

mayor parte de los animales de esta clase es muy diferente su estructura, y en los arácnidos, crustáceos é insectos, apenas tienen estos órganos algunos puntos de semejanza con los ojos de los animales superiores. Más adelante haremos conocer estas particularidades.

MOVIMIENTOS.

Contracción muscular.

§ 246. Las diversas modificaciones de la facultad de sentir que hemos estudiado en las precedentes lecciones hacen al hombre y á los animales aptos para conocer lo que les rodea; pero sus relaciones con el mundo exterior no consisten solamente en tales fenómenos, en cierto modo pasivos. Dichos seres pueden también obrar sobre los cuerpos extraños, imprimirles cambios materiales, moverse, y á veces hasta expresar de modo más ó menos preciso sus sentimientos ó sus ideas.

Esta nueva serie de funciones, en las que vamos ahora á ocuparnos, dependen esencialmente de una propiedad que no es menos general en los animales que la sensibilidad: la *contractilidad*.

Dase este nombre á la facultad que tienen ciertas partes de la economía animal de acortarse de pronto y de extenderse alternativamente.

En algunos animales de estructura extremadamente sencilla, como las hidras (fig. 10), todas las partes del cuerpo parecen susceptibles de contraerse de este modo; pero, por poco que uno se eleve en la serie de los seres animados, se ve á esta facultad convertirse en atributo de órganos especiales, que se llaman *músculos*. Estos músculos, que son los instrumentos activos de todos nuestros movimientos, forman la mayor parte de la masa del cuerpo, y constituyen lo que vulgarmente se llama carne. Su color es en general blanquizo; en algunos animales, son, al contrario, de color rojo más ó menos intenso; pero este color no les pertenece propiamente á ellos y depende sólo de la sangre que contienen.

§ 247. **Estructura de los músculos.**— Cada músculo está formado por la reunión de cierto número de manojos musculares, que están unidos por tejido celular y compuestos de manojos más pequeños; éstos á su vez se hallan formados por manojos de menor volumen, y, de división en división, se llega á fibras de una

tenuidad extrema, que son rectas, dispuestas paralelamente entre sí, y que, vistas con un microscopio poderoso, parecen en general formadas cada una por una serie de discos pequeñitos. Después de la muerte el tejido muscular es blando y fácil de rasgar; pero durante la vida es muy elástico y resistente. En fin, se compone esencialmente de una materia que ya hemos encontrado en la sangre, y que los químicos llaman *fibrina ó sintonina*. Encuéntrase también en el músculo albúmina, creatina y algunas sales.

§ 248. Bajo la influencia de ciertas causas excitantes, las fibras musculares se contraen bruscamente, y al mismo tiempo se ve á los manojos que forman hacerse más gruesos y duros que en el estado de aflojamiento. Todos pueden observar en sí mismo este fenómeno: basta para ello ejecutar un movimiento cualquiera y observar los cambios que sobrevienen en los músculos puestos en acción para producirlo. Si se dobla con fuerza el antebrazo sobre el brazo, por ejemplo, se verá en el acto que los músculos de la parte anterior del brazo aumentan de volumen y se endurecen.

El mecanismo por el cual se efectúa la contracción muscular no se conoce bien aún. Por medio del microscopio, se ha llegado á conocer que en el momento en que este fenómeno se manifiesta, las estriás transversales fáciles de observar en la mayor parte de las fibras carnudas, se acercan¹. Luego, esta aproximación determina necesariamente una contracción correspondiente en la longitud total de los músculos. Las dos extremidades de éstos se acercan, pues, y como se hallan insertadas en las partes destinadas á ser puestas en movimiento, por su acción deben necesariamente llevarlas tras sí; y, en efecto, así operan ellas el cambio de posición.

§ 249. Esta inserción de los músculos sobre las partes móviles no se verifica directamente; sino que se efectúa por medio de una sustancia intermediaria, de textura fibrosa, que penetra en la sustancia de dichos órganos, de manera que envían un prolongamiento á cada una de las fibras de que se componen. Unas veces es blanco y nacarado este tejido fibroso, toma la forma de una membrana, y se le da el nombre de *aponeurosis*; otras se

¹ Cuando se publicó la primera edición de esta obra, pensaban los fisiólogos que la contracción muscular dependía de un plegamiento en zigzag que se observa á menudo en las fibras de un músculo en acción, pero nuevos trabajos han demostrado que este plegamiento es un accidente, y no la causa del fenómeno: pues se ha adquirido la evidencia que se manifiesta en las fibras que no se contraen á la vez que las que están próximas, y que, encontrándose en dicho caso más largas que aquellas á que están adheridas, están obligadas á arrugarse.

perece á un cordón más ó menos largo y constituye lo que los anatómicos llaman *tendones*¹.

§ 250. **Influencia del sistema nervioso en la contracción muscular.** — Más atrás hemos dicho que la contractilidad pertenece especialmente á las fibras musculares. *Los músculos son, en efecto, las únicas partes de la economía que, en los animales superiores, poseen la facultad de contraerse; pero comunmente esta propiedad no se pone en juego sino por la influencia del sistema nervioso.*

§ 251. **Influencia de los nervios.** — Cada manojito muscular recibe uno ó más nervios. Estos nervios, que están envueltos en una especie de vaina llamada *neurilema*, se componen, como ya hemos dicho, de numerosos filamentos longitudinales, y estos filamentos se extienden por todo el músculo marchando casi paralelos entre sí y pasando transversalmente sobre las fibras musculares. Después de haber continuado así su trayecto durante algún tiempo, se ve que estas fibras nerviosas se encorvan, forman asas y se vuelven hacia al cerebro de manera que parece que forman con este órgano un círculo continuo (fig. 106).

Luego, cuando se corta el nervio que se distribuye del modo indicado en un músculo, separando así éste de la masa central del sistema nervioso, se impide á sus fibras el contraerse; se le *paraliza*. Aun basta comprimir el cerebro de un animal vivo para hacerle perder en el acto la facultad de ejecutar movimientos.

§ 252. Hanse hecho muchos trabajos para descubrir la naturaleza de la influencia que el sistema nervioso ejerce así sobre los músculos cuando determina su contracción. Los más célebres son los de un físico de Boloña, Galvani; pues á la vez que presentaron nuevos indicios sobre esta delicada cuestión, condujeron á uno de los más importantes descubrimientos del siglo pasado: el de la electricidad voltaica.

Los trabajos de Galvani, de Volta y de algunos otros sabios han demostrado que siempre que ciertos cuerpos de naturaleza diferente, cobre y hierro, por ejemplo, se tocan, desarrollan *electricidad*, y que esta electricidad pasa con gran velocidad á través de ciertos cuerpos, tales como los nervios y los metales, que por esta razón se llaman cuerpos buenos conductores, mientras que es detenida por otros, tales como el vidrio y la resina.

Luego, cuando se ha paralizado un músculo por la sección del nervio que se dirige á él, se puede, durante cierto tiempo, suplir la falta de la acción nerviosa con la electricidad y deter-

¹ Los tendones y los ligamentos se llaman vulgarmente nervios, aunque nada tengan de común con los nervios verdaderos.

minar, por medio de este agente, contracciones semejantes á las que, en circunstancias normales, se verifican bajo la influencia de la voluntad.

La manera más cómoda de hacer estos experimentos es despojar una rana de la piel y cortarla al través al nivel de los riñones, después de coger los nervios lumbares y envolverlos en un pedazo de papel de estaño doblado; pónense en seguida los miembros abdominales sobre una placa de cobre, y cada vez que el estaño

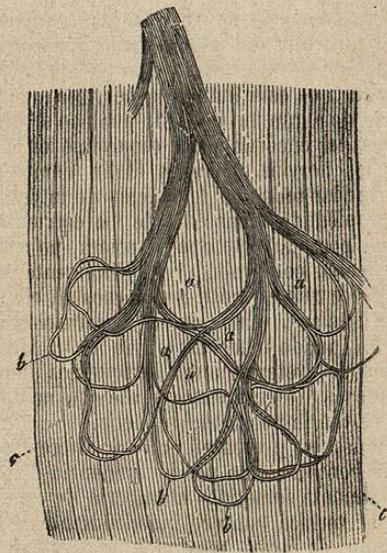


Fig. 106¹.

toque á este último metal, se verán contraerse los músculos; las patas se doblan y agitan, y esta mitad de rana parecerá que vuelve á la vida. Estos singulares efectos pueden producirse aún bastante tiempo después de la muerte del animal, y se observan

¹ Porción de un músculo visto por el microscopio y que presenta las ramificaciones terminales de un nervio (a) que forman asas (b) en medio de manojos constituidos por fibras musculares (c).

también en el hombre; pues haciendo pasar una corriente eléctrica á través de los cuerpos de algunos ajusticiados, se han visto agitarse con convulsiones sus cadáveres.

Un fenómeno análogo ocurre cuando, después de haber cortado un nervio á un animal vivo, se pincha ó quema la parte que ha quedado adherida á los músculos: éstos se contraen en seguida; pero por lo demás, este efecto parece que depende de la misma causa que las convulsiones producidas en los experimentos precedentes, pues se ha comprobado que, en todos estos casos, hay producción de electricidad.

Por lo que queda dicho se ve que las corrientes eléctricas obran sobre los músculos del mismo modo que la influencia nerviosa, y el conocimiento de este hecho ha conducido á muchos fisiólogos á pensar que esta influencia nerviosa misma no era otra cosa que el paso de algún fluido sutil, análogo á la electricidad, que se escaparía del encéfalo para esparcirse en los músculos, conducido por los nervios. Durante algún tiempo hasta se ha creído poder explicar todos los fenómenos de la contracción muscular por las propiedades conocidas de las corrientes eléctricas; pero esta teoría, por plausible que pareciera, no está de acuerdo con diferentes hechos comprobados recientemente y, por consiguiente, nos parece que es inútil detenernos en ella.

Como quiera que sea, vemos que la contracción no puede verificarse sino en el tejido muscular y que la acción del sistema nervioso es su causa determinante. Busquemos ahora cuáles son las funciones que las diversas partes de ese sistema desempeñan en la producción de tan importante fenómeno.

§ 253. Los músculos presentan entre sí diferencias muy grandes: unos no se contraen sino por la influencia de la voluntad; otros están igualmente sometidos al imperio de esta fuerza, pero su contracción se verifica también independiente de ella; en fin, existen otros aún en cuyos movimientos no tiene ninguna influencia la voluntad. Los músculos de los miembros, etc., pertenecen á la primera de estas tres clases; los del aparato respiratorio, á la segunda; y los del corazón, estómago, etc., á la tercera¹.

¹ Conviene tener presente que los músculos sometidos á la influencia de la voluntad difieren de la mayor parte de los músculos independientes de la voluntad por su estructura lo mismo que por sus funciones: en los animales superiores, los manojos de fibras de que se componen los primeros presentan siempre estrías transversales, mientras que la mayor parte de los últimos no las presentan; mas esta diferencia no es constante, pues las fibras del corazón se parecen, á este respecto, á las de los músculos cuyos movimientos dependen de la voluntad.

§ 254. *Todos los músculos cuyos movimientos pueden ser determinados por la voluntad reciben nervios del sistema cerebro-espinal.* Pero todos los nervios de este sistema no llenan dichas funciones: algunos, como ya hemos visto, pertenecen exclusivamente á la sensibilidad. Los nervios cerebrales de los pares tercero, cuarto, sexto, séptimo, noveno y undécimo (fig. 85) parecen, al contrario, estar exclusivamente afectados á los movimientos. En fin, los nervios cerebrales del quinto y décimo par, y todos los nervios que salen de la médula espinal, desempeñan estas funciones á la vez que sirven para la sensibilidad: su raíz posterior, como ya hemos visto, les da la facultad de trasladar las impresiones al cerebro (§ 203); y por su raíz anterior se propaga del cerebro á los músculos la influencia nerviosa necesaria para determinar los movimientos voluntarios.

Efectivamente, cuando se corta, en un animal vivo, las raíces anteriores de los nervios espinales, se privan las partes en que estos nervios se distribuyen de la facultad de contraerse voluntariamente, lo mismo que si se cortasen las dos raíces de dichos nervios.

§ 255. *Influencia del encéfalo.* — Cuando se divide la médula espinal, se destruyen igualmente los movimientos de todas las partes cuyos nervios salen por debajo de la sección, mientras que continúan moviéndose aquellas cuyos nervios están aún en comunicación con el cerebro. Pero si, en vez de hacer el experimento, del modo indicado, en la médula espinal, se hace en el cerebro, extrayéndole ó comprimiéndole de modo que se le impida desempeñar sus funciones, se paralizan al mismo tiempo todos los músculos de los movimientos voluntarios.

Parece también que ciertas partes del sistema nervioso ejercen sobre los movimientos una influencia de otro género. Así, Magendie ha comprobado que, cuando se corta la parte del cerebro designada por los anatómicos con el nombre de *cuerpos estriados*, pierde el animal el dominio de sus movimientos y parece empujado hacia delante por una fuerza interior á la cual no puede resistir: se lanza adelante, corre con rapidez, y se detiene al fin, pero parece que no puede retroceder. Si, al contrario, se hieren los dos lados del cerebelo en un mamífero ó un ave¹, se le ve en seguida caminar, nadar y hasta volar hacia atrás, sin poder dirigirse hacia delante jamás.

Cuando estas lesiones se practican en un solo lado, se observan otros fenómenos que, á primera vista, parecen muy singu-

¹ Según los experimentos de Magendie parece que no se observan los mismos efectos en los reptiles, batracios y peces.

lares, pero que son consecuencias de los efectos de que acabamos de tratar. Así, cuando se corta verticalmente uno de los lados del cerebelo, ó de la protuberancia anular, se echa el animal á rodar lateralmente, girando sobre el lado herido, y á veces con tal rapidez, que da más de sesenta vueltas por minuto.

Según estos curiosos experimentos y según los trabajos sobre el mismo asunto, hechos por Flourens y por algunos otros fisiólogos, se cree que *el cerebelo y las partes próximas del encéfalo tienen, además de otras funciones, la de regular los movimientos de la locomoción.*

Los movimientos que, á la vez que sometidos al imperio de la voluntad, se verifican también independientemente de esta influencia, parece que dependen entonces de la acción de la médula oblongada. En efecto, cuando el cerebro no llena sus funciones, y que, por consiguiente, no existe la voluntad, los músculos del aparato respiratorio continúan obrando como si sus movimientos pudiesen estar regulados por esta fuerza; mas cuando se destruye dicha parte de la médula, dejando intacto el cerebro, se detiene en el acto ¹.

§ 256. *Influencia del sistema ganglionar.* — *En cuanto á los músculos cuyas contracciones son enteramente independientes de la voluntad, reciben sus nervios del sistema ganglionar, y parece que en este sistema reside su principio de acción;* pues, si se mantiene la respiración por medios artificiales, se puede destruir todo el encéfalo, lo mismo que la médula espinal, sin detener los latidos del corazón ó las contracciones peristálticas de los intestinos.

§ 257. De esta suerte, resumiendo los hechos precedentes, se ve que, en la producción de un movimiento, lo mismo que en el fenómeno de la sensibilidad, existe una división de trabajo muy notable. Cuando lo que determina un movimiento es la voluntad, parte la impulsión del cerebro; los nervios la conducen á los músculos, y éstos, contrayéndose, ejecutan, por decirlo así, las órdenes transmitidas; pero, para coordinar su acción, estas órdenes es preciso que sean regularizadas, y el cerebelo ó las partes próximas del encéfalo son las designadas para este objeto. En fin, la causa determinante de los movimientos cuyo curso no es dueño de interrumpir el animal no depende de la acción del ce-

¹ Flourens ha comprobado que la facultad de excitar de este modo los movimientos respiratorios tiene su asiento en la porción de la médula oblongada que se halla inmediatamente debajo del nacimiento de los nervios neuromagástricos, y que este fisiólogo ha llamado punto vital.

rebro, instrumento especial de la voluntad, sino que reside en otros órganos, tal como la médula oblongada, y probablemente también, en los centros nerviosos del sistema ganglionar.

§ 258. *Duración y fuerza de las contracciones musculares.* — La contracción de la fibra muscular es un fenómeno esencialmente intermitente. Los músculos no pueden permanecer en estado de contracción constante, y, al cabo de un espacio de tiempo más ó menos largo, se aflojan necesariamente. Así, el corazón, cuya acción no se detiene sino con la vida, se contrae y se reposa alternativamente; pero, en los músculos sometidos al imperio de la voluntad, estas mismas contracciones, interrumpidas por reposos más ó menos aproximados, no pueden continuarse más de cierto tiempo, pues producen una sensación de lassitud que aumenta hasta hacerse imposibles estos movimientos, no disipándose esta sensación sino con el descanso.

La prontitud con la cual se manifiesta la fatiga muscular varía mucho, según los individuos; pero en igualdad de circunstancias, está en relación con la intensidad de las contracciones, duración de cada una de ellas, y rapidez con que se suceden.

La fuerza desplegada por la contracción de un músculo depende de la textura de este órgano y de la energía nerviosa del individuo. Los músculos más gruesos, más apretados y más rojos son susceptibles de contraerse con más fuerza que los músculos delgados, blandos y pálidos; pero sólo cuando tales condiciones se reúnen con una fuerza nerviosa muy grande pueden producir aquellos órganos los mayores efectos, y casi siempre son en sentido inverso. Por la sola influencia de la acción del cerebro, puede llevarse á un grado extraordinario la energía de las contracciones musculares: concócese la fuerza de un hombre encolerizado y la de los maniacos; y cuando, en el estado natural de la economía, se une una energía nerviosa análoga, á un gran desarrollo material del sistema muscular, resultan efectos admirables, de los cuales nos ha transmitido la antigüedad relaciones, hablando de sus atletas, y que vemos algunas veces en los gimnastas de nuestros días.

APARATO DEL MOVIMIENTO EN GENERAL.

§ 259. La contracción muscular ha desempeñado un papel importante en muchas funciones de las que hemos tratado; pero el asunto que vamos ahora á estudiar se relaciona con ella más directamente: pues vamos á empezar el estudio de los movimientos generales y parciales de nuestro cuerpo, movimientos de los cua-

les dependen las actitudes, la locomoción y un sinnúmero de fenómenos enteramente mecánicos.

En los animales inferiores, todos los músculos se insertan en la membrana tegumentaria, que es blanda y flexible: obrando sobre ella es cómo modifican la forma del cuerpo, de manera á hacerlo mover todo ó parte. Pero en los animales de estructura más perfecta, se complica más el aparato motor, y se compone no solamente de músculos, sino también de un sistema de piezas sólidas que sirve para aumentar la precisión, la fuerza y la extensión de los movimientos, á la vez que determina la forma general del cuerpo, y protege las vísceras contra las violencias exteriores.

§ 260. Esta especie de armadura sólida á la cual se ligan los músculos, se llama *esqueleto*. En ciertos animales, como los insectos y los cangrejos, está situada al exterior, y no consiste sino en una modificación de la piel; pero en el hombre y en todos los animales que se acercan á él (á saber: los demás mamíferos, las aves, los reptiles, los batracios y los peces), está situado el esqueleto en el interior del cuerpo y se compone de partes que pertenecen especialmente.

En algunos peces (tales como las rayas), está formado el esqueleto de una sustancia blanca, opalina, compacta, de apariencia homogénea, muy resistente y elástica, que se llama *cartilago*. Lo mismo sucede en el esqueleto del hombre y de otros animales vertebrados al principio de su vida; pero este estado, que es permanente en los peces de que acabamos de hablar, no es sino transitorio en dichos animales, y los cartilagos del esqueleto no tardan en cargarse de materias pétreas de naturaleza calcárea que los vuelven rígidos, quebradizos y muy duros, haciéndolos pasar al estado de *huesos*.

§ 261. **De los huesos.** — Para convencerse de que los huesos no son sino cartilagos endurecidos por el depósito de sales calcáreas en su interior, basta macerarlos durante cierto tiempo en un líquido especial llamado ácido muriático ó clorhídrico; este líquido posee la facultad de disolver las materias pétreas que contienen los huesos, mas no ataca el cartilago, de modo que así se separa éste de las sales que disfrazan sus propiedades¹.

¹ Según el análisis hecho por Berzelius, los huesos del esqueleto humano, completamente despojados de grasa, están compuestos (de 100 partes): de cartilago, 32,17; vasos, 1,13; fosfato básico de cal, con un poco de fluoruro de calcio, 53,04; carbonato de cal, 11,30; fosfato de magnesia, 1,16; y soda, con un poco de cloruro de sodio, 1,20. La parte cartilaginosa de los huesos está compuesta de oseína, que, por ebullición en agua, se transforma en ge-

La osificación del esqueleto comienza por una multitud de puntos que se extienden cada vez más: de esto resulta que el número de piezas óseas es al principio considerable; pero, por los progresos de la osificación, se unen muchas de ellas, de suerte que, en el animal adulto, se encuentran menos huesos distintos que en el joven, y que, en la vejez extrema, se ven á menudo muchos de éstos soldarse unos con otros, y partes que hasta entonces habían permanecido cartilaginosas cargarse de materias calcáreas. La utilidad de este modo de desarrollo es fácil de comprender; para que la armadura sólida del cuerpo no se oponga á sus movimientos, es necesario siempre que se componga de numerosas piezas móviles; pero cuando estas partes deben prestarse al crecimiento de los órganos situados en su interior, es principalmente cuándo tal división es más necesaria.

La superficie de los huesos está siempre cubierta de una capa membranosa á la cual se da el nombre de *periostio*, y su sustancia se compone de fibras ó de laminillas fáciles de distinguir. Cuando estos órganos deben ocupar poco volumen y presentar mucha solidez, como sucede en los huesos planos que cubren la mayoría de las vísceras más importantes y delicadas, es extremadamente compacto el tejido óseo, pero cuando deben ocupar largo espacio y que dificultarían los movimientos si su peso fuese muy grande, su tejido no es denso y compacto sino en la superficie, y en su interior existen células grandes y hasta conductos llamados cavidades medulares, porque están llenas de *medula*. Finalmente este tejido mismo, examinado con el microscopio, parece formado sobre todo por tubos muy separados (llamados *ca-*

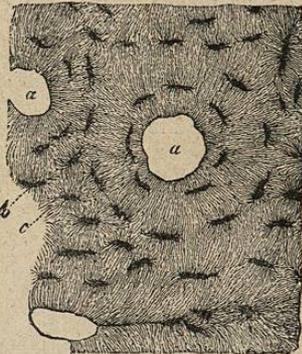


Fig. 107¹.

latina; por esto se emplea en la industria para la fabricación de engrudo, y en la economía doméstica para preparar caldos económicos.

¹ Parte de una tajada delgada de tejido óseo visto por el microscopio; — *a*, *canaliculos vasculares* (ó conductos de Havers), que, al reunirse, forman una red de anchas mallas, y están rodeadas por laminillas (*e*) en cuyo espesor se ven multitud de *células óseas* (*b*) de donde salen los prolongamientos capilares llamados *canaliculos óseos*.

naliculos óseos), ó por células ovoides rodeadas de laminillas concéntricas, llamadas por algunos autores *corpúsculos óseos*: en fin, entre estas partes se notan otros conductos mayores que comunican con las cavidades medulares, que contienen vasos sanguíneos y que han recibido el nombre de *conductos de Havers* (figura 107).

§ 262. La forma de los huesos varía mucho: distingúese en huesos largos, cortos y planos. Sólo los primeros presentan cavidad medular; son siempre casi cilíndricos, y los tubos vasculares están dispuestos longitudinalmente. En los huesos planos son estos tubos paralelos á la superficie del hueso, y en los huesos cortos se hallan reemplazados por células. Nótese con frecuencia en unos y otros salientes que sirven de puntos de inserción á los músculos ó á otras partes, y que, siempre que son grandes, las designan los anatómicos con el nombre de *apófisis*. Los huesos presentan también en su superficie depresiones más ó menos profundas, que sirven para contener partes blandas, ó para recibir otros huesos que deben moverse en estas cavidades, y en muchas partes se encuentran agujeros destinados á dar paso á vasos sanguíneos ó á nervios.

§ 263. **Articulación de los huesos.** — Dase el nombre de *articulación* á la unión de los diversos huesos entre sí. Los medios de unión que la naturaleza ha empleado varían mucho, según que los huesos deban conservar siempre entre sí las mismas relaciones, y permanecer fijos, ó bien ejecutar movimientos más ó menos extensos.

Cuando la articulación de los huesos no está destinada á permitir movimientos, puede existir de tres maneras: por *yuxtaposición*, por *engranaje* ó por *implantación*. Las articulaciones por simple yuxtaposición de las superficies articulares no se ven sino en ciertas partes del esqueleto, en donde la situación de los huesos es tal que no pueden variar de posición. En las articulaciones por engranaje (ó por *sutura*), presentan las superficies articulares una serie de asperezas y de cavidades angulosas que encajan recíprocamente: por eso pueden tener estas articulaciones mucha solidez, sin que sus superficies sean muy extensas. En fin las articulaciones por implantación, ó *gónfosis*, son aquellas en que un hueso ó un cuerpo análogo (un diente por ejemplo) está introducido en una cavidad abierta en el interior del hueso que le sirve de base: éstas son las articulaciones más sólidas, pero también las menos comunes.

§ 264. En las *articulaciones móviles*, no están los huesos unidos directamente entre sí, sino mantenidos en contacto por ligaduras que se extienden de un hueso al otro.

Unas veces están unidas estas superficies articulares por una sustancia cartilaginosa ó fibro-cartilaginosa intermedia que se alhiere sólidamente á una y á otra, y no les permite moverse sino en razón de su elasticidad (es lo que se llama *articulación por continuidad*); otras ocasiones las superficies articulares resbalan una sobre otra y están mantenidas sólo por *ligamentos*¹, que las envuelven y que están dispuestos de manera que ponen límites á sus movimientos, lo mismo que por una *cápsula fibrosa* que se parece á una birola. Esta clase de unión constituye lo que los anatómicos llaman *articulación por contigüidad* (fig. 108), y se ve siempre donde los movimientos deben ser muy extensos. Las superficies que articulan de este modo son siempre extrémadamente lisas y encostradas de una lámina cartilaginosa que aumenta más su pulimento. Pero los citados no son los únicos medios empleados por la naturaleza para disminuir el frotamiento en las articulaciones, pues ha colocado una especie de bolsa membranosa, llamada *bolsa sinovial*, que tiene analogía con las membranas serosas y que está llena de un líquido viscoso el cual permite que aquellas superficies resbalen fácilmente una sobre otra. Esta bolsa, que envuelve la articulación por todos lados, contribuye también de un modo eficaz á mantener los huesos en contacto, pues excluye los fluidos que los circundan de la cavidad que dichos cuerpos dejan entre sí, y por consecuencia éstos no pueden separarse sin determinar un vacío. De lo cual resulta que todo el peso de la atmósfera tiende á mantener estas superficies articulares en sus relaciones naturales; para convencerse de la influencia de esta circunstancia, basta conocer la dificultad que se experimenta para dislocar en un cadáver un hueso cuya articulación esté intacta y cuán fácil se vuelve esta operación desde que se hace una abertura á la mem-

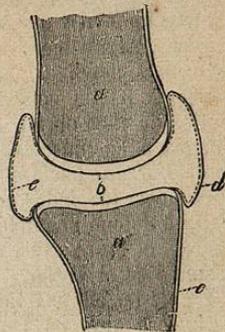


Fig. 108.

¹ Dase el nombre de *ligamentos* á manojos de fibras elásticas análogos á los de los tendones, muy resistentes, redondos ó planos y de color blanco ó anacarado que ligan los huesos unos con otros.

² Figura teórica de una articulación por contigüidad: — *a, a'*, los dos huesos; — *b*, láminas cartilaginosa que revisten su superficie articular; — *c*, periostio; — *d*, membrana sinovial; — *e*, capa epitelial que cubre la cápsula formada por esta membrana.

brana sinovial que permita la entrada del aire en la cavidad articular.

§ 265. **Acción de los músculos sobre de los huesos.** — Todos los músculos destinados á producir los grandes movimientos del cuerpo están fijados en el esqueleto por sus dos extremidades. De lo que resulta que al contraerse deben mover al hueso que les presente menos resistencia y atraerlo hacia el que permanece inmóvil y que le sirve de punto de apoyo para mover el primero. Ahora bien, en la mayoría de los casos, los huesos son tanto más móviles, cuanto más lejos de la parte central del cuerpo se hallen colocados: además, los músculos que se fijan en dos de ellos obran, en general, sobre el más alejado, y se ve siempre á los músculos destinados á mover un hueso extenderse de este órgano hacia el tronco. Así es que, los músculos que sirven para mover los dedos ocupan la palma de la mano y el antebrazo; los que doblan el antebrazo sobre el brazo ocupan éste, y los que mueven el brazo sobre el hombro están colocados en el hombro mismo ó en el pecho.

En ciertas circunstancias, sin embargo, estos músculos mueven los huesos que, en los casos comunes, les sirven de punto de apoyo. Así, cuando el cuerpo se halla suspendido por las manos y tratamos de elevarnos, los músculos flexores del antebrazo, no pudiendo mover á éste, acercan el brazo y con él todo el cuerpo.

En general, la clase de movimiento determinado por la contracción de un músculo depende, por una parte, de la naturaleza de la articulación del hueso que mueve, y, por la otra, de su posición con este hueso; lo atrae siempre de su lado y le acerca al punto en que se encuentra insertada su extremidad opuesta. Así, los músculos que hacen doblar los dedos ocupan la faz palmar de la mano y del antebrazo, mientras que los destinados á extenderlos están situados del lado opuesto de este miembro.

Frecuentemente están dispuestos muchos músculos de manera que pueden concurrir á la producción de un mismo movimiento: llámaseles en este caso *congéneres*, y se da el nombre de *antagonista* de un músculo al que determina un movimiento contrario.

También se designan los músculos, por su acción, bajo los nombres de *flexores* y de *extensores*, de *aductores* y de *abductores*, de *rotadores*, etc.

§ 266. La fuerza con que se contrae un músculo depende de su volumen, de la fuerza de voluntad y de algunas otras circunstancias de que ya se ha hecho mención; mas el efecto producido por esta contracción depende también en gran parte de la manera como se encuentra insertado en el hueso que debe mover.

Así, en igualdad de circunstancias, *el movimiento determi-*

nado por la contracción de un músculo será tanto mayor, cuanto menos oblicuamente se inserte dicho músculo en el hueso movable. Cuando se inserta en ángulo recto, toda su fuerza se emplea en mover este hueso; pero, en el caso contrario, se pierde una parte más ó menos grande de dicha fuerza.

En efecto, si el músculo *m* (fig. 109) cuya fuerza suponemos igual á 10, se halla fijado perpendicularmente al hueso *l*, cuya extremidad *a* es movable sobre el punto de apoyo *r*, no tendrá que vencer sino el peso de este hueso; y lo llevará de la posición *ab* á la dirección de la línea *ac*, haciendo recorrer al punto en que se inserta un

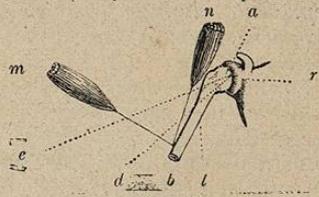


Fig. 109.

espacio que también representaremos por 10. Pero si el músculo obra oblicuamente sobre el hueso, en la dirección de la línea *nb*, por ejemplo, sucederá de otro modo, pues en este caso tenderá que conducirlo en la dirección *bn*, y por consiguiente acercarlo á la superficie articular *r*, sobre la que descansa la extremidad del hueso. Pero siendo ésta una parte inflexible, este movimiento no puede verificarse; el hueso no puede sino girar sobre el punto *r*; como sobre un quicio, y la contracción del músculo *n*, sin perder nada de la energía que le hemos supuesto, no podría llevar el hueso sino en la dirección *ad*; las tres cuartas partes de la fuerza que ha desarrollado se perderán y no producirá, por consiguiente, sino un movimiento para el cual bastaría la cuarta parte de su fuerza, si se hallase insertado, como el músculo *m*, perpendicularmente al hueso.

Ahora bien, en la economía animal, los músculos no se insertan, en su mayor parte, sino oblicuamente y, por lo mismo, de manera poco favorable á la intensidad de su contracción. A menudo existe sin embargo una disposición que tiende á disminuir la oblicuidad de su inserción: nos referimos á la dilatación que se encuentra en la

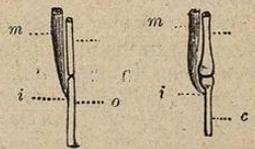


Fig. 110.

Fig. 111.

extremidad de la mayor parte de los huesos largos, que sirve principalmente para dar más solidez á sus articulaciones. Los tendones (*i*) de los músculos (*m*) situados por encima de la articulación, se insertan, de ordinario, inmediatamente por debajo de dicha dilatación y llegan así sobre el hueso movable (*o*), siguiendo una dirección que se acerca más de la perpendicular, como uno puede convencerse

comparando la disposición del músculo *m* en la figura 111, donde estas dilataciones existen, y en la figura 110, en la cual se han representado las extremidades sin salientes semejantes.

§ 267. *La distancia que separa el punto de inserción del músculo del punto de apoyo sobre el cual se mueve el hueso, y de la extremidad opuesta de la palanca que este órgano representa, influye también poderosamente en los efectos producidos por su contracción.* Para explicar este hecho, es necesario que recurramos á la mecánica.

Los huesos, decimos, representan *palancas*, nombre que se da en física á toda barra inflexible que se mueve sobre un punto fijo, que se llama *punto de apoyo*. La fuerza que pone la palanca en movimiento se llama *potencia*, y la que se opone á su cambio de posición se llama *resistencia*. En fin, danse los nombres de *brazo de palanca de la potencia*, y *brazo de palanca de la resistencia*, á la distancia que separa el punto de apoyo del punto en que se hallan aplicadas una ú otra de estas fuerzas.

Según esto, la longitud de estos brazos de la palanca influye muchísimo sobre la fuerza necesaria para trazar equilibrio á una resistencia dada. Para convencerse de ello basta observar el mecanismo de la balanza conocida con el nombre de *romana* (fig. 112). El rayo ó palanca se halla dividido en dos partes de desigual longitud por el punto de apoyo *a*. En

la extremidad de uno de los brazos *r*, que es muy corto, se encuentra la resistencia (ó el objeto que se quiera pesar); y sobre el otro brazo *p* se desliza un peso cualquiera, que hace equilibrio á una resistencia tanto más considerable, cuanto más se aleje del punto de apoyo y se prolongue por consiguiente el brazo de la palanca de la potencia, permaneciendo siempre igual el de la resistencia.

Todos sabemos también cuán grande es la diferencia en la fuerza que un hombre debe desarrollar, cuando trata de levantar un peso con un brazo doblado ó extendido. Luego, en estos movimientos, los que obran son los mismos músculos, y el brazo de la palanca de la potencia permanece igual; sólo el brazo de la palanca de la resistencia, representado por la distancia que separa el hombro de la mano, es el que se alarga.

La mecánica nos enseña también que, para que exista equilibrio en una palanca cualquiera, es preciso que la resistencia y la potencia sean recíprocamente proporcionales á las longitudes de los brazos de la palanca, esto es, que, multiplicadas por los

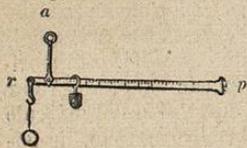


Fig. 112.

brazos respectivos de la palanca, den ambos el mismo producto.

Así, para hacer equilibrio á una resistencia *r* (fig. 113) igual á 10 que se aplicase á la extremidad de una palanca *ab* de una longitud de 20, sería necesario que la potencia *p*, si estaba aplicada al mismo punto *b*, y por consiguiente igualmente alejada del punto de apoyo *a*, fuese igual á 10; pero si estaba aplicada al punto *c*, debería ser, para producir el mismo efecto, igual á 20: pues la resistencia, que hemos supuesto igual á 10, siendo multiplicada por la longitud de su brazo de palanca 20, dará por producto 200; y por otra parte, no siendo igual sino á 10 el brazo de palanca de la potencia *ca*, éste deberá ser multiplicado por una fuerza igual á 20, para dar el mismo producto de 200. En fin, colocando la potencia aun más cerca del punto de apoyo, en el punto *d*, precisará darle una fuerza igual á 100, pues su brazo de palanca no será más que 2: luego, $2 \times 100 = 200$.

La disposición de las palancas influye tanto sobre la rapidez de los movimientos producidos como sobre su fuerza, y si, empleando una potencia comparativamente débil, se puede vencer así una resistencia mucho más fuerte, se puede también, empleando una fuerza motriz de una velocidad constante, obtener, por medio de estos instrumentos, un movimiento más lento ó más rápido.

De esta suerte, supongamos que la potencia *p* (fig. 114) obra sobre la palanca *ar* de manera á hacer recorrer al punto de inserción *c* un espacio de 5 en un segundo; ella moverá al mismo tiempo la extremidad de la palanca *r* y la hará llegar á *b* con una velocidad que será igual á 25, pues la distancia recorrida en tiempo igual por este punto será cinco veces mayor que la recorrida por el punto *d*. Con una fuerza cuya velocidad no es sino de 5, se produce pues, aplicándola al punto *c*, el mismo resultado que si se aplicase directamente al punto *r* una fuerza cuya velocidad fuera igual á 25.

Pero, según lo que hemos dicho más arriba, se ve que todo lo

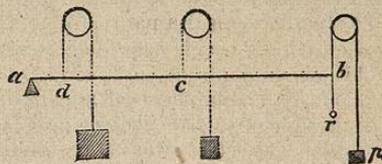


Fig. 113.

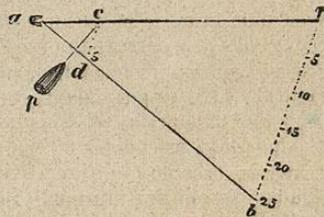


Fig. 114.