

CAPÍTULO III.

Movimientos musculares.

§ 77.

Los movimientos sarcódicos y vibrátiles que hemos dado á conocer, tienen poquísima importancia al lado de las contracciones musculares que se observan en todos los animales superiores.

Los músculos se han dividido en *estriados* y *lisos*, en razon á la estructura de los elementos histológicos que entran en su composicion. A los primeros se les llama tambien músculos de la *vida animal* ó *músculos voluntarios*, porque sirven preferentemente á las funciones de relacion, y porque, excepto el corazon y las fibras de la parte superior del esófago, se hallan sometidos á la influencia de la voluntad; á los segundos se les designa con el nombre de músculos de la *vida orgánica* ó *involuntarios*, porque si se exceptúan las fibras carnosas de la vejiga de la orina, no obedecen á la voluntad, y porque están más especialmente destinados á las funciones nutritivas.

Los músculos de fibra estriada forman generalmente una especie de cordones ovalados, ó anchos y aplanados, de color rojo, con estrías longitudinales bastante perceptibles. Están adheridos, directamente ó por medio de tendones, á los cartílagos y huesos que han de mover, y les cubre una vaina de tejido conjuntivo llamada *perymisio externo*.

Cada uno de estos músculos está formado de la reunion de cierto número de hacecillos, perceptibles á simple vista, que á su vez están compuestos de hacecillos más pequeños, y éstos de otros aún menores, visibles únicamente por medio del microscopio, llamados *hacecillos primitivos*. Los hacecillos primitivos están envueltos en una mem-

brana muy fina llamada *sarcolema* ó *miolema*; se reúnen los unos á los otros formando hacecillos secundarios ó terciarios, que son los que se perciben á simple vista, y los tabiques celulares en que se hallan encerrados, compuestos de tejido conjuntivo, constituyen lo que se conoce con el nombre de *pelymisio interno*.

El hacecillo primitivo, cuyo diámetro varía entre $0^{\text{mm}},01$ y $0^{\text{mm}},07$ no es, sin embargo, como podría sospecharse, el elemento anatómico de los músculos estriados, porque examinado con el microscopio se nota, á favor de la transparencia del sarcolema, que está compuesto de muchas fibrillas de $0^{\text{mm}},001$ de diámetro, poco más ó menos.

A estas fibrillas se les debería dar el nombre de tubos, porque son huecas y contienen en su interior una masa líquida que es la sustancia propia del músculo: la pared de estos tubos consiste en una membrana elástica, completamente cerrada y llamada también sarcolema, como la que envuelve el hacecillo primitivo.

La fibrilla ó tubo elemental, examinado con el microscopio, presenta el aspecto de un cilindro, con estrías transversales muy aproximadas, finas, regulares, que provienen, según M. Brücke, de glóbulos ó partículas elementales, birefringentes, más espesas que la sustancia fundamental, sobrepuestas unas sobre otras en forma de capas. Las partículas de cada fibra de un mismo hacecillo se corresponden mutuamente, según Bowmann, de modo que se encuentran todas en una serie de planos transversales y sobrepuestos como pequeños discos, produciendo de este modo las estrías transversales. M. Rollet asegura que la mayor parte de estos tubitos ó fibras elementales recorren el músculo en toda su longitud, y se fijan directamente en los tendones y en los huesos, terminándose los demás en el interior del mismo músculo; pero aunque esto suceda en los que son cortos, es probable que en los largos no midan toda su longitud y no pasen de tres ó cuatro centí-

metros, que es lo que opinan Krause, Kœlliker y otros fisiólogos.

Segun Rouget, las indicadas fibrillas se enroscan en forma de espiral, constituyendo una especie de hélice cuyas vueltas ó circunvoluciones están más ó menos aproximadas, segun que el músculo se halle en estado de contraccion ó de relajacion.

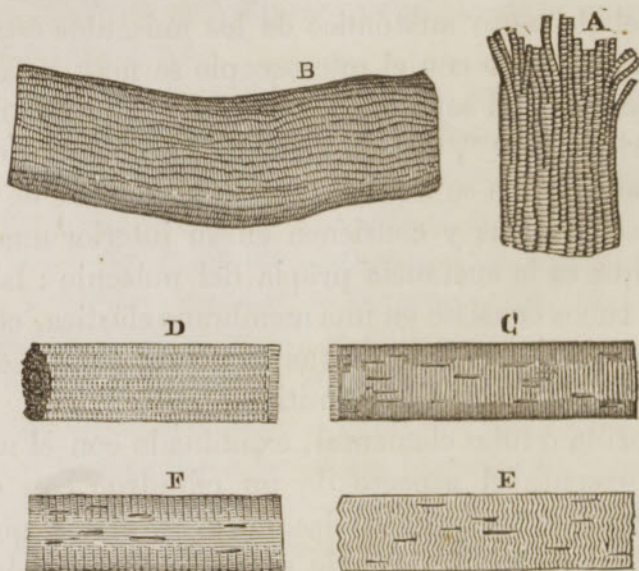


FIG. 57. — Diferentes aspectos de haces primitivos de músculos de la vida animal, mirados con el microscopio.

Hemos dicho que la sustancia contenida en el interior de los tubitos elementales es líquida, fundándonos, de acuerdo con el parecer de Hermann, en que se perciben en ella algunas veces movimientos ondulatorios; en que aparece, como en los demas líquidos, el fenómeno de Porret, es decir, que el contenido pasa al polo negativo cuando lo atraviesa una corriente eléctrica, y en que Kühne ha visto moverse un nematoide á un lado y otro sin experimentar ninguna resistencia, en una fibra muscular de rana recientemente preparada. Por lo demas, el conte-

nido del tubo puede solidificarse por la influencia de algunos reactivos.

La fibra muscular, según los trabajos más recientes, está constituida de la siguiente manera: una serie de discos, regularmente sobrepuestos, se encuentran en toda su extensión; entre éstos, colocados de una manera alternativa, hay unos birefringentes y otros monorefringentes; los primeros ó *anisótopos*, A, son oscuros; los segundos, ó *isótopos*, I, son claros. La franja oscura, formada por cada disco isótropo, se halla subdividida en tres regiones: una intermedia *d m*, llamada *disco mediano*, constituida por una sustancia clara, y otras dos, *d t*, distinguidas en superior é inferior, que limitan esta franja, formadas de una sustancia muy oscura anisótropa, denominadas *discos transversales de Engelman*.

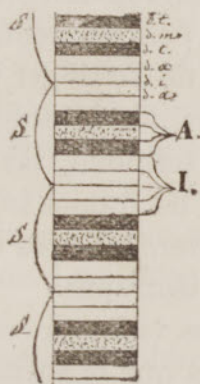


FIGURA 58.

La franja clara está subdividida por tres estrías oscuras anisótopas; la estría del centro, *d i*, se llama *disco intermediario* y divide el disco isótropo en dos mitades iguales; cada una de éstas se halla dividida á su vez por dos estrías oscuras, *d a*, *d a*, llamadas *discos accesorios*.

Estas sustancias son semi-líquidas, y el sarcolema *s s s*, que las contiene en su interior, se une íntimamente á los

discos intermediarios. Toda la parte comprendida entre dos discos intermediarios, ha recibido por Krause el nombre de *caja muscular*.

Teoría de la contraccion muscular.—Segun Engelmann, cuando la fibra se contrae, el volumen de la sustancia anisótropa aumenta á expensas de la sustancia isótropa, al paso que disminuye el volumen de esta última. De esto se deduce que la sustancia anisótropa es activa en la contraccion, así como la isótropa es pasiva. En concepto de Fredericq, la sustancia anisótropa contiene una gran cantidad de elementos sólidos, al paso que la isótropa casi está formada únicamente por agua. Cuando la fibra se contrae el aumento de volumen ocurrido en la sustancia anisótropa se debe á que ésta *absorbe* á la sustancia isótropa, pues esta última disminuye de volumen á medida que el de la anisótropa va aumentando. Finalmente, la sustancia anisótropa permanece fija y perfectamente visible á la luz polarizada. De los trabajos de Fœtinger parece resultar que el cilindro-eje de los tubos nerviosos se descompone en fibrillas dentro de la placa terminal, las cuales van á relacionarse directamente con las franjas isótropas, pues se continúan con los discos intermediarios situados en las partes centrales de los discos isótropos.

Los referidos trabajos vienen á confirmar la opinion de Engelmann, referente á que la sustancia isótropa, si bien pasiva en el acto de la contraccion, *recibe* la excitacion de los elementos nerviosos y la *conduce* hasta la sustancia activa anisótropa.

Los hacecillos primitivos que resultan de la reunion de un número mayor ó menor de tubitos elementales presentan, mirados con el microscopio, una forma cilíndrica, igual á la de los elementos de que se forman; estrías longitudinales que marcan en toda su extension los puntos de union de estos tubitos y estrías transversales dependientes de los corpúsculos ó partículas birefringentes que

se hallan en el interior de los mismos. Cuando los hacecillos primitivos se sujetan á una maceracion prolongada, se alteran, experimentando un principio de putrefaccion, y los elementos que los constituyen se desunen en sentido horizontal siguiendo la direccion de las fibras transversales ; de manera que se obtienen por este medio discos de un diámetro igual al del hacecillo primitivo. Esto es lo que ha dado lugar á que Bowmann, Brücke y otros fisiólogos sostengan que los indicados hacecillos no están compuestos de tubos longitudinales, sino de discos sobrepuestos, cada uno de los cuales corresponde á una estría transversal ; pero como estos discos no se han podido ver nunca estando los músculos frescos, sino cuando empiezan á descomponerse, y como, por otra parte, la estructura fibrilar del hacecillo primitivo se percibe siempre con toda claridad por medio del microscopio, creemos que la teoría de los discos de Bowman es inaceptable en el estado actual de la ciencia, y que la única admisible es la de la descomposicion tubular aceptada por nosotros.

Las arterias que se distribuyen en los músculos se convierten de una manera casi insensible en una red capilar, extraordinariamente fina, que envuelve por todas partes á los hacecillos primitivos. Las venas están provistas de válvulas numerosas.

Los nervios, al llegar á los tubitos musculares, pierden su cubierta, la cual queda confundida con el sarcolema: la sustancia medular nerviosa desaparece bruscamente, y el cilindro-eje, ó fibra blanda central, penetra en el interior del tubito terminando en una sustancia homogénea finamente granulosa y provista de gruesos núcleos.

El tejido muscular estriado se encuentra en los músculos de las extremidades superiores é inferiores, de las paredes torácicas y abdominales, del periné, del cuello, de la cara, de la lengua, del velo del paladar, de la faringe, del tercio superior del esófago, y, por último, en los múscu-

los de la órbita, de la oreja y del corazón, siendo de notar que los haces musculares de este órgano se anastomosan entre sí.

Los músculos de fibra lisa ó involuntarios no están compuestos de haces primitivos, sino de pequeñas fibras ó tubos, adheridos unos á otros y formando grupos irregulares. Estos tubos son *lisos* ó, lo que es igual, no presentan estrías transversales: son menos rojos que los de forma *estriada*, más cortos y se les considera como células prolongadas que contienen un núcleo casi cilíndrico.

Macerados en alcohol ó tratados por el ácido acético, presentan un aspecto nudoso y se encogen en *zig-zag*, imitando las estrías transversales de los tubos estriados. Se les da el nombre de *fibras musculares lisas* ó *fibro-células*

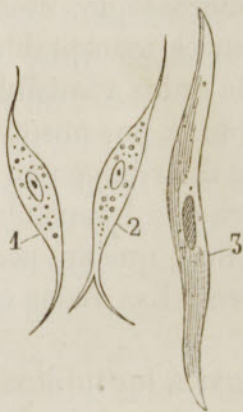


FIG. 59. — Fibras musculares de la vida orgánica ó fibro-células. — 1, fibra muscular del intestino delgado; 2, fibra muscular de la cubierta del bazo. En estas dos fibras el guarismo 2 indica el núcleo; 3, diversas fibras musculares.

contráctiles, y su diámetro, variable en los diferentes puntos de su extension, es de dos centésimos de milímetro, poco más ó menos. Las fibras lisas están repartidas en proporciones muy variables y diseminadas ó entrelazadas con tejidos de otra naturaleza, como en el espesor del dermis, en las paredes de los vasos, etc., y como no siempre

se manifiestan con los caracteres del tejido muscular, se ha desconocido por mucho tiempo su existencia.

El tejido muscular liso se encuentra en los dos tercios inferiores del esófago, en toda la extensión del tubo digestivo, en los espacios celulares del bazo, en las paredes del conducto respiratorio hasta las celdillas pulmonares, en los vasos arteriales y venosos, incluyendo los capilares gruesos y medianos, pero no los más finos; en los conductos excretorios y en los receptáculos de las glándulas, en el cordón de los testículos, en las vesículas seminales, próstata, uretra y pene; en la vagina, matriz, trompas y ovarios; en el dartos, en la piel, en el iris y en el músculo ciliar de los mamíferos.

Los músculos lisos sirven para los movimientos lentos y poco pronunciados de los órganos que no están sujetos á la voluntad; pero, por lo demás, tienen propiedades casi idénticas á las de los músculos estriados, siendo también muy grandes, bajo el punto de vista histológico, las analogías que existen entre los unos y los otros.

§ 78.

Plasma de los músculos. — Comprimiendo los músculos de los animales de sangre fría después de haber extraído la sangre de los vasos y de haberlos lavado con una disolución de sal común, ó dejando enfriar los que corresponden á animales de sangre caliente después de haber sido ésta separada, y dividiéndolos, comprimiéndolos y filtrándolos, se obtiene un líquido turbio, neutro ó debilmente alcalino, llamado *plasma de los músculos*, que se altera con mucha facilidad si la temperatura es algo elevada. El plasma muscular se coagula y toma un aspecto gelatinoso, adhiriéndose á las paredes del receptáculo que lo contiene. Pasado algún tiempo, el líquido coagulado se contrae,

forma copos y desprende un licor ácido llamado *suero de los músculos*.

A la sustancia que forma los copos coagulados se llama *miosina*: es albuminoidea, soluble en las disoluciones débiles de sal comun y en los ácidos muy diluidos, así como en los álcalis cáusticos tambien muy debilitados; sus soluciones alcalinas se convierten con gran rapidez en albuminatos alcalinos; descompone el agua oxigenada; una ligera solucion de ácido clorhídrico la convierte en *sintonia*. La miosina desecada se hace higroscópica, elástica y muy friable, y ya no se disuelve en las soluciones de sal comun.

En los animales de sangre fria la miosina se coagula espontáneamente á los 40°, y á los 48°, ó 50° en los de sangre caliente.

El suero de los músculos contiene agua en gran cantidad; sustancias albuminoideas en número de tres, albuminato de potasa, que en opinion de Hoppe-Seyler más bien debería llamarse globulina, albúmina que se coagula á 75°, y albúmina cuya coagulacion se obtiene á los 45°; glucógeno en corta cantidad, excepto en los músculos del embrión y de los animales jóvenes donde es ya más abundante; glucosa tambien en cantidad pequeña; inosita ó azúcar muscular; grasa; ácidos sarcoláctico ó paraláctico, láctico etilénico, fórmico acético, inósico, indicios de ácido úrico: creatina, xantina, hipoxantina, peptonas; una sustancia colorante: fermentos en número de dos, pepsina y ptialina, debiéndose á éste último el que en el músculo se forme glucosa á beneficio de la sustancia glucogénica: sustancias inorgánicas como cal, magnesia, cloro, hierro, ácido sulfúrico, etc.; en las sales del suero muscular se encuentran principalmente fosfatos ácidos y potasa: finalmente, existen tres gases representados por el oxígeno, el nitrógeno y una gran cantidad de ácido carbónico.

Segun resulta de recientes trabajos, el músculo, bajo un concepto químico, es perfectamente comparable con la sangre. De la misma manera que en el líquido sanguíneo la fibrina no preexiste sino que se engendra por la accion de ciertas sustancias disueltas en el plasma, así tambien la miosina, jamas disuelta en el plasma muscular, se forma por la accion de ciertas sustancias generadoras, disueltas en el plasma de los músculos: en la sangre circulante y viva jamas se encuentra la fibrina; en el músculo viviente jamas se encuentra la miosina: en la sangre muerta, la fibrina aparece; en el músculo muerto aparece la miosina: así resulta, que tanto la sangre como el músculo, cuando mueren se coagulan.

A pesar de que se encuentran, en general, en el suero de los músculos las sustancias que acabamos de indicar, no puede asegurarse por eso que se hallen igualmente en los músculos vivos, porque la sola coagulacion de la miosina supone ya una reaccion química que cambia la composicion natural del plasma, y ademas porque éste se descompone con extraordinaria facilidad por otro gran número de circunstancias que no son todavía suficientemente conocidas.

CAPÍTULO IV.

De la contraccion muscular.

§ 79.

Las fibras musculares parecen rectas, y paralelas cuando están en reposo; pero si se someten á la accion de un excitante se contraen, aproximándose sus extremidades en el sentido longitudinal, aumentando de diámetro en la seccion transversal y presentando gran número de ondulaciones angulosas á manera de *zig-zag*, hasta que adquieren de

nuevo su paralelismo en el momento que cesa la causa de la contraccion.

La contraccion muscular es un fenómeno mucho más complicado de lo que á primera vista podría sospecharse, y para poderla apreciar con alguna exactitud en sus detalles, es preciso estudiar : primero, las condiciones orgánicas que se necesitan para que se manifieste ; segundo, las causas que pueden provocarla, y tercero, el conjunto de fenómenos físico-químico-fisiológicos que la acompañan ó que se observan en el instante en que se realiza.

§ 80.

Condiciones orgánicas de la contractilidad muscular. — Para que los músculos puedan énter en contraccion bajo la influencia de sus excitantes naturales, no se necesita más que una sola circunstancia : la integridad de la fibra muscular, ó, lo que es igual, el estado normal de su estructura y el agrupamiento regular de los elementos contráctiles que entran en su composicion. Pero como para que la fibra muscular se mantenga en sus condiciones fisiológicas es preciso que la sangre la riegue con la regularidad acostumbrada, y que no falte el influjo de los nervios, puesto que á no mediar estas circunstancias se paralizaría el movimiento nutritivo y no sería posible la renovacion de los principios inservibles, se deduce naturalmente que aunque los músculos sean contráctiles, y aunque la contractilidad dependa de sí mismos y no la deban á ningun otro elemento extraño, ejercen, no obstante, sobre ella una influencia indirecta, por una parte el sistema circulatorio y por otra el nervioso.

No es, sin embargo, esta cuestion tan fácil de resolver como podría presumirse, y á fin de examinarla con mayor exactitud estudiaremos separadamente : primero, si los músculos deben su contractilidad á la sustancia que los

constituye ó á la excitabilidad que les comunican los nervios motores, y segundo, hasta qué punto es indispensable la influencia de la sangre y la del sistema nervioso para que esa contractilidad pueda ponerse en ejercicio.

Con respecto á la primera cuestion, no queda la menor duda de que si los músculos se han de contraer bajo el influjo de la voluntad, es *indispensable* que comuniquen con los centros de inervacion por medio de sus nervios. Si éstos se cortan, los músculos se paralizan, se suspenden los movimientos voluntarios, y sólo es posible recobrarlos cuando los nervios divididos se unen por medio de una cicatriz. De acuerdo, pues, en este punto, la duda que conviene resolver es la siguiente: ¿Hay, además de la voluntad, es decir, de la incitacion motriz procedente del encéfalo, algun otro agente que excite la contraccion muscular, aun cuando *los nervios estén destruidos ó aniquilada su potencia excitadora*? En otros términos: ¿es posible que los músculos entren en contraccion con independencia del influjo nervioso?

Con respecto á este último punto, no todos los fisiólogos son del mismo parecer. Haller consideraba la contractilidad muscular como independiente de la influencia de los nervios, fundándose en que los músculos entran en contraccion aunque se hallen interrumpidas sus comunicaciones con los centros nerviosos y aunque estén separados del animal vivo. Es indudable, en efecto, que los músculos de la rana ó de cualquier otro animal se contraen por el solo estímulo de la electricidad ó el de los demás excitantes físicos ó químicos, aun cuando estén cortados ó ligados los nervios que reciben del tronco, y es indudable tambien que responden á la accion de estos mismos estímulos y se contraen á pesar de hallarse completamente separados del cuerpo del animal á que pertenecen. El corazon de la rana, por ejemplo, late todavía muchas horas despues de haberlo arrancado de su sitio, y si la

contractilidad dependiese de la influencia nerviosa, no debería manifestarse ni en este caso ni en los demas que acabamos de citar, puesto que los músculos no conservan ningun género de comunicacion con los centros nerviosos. Por otra parte, Haller hace notar que no existe proporcion entre el volumen de los nervios y la fuerza contráctil de los músculos en que se distribuyen, no siendo fácil explicar la causa de que el corazon reciba filetes tan pequeños cuando su fuerza de contraccion es tan considerable.

A pesar de la importancia de estas observaciones, fundadas en hechos que nadie puede poner en duda, no bastan para resolver definitivamente la cuestion, porque como las terminaciones nerviosas periféricas penetran en el interior del hacecillo primitivo y de la fibra ó tubo muscular, no es posible aislar el músculo de los elementos nerviosos que forman parte de su textura, y de consiguiente, aunque se halle completamente separado de los centros de inervacion, puede tener en sí mismo, por un tiempo más ó menos largo, la influencia nerviosa que necesita para sus contracciones. Esta objecion, bastante atendible por sí sola, adquiere aún mayor importancia recordando que Remak ha descubierto en el trayecto de los nervios que se distribuyen en el espesor de las paredes cardiacas, pequeños ganglios, á los cuales, aunque microscópicos, se les considera como receptáculos de fuerza nerviosa.

Longet, adelantando un paso más, intentó disipar estas dudas por medio de una serie de experimentos que, aunque tampoco demuestran concluyentemente la independenciam entre la contractilidad muscular y la excitabilidad nerviosa, han preparado el camino para obtener más decisivos resultados. Cortando el nervio ciático en muchos perros y conejos, ha podido observar que tanto el tronco como los ramos periféricos de este nervio perdían su excitabilidad motriz cuatro dias despues de la operacion, y que, sin embargo, los músculos en que se distribuyen seguían con-

trayéndose despues de siete semanas. Idénticos resultados obtuvo haciendo la seccion de nervios exclusivamente motores, como el hipogloso ó el facial, pues en todos sus ensayos halló que la fibra muscular manifestaba su contractilidad, por la sola influencia de los excitantes mecánicos, mucho tiempo despues del aniquilamiento de la excitabilidad nerviosa, de donde dedujo que el estímulo especial, transmitido por los nervios motores á los órganos musculares, no es más que uno de los muchos agentes excitadores que pueden provocar la contraccion, pero de ninguna manera la causa de la misma.

Los resultados obtenidos por Longet serían incontestables si hubiera un medio positivo de averiguar el momento en que la excitabilidad nerviosa queda completamente destruida en los filetes musculares ; pero como lo único que Longet ha visto es que el tronco nervioso que había cortado no respondía á las excitaciones galvánicas al cabo de cuatro dias de haberlo separado de los centros de inervacion, y como las ramificaciones periféricas de ese tronco podían aún conservar su excitabilidad cuando se la creía completamente extinguida, pueden hacerse á sus experimentos las mismas objeciones que se hicieron á los de Haller. Cabe efectivamente en lo posible que los ramúsculos terminales conserven su influencia nerviosa uno ó dos meses despues de separados del tronco principal de que depende, y de que hayan desaparecido del mismo las señales de su excitabilidad motriz, con tanto más motivo cuanto que de los mismos datos de Longet se desprende que esa excitabilidad se va perdiendo *lentamente* desde el centro á la circunferencia, sin que haya ningun medio para conocer con seguridad el tiempo que debe transcurrir despues de la operacion para que se extinga por completo. Verdad es que observaciones posteriores han demostrado que la seccion de un tronco nervioso ocasiona en sus extremidades periféricas una degeneracion *gránulo-grasosa*

que las inutiliza para el desempeño de sus funciones; verdad es, por lo mismo, que todo induce á sospechar que su excitabilidad motriz queda completamente destruida y que si los músculos entran en contraccion lo deben á una propiedad exclusivamente suya, y no á la que los nervios puedan comunicarles; pero como ni las observaciones de Waller, ni las de Krause, ni las de Vulpian, tan interesantes bajo otro concepto, indican el tiempo que se necesita para que esta degeneracion granulosa se presente, ni si ese tiempo es igual en todos los casos; y como por lo mismo no es posible asegurar, con la precision que la ciencia exige, si en los experimentos de Haller había ó no desaparecido por completo la influencia nerviosa en los músculos que hacía entrar en contraccion, no es posible tampoco asegurar si esa contraccion dependía exclusivamente de la fibra muscular ó si dependía tambien de la nerviosa que á ella se halla unida.

Cl. Bernard ha conseguido resolver estas dudas de una manera casi completa por un procedimiento ingeniosísimo. Toma dos ranas y envenena una de ellas con el *curare*, sustancia sólida, de aspecto resinoso, que se obtiene, segun se cree, del jugo espesado de una planta de la misma familia que la nuez vómica: la otra la decapita. Muertas de este modo las dos ranas, pone al descubierto sus nervios lumbares; los estimula con un excitante cualquiera, y, mientras que por este medio provoca contracciones musculares en los miembros abdominales de la rana *decapitada*, no produce el menor efecto en la *muerta por el curare*; y no es porque en esta última haya desaparecido la contractilidad, pues si los excitantes se aplican directamente sobre los músculos en vez de hacerlo sobre el nervio lumbar, aparecen inmediatamente las contracciones naturales.

El experimento puede modificarse de diferentes modos, pero casi siempre da idénticos resultados. Envenenando

una rana por medio del *curare*, despues de haber ligado fuertemente una de sus extremidades abdominales para preservarla de la influencia del veneno, el estímulo del nervio crural correspondiente á esta extremidad produce contracciones enérgicas, y, sin embargo, el mismo estímulo, aplicado al nervio crural del lado opuesto, es decir, al de la extremidad *envenenada*, no ocasiona la menor contraccion. Y aquí, lo mismo que en el caso anterior, no es que haya desaparecido la contractilidad en los músculos envenenados, porque si el estímulo se aplica directamente á los mismos, entran en seguida en contraccion.

De estos hechos deduce Cl. Bernard que el *curare* destruye por completo la propiedad excito-motora de los nervios sin alterar en nada la contractilidad de los músculos, y toda vez que ésta se manifiesta, aunque la influencia nerviosa quede destruida, claro es que no depende la una de la otra, y de consiguiente, que la contractilidad muscular no está subordinada á ninguna fuerza extraña, quedando así demostrado, conforme lo había asegurado Longet, que la excitacion de los nervios motores obra sólo como un estímulo cualquiera, sin otra diferencia que la de ser más enérgico y poderoso que todos los demas.

Existe todavía un tercer procedimiento para demostrar que la contractilidad del músculo es independiente de la accion nerviosa: nos referimos á la inexcitabilidad que se provoca en todo nervio motor, cuando pasa por él una corriente constante de grande intensidad y de direccion ascendente. Este fenómeno, descubierto por Eckhard, tiene mucha importancia en el punto que estudiamos. Tratado el nervio de la manera referida, ya no es capaz de provocar contracciones musculares, por más que se le excite; y sin embargo, irritando el músculo *directamente*, obtendremos contracciones perfectamente perceptibles. Es indudable que estas contracciones son más débiles que las producidas cuando el nervio era excitable, pero, como observa opor-

tunamente Pfluges, depende este fenómeno de que se ha suprimido una de las excitaciones—la nerviosa terminal periférica—que en estado fisiológico actúa sobre el músculo, quedando reducidos meramente á la excitacion de la fibra muscular.

Ademas, si la contractilidad dependiera directamente de la accion nerviosa, no tendría explicacion posible ninguno de los hechos que vamos á exponer. Por de pronto, si se coloca en el objetivo del microscopio un hacecillo primitivo, recientemente separado del animal vivo y en el que no se vea ninguna partícula de sustancia nerviosa, para lo que se elige la extremidad del sartorio de una rana, entra en contraccion, á pesar de todo, por la influencia de los estímulos físicos ó químicos. La sustancia sarcódica, que se encuentra lo mismo en los animales inferiores que en el hombre, no tiene elemento alguno nervioso, y esto, no obstante, se contrae, segun hemos dicho anteriormente. El corazon del pollo se mueve ya al segundo dia del estado embrionario, y, por lo tanto, mucho tiempo antes de que estén formados los elementos nerviosos á que se atribuyen sus latidos. El cordon umbilical está provisto de un gran número de fibras contráctiles en las tónicas ó paredes de los vasos que lo forman, sin que hasta ahora haya sido posible encontrar en la mayor parte de este cordon el menor vestigio de elementos nerviosos.

Por otra parte, un choque sobre un músculo, la accion de la electricidad, la de ciertos agentes químicos y varios otros excitantes, que sería largo enumerar, determinan la contraccion de un músculo, no sólo en el ser vivo, sino tambien en el cadaver. Esta contraccion, denominada *idio-muscular*, puede limitarse al punto directamente excitado, ó, al contrario, extenderse á todo el músculo. ¿Cómo se explicaría este fenómeno, si la irritabilidad del músculo fuera propiedad especial del nervio?

Finalmente, no sólo existen venenos, como el curare,

que atacando la excitabilidad nerviosa en nada modifican la muscular, sino que se conocen otros varios cuya accion va dirigida al músculo, matando la contractilidad de este órgano, al paso que dejan intacta la excitabilidad propia del nervio.

Aunque cada uno de estos hechos y de los citados por Haller, por Longet y por Cl. Bernard no tengan por sí solos una importancia decisiva, todos ellos reunidos son ya suficientes para establecer que la contractilidad muscular no depende de la excitacion motora de los nervios, y que la accion nerviosa es sólo uno de los excitantes más enérgicos de entre los que son capaces de provocar la contraccion. Esto no significa que los músculos puedan desempeñar sus funciones si les falta la influencia nerviosa ó la de la sangre, sino que esta influencia se limita á la nutricion del órgano, ó, lo que es igual, á la conservacion de su integridad anatómica, sin la que no es posible la manifestacion de su contractilidad ni la de ninguna otra de sus propiedades orgánicas, que es lo que ahora vamos á demostrar.

§ 81.

Influencia de la circulacion en la contractilidad muscular.—La influencia de la circulacion en la contractilidad muscular no es igual en todos los animales. En los de sangre fria, los músculos pueden estar privados del riego circulatorio dos ó tres dias, sin que dejen por esto de entrar en contraccion bajo la influencia de los excitantes, mientras que en los de sangre caliente dejan de contraerse, por la misma causa, al cabo de pocas horas.

Desde que Swammerdan y Sténon practicaron la ligadura de la aorta en los animales, para reconocer los efectos que producía la falta de la circulacion sanguínea en la contractilidad muscular, todos los fisiólogos están de acuerdo

en que al poco tiempo de practicada la operacion se paralizan las extremidades abdominales en el caso de que sobreviva el animal, lo que no siempre sucede.

Longet, á quien se deben las investigaciones más exactas acerca de este punto, asegura que el movimiento voluntario de las extremidades posteriores desaparece en los perros al cuarto de hora de haber ligado la aorta abdominal, pero conservando todavía los músculos, por espacio de dos ó tres horas, la facultad de entrar en contraccion por medio de los excitantes. Si pasado este tiempo se restablece de nuevo la circulacion, los músculos recuperan al cabo de pocos minutos sus propiedades primitivas, y poco tiempo despues se restablecen los movimientos voluntarios. Por regla general, puede asegurarse que la ligadura de la arteria principal de un miembro ocasiona fenómenos análogos en los músculos en que se distribuye ; pero como en todos estos casos es imposible evitar el restablecimiento de una circulacion colateral que sustituya más ó menos ventajosamente la directa, hay ocasiones en que los músculos sólo experimentan trastornos pasajeros. Para evitar este inconveniente, M. Vulpian, imitando un procedimiento de que ya se había servido Cruveilhier, suspende en agua carbon pulverizado ú otro polvo inerte y lo inyecta en la aorta abdominal de un perro, á fin de que obstruya los vasos capilares, y de que la circulacion se interrumpa por completo. Los resultados obtenidos por este medio no se diferencian de los indicados por Longet, quedando así demostrado que, cuando los músculos no pueden recibir de la sangre los materiales que necesitan para su nutricion ó, lo que es igual, cuando falta alguna de las condiciones indispensables para que conserven su integridad orgánica, pierden rápidamente la propiedad de obedecer á la voluntad, y, poco tiempo despues, la de contraerse por la accion de los excitantes.

Al estudiar estos efectos, debe hacerse una previa dis-

tincion ; es, á saber : la parte que corresponde al sistema muscular y la que corresponde al sistema nervioso, en la citada abolicion de las contracciones musculares. Paralelo, deben excitarse separadamente, el nervio que se dirige al músculo, y el mismo músculo, de una manera directa, observándose siempre que en el primer caso la contractilidad desaparece con gran rapidez, y en el segundo, se conserva por espacio de algunas horas.

La ligadura de la aorta ocasiona tambien en los animales la rigidez cadavérica de los músculos privados de la circulacion sanguínea. M. Stannius había notado ya esta rigidez en la pata de un conejo á las tres horas de haber interrumpido el acceso de la sangre á la misma, al paso que M. Brown-Séguard ha obtenido idéntico resultado, y observado, ademas, que la rigidez desaparece con sólo restablecer el curso regular de la circulacion, recuperando los músculos la contractilidad perdida y poco despues los movimientos voluntarios. No deja de ser digno de notarse que no se haya observado nunca en el hombre esta rigidez parcial en los casos en que la circulacion sanguínea de un miembro ha estado interrumpida, pues la consecuencia ordinaria de las obstrucciones arteriales es la falta de nutricion de los músculos y con ella su atrofia y su parálisis, excepto cuando la obliteracion arterial llega á ser completa, en cuyo caso lo que sobreviene casi inmediatamente es la gangrena.

La ligadura de las venas y el estancamiento subsiguiente de la sangre venosa, no influye en la contractilidad muscular, y si en algunos casos se entorpecen los movimientos voluntarios, se debe á las colecciones edematosas que se producen á consecuencia de los trastornos circulatorios.

Si esta ligadura se practica antes de proceder á la de la arteria correspondiente, tambien se presentarán los fenómenos de parálisis muscular, aun cuando su manifestacion será ya más tardía. Este último experimento tiene una im-

portancia considerable, por la luz que arroja sobre esta oscurísima cuestion. En efecto, viene á demostrarnos que la abolicion de la irritabilidad muscular no se debe á la falta de sangre, toda vez que este líquido queda detenido en el interior del músculo á consecuencia de la ligadura de la vena, sino á otras varias condiciones estrechamente enlazadas con la suspension del riego.

¿ Cuáles serán éstas ? La sangre, al circular por el interior del músculo, determina en él dos importantísimas funciones : la nutricion íntima del tejido muscular, y la respiracion intersticial, indispensable á su vida. La sangre conduce al músculo, como conduce á todos los demas órganos del cuerpo, combustible y comburente ; aquél, representado principalmente por la glucosa ; éste, exclusivamente por el oxígeno : y cuando estos elementos faltan, la combustion no puede ya verificarse. El oxígeno, ademas, obra como un excitante poderoso ; el ácido carbónico, en la combustion formado, obra como un paralizante muy enérgico, por cuyo motivo, al suspenderse la circulacion sanguínea, ni el oxígeno va al músculo para producir combustiones y despertar su actividad, ni el ácido carbónico puede salir fácilmente de este músculo, y retenido en él contribuye fatalmente á la paralización de la fibra muscular. En el mismo caso que el ácido carbónico, se encuentra el ácido láctico y tambien otras varias sustancias, resultantes de las combustiones verificadas.

Así como la falta de sangre contribuye á que los músculos pierdan su contractilidad, así la mayor actividad de la circulacion, no pasando de ciertos límites, aumenta su energía. Cortando los troncos lumbares del lado derecho de una rana, quedan destruidos los nervios vaso-motores de la extremidad posterior del mismo lado ; y al cabo de poco rato, los vasos capilares se dilatan, aumentando el color rojo de los músculos como efecto de la mayor cantidad de sangre que les riega. Excitándolos cuando se ha-

llan en este caso, por medio de una corriente eléctrica de poca intensidad, sus contracciones son más enérgicas que las de los músculos de la extremidad opuesta, en los cuales se conserva la circulación en su estado regular. Lo mismo sucede en la lengua, en los ojos ó en cualquier otro punto donde haya fibras musculares, si se destruyen las porciones del sistema nervioso de donde parten sus nervios vaso-motores, pues la acumulacion de sangre que por este medio se produce, aumenta la intensidad de las contracciones. Es preciso tener en cuenta, sin embargo, que estos efectos son pasajeros, pues al cabo de poco tiempo sobrevienen fenómenos inversos á consecuencia de los trastornos que experimenta el movimiento nutritivo de la fibra muscular.

El oxígeno produce un efecto idéntico : cuando se inyecta *sangre oxigenada* en una parte del cuerpo separada del animal, conserva esta parte, por espacio de mucho tiempo, la irritabilidad característica de sus músculos. Liégeois, mediante la inyeccion sanguínea, ha conseguido prolongarla durante algunos dias, en el pecho *aislado* de un conejo : el músculo, sumergido en una atmósfera desprovista de oxígeno, pierde pronto la propiedad de contraerse ; y, al contrario, conserva esta facultad por mucho tiempo cuando se encuentra en presencia de este gas. Este efecto del oxígeno se deduce naturalmente de lo expuesto más arriba.

§ 82.

Influencia del sistema nervioso en la contractilidad muscular. — Ya hemos dicho que el sistema nervioso interviene directamente en todos los movimientos voluntarios, pero que su accion sobre la contractilidad de los músculos es muy secundaria y depende sólo de la influencia que ejerce en su nutricion ; así es, que las lesiones de las dife-

rentes partes del sistema nervioso van generalmente acompañadas de trastornos materiales en la composición de la fibra muscular, caracterizados principalmente por la atrofia de los haces primitivos y por su degeneración granulograsosa, que ocasionan necesariamente la disminución ó la pérdida completa de su propiedad contráctil. Por lo demás, es casi inútil advertir que la importancia de estos trastornos difiere considerablemente, según sean el sitio y la extensión de las lesiones que los provocan.

Por regla general, cuando se destruye en los perros un nervio exclusivamente motor, como, por ejemplo, el facial, pierde su excitabilidad al cabo de cuatro ó cinco días, mientras que los músculos de la cara en que este nervio se distribuye, aunque paralizados, es decir, aunque insensibles á la acción de la voluntad, conservan tres ó cuatro meses la facultad de contraerse por la acción de los demás estímulos. En los conejos y otros animales, esta propiedad persiste aún mucho más tiempo, pues Martin Magron y Vulpian han visto casos en que no había desaparecido al cabo de dos años. La sección del hipo-gloso, nervio motor también, ocasiona la parálisis de la parte de la lengua á que corresponde; pero aunque los movimientos voluntarios de la misma queden abolidos, los músculos responden todavía á la acción de los estímulos, tres ó cuatro meses después de la operación. Estos hechos tienden á demostrar, como ya podía presumirse, que si bien la lesión de los nervios motores da lugar á la pérdida de los movimientos voluntarios, sólo á la larga influye en la contractilidad de las fibras musculares, y aun así, porque éstas se decoloran y se atrofian lentamente como consecuencia de la inacción en que se encuentran.

Con el objeto de conocer la influencia de los nervios sensitivos en la contractilidad, M. Longet ha cortado en los perros algunos de los ramos del quinto par, que animan los músculos del labio superior y de las ventanas de

la nariz, y ha observado que estos músculos estaban descoloridos al finalizar la quinta semana despues de la operacion, pero que conservaban su contractilidad, aunque no era tan completa como en los del lado sano. Por su parte, M. Vulpian ha visto que á los cincuenta dias de haber cortado el nervio lingual, no había experimentado el tejido muscular de la lengua ningun cambio apreciable, excepto las papilas fungiformes del lado correspondiente á la lesion nerviosa, que se hallaban atrofiadas. De aquí parece natural deducir que la influencia de los nervios sensitivos en la nutricion de los músculos y subsiguientemente en su contractilidad, es aún menor que la de los motores.

No sucede lo mismo cuando se cortan ó destruyen nervios mixtos. Ya hemos dicho que la seccion del ciático, efectuada por Longet en repetidas ocasiones, había dado lugar á que se observara que la excitabilidad de este nervio desaparecía al cuarto ó quinto dia de la operacion, mientras que los músculos de la pierna correspondiente conservaban su contractilidad hasta el fin de la sexta ó séptima semana; M. Duchenne asegura que cuando la seccion de los nervios mixtos es completa, queda destruida en el hombre la contractilidad de los músculos que reciben sus filetes en un período mucho más breve, y sobre todo, que la pérdida de la contractilidad coincide constantemente con el principio de una atrofia, que al poco tiempo llega á ser más ó menos considerable. Esta observacion, confirmada por Vulpian, Marshall, Hall y otros fisiólogos, da lugar á que se sospeche que los nervios mixtos ejercen en la nutricion de los músculos una influencia mucho mayor que los nervios sensitivos ó los motores.

Las lesiones del cerebro, á consecuencia de las cuales sobrevienen parálisis en las extremidades, no afectan de una manera perceptible la contractilidad muscular, y sólo á la larga se debilita, pero sin desaparecer nunca comple-

tamente. Y aun en estos casos, cuando se examinan despues de la muerte los músculos paralizados, si bien se hallan más pálidos y amarillentos, y si los elementos contráctiles son menos numerosos y de menor volumen, no presentan ninguna degeneracion especial.

En cambio, las lesiones de la médula ocasionan generalmente la pérdida de la contractilidad, que va, ademas, acompañada de la degeneracion granulo-grasosa de los músculos. La circunstancia de que las lesiones del cerebro influyen poco en la contractilidad, mientras que las de la médula ejercen en la misma una accion incontestable; la más atendible aún de que las alteraciones de la médula que interesan la sustancia gris son las que ocasionan mayores trastornos en los elementos histológicos de las fibras musculares, y la no menos importante de que la seccion de los nervios sensitivos ó la de los motores no va acompañada de alteraciones tan manifiestas en la masa muscular, como las que produce la ligadura ó destruccion de los nervios mixtos, hacen presumir que sólo cuando se interrumpe la continuidad de los nervios vaso-motores, con sus centros respectivos, es cuando las lesiones nerviosas ocasionan en la nutricion muscular los trastornos á que hemos hecho referencia.

Esta presuncion se halla completamente de acuerdo con los hechos que expusimos al hablar de la nutricion en general, pues ya indicamos entonces que el sistema nervioso sólo ejercía una influencia secundaria en los fenómenos nutritivos, limitándose á regularizar la circulacion general por medio de los nervios aceleradores y moderadores de las contracciones cardíacas, y á graduar la cantidad de sangre destinada á la trama de los órganos, por la accion que los nervios vaso-motores ejercen en el diámetro de los vasos capilares. Por otra parte, es un hecho demostrado, segun veremos más adelante, que los nervios vaso-motores toman origen en la sustancia gris de la médula oblon-

gada y espinal, dirigiéndose desde este sitio, por las raíces medulares, hasta formar parte de los cordones del simpático y de los nervios de la vida animal. Dados este origen y modo de distribución, se comprende la causa de que los músculos, paralizados á consecuencia de lesiones del cerebro ó de los nervios sensitivos ó motores, conserven todavía mucho tiempo la facultad de contraerse, mientras que pierden con mucha rapidez su contractilidad y se alteran profundamente en su textura cuando las parálisis proceden de lesiones de la médula espinal ó de los nervios mixtos. En el primer caso, no están interesados los nervios vaso-motores, puesto que no tienen su origen en el cerebro, y, de consiguiente, la estructura de los músculos no se altera; en el segundo, los nervios vaso-motores experimentan lesiones más ó menos graves, y no pudiendo conservar su integridad anatómica las fibras musculares, sobrevienen atrofas ó degeneraciones que destruyen su contractilidad.

Como los nervios vaso-motores se distribuyen en las paredes de los vasos capilares, contribuyendo á que su calibre sea mayor ó menor, segun los casos; como por otra parte la red capilar envuelve en todos sentidos al hacecillo primitivo, y como segun que aumente ó disminuya el diámetro de los vasos, la circulación se retarda ó se acelera, desde el momento en que la sangre afluye á la fibrilla muscular en más ó en menos cantidad de la que conviene, ó en que circula por ella con una rapidez mayor ó menor de la necesaria, los fenómenos nutritivos tienen que experimentar alteraciones, y de ahí las atrofas y los demas trastornos que acabamos de indicar.

CAPÍTULO V.

Excitantes de la contraccion muscular.

§ 82.

Conocidas las condiciones orgánicas que necesita la fibra muscular para que sea contráctil, veamos ahora las causas que provocan su contractilidad, ó, lo que es igual, los excitantes que son indispensables para que pueda entrar en contraccion. Estos excitantes pueden ser de cuatro clases: fisiológicos, físicos, químicos y tóxicos.

Los *excitantes fisiológicos* son aquellos que se encuentran ya en nuestra organizacion y que intervienen en el ejercicio regular de las funciones. Entre ellos no hay ninguno tan importante como la accion nerviosa. Sin la influencia de la voluntad, transmitida por los nervios, no son posibles los movimientos voluntarios, y sin las corrientes nerviosas que regularizan los involuntarios dejarían de efectuarse la mayor parte de las funciones de la vida vegetativa. El excitante, pues, natural, el excitante por excelencia de las fibras musculares es el que proviene del nervio motor que las recorre.

Se ha creido durante mucho tiempo que no sólo eran los nervios el excitante más poderoso de los músculos, sino el único que podía provocar sus contracciones, suponiéndose que todas las demas sustancias capaces de producir el mismo efecto dirigían primitivamente su accion sobre el sistema nervioso, y sólo de una manera secundaria sobre la fibra muscular. Este error ha quedado ya refutado anteriormente, demostrando qué hacecillos musculares desprovistos de nervios, ó en los que la excitabilidad motriz nerviosa había quedado extinguida por medio del curare, entraban, sin embargo, en actividad por la accion directa de otros excitantes. Por lo mismo hemos dicho ya,

que los nervios no son indispensables para que los músculos puedan entrar en contraccion.

Hay ocasiones, sin embargo, en que los estímulos que provocan los movimientos musculares obran directa y primitivamente sobre el sistema nervioso, y sólo secundariamente sobre el muscular. En este caso se encuentran las contracciones que se desenvuelven en el conducto digestivo cuando se pone en contacto con los alimentos y bebidas y las que tienen lugar en los conductos excretorios de las glándulas por la presencia de los jugos segregados, etc. Estas contracciones son, como veremos más adelante, de naturaleza *refleja*, ó lo que es igual, dependen de que la impresion producida por los alimentos, jugos segregados, etc., en la superficie sensible á que se aplican, se propaga hácia los centros nerviosos, de donde se repercute, por decirlo así, por los filamentos motores sobre las capas musculares correspondientes, que entran por esta causa en contraccion. De aquí se deduce que los alimentos y las demas sustancias cuyo estímulo provoca los movimientos de que acabamos de hablar, no deben considerarse como excitantes fisiológicos de las contracciones musculares, porque ni esas sustancias se ponen en contacto directo con los músculos que se contraen, ni producirían en los mismos el menor efecto si faltaran los cordones nerviosos que transmiten la impresion á los centros respectivos, ó si esta impresion no fuera *reflejada* hácia los nervios motores, cuya excitacion motriz es la que provoca la contraccion.

Tambien en la experimentacion sucede muchas veces que el elemento directamente excitado no es el músculo, sino el nervio muscular, y tendríamos una idea muy equivocada de los excitantes musculares, si no estableciésemos una previa distincion entre las excitaciones directas y las excitaciones indirectas. Estas, obrando sobre el nervio, determinan la contraccion total de las fibrillas que componen el músculo ; aquéllas, dirigiéndose exclusivamente

sobre la sustancia muscular, provocan una contraccion, que ademas de ser menos intensa, puede quedar localizada. La intoxicacion por el curare, la seccion de los nervios y las corrientes constantes de grande intensidad y de direccion ascendente, nos permiten, como hemos dicho más arriba, separar el músculo de toda influencia nerviosa. Esto es lo que debe hacerse—y muy especialmente la curarizacion—para el estudio de los excitantes de contractilidad muscular.

Otro de los excitantes fisiológicos que ademas del sistema nervioso puede procurar las contracciones musculares, es la sangre venosa. Ya hemos dicho que la arterial conserva la contractilidad muscular ; que esta contractilidad desaparece si se ligan las arterias, y que vuelve á presentarse de nuevo si se inyecta en los músculos sangre oxigenada ; pero Brown-Séquard sostiene ademas, que la sangre venosa por sí sola es un excitante de la misma contractilidad, fundándose para esto en que los músculos de las extremidades se contraen con solo inyectar en sus vasos sangre venosa, y en que si se destruye la parte inferior de la médula de un animal y se le asfixia despues, se presentan movimientos convulsivos en los miembros abdominales, sin que puedan atribuirse á la accion de los centros nerviosos, puesto que la médula está cortada, sino á la sangre venosa contenida en los vasos arteriales. Apoyándose en los mismos principios, atribuye tambien á la sangre venosa acumulada en el tejido muscular los movimientos de los intestinos, de las vesículas seminales, de la vejiga, del útero, etc., observados algunas veces en el cadaver, movimientos bastante intensos en ciertos casos para arrojar los líquidos contenidos en el interior de estas cavidades, y hasta suficientes para provocar el parto despues de la muerte de la madre, como se ha notado en varias ocasiones.

Entre los *excitantes físicos* de la contractilidad se com-

prenden, por una parte, todos aquellos que, obrando mecánicamente, comprimen, estiran, tuercen ó desgarran la fibra muscular, y por otra, la electricidad, el calórico y la luz.

Cuando los músculos separados del animal vivo no obedecen ya á la influencia de la electricidad, aun se consigue que entren en contraccion punzándolos con la punta de una aguja. Un efecto análogo se produce golpeándolos con un cuerpo duro, y tanto en uno como en otro caso, se forma en el punto excitado una especie de nudo ó abultamiento, del que parten como ondas que se dirigen hácia las extremidades. A este modo especial de contraccion da Schiff el nombre de contraccion *idiomuscular*, y la considera como una prueba irrecusable de que la contractilidad es inherente á los músculos, puesto que sólo se obtiene cuando se les excita de la manera que acabamos de indicar, y no cuando el estímulo obra directamente sobre los troncos nerviosos, cuyos filetes se distribuyen en el tejido contráctil.

La influencia de esta clase de agentes físicos en las contracciones musculares se nota tambien en algunos estados patológicos; así los fragmentos de un hueso fracturado, ó cualquier otro cuerpo extraño que se implante en los músculos, y las luxaciones ó los tumores que á veces los distienden con más ó menos energía, ocasionan contracciones anormales.

La electricidad es, entre los excitantes físicos, el más enérgico de todos. Generalmente no se emplea en el dia la electricidad estática, y tanto para los usos terapéuticos como para los experimentos fisiológicos, se recurre á las corrientes voltáicas, ya continuas, ya intermitentes, y á las de induccion. Las corrientes continuas se obtienen por medio de pilas, entre las que pueden citarse como mejores las de Daniell, de Bunsen, de Grove y sobre todo la de Bertran y Rubio, eminente profesor de Barcelona, cu-

yas excelentes obras de electroterapia no serán nunca suficientemente recomendadas. Las corrientes intermitentes se obtienen también con las mismas pilas, colocando en el trayecto de los reóforos una rueda dentada que comunica constantemente con uno de los polos, y que sólo toca con el otro á intervalos repetidos. Las corrientes de inducción pueden ser *electro-dinámicas* ó *electro-magnéticas*, según que tomen origen en una pila ó en un imán : y entre los aparatos de esta clase más recomendables para los usos médicos, se encuentran los de Du Bois-Reymond, de Duchenne, de Morin y de Gaiffe.

Las corrientes voltáicas continuas no producen efecto alguno en la contractilidad muscular, á no ser en el momento en que se establecen ó en el en que se interrumpen, lo que parece indicar que si el músculo entra en contracción no es por efecto de la corriente que lo atraviesa, sino del cambio brusco en su manera de estar electrizado. Pflüger ha notado, sin embargo, que una corriente continua, dirigida á través de los nervios de una rana, ocasiona en los músculos en que se distribuye contracciones permanentes, análogas á las del tétanos ; pero Du Bois-Reymond atribuye este fenómeno á los productos químicos que se forman á consecuencia de la corriente y no á la corriente misma. Por otra parte, Ritter y Vulpian han observado que el polo positivo de una corriente continua ocasiona un abultamiento en la parte del músculo á que se aplica, mientras que el negativo produce una depresión.

Los efectos de las corrientes continuas pueden sintetizarse en los siguientes términos : dos fenómenos aparecen en el músculo por la acción de estas corrientes ; unos puramente químicos ; otros exclusivamente mecánicos. Los primeros están caracterizados por la acumulación de cristales de creatinina en el polo negativo y por el desprendimiento de ácidos en el polo positivo. Los segundos por la producción de contracciones, así en la oclusión como en

la apertura de la corriente, y mientras ésta pasa por el interior del músculo permanece dicho órgano en *aparente* inactividad, caracterizada objetivamente por la relajacion de sus fibras. El mecanismo, en virtud del cual estas alternativas de oclusion y apertura obran en el músculo, debe comprenderse de la siguiente manera : en el acto de la apertura, el órgano es excitado en el polo positivo, y en el acto de la oclusion en el polo negativo. Entre las contracciones determinadas por esta influencia eléctrica es más intensa la que sobreviene en la oclusion que la que se verifica en la apertura de la corriente.

Las corrientes voltáicas intermitentes equivalen á una serie de descargas repetidas con regularidad, y como en cada una de ellas cambia el estado eléctrico de los músculos sometidos á su accion, las contracciones se suceden uniformemente, repitiéndose igual número de veces. El mismo efecto producen las corrientes de induccion, porque como la corriente *inductora* se dirige en sentido contrario al de la corriente *inducida*, tambien cambia el estado eléctrico de los músculos, dando lugar á otras tantas sacudidas.

Siempre que estas corrientes sean intensas la contraccion tendrá lugar en ambos polos, al paso que cuando sean débiles, sólo se manifestará en el polo negativo.

Th. Liégeois hace notar que la electricidad no obra siempre en los músculos de una manera igual ; porque si bien les hace entrar en contraccion cuando se hallan en reposo, tambien hay casos en que los paraliza cuando se hallan contraidos ; así, galvanizando el corazon de una rana, cesan sus latidos, y si por medio de la sal comun aplicada á un tronco nervioso se produce una contraccion tetánica en los músculos en que termina, las corrientes eléctricas disipan ese estado de tetanizacion. A pesar de todo, el mismo Liégeois asegura que estos casos excepcionales no son suficientes para que pueda deducirse ninguna regla general.