibrillas comunicantes, á la manera de las del cuerpo de Malpigio de la piel; pero en nuestro sentir, estos sabios han tomado equivocadamente por filamentos de unión, ciertas espinas ó asperezas del contorno de los elementos mediante las que estos se engranan íntimamente. El azul de metileno (método de Ehrlich), que tiñe perfectamente durante la vida las células musculares del intestino del conejo, no revela jamás los citados filamentos. Por lo demás, tales engranajes no constituyen una disposición general.

Para formar dichos haces, las fibro-células se disponen en series superpuestas y tan íntimamente encajadas, que semejan un epitelio pavimentoso estratificado. En los ángulos, que deja una serie ó hilera de fibro-células, penetran las puntas de los elementos de la serie inmediata. Entre los paquetes de células existen, á menudo, unas fibrillas finas coloreables por el azul de metileno (método de Ehrlich-Bethe) y que acaso correspondan á una variedad de fibras elásticas.

Por último, los haces no conservan su individualidad en todo su trayecto, sino que acaban, mediante anastomosis, en otros hacecillos, ó se descomponen en manojitos secundarios, los cuales, juntándose y separándose muchas veces, engendran una vasta red muscular. Los trabéculos de esta red afectan á menudo una dirección paralela (túnica media de las arterias, intestino, etc.); en otros casos, carecen de orientación predominante (túnica muscular de la vejiga, etc.).

VARIEDAD MUSCULAR ESTRIADA

Distribución y caracteres macroscópicos. — Reside esta variedad muscular en todos los músculos de contracción rápida, estén ó no sometidos al estímulo de la voluntad. Entre los involuntarios, pueden citarse el corazón, diafragma y músculos fisionómicos, y entre los voluntarios casi todos los del tronco, extremidades, cuello, cabeza, etc.

A la simple vista, el tejido muscular se presenta rojizo, de aspecto fasciculado y dividido en paquetes paralelos, separados por finos tabiques grises. Su consistencia es semiblanda en estado de relajación y dura en el de encogimiento; su elasticidad y extensibilidad son muy notables.

Caracteres micrográficos. — Los últimos elementos de constitución á que por disociación pueden reducirse los músculos estriados, son unas células larguísimas, multinucleadas, de aspecto estriado, que se designan *fibras musculares ó haces primitivos*. Afectan estos elementos forma prismática, con aristas algo redondeadas (fig. 124); su diámetro oscila entre 20 y 40 μ ; su longitud es enorme, alcanzando, según Krause, de 4 á 5 centímetros, y terminando por cabos redondeados y más ó menos adelgazados; su color es blanco rosáceo ó amarillento en los mamíferos, y casi del todo blanco en los batracios, reptiles y peces.

Estructura. — Examinada la fibra muscular con ayuda de bue-

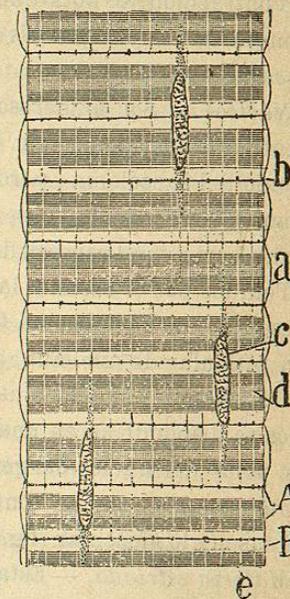


Fig. 120.—Fibra muscular de las patas del hidrófilo. Examen en estado fresco. — *a*, sarcolema; *b*, línea de Krause; *c*, núcleo; *d*, banda de Hensen.—*A*, banda ancha ó birefringente; *B*, banda estrecha ó monorefringente.

nos objetivos, nos revela tres factores de composición: el sarcolema, los núcleos y la materia estriada.

Sarcolema. — Es la membrana fina, homogénea y elástica que rodea la fibra muscular. En las fibras vivas se percibe difícilmente, por estar íntimamente aplicada al material estriado; pero en los corpúsculos musculares tratados por el agua, dicha membrana se separa en bolsas ó replegamientos que la hacen claramente reconocible. Cuando se observan las fibras en estado de contracción, se nota que el sarcolema se adhiere solamente al material estriado, al nivel de cierta región de éste, llamada *línea de Krause*.

Núcleos. — Son numerosos, elipsoides, y se orientan paralelamente á la fibra muscular. En los mamíferos, residen los núcleos debajo del sarcolema; pero en los batracios, reptiles, peces y algunos géneros de insectos, habitan tanto debajo de esta membrana como en el espesor de la materia estriada.

Teñidos por el carmín, la hematoxilina ó el verde de metileno, presentan los núcleos una fina cubierta acromática y un armazón reticular de nucleína, cuyas mallas poseen dirección transversal. Según van Gehuchten, los trabéculos nucleicos ó cromáticos se dispondrían en una espiral de vueltas transversales. De los polos del núcleo surgen unas tiras granulosas, de aspecto protoplásmico, que se continúan con las estrias longitudinales del fascículo muscular (fig. 120, c).

Materia estriada. — Esta substancia, así llamada por las bandas ó estrias que la cruzan en dos sentidos perpendiculares, representa el protoplasma de las células musculares. Pero este protoplasma ha sufrido tales diferenciaciones, y ha adquirido tal complicación estructural, que no puede reducirse, sin grandes esfuerzos, al tipo de construcción del cuerpo de las células comunes.

Los aspectos que ofrece la materia estriada, son casi tan diversos como los métodos que para su demostración se han imaginado. Esta diversidad de efectos producidos por los reactivos, así como la extrema delicadeza de muchos detalles de textura — detalles que tocan ya por lo finos en los límites del poder resolvente del microscopio — explican el desacuerdo de los histólo-

gos, en lo tocante á la constitución íntima de la materia estriada. Los sabios que lo fian todo á la acción fijadora del ácido ósmico y alcohol, suponen formado el material estriado de fibras sueltas, paralelas, fácilmente dissociables (cilindros de Kölliker); los que tienen en más el poder revelador de los ácidos ó del cloruro de oro, imaginan una red de finísimas hebras que se teñirían en violado por este último reactivo; finalmente, los que se apoyan en los aspectos revelados por la potasa ó el ácido hidrocórico diluído, prefieren la hipótesis de una construcción discóidea, es decir, de una especie de colmena de cajas ó discos huecos, en cuyo interior residiría la materia contráctil.

Nosotros, en presencia de tales dificultades, expondremos primeramente el aspecto que las fibras musculares vivas nos presentan bajo los mejores objetivos; indicaremos luego los cambios que en dichas fibras determinan los reactivos, y señalaremos finalmente, la interpretación que parece más racional en el estado actual de la ciencia.

Examen de las fibras musculares vivas. — Son particularmente propicias para este examen por la magnitud y claridad de sus estrias, las fibras musculares de las patas de los insectos (*Hidrophilus piceus*, etc.). En los mamíferos aparecen los mismos detalles, pero con menos definición á causa de su delicadeza.

Dos clases de bandas cruzan la materia estriada: las transversales y las longitudinales.

Las *bandas transversales* son de dos clases: *anchas ó espesas* (fig. 120, A), birefringentes y más ó menos colorables por la hematoxilina; *delgadas ó claras*, monorefringentes é incolorables por dicho reactivo (fig. 120, B). Estas dos clases de rayas alternan rigurosamente, conservan un espesor sensiblemente uniforme y penetran en todo el grueso del material estriado.

Enfocándolas cuidadosamente, nos muestran todavía dos nuevas líneas transversales: una finísima, de aspecto granuloso, situada en el medio de la banda clara y llamada *línea de Krause* ó de Amicis (fig. 120, b); otra más ancha, colocada en el centro de la banda espesa ó birefringente y designada *raya de Hensen* (fig. 120, d). La raya de Krause se adhiere periféricamente

al sarcolema, el cual aparece más ó menos plegado al nivel del espacio correspondiente á las otras bandas.

Las bandas longitudinales son también de dos clases: unas anchas, paralelas, más ó menos claras, que corresponden á lo que los autores llaman *fibrillas musculares ó cilindros primitivos* (fig. 120); otras finas, oscuras, alternantes con las anchas,

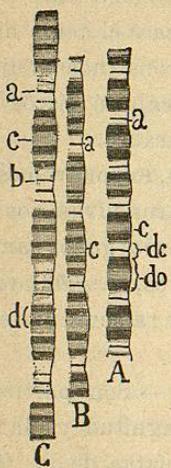


Fig. 121. — Fibrillas primitivas disociadas procedentes de los músculos de las alas del hidrófilo. — A, fibrilla poco estriada; B y C, fibrillas fuertemente tensas. — *a*, raya de Krause; *c*, raya de Hensen; *do*, disco obscuro; *dc*, disco claro; *b*, raya de Engelmann; *d*, desdoblamiento de cada mitad del disco obscuro.

y las cuales representan los *tabiques protoplasmáticos* de ciertos autores, ó las *fibras preexistentes* de otros (figura 120, e).

Aspecto de las fibras fijadas por el alcohol y disociadas con las agujas.—

Una fibra muscular de insecto ó de vertebrado, tratada de esta suerte, se descompone en una multitud de fibrillas de notable delgadez (*cilindros primitivos, columnas musculares, fibrillas primitivas, etc.*), de cuya reunión en haz apretado, parece resultar la fibra ó fascículo muscular primitivo. Dichas fibrillas exhiben las mismas bandas que éste, á saber: una ancha, colorable por la hematoxilina; otra estrecha, incolorable por este reactivo. En el fondo de la banda ancha se distingue la línea de Hensen, y en medio de la estrecha la de Krause. Si las fibrillas se estiran considerablemente durante la disociación, las rayas se multiplican todavía: la banda oscura ó ancha aparece descom-

puesta en 7 rayas, de las cuales 4 son oscuras y 3 claras (figura 121, C); por su parte, la banda clara ó monorefringente, exhibe otras dos líneas vagamente diseñadas y situadas encima y debajo de la línea de Krause (*discos complementarios* ó de Engelmann).

Todas estas rayas se ven con gran precisión en las fibrillas primitivas de las fibras musculares de las alas del hidrófilo (figu-

ra 121). Tales fibrillas son relativamente espesas, se disocian facilísimamente, y sus bandas ó discos oscuros (bandas birefringentes) atraen vivamente la hematoxilina. Por lo demás, dichas rayas aparecen también, aunque con menos precisión, en las fibrillas primitivas del haz muscular de los mamíferos.

Las preparaciones á que nos referimos revelan dos detalles más: que las fibrillas primitivas están pegadas al nivel de la línea de Krause, y que entre ellas, á lo largo de las mismas, existe una materia granulosa, dispuesta en tabiques transparentes, cuya falta de cohesión permite la disociación de dichos cilindros primitivos.

En suma; las preparaciones fijadas en el alcohol y disociadas, demuestran que el hacesillo muscular consta de fibrillas paralelas, compuestas á su vez de discos alternados birefringentes y monorefringentes, y separadas por tabiques protoplásmicos granulosos. La estriación transversal del haz muscular depende de que las bandas de igual naturaleza de toda fibrilla primitiva yacen exactamente en el mismo plano.

Aspecto de las fibras musculares tratadas por los ácidos y cloruro de oro.— Impregnando las fibras musculares vivas, bien por el método de Loewit, bien por los de Ciaccio, Melland, Retzius, etc., los haces primitivos se hinchan, adquieren color rojo violáceo á causa de la reducción del cloruro de oro, y muestran una singular tendencia á descomponerse, no en cilindros primitivos, sino en discos transversales que interesan todo el espesor del haz (*discos de Bowman*).

R. CAJAL. — *Elementos de Histología.*

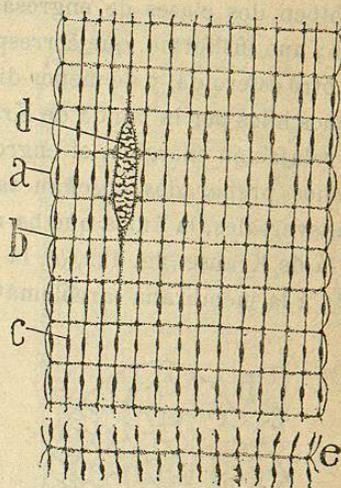


Fig. 122. — Fibra muscular tratada por el cloruro de oro y ácido fórmico (método de Loewit). *a*, sarcolema; *b*, línea de Krause; *c*, fibrillas preexistentes; *d*, núcleo; *e*, disco de Bowman visto de perfil.

Examinado uno de estos haces á lo largo, lo primero que llama nuestra atención, es que los cilindros primitivos ó fibrillas musculares han desaparecido, disueltas por el ácido fórmico; en su lugar se presentan unos espacios longitudinales, claros, llenos de una materia homogénea y semilíquida (fig. 122). Al nivel de los tabiques protoplásmicos, adviértense ahora unos finos hilos longitudinales, que el oro tiñe de violeta (fig. 122, c). Semejantes hebras, que se llaman *fibras preexistentes ó protoplásmicas*, exhiben dos clases de engrosamientos fuertemente impregnados; uno fusiforme, que corresponde á la banda ancha (fig. 122, c); otro esferoidal y de menor dimensión emplazado en el paso de dichos hilos por la banda de Krause. Cuando las fibras se hallan en relajación enérgica, el engrosamiento fusiforme suele faltar. Dichos preparados enseñan también que de todas las rayas transversales, la única que ha resistido á la acción de los ácidos es la de Krause (fig. 122, b), la cual se muestra granulosa, adherida á la membrana sarcolemática y muy análoga por su aspecto y composición química á las fibrillas de los tabiques protoplásmicos.

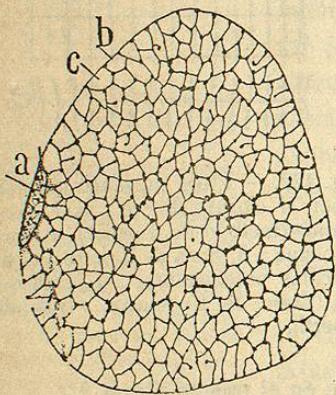


Fig. 123. — Disco de Bowman visto de plano. — a, núcleo; b, sarcolema con la red que yace en la línea de Krause; c, campos de Cohnheim.

El examen de plano de los discos de Bowman ó de cortes transversales de los haces musculares (fig. 123), permite reconocer que las líneas de Krause no son discos homogéneos, sino la sección óptica ó vista de canto de una red protoplásmica transversal, formada por finos trabéculos, y por cuyas nudosidades pasan las hebras longitudinales reveladas por el cloruro de oro. Las mallas de este retículo han tomado el nombre de *campos de Cohnheim* y están ocupadas por los cilindros ó fibrillas primitivas de los autores. Finalmente, tanto las redes transversales como las hebras

preexistentes se ponen en relación de continuidad con aquella capa protoplásmica que rodea los núcleos, circunstancia que parece indicar que todo este sistema de trabéculos longitudinales y transversales, no representa otra cosa que un retículo protoplásmico, diferenciado y regularizado.

En suma; los ácidos asociados al cloruro de oro, así como la potasa, la sosa, etc., revelan en el haz muscular una infinidad de delicadísimas hebras longitudinales unidas, de trecho en trecho, por redes transversales situadas al nivel de la línea de Krause. Dichas fibrillas son invisibles en las preparaciones tratadas por el alcohol, bicromatos, ácido ósmico, etc., y aparecen emplazadas en lo que ciertos autores llaman *tabiques protoplásmicos* (*sarcoplasma* de Rollet).

Integración de los resultados parciales analíticos y constitución probable del hacecillo muscular.— Sintetizando las revelaciones de los diversos reactivos, y prescindiendo de aquellos efectos ó mutaciones que, por su inconstancia ó por no preexistir en el estado fresco, cabe considerar como artificiales, podremos estimar la trama estriada compuesta de dos sistemas de fibras: uno que tiene el valor

de un retículo protoplásmico y que no es otra cosa que la vasta red formada por las fibrillas longitudinales y transversales colorables por el cloruro de oro; otro constituido por los cilindros primitivos de los autores, y el cual representa una inclusión celular altamente diferenciada. Entre los cilindros primi-

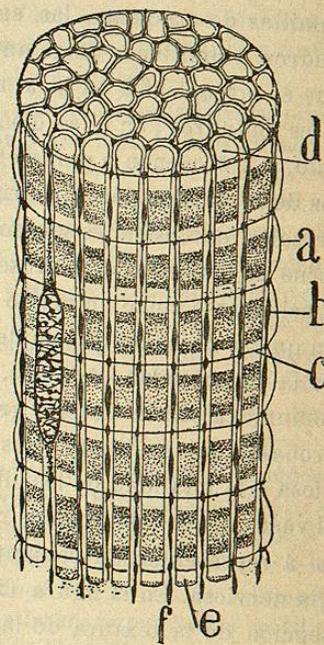


Fig. 124.— a, sarcolema; b, fibrillas de protoplasma ó preexistentes; c, línea de Krause ó redes transversales; d, fibrilla primitiva que llena el campo de Cohnheim; e, extremo de una fibrilla primitiva.