

§ 92.

Rigidez cadavérica. — Llámanse rigidez cadavérica á la inflexibilidad y dureza particular que adquieren los músculos del cadaver algun tiempo despues de la muerte. En este estado desaparecen sus propiedades fisiológicas, y de consiguiente, las corrientes eléctricas y la contractilidad; su extension longitudinal se acorta; disminuye su elasticidad; adquieren un color blanco sucio; su reaccion es completamente ácida, y examinando con el microscopio los tubos musculares, aparece turbio y coagulado el líquido contenido en su interior.

La rigidez se observa en todos los animales, ya sean de sangre caliente ó fria, y lo mismo en los vertebrados que en los invertebrados. Se manifiesta en todos los músculos de la economía, ya correspondan á la vida animal ó á la orgánica, y á ella debe atribuirse el encogimiento de la túnica carnosa del intestino, la resistencia que opone el cardias á la distension y la dificultad que se experimenta en ciertos casos para efectuar el cateterismo en el cadaver.

La rigidez cadavérica tarda más ó menos tiempo en presentarse, y su duracion es mayor ó menor, segun las circunstancias. Tampoco se ponen rígidos todos los músculos á la vez. En el hombre aparece comunmente á las diez ó doce horas de la muerte. Empieza por los músculos de la mandíbula inferior y por los de las extremidades abdominales; siguen despues los del cuello y tronco, y, por último, los de los miembros torácicos. Hay ocasiones en que los músculos de las extremidades están rígidos, y los del tronco presentan todavía señales de contractilidad. En los músculos de la vida orgánica, la rigidez tarda más en presentarse y dura menos tiempo que en los de la vida animal. Brown-Séquard dice que en un soldado muerto á consecuencia de una larga enfermedad, la mandíbula y los

miembros estaban ya rígidos antes de que el corazón hubiera dejado de latir. Una vez establecida la rigidez, si se la destruye estirando los músculos en sentido contrario al de su retracción, ó no se reproduce ó lo hace con mucha menos energía.

Segun dicho fisiólogo, cuanto mayor es la contractilidad muscular en el momento de la muerte, más tiempo tarda en presentarse la rigidez, y con más lentitud desaparece; y, por lo mismo, todo lo que contribuye durante la vida á debilitar esa contractilidad, acelera la rigidez en el cadaver.

Sentado esto, sostiene que, cortando los nervios ciáticos á un animal, y sacrificándolo poco tiempo despues, la rigidez tarda más en presentarse que cuando no se efectúa esta operacion, porque la contractilidad muscular aumenta al principio de la parálisis. A la misma causa atribuye el que la rigidez aparezca con más lentitud en los animales sometidos á una baja temperatura antes de su muerte, porque el frio contribuye tambien á que aumente la contractilidad; y de idénticos motivos hace depender el que los animales decapitados, los sujetos que mueren violentamente gozando de buena salud, y en general los que conservan la contractilidad en toda su energía, tarden mucho más tiempo en ponerse rígidos que los que no se encuentran en alguno de dichos casos.

Partiendo del principio de que todo lo que disminuye la contractilidad antes de la muerte, acelera la rigidez del cadaver, se comprende el que en las hemiplegias *antiguas* de origen cerebral aparezca más pronto la rigidez en los miembros paralizados que en los del lado sano: el que los que mueren de afecciones convulsivas, como el tétanos, la epilepsia, etc., entren inmediatamente en rigidez, y el que suceda lo mismo á los que mueren despues de grandes fatigas musculares, como ocurre á veces en el campo de batalla, siendo ésta la causa de que se encuentren algunos

cadáveres en la misma posición en que debían hallarse los individuos al recibir la herida que les causó la muerte.

La rigidez cadavérica puede producirse de una manera casi instantánea, elevando la temperatura de los músculos á 40° en los animales de sangre fría, y á 48° ó 50° en los de sangre caliente. También se consiguen idénticos resultados inyectando en los vasos agua de cal, potasa, vinagre ó carbonato de potasa. Conviene tener presente, sin embargo, que si la temperatura de los músculos se eleva fuerte y bruscamente echándolos en agua hirviendo, por ejemplo, pierden la facultad de hacerse rígidos : los ácidos minerales producen el mismo efecto.

La rigidez cadavérica no sólo se observa en el cadáver ó en los músculos separados de sus conexiones naturales, sino también en el animal vivo. Para producirla, basta impedir el aflujo de la sangre á los músculos, ó inyectar en los vasos agua destilada, ácido carbónico, cloroformo, etcétera ; pero estos agentes obran con mucha lentitud mientras subsiste la circulación en sus condiciones regulares. Cuando la rigidez no pasa de su primer grado, desaparece restableciendo la circulación sanguínea ; cuando ya es más completa, no basta el restablecimiento de la circulación, sino que es preciso inyectar una disolución que contenga 10 por 100 de sal común.

Los fisiólogos no han estado de acuerdo hasta estos últimos tiempos con respecto á las causas productoras de la rigidez cadavérica. Suponían unos que dependía exclusivamente de la muerte del músculo, pero ya hemos visto que puede presentarse en los que no han cesado todavía de vivir ; creían otros que era la consecuencia necesaria de la extinción de la influencia nerviosa, pero la rigidez se observa aunque esa influencia no haya experimentado ningún trastorno. No puede atribuirse al enfriamiento, porque no son las partes que primero se enfrían las que se vuelven rígidas más pronto. No depende de la coagu-

lacion de la sangre, porque se manifiesta aunque no esté coagulada y á veces aunque el corazon haya cesado de latir. No depende tampoco de la coagulacion de la grasa, porque los músculos contienen muy poca, y ademas porque lo mismo se establece en los sujetos gruesos que en los que están desprovistos de gordura.

La verdadera causa de la rigidez parece depender de la serie de fenómenos químicos que tienen lugar en el músculo, y de la coagulacion de la miosina á consecuencia del ácido sarcoláctico que se produce.

CAPÍTULO IX.

Empleo de los músculos.

§ 93.

Diferentes clases de movimiento que los músculos pueden producir. — La facultad de contraerse que los músculos poseen, tiene por objeto producir cambios de posicion en las diferentes partes del cuerpo, contribuyendo de este modo á sus diferentes movimientos y actitudes.

Cuando las fibras musculares rodean órganos huecos ó forman parte de su textura, como en el intestino, el corazon, el útero, la vejiga, etc., su contraccion disminuye el diámetro de las cavidades de estos órganos, quedando así comprimidas las sustancias que se hallan en su interior. Cuando las dos extremidades del músculo no se tocan por estar adheridas á puntos diferentes, estos puntos se aproximan á consecuencia de la retraccion muscular. Si uno de ellos es fijo, el otro es el que cambia únicamente de lugar, y si son movibles los dos, su aproximacion está en razon inversa de la resistencia que oponen.

La diversidad de movimientos que, segun los casos, se producen, puede reducirse á dos grandes clases: *invo-*

luntarios y voluntarios. Los voluntarios dependen ó de las contracciones *de los músculos de la vida de relacion*, ó de las que tienen lugar *en los de la vida vegetativa*. Los voluntarios son producidos *por los músculos de la vida de relacion*. Conviene que digamos algo acerca de los caracteres distintivos de cada uno de estos movimientos.

§ 94.

Movimientos involuntarios de los músculos de la vida de relacion. — Corresponden á esta clase : 1.º los movimientos de tipo intermitente; 2.º algunos de los movimientos llamados reflejos, y 3.º los asociados á ciertas ideas y sensaciones, que, al parecer son tambien de naturaleza refleja.

Entre los movimientos de tipo intermitente efectuados por los músculos de la vida de relacion y que, sin embargo, son independientes de la voluntad, pueden citarse los respiratorios. El mecanismo, en virtud del cual se mueven rítmicamente los músculos de las alas de la nariz, de la laringe, del cuello, los situados en la parte externa del pecho, en su base y entre las costillas, para dar lugar con sus contracciones regulares á la entrada y salida del aire en los pulmones, no es completamente conocido; pero ya provenga de impresiones pulmonares de naturaleza rítmica transmitidas al cerebro de modo que, aun sin tener de ellas conocimiento, basten para producir una incitacion refleja sobre los nervios motores correspondientes, ó ya de otra causa cualquiera, el hecho es que estos movimientos se efectúan sin la intervencion de la voluntad.

Los movimientos reflejos producidos por los músculos de la vida de relacion son, entre otros, el estornudo, la tos, el castañeteo de dientes, el temblor producido por el frio, el sacudimiento semi-convulsivo que ocasionan las cosquillas, etc. En todos estos casos, las impresiones transmitti-

das desde nuestros órganos al cerebro, ya directamente por los nervios sensitivos, ó de una manera indirecta por la médula, ocasionan una incitacion refleja sobre los nervios motores provocando movimientos en los que la voluntad no toma la menor parte.

§ 95.

Movimientos involuntarios de los músculos de la vida vegetativa. — Esta clase de movimientos son siempre de naturaleza refleja, y lo único que hay en ellos de notable, es que se ejecutan á veces de una manera rítmica, estando caracterizados por una serie alternada, y más ó menos regular de contracciones y relajaciones. Los latidos del corazón, aunque dependientes de la contraccion de fibras estriadas, se hallan en este caso, y se han observado movimientos análogos en el intestino, en el esófago, en los conductos colédoco y pancreático, en el diafragma, etcétera, ya de unos, ya de otros animales.

Los fisiólogos han procurado descubrir las causas de estos movimientos, pero hasta ahora han sido infructuosos sus trabajos. Haller los consideraba como independientes del sistema nervioso. Müller, refiriéndose al movimiento peristáltico de los intestinos, lo atribuía al ganglio celiaco. Volkman, Ludwig y Bidder sostienen que los pequeños ganglios situados en el espesor de los órganos contráctiles, son centros de movimientos reflejos, de manera que, cuando se produce una serie de impresiones rítmicas, ocasionan otra de incitaciones motrices rítmicas tambien. Entre tanto, lo mismo Vulpian que Brown-Séquard, aseguran que los movimientos rítmicos no desaparecen por la destruccion de los centros nerviosos, ni por la de los ganglios, ni por el aniquilamiento de los filetes periféricos por medio del curare; de modo, que, reproduciendo en parte la opinion de Haller, los consideran como indepen-

dientes de toda accion nerviosa. Brown-Séquard, por su parte, sostiene que las contracciones rítmicas del corazon dependen de la sangre venosa cargada de ácido carbónico que se acumula en los capilares despues de cada contraccion ; pero M. Castell ha demostrado que el corazon de una rana, sumergido en una atmósfera de ácido carbónico, no late con más fuerza que en el aire y que sus movimientos desaparecen con más prontitud.

Los movimientos asociados á ciertas ideas y sensaciones resultan, en unos casos, de la impresion producida por las emociones morales ; así es, que la fisonomía expresa con rasgos característicos la alegría, el pesar, la cólera, el miedo, etc. : en otros, de la que produce la vista de los objetos que se mueven, como cuando se inclina el cuerpo instintivamente para dirigir el impulso comunicado á una bola de billar, ó de la que ocasiona la presencia de un peligro, como cuando disponemos automáticamente las diferentes partes del organismo de la manera más conveniente para evitar un choque, ó para neutralizar en lo posible sus efectos : en otros, en fin, de la influencia de la imitacion, como cuando bostezamos ó reimos al ver á otros que rien ó bostezan. A la misma categoría de movimientos involuntarios corresponden los que se ejecutan con el péndulo y las mesas giratorias de que el charlatanismo se ocupaba hace algunos años. Apoyando el codo en una superficie plana, y sosteniendo con la mano un péndulo compuesto de un hilo y un anillo, se observa al poco rato de fijar la vista en el anillo, que oscila con más ó menos rapidez, aunque el brazo permanezca inmóvil en apariencia, y aunque no haya mala fe ni ejecute ningun movimiento voluntario la persona que lo sostiene. Las contracciones casi imperceptibles del antebrazo ó de la mano, bajo la influencia de la vista, que examina el péndulo y la direccion que debe tomar, son la causa de este fenómeno, que no se *reproduce nunca*, si el individuo que

hace el experimento tiene los ojos vendados, ó si se apoya la extremidad de los dedos en un sustentáculo cualquiera para que sea más fácil evitar la transmision de estos pequeños movimientos, en los que no interviene la voluntad. A este órden de hechos corresponden tambien las llamadas mesas giratorias.

Ya veremos al estudiar la fisiología especial del sistema nervioso los centros encargados de la accion refleja y las leyes á que están sujetos estos movimientos.

§ 96.

Movimientos voluntarios de los músculos de la vida de relacion. — Aunque los movimientos voluntarios dependen de la influencia de la voluntad, no es su accion directa é inmediata la que los produce, porque ésta tiene su origen en los lóbulos cerebrales, y la excitacion motriz de los músculos, en la protuberancia cerebral. Por eso, en los paralíticos, la voluntad no basta para determinar los movimientos.

Como en los movimientos voluntarios, aun los más sencillos, entra siempre en juego cierto número de músculos, y como cada uno concurre por su parte al cumplimiento del objeto que la voluntad desea conseguir, es preciso que todos ellos se contraigan con órden y regularidad, para que los movimientos parciales estén coordinados de manera que contribuyan al objeto comun. Flourens y otros fisiólogos sostienen que el cerebelo es el órgano de esta coordinacion; pero hay muchos casos en que desaparece aunque el cerebelo se halle en sus condiciones regulares. Por otra parte, si bien las afecciones cerebelosas producen en la locomocion trastornos análogos á los que resultan de la embriaguez, se diferencian esencialmente de los que se observan en la ataxia locomotriz. Esto ha dado lugar á que se creyese en estos últimos tiempos, se-

gun veremos al hablar de las funciones del sistema nervioso, que el sitio donde reside esta facultad coordinatriz, no es el indicado por M. Flourens.

M. Duchenne (de Boulogne) ha demostrado que los músculos concurren á los movimientos voluntarios obrando los unos como *motores* y los otros como *moderadores*; de manera que se contraen simultáneamente por una doble excitacion nerviosa: los primeros, para producir el movimiento, los segundos, para moderarlo, porque sin esta circunstancia no tendría la precision y regularidad que necesita.

§ 97.

Esfuerzo. — Se da el nombre de esfuerzo á la contraccion enérgica y simultánea de diferentes músculos con el objeto de efectuar una funcion laboriosa ó de vencer la resistencia que oponen algunos cuerpos cuando se intenta removerlos. La marcha, el salto, la carrera, el toser, el gritar, el levantar un fardo, el acercarlo ó separarlo, etc. exigen esfuerzos más ó menos considerables.

Al hacer un esfuerzo, se empieza dilatando el pecho por medio de una inspiracion más ó menos profunda, segun la resistencia que se desea vencer; los bordes de la glotis se aproximan inmediatamente despues, por la contraccion de sus músculos constrictores, y como en este caso el aire contenido en los pulmones no halla salida, las paredes torácicas, sujetas entre la resistencia elástica de los gases contenidos en el pulmon y la potencia activa de los movimientos espiradores, presentan un firme punto de apoyo á los músculos que en ellas se insertan y que deben entrar en contraccion. Hay casos en que la glotis no se cierra por completo; pero como basta que sus bordes estén ligeramente reunidos para que el aire encuentre dificultad á su salida, la caja torácica adquiere suficiente fijeza para

servir de punto de apoyo á los músculos que han de entrar en actividad. En los esfuerzos algo enérgicos, las paredes del abdomen sirven también de apoyo á los músculos de esta region, porque los esfínteres del ano y de la vejiga se oponen á la salida de las sustancias contenidas en las cavidades á que corresponden.

La tension que en estas circunstancias adquieren los gases encerrados en el intestino y en los pulmones pueden dar lugar á dilataciones, á roturas y á otros accidentes de más ó menos gravedad. El aire comprimido en el pulmon tiende á rechazar excéntricamente las partes que le contienen, y de aquí el enfisema vesicular, el interlobular, y en algunos casos de coqueluche, hasta el enfisema general, porque si se desgarrá la parte interna del pulmon que está en contacto con el mediastino, el aire que en éste se infiltra puede llegar al cuello y al tejido celular periférico. Menos frecuentes son los casos de hernia del pulmon á través del espacio intercostal, pero no por eso dejan de presentarse alguna vez. La misma tension á que el aire de los pulmones está sujeto, impide la distribucion de la sangre en la red capilar de estos órganos, y de ahí el que este líquido se acumule en el corazon derecho y sucesivamente en el sistema venoso, ocasionando la coloracion amoratada de la cara, hemorragias cerebrales en los individuos predisuestos á la apoplejía, y todos los accidentes que son consecuencia de la dilatacion forzada en que se encuentra esa parte del sistema circulatorio. En cuanto á la cavidad abdominal, los gases violentamente comprimidos por la accion simultánea de los músculos espiradores, vencen en algunos casos la resistencia de las paredes abdominales en los puntos más débiles, dando lugar á hernias de los intestinos ó de alguna otra de las vísceras contenidas en esta cavidad.

§ 98.

Fuerza muscular desarrollada en el esfuerzo. — Cuando se desea conocer la fuerza relativa de diferentes músculos, puede decirse de un modo general que es tanto más considerable cuanto mayor es el peso del músculo, ó lo que viene á ser igual, cuanto mayor es el número de fibras elementales que entran en su composicion. Si lo que se quiere averiguar es la fuerza absoluta de la fibra muscular, las dificultades son casi insuperables, porque cuando los músculos se contraen para superar una resistencia cualquiera, ó para mover las palancas óseas á que están adheridos, tienen que vencer, en primer lugar, los esfuerzos moderadores de los músculos antagonistas, cuya resistencia adicional no es fácil precisar, y además las resistencias *indiferentes al efecto útil*, como el roce de los músculos con las partes inmediatas, el de las superficies articulares, el de los tendones con las correderas en que se deslizan, la pérdida de fuerza que resulta por la insercion oblicua de las fibras musculares en su tendon comun y por la desventajosa insercion de los músculos en las palancas que deben mover, etc., etc. De consiguiente, la fuerza real desarrollada por los músculos escapa á todo cálculo, porque si bien puede apreciarse el *trabajo útil* efectuado, no sucede lo mismo con el *trabajo resistente*, ó con el empleado en vencer las resistencias pasivas, que es á lo que se llama *pérdida muscular*.

Haciendo los experimentos con músculos separados del animal vivo, pueden obtenerse resultados más ó menos importantes, pero que no serán nunca la expresion de la verdad, porque la excitacion galvánica ó cualquier otro estímulo artificial no obra con la misma energía que el excitante nervioso, que es el natural, y porque el máximo de encogimiento de los músculos no es igual cuando están

aislados que cuando conservan sus conexiones naturales. De todos modos, los ensayos efectuados con este objeto no carecen de interes, y segun Weber, si se suspende un músculo por una de sus extremidades despues de haber colocado un ligero cuerpo en la otra, se observa que el peso que puede equilibrar su fuerza de retraccion cuando adquiere toda su intensidad, es decir, el máximum de carga que puede sostener bajo la accion de los más fuertes excitantes, es, en los músculos de la rana, de seiscientos noventa y dos gramos por cada centímetro cuadrado de su superficie transversal, y en los del hombre, segun Henke y Knorz, de seis á ocho mil gramos. De los mismos experimentos de Weber se deduce que la fuerza desarrollada por un músculo, varía, aunque se le sujete á la misma excitacion, segun sea el peso que sostenga. El hio-gloso de una rana, cargado con dos gramos, desarrolló una fuerza de cincuenta y un gramilímetros y medio, entendiéndose por gramilímetro la fuerza que se necesita para elevar un cuerpo que pese un gramo á un milímetro de altura. El mismo músculo, cargado con un peso de diez gramos, desarrolló una fuerza de ciento ochenta y tres gramilímetros; con un peso de veinte gramos, de treinta y dos gramilímetros, y con un peso de treinta gramos, de treinta gramilímetros; de lo cual resulta que la mayor cantidad de trabajo no corresponde ni al peso más pequeño ni al más considerable, sino al peso medio de diez gramos.

Si dejando á un lado la *fuerza absoluta* de los músculos, imposible de averiguar, segun acabamos de ver, nos proponemos apreciar la *fuerza mecánica* del hombre, representada por el trabajo útil que puede efectuar, sólo diremos que esta fuerza varía mucho, segun los individuos y segun el modo y forma de aplicarla. La experiencia ha demostrado que un hombre adulto y bien constituido, trabajando ocho horas en subir los escalones de una rueda

de clavijas, ejecuta un trabajo equivalente á su propio peso multiplicado por la altura total á que se eleva, lo cual representa comunmente 260.000 kilográmetros en las ocho horas, entendiéndose por kilográmetro la fuerza necesaria para elevar un kilógramo de peso á un metro de altura. Empleada la fuerza de cualquier otro modo, la cantidad de trabajo obtenida en el mismo tiempo no pasa de 190 á 200.000 kilográmetros. De acuerdo con este último dato, asegura Gavarret, que el número de unidades de trabajo ó de kilográmetros que el hombre puede producir por minuto es de 400, poco más ó menos, lo que viene á ser igual á cerca de seis veces el peso de su propio cuerpo.

Cuando se trata de un esfuerzo pasajero, como el que se necesita para levantar un fardo del suelo, la fuerza desarrollada puede ser bastante para elevar á cierta altura, en pocos segundos, 150 kilogramos poco más ó menos; pero esta actividad muscular exagerada dura poco tiempo.

De los diferentes movimientos musculares de que nos hemos ocupado, los involuntarios corresponden á las funciones nutritivas, y ya hemos visto que desempeñan un papel importantísimo en todas ellas. En cuanto á los voluntarios, relacionados más directamente con las de la vida animal, tienen por principal objeto contribuir á la locomoción activa del cuerpo y á la producción de la voz y de la palabra, cuyas funciones conviene estudiar separadamente.

CAPÍTULO X.

Condiciones de equilibrio y locomoción activa del cuerpo.

§ 99.

Condiciones de equilibrio en estado de quietud.—La estacion ó el estado de quietud del individuo comprende actitudes muy distintas, como la de estar de pié, echado, de rodillas y sentado, etc. En cualquiera de estos casos, excepto cuando el cuerpo descansa sobre un plano horizontal, obedeciendo libremente á las leyes de la gravedad, las potencias musculares no se hallan inactivas, porque sin su influencia no sería posible conservar el equilibrio.

Se llama posicion vertical, ó estar de pié, á la actitud en que el cuerpo está sostenido por la planta de los piés, apoyados en el suelo. Para conservar el equilibrio en esta posicion es indispensable que el centro de gravedad caiga dentro de la base de sustentacion, y que los músculos mantengan fijas ó en estado de rigidez las conexiones óseas movibles.

Para esto, la cabeza descansa en la articulacion occipito-atloidea, representando una palanca de primer género, cuyo *punto de apoyo* está en el atlas, la *resistencia*, en la parte anterior de la cabeza, que tiende á caer hácia adelante en razon de su peso, y la *potencia*, en los músculos de la region posterior del cuello, cuyas contracciones la inclinan hácia atras. Aunque la resistencia que los ligamentos amarillos situados entre las vértebras cervicales oponen á la flexion de la cabeza contribuye á que sean menos necesarias las contracciones musculares, si éstas faltan, como sucede durante el sueño, la cabeza se inclina hácia adelante hasta tropezar la barba con el pecho.

Cada una de las vértebras del ráquis representa tambien una palanca de primer género, cuyo punto de apoyo se

halla en el cuerpo de la vértebra, la resistencia en el peso de las vísceras torácicas y abdominales, y la potencia en los músculos que ocupan los conductos vertebrales. Como el brazo de la potencia es mucho menor que el de la resistencia, se necesitaría para conservar el equilibrio una gran fuerza de contraccion, si todos estos músculos no estuvieran tan enérgicamente favorecidos como lo están por los ligamentos amarillos de la columna vertebral.

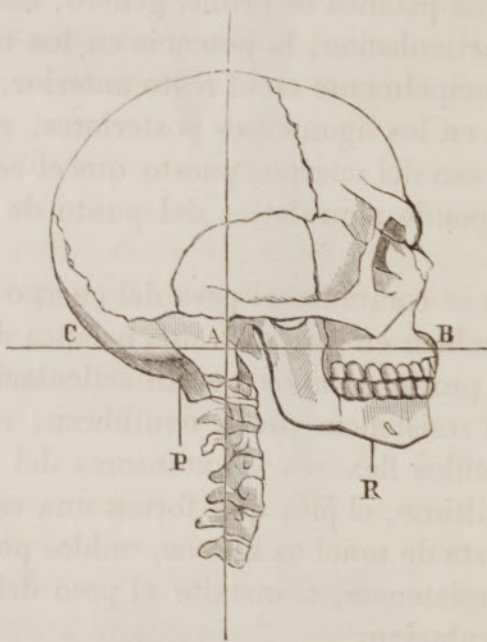


FIG. 70. — Posición de la cabeza en la estacion vertical representando una palanca de primer género, porque el punto de apoyo se halla entre la potencia y la resistencia. A, punto de apoyo en la articulacion occipito-atlóidea. AB, brazo de la resistencia cuya resultante corresponde al punto R. AC, brazo de la potencia cuya resultante corresponde al punto P.

La columna vertebral se apoya en la base del sacro, y su peso se transmite á la pelvis para recaer sobre las articulaciones coxo-femorales. Cada una de estas articulaciones representa tambien una palanca de primer género, cuyo punto de apoyo se halla en la cabeza del fémur, la potencia en los músculos glúteos y la resistencia en el hipogastrio. Aunque el centro de gravedad del tronco y de

la cabeza corresponde, en la posición vertical, detrás de la línea de unión de las articulaciones coxo-femorales, y aunque el tronco tiende por este motivo á inclinarse hácia la espalda, le retienen en su posición natural el ligamento ileo-femoral de la parte superior del fémur de cada lado, que se fija en la espina iliaca antero-inferior, la cápsula fibrosa y los demás ligamentos articulares.

El fémur se apoya en la extremidad superior de la tibia, que sostiene de este modo el peso del cuerpo, representando igualmente una palanca de primer género, con el punto de apoyo en la articulación, la potencia en los músculos extensores, principalmente en el recto anterior del muslo, y la resistencia en los ligamentos posteriores, en los cruzados y en el peso del cuerpo, puesto que el centro de gravedad corresponde algo detrás del punto de apoyo de la articulación.

De la tibia se comunica el peso del cuerpo al astrágalo, figurando también en este caso una palanca de primer género, con el punto de apoyo en la articulación y con la potencia y la resistencia que se equilibran, representadas por los músculos flexores y extensores del pié sobre la pierna. Por último, el pié, que forma una especie de bóveda compuesta de muchos huesos, unidos por ligamentos de grande resistencia, transmite el peso del cuerpo á la base de sustentación.

Cuando el individuo se sostiene sobre un sólo pié, descansan todos los músculos del lado opuesto desde la articulación coxo-femoral para abajo; pero en cambio, como la base de sustentación es muy pequeña y como el peso gravita por completo sobre la extremidad que se apoya en el suelo, la posición es incómoda y fatigosa, y el equilibrio poco estable.

También puede sostenerse sobre la punta de los piés, pero con los mismos inconvenientes que en el caso anterior, porque la base de sustentación es muy estrecha y los

músculos de la pantorrilla necesitan contraerse violentamente para sustentar el peso del cuerpo.

Este es el único caso de palanca de segundo género que se encuentra en la mecánica animal. El punto de apoyo se halla en la union de los metatarsianos y de las falanges, la potencia está representada por los músculos de la pantorrilla, y la resistencia por el peso del cuerpo que gravita hácia el suelo en la direccion de la tibia.

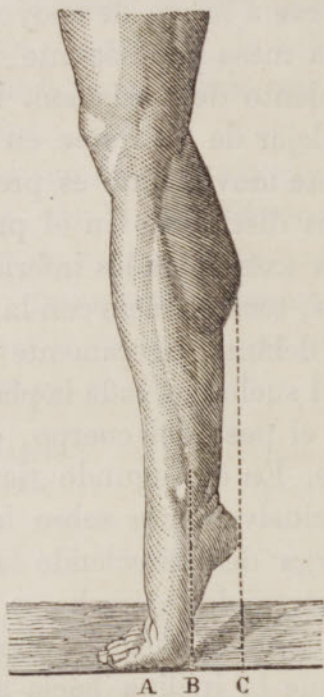


Fig. 71. — Estacion sobre la punta de los piés figurando una palanca de segundo género, por hallarse la resistencia entre el punto de apoyo y la potencia. *A*, punto de apoyo. *B*, resistencia equivalente al peso del cuerpo que gravita en direccion de la tibia. *C*, potencia representada por los músculos de la pantorrilla.

En la posicion de estar sentado descansan todos los músculos de los miembros inferiores y tambien algunos de los correspondientes á las articulaciones del tronco, porque la cabeza y la espalda pueden apoyarse en el respaldo de la silla ó de cualquier otro modo, segun las variadas posiciones que se pueden adoptar.

§ 100.

Locomocion activa del cuerpo. — Marcha. — Durante la marcha, lo mismo que en los demas movimientos de progresion, el cuerpo puede considerarse dividido en dos partes : la una, que comprende la cabeza, el tronco y los miembros superiores, representa la masa que debe ser transportada ; la otra, compuesta sólo de las extremidades abdominales, sirve á la vez de apoyo movible que sostiene el peso de esa masa y de agente impulsivo que le comunica el movimiento de traslacion. En la marcha, el cuerpo avanza sin dejar de apoyarse en el suelo, y para comprender bien este movimiento es preciso dividir cada paso en dos tiempos distintos. En el primero, el cuerpo se apoya en las dos extremidades inferiores : la derecha, colocada hácia atras, toca el suelo con la punta del pié ; la izquierda, que está delante, ligeramente doblada en la rodilla, descansa en el suelo con toda la planta del pié y está dispuesta á recibir el peso del cuerpo, que se inclina un poco hácia adelante. En el segundo tiempo, el peso del cuerpo gravita exclusivamente sobre la extremidad izquierda, que se alarga desapareciendo la pequeña flexion de la rodilla ; la extremidad derecha se levanta, doblándose algo la pierna sobre el muslo, y obedeciendo en parte á su propio peso, que la inclina hácia adelante, sigue el movimiento de traslacion dado al cuerpo, hasta que el pié descansa otra vez en el suelo, primero con el talon y despues con toda su base. En esta situacion el cuerpo se apoya, como en un principio, en las dos extremidades inferiores, sin más diferencia que la de estar delante la que se encontraba detras al iniciar el movimiento, para continuarlo por un mecanismo igual al precedente en los pasos sucesivos.

Segun los experimentos de Weber, el máximum de ve-

locidad que puede adquirir un hombre de estatura regular, en una marcha precipitada, es el siguiente :

Extension del paso.....	0 ^m , 8656
Duracion del paso.....	0'' , 332
Espacio recorrido en un segundo.....	2 ^m , 608
Espacio recorrido en una hora.....	9389 ^m ,

Esta velocidad excepcional sólo puede sostenerse corto tiempo, á no ser en sujetos acostumbrados á esta clase de ejercicio y dotados ademas de una aptitud particular. En la marcha ordinaria y sostenida, la velocidad suele ser de 6 kilómetros por hora, suponiendo que haya los períodos de reposo necesarios.

En *la carrera* se suceden los movimientos como en los pasos de la marcha, con la sola diferencia de que en el segundo tiempo hay un momento en que los piés están separados del suelo, transformándose cada paso en un pequeño salto. La mayor velocidad que puede obtenerse por medio de la carrera es, segun Weber, la siguiente :

Extension del salto.....	1 ^m , 7270
Duracion del salto.	0'' , 227
Espacio recorrido en un segundo.....	7 ^m , 600
Espacio recorrido en una hora.....	27360,

Sin negar que pueda haberse conseguido esta velocidad en algun caso extraordinario, es preciso convenir en que comunmente no pasa de 10 á 12 kilómetros por hora.

Así como en la estacion ó en el estado de quietud los huesos representan generalmente palancas de primer género, en la mayoría de los movimientos de locomocion funcionan como palancas de tercero, lo que no deja de ser extraño, porque precisamente esta clase de palanca es la que menos favorece la potencia, por tener el brazo de resistencia siempre mayor. En cambio, la distancia recorrida por la resistencia es algo más considerable que la recorrida por la potencia, de modo que *se gana en velocidad lo*

que se pierde en fuerza, que es sin duda lo que la naturaleza se ha propuesto en todos los movimientos del animal.

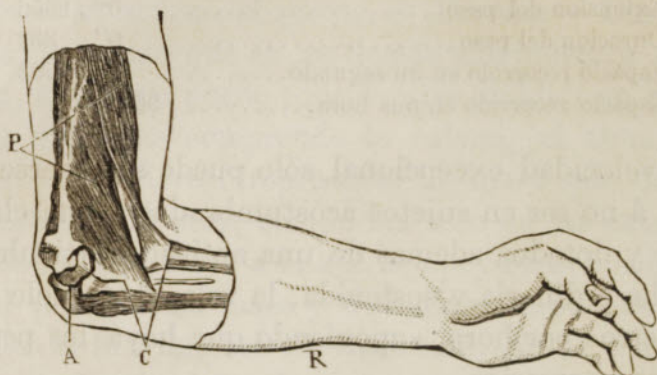


FIG. 72. — Movimientos de flexion del antebrazo sobre el brazo, representando una palanca de tercer género, por hallarse la potencia entre el punto de apoyo y la resistencia. A, punto de apoyo en la articulacion del codo. P, potencia — músculos flexores, biceps y braquial anterior — aplicada en el punto C. R, resistencia ó peso del antebrazo y de la mano.

Entre los variados ejemplos de palancas de tercer género que podríamos citar correspondientes á los movimientos de locomocion, lo haremos sólo de los que tienen lugar en la flexion del antebrazo sobre el brazo y en la de la pierna sobre el muslo.

En el primer caso, el punto de apoyo se halla en la articulacion del codo; la potencia está representada por el biceps y la resistencia por el peso del antebrazo.

En la flexion de la pierna sobre el muslo el punto de apoyo se encuentra en la articulacion de la rodilla; la potencia está representada por los músculos sartorio, recto interno y semitendinoso, y la resistencia por el peso de la pierna y del pié.

El salto no es más que uno de los pasos de la carrera ejecutado aisladamente. Cuando se salta con los piés juntos, las extremidades inferiores se encorvan en todas las articulaciones y despues adquieren de pronto su mayor grado de extension, elevando de este modo el cuerpo sobre el suelo á la manera de una vara elástica, que, despues de

haberla encorvado y comprimido de arriba abajo en el sentido de su longitud, se la suelta de repente. Se puede saltar hácia arriba ó hácia abajo, hácia delante ó hácia atras, etc., inclinándose siempre el tronco en el sentido de

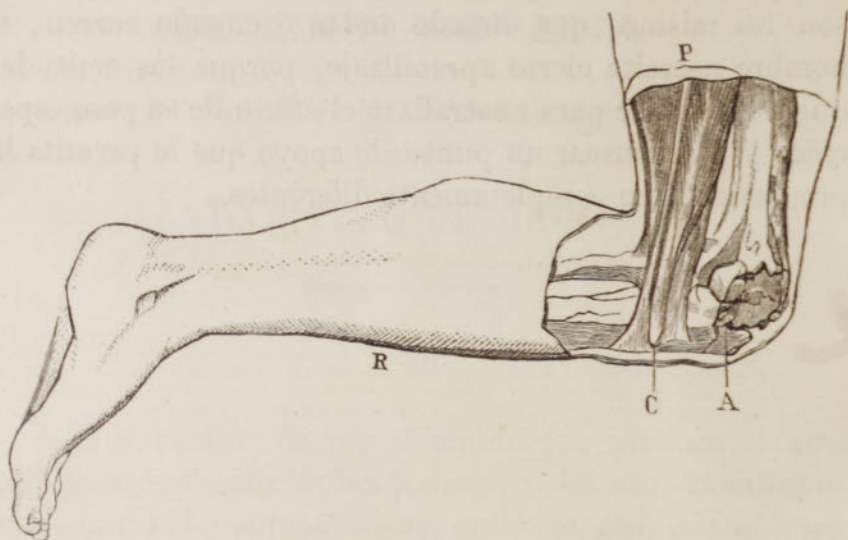
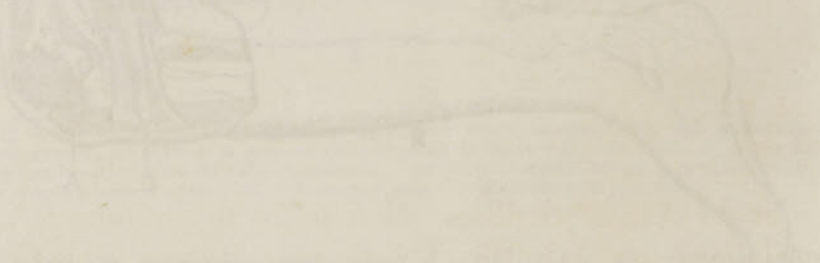


FIG. 73. — Movimiento de flexión de la pierna sobre el muslo, representando una palanca de tercer género. A, punto de apoyo en la articulación de la rodilla. P, potencia — músculos sartorio, recto interno semitendinoso y biceps crural — aplicada al punto C. R, resistencia resultante del peso de la pierna y del pié.

la proyeccion. Por medio del ejercicio puede llegarse á saltar de abajo arriba hasta cerca de 2 metros de altura, y de 5 ó 6 en la direccion horizontal.

Natacion. — El hombre puede sostenerse en el agua extendiéndose horizontalmente, ya sobre el dorso ó sobre el vientre, en la superficie del líquido. Para nadar no basta sostenerse; es preciso que el cuerpo avance, dirigido por la voluntad, en uno ú otro sentido. Se puede nadar de pecho y de espaldas, ó, como vulgarmente se dice, boca arriba y boca abajo. Lo mismo en un caso que en otro, la rápida extension de los miembros inferiores, despues de una grande flexion, contribuye por una parte á que el cuerpo no se hunda, desalojando cierta cantidad de líquido, y por otra, á que progrese hácia adelante, impulsado

por el movimiento de extension y por la resistencia que o pone el agua : los miembros torácicos influyen tambien en este resultado por un mecanismo análogo. De todos modos, así como de ordinario los animales nadan instintiva y naturalmente porque los movimientos que ejecutan son los mismos que cuando andan ó cuando corren, el hombre necesita cierto aprendizaje, porque las actitudes que debe tomar para neutralizar el efecto de su peso específico y para buscar un punto de apoyo que le permita la progresion, son completamente diferentes.



SECCION NOVENA

DE LA VOZ Y DE LA PALABRA

CAPÍTULO PRIMERO.

Organos de la voz.

§ 101.

Se da el nombre de *voz* al sonido que produce el aire en la laringe al salir de los pulmones. La voz, modificada en las cavidades supraglóticas, en las fauces, en las fosas nasales y en la boca, adquiere el caracter de *sonido articulado* que constituye la *palabra*. A la voz modulada de manera que los sonidos estén separados por intervalos fijos y regulares, se llama *canto*.

El aparato de la voz consta de tres partes distintas : la primera, destinada á conducir el aire á la laringe, está formada por los pulmones, bronquios y tráquea ; la segunda por la laringe, órgano esencial de la voz, puesto que en su interior es donde se producen los sonidos, y la tercera, por la faringe y por las cavidades de la nariz y de la boca, que en realidad no contribuyen á la formacion de los sonidos, pero que los refuerzan y modifican en su timbre.

Los fisiólogos están todos de acuerdo en que el órgano donde se forma la voz es la laringe, porque si se impide que el aire la atraviese haciendo una abertura en la tráquea, sobreviene la afonía, mientras que nada de esto

sucede si las lesiones se verifican por encima del cartilago tiroides.

La laringe es una especie de tubo cartilaginoso colocado en el trayecto de las vías respiratorias, perfectamente simétrico, prismático en la parte superior abierta en la faringe, cilíndrico en la inferior, que se continúa con la tráquea, compuesto de diferentes piezas, reunidas por medio de articulaciones y ligamentos, pero susceptibles de moverse las unas sobre las otras por la acción de músculos especiales.

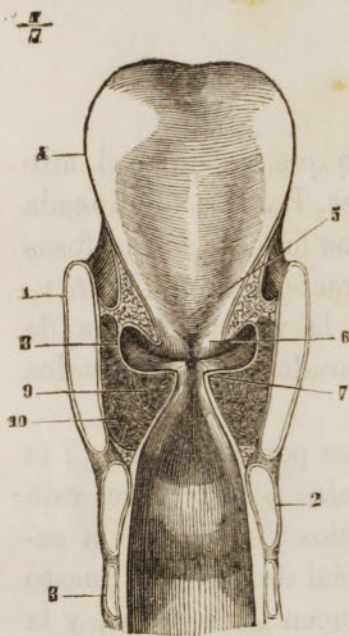


FIG. 74.—Corte transversal de la laringe. — 1, cartilago tiroides. — 2, cartilago cricoides. — 3, primer anillo de la tráquea — 4, Epiglotis. — 5, su rodete medio. — 6, cuerdas vocales superiores. — 7, cuerdas vocales inferiores. — 8, Ventriculos de Morgagni. — 9, Músculo tiro-aritenóideo — 10, músculo crico-aritenóideo lateral.

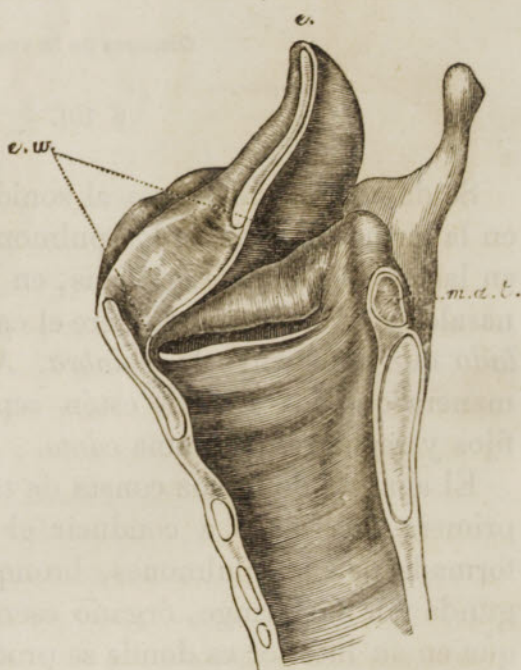


FIG. 75.—Laringe dividida por la línea media. — *m. a. t.*, músculo aritenóideo posterior. — *e. w.*, rodete de la epiglotis.

El armazon de la laringe se compone de cinco cartílagos : el *cricoides*, situado en la base, tiene la figura de

un anillo, y su borde inferior se articula con el primer cartílago de la traquearteria ; el *tiroides*, situado encima del cricoides y articulado con él, constituye la parte anterior y lateral de la laringe ; forma por delante una pequeña eminencia angulosa, más pronunciada en el hombre que en la mujer, llamada la *nuez*, y su borde superior se

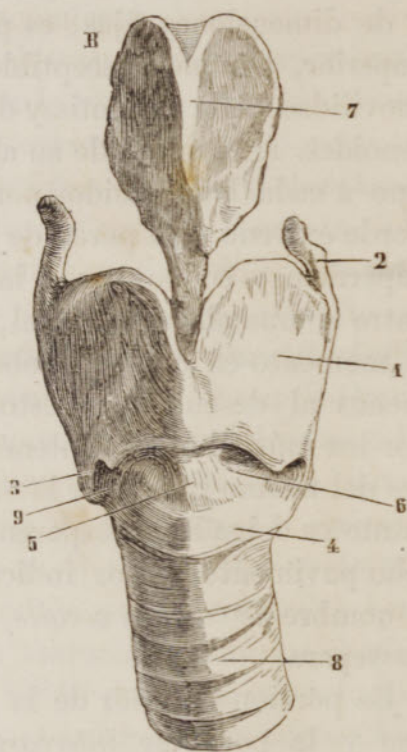
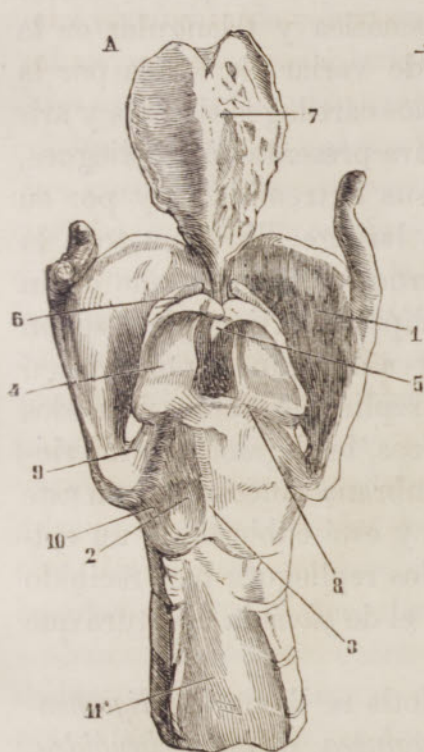


FIG. 76.—Cartilagos de la laringe vistos por detras.

FIG. 77.—Cartilagos de la laringe vistos por delante.

une al hueso hioides por medio de una membrana y de varios ligamentos ; los dos *aritenoides* forman la pared posterior de la laringe, descansan por su borde inferior sobre el cartílago cricoides con el cual se articulan, y sus lados se unen al cartílago tiroides por medio de músculos y de ligamentos ; por último, la *epiglotis*, especie de vál-

vula cartilaginosa, movable y muy elástica, unida al borde superior del cartílago tiroides y libre por el resto de su circunferencia, tiene por objeto tapar exactamente la abertura superior de la laringe durante la deglucion, y contribuir tambien, cuando se halla levantada y puede pasar el aire, al timbre y al reforzamiento de los sonidos.

La cavidad de la laringe, cilíndrica en su parte inferior y de dimensiones fijas, es prismática y triangular en la superior, aunque susceptible de variar de forma por la movilidad de la epiglotis y de los cartílagos tiroides y aritenoides. A la mitad de su altura presenta dos repliegues, uno á cada lado, unidos por sus extremidades y por su borde externo á la pared de la laringe, libres en toda la superficie y en su borde interno, de manera que dejan entre sí una abertura lineal, elíptica ó triangular, segun el momento en que se la observa ó segun se pone más ó menos al descubierto. Estos repliegues están formados por los músculos tiro-aritenóideos, los ligamentos inferiores del mismo nombre y la membrana mucosa, que en este punto es delgada, transparente y está cubierta de un epitelio pavimentoso. Los indicados repliegues han recibido el nombre de *cuerdas vocales*, y el de *glotis* la abertura que los separa.

La porcion anterior de la glotis se llama *interligamentosa* y la posterior *intercartilaginosa* ó *interaritenóidea*, porque está comprendida entre los cartílagos aritenoides. La primera de estas porciones es la que sirve para la voz; la segunda está más relacionada con la respiracion, y por eso se la conoce tambien con el nombre de *glotis respiratoria*. En la misma cavidad de la laringe y á ocho ó diez milímetros de altura sobre la glotis, se observan otros dos repliegues análogos á los anteriores, aunque menos salientes, formados por los ligamentos tiro-aritenóideos superiores, y designados con el nombre de *cuerdas vocales superiores*. Llámase *glotis superior* á la hendidura que estos re-

pliegues dejan entre sí ; *ventrículos de la laringe* al espacio comprendido entre la glotis y la glotis superior, y por último, *abertura superior de la laringe* á la que comunica con la faringe cuando no lo impide la epiglotis, que, como hemos dicho, la cubre durante la deglucion. Las dimensiones de la glotis varían segun los sexos y las edades : su longitud es, por término medio, de veinticinco milímetros en el hombre y de veinte en la mujer.

Los músculos de la laringe desempeñan un importantísimo papel en la produccion de la voz y pueden dividirse en dos grupos : el primero comprende los *crico-aritenóideos posteriores*, los *crico-aritenóideos laterales* y el *ari-aritenóideo*, cuyas contracciones contribuyen á aumentar ó á disminuir la abertura de la glotis ; el segundo comprende los *tiro-aritenóideos* y *cricotiróideos*, por cuyo medio se modifica la tension de las cuerdas vocales. Para el profesor Mandl el músculo tiro-aritenóideo es el que, bajo el punto de vista fisiológico, constituye la verdadera cuerda vocal, el único y verdadero elemento vibrátil entre los tejidos que componen los labios de la glotis. De manera que, segun esta opinion, no es el tejido elástico de las cuerdas vocales el que, distendido por los músculos que acabamos de indicar, entra en vibracion, sino que el verdadero cuerpo vibrante es el tejido muscular de las mismas cuerdas vocales, es decir, el músculo tiro-aritenóideo que se hace, al contraerse, eminentemente elástico y vibrátil.

Con el objeto de estudiar el mecanismo de la formacion de la voz, los fisiólogos han recurrido á los medios siguientes : primero, palpacion y auscultacion de la parte externa de la laringe ; segundo, examen del interior de este órgano por medio del *laringoscopio*, instrumento que consiste en un pequeño espejo que se fija encima de la entrada de la laringe y que está destinado, por una parte, á proyectar sobre el interior de la misma una luz intensa,

y, por otra, á conducir al observador la imagen de la parte iluminada ; tercero, examen de la laringe en los animales vivos, practicando aberturas por encima del cartílago tiroides ; cuarto, experimentos con laringes de cadáveres humanos, y quinto, experimentos con laringes artificiales. Este procedimiento ha permitido reconocer la parte que toma en la produccion de la voz cada una de las porciones del órgano laríngeo.

CAPÍTULO II.

Influencia de las diferentes partes de la laringe en la formacion de la voz.

§ 102.

Epiglotis. — Poniendo al descubierto la laringe por medio de aberturas practicadas en la region anterior del cuello de algunos perros, y obligándoles á gritar, se ha observado que ni el descenso, ni la elevacion, ni el corte completo ó parcial de la epiglotis alteraba el tono de los sonidos, confirmando lo manifestado por Haller, que ya dijo : *Epiglottis equidem nihil facit ad vocem et absque epiglottide de aves suavissimè canunt.* A pesar de todo, se admite generalmente que la epiglotis contribuye al timbre de estos sonidos, tanto por las vibraciones que experimenta durante la formacion de la voz, como porque al elevarse estrecha algo el istmo de las fauces y dirige el aire espirado hácia las fosas nasales.

Cuerdas vocales superiores. — Segun los experimentos de Longet, las cuerdas vocales superiores no toman la menor parte en la produccion de la voz ; así es que no sufre alteracion alguna aunque se corten ó destruyan.

Ventrículos de la laringe. — La destruccion de las paredes de los ventrículos no impide la produccion de los sonidos, siempre que las cuerdas vocales inferiores no expe-

rimenten alteracion. No obstante, los ventrículos están sin duda destinados á reforzar la voz, del mismo modo que las demas cavidades supraglóticas, y no sería extraño que influyeran en el tono, segun el mayor ó menor grado de tension de sus paredes.

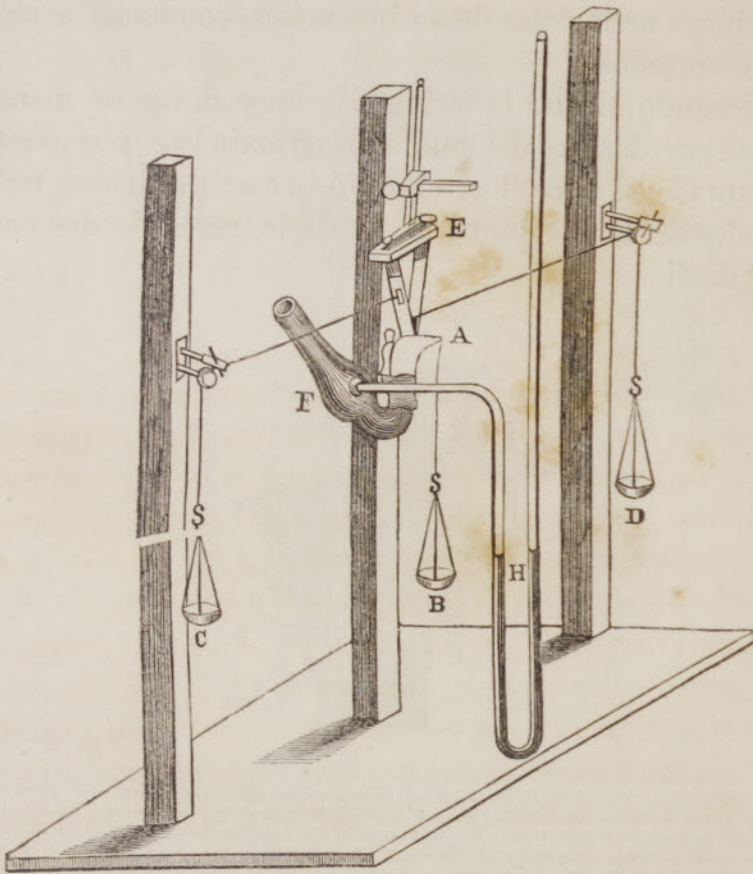


FIG. 78. — A, laringe cuya base está sujeta á un vástago. — B, platillo de balanza colgada de borde del cartilago tiroideo, en el que se colocan pesos para que, obrando á la manera de los músculos crico-tiroideos, ponga tensas las cuerdas vocales. — C y D, otros pesos colgados de las laminillas E, para que, obrando á la manera de los músculos crico-aritenóideos laterales, aproximen los bordes de la glotis. — F, tubo que se continúa con la tráquea, al que se aplica un fuelle para impeler el aire á través de la laringe — H, manómetro que indica la presión del aire á su paso por la glotis.

Cuerdas vocales propiamente dichas, ó cuerdas vocales inferiores. — Los experimentos de la mayor parte de los fisiólogos están de acuerdo en que las cuerdas vocales in-

feriores son los principales órganos de la voz ; así es que, segun Longet, cuando se cortan ó destruyen en los animales vivos, sobreviene la afonía aunque las demas partes de la laringe no hayan sufrido la menor alteracion. Los experimentos efectuados pqr Müller en la laringe del cadaver, y los de Harles, Merkel y Fournié, que se sirven de laringes artificiales de su invencion, conducen á idénticos resultados.

Colocando Müller la laringe de un cadaver de manera que las cuerdas vocales pudieran aproximarse y separarse á voluntad del operador, observó que se producían todos los tonos de la voz humana, es decir, cerca de dos octavas y media.

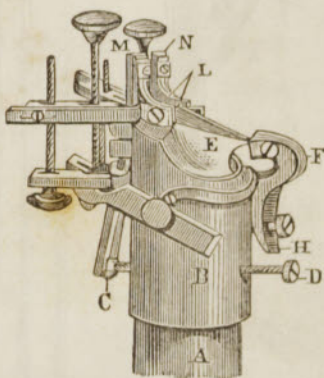


FIG. 79.—Laringe artificial de M. Harless.—*A*, tubo por donde penetra el aire. — *B*, pieza circular fija sobre *A* por los tornillos *C* y *D*. — *E*, cuerdas vocales de goma elástica ó de túnica de una vena gruesa. — *F* y *H*, pieza que, figurando el cartilago tiroídes, permite la distension de las cuerdas vocales, sujetas posteriormente en *L*, *M* y *N*, piezas que representan los cartilagos aritenóideos. El resto del aparato está compuesto de un sistema de tornillos y palancas, por cuyo medio se consigue la mayor ó menor aproximacion de los bordes de la glotis, la tension de las cuerdas vocales, etc,

Siempre que aumentaba la tension de las cuerdas vocales, los sonidos eran agudos, y graves si las relajaba. Para conocer el grado de presion con que el aire atravesaba la laringe, impelido por un fuelle desde la tráquea hácia la glotis, adoptó convenientemente un manómetro de mercurio, y de este modo pudo observar que, cuando aumen-

taba la fuerza del fuelle, sucedía lo propio con la intensidad del sonido y se hacía más agudo, probablemente por el aumento de tensión que adquirirían las cuerdas vocales á consecuencia de la mayor presión de la corriente atmosférica.

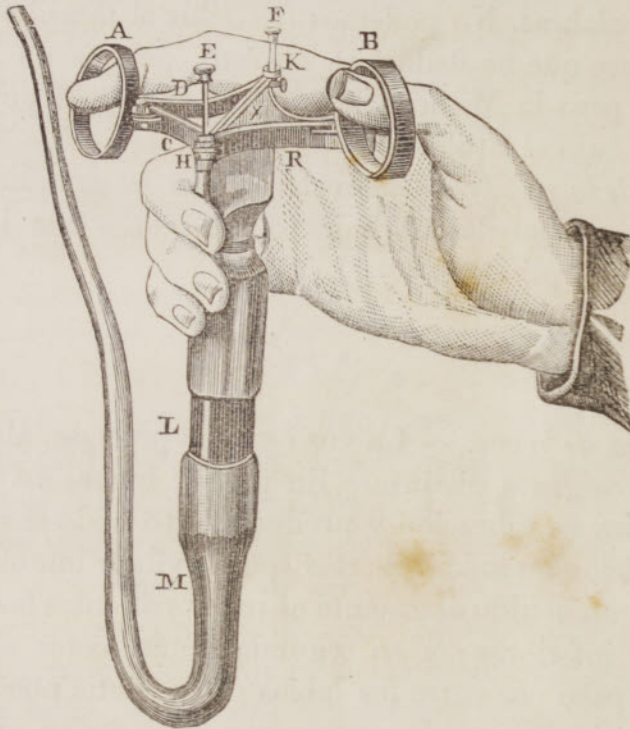


FIG. 80. — Laringe artificial de M. Fournié.—A y B, anillos por medio de los cuales se ejerce la presión.—C y D, resortes para distender la embocadura de goma elástica que representa las cuerdas vocales.—E y F, vástagos de acero.—H y K, articulaciones de los vástagos con los resortes.—L, tubo metálico.—M, tubo de goma elástica.—X, embocadura de goma elástica.

En el aparato de Mr. Harles, á que ha dado el nombre de *laringe artificial*, las cuerdas vocales están representadas por membranas que se ponen más ó menos tirantes por medio de tornillos, y los resultados que con él se obtienen confirman los experimentos de Müller en todo lo que tienen de más esencial.

La laringe artificial de M. Fournié, más sencilla que la

anterior, está fundada en los mismos principios, y se obtienen, por su medio, idénticos resultados.

El Sr. D. Severino Perez y Vazquez ha construido un aparato mucho más perfecto que los que acabamos de indicar, puesto que no sólo produce los diferentes sonidos de la voz humana, sino que pronuncia gran número de letras y palabras. No podemos describir el *tecnefon*, que es el nombre que ha dado á su aparato, porque no lo conocemos, pero la Memoria que en el año 1868 publicó en Madrid bajo el título de *El tecnefon y los medios representativos de la palabra*, demuestran bien la grandísima importancia de su descubrimiento, no menos que la de sus utilísimas aplicaciones.

§ 103.

Teoría de la voz. — La voz humana procede, al parecer, de dos orígenes distintos. En primer lugar, así como el aire entra en vibracion y produce cierto ruido al atravesar un orificio de paredes inertes, puede vibrar tambien y dar lugar á un sonido semejante al pasar por entre las cuerdas vocales inferiores; y en segundo lugar, como el aire al abrirse paso por entre los labios de la glotis puede hacer que las citadas cuerdas entren por su parte en vibracion, resulta un doble movimiento vibratorio, á cuya influencia se debe la produccion de los sonidos.

No basta esto, sin embargo; lo mismo los instrumentos de cuerda que los de viento necesitan cuerpos *sonoros* que, vibrando unísonos, refuercen el sonido inicial, porque en otro caso casi no sería perceptible. Una cuerda metálica, cuyas extremidades estén fijas en un cuerpo macizo, sólo produce sonidos débiles, y no obstante, la misma cuerda colocada con igual tension, sobre la caja de un violin ó de un contrabajo, da un sonido robusto y claro desde el momento que se la hace vibrar sacándola de su estado de

equilibrio. La flauta, el clarinete ó cualquiera otro de los instrumentos de viento perderían toda su importancia si se les privara del tubo que hace las veces de tímpano ó cuerpo sonoro y que refuerza y da nuevo vigor á los sonidos. En el cuerpo humano, el sonido producido en la laringe por la doble vibracion de que acabamos de hablar, se refuerza en toda la extension del tubo supraglótico, por la resonancia debida á la reflexion de las ondas sonoras en las paredes de las cavidades que atraviesan.

La gravedad y agudeza de los sonidos depende del número de vibraciones sonoras que se efectúan en un tiempo dado ; y como el número de vibraciones que ejecuta una cuerda aumenta segun su tension ; como suponiendo esta tension constante, el número de vibraciones está en razon inversa de su longitud ; y como aun en igualdad de circunstancias, el número de vibraciones está en razon inversa del radio de la misma, y es inversamente proporcional á la raíz cuadrada de su densidad, resulta que todo lo que puede influir en la tension, en la longitud, en el grueso y en la densidad de las cuerdas vocales influye tambien en el tono de la voz. Así, la contraccion de los músculos crico-tiróideos, la de los tiro-aritenóideos, segun Mandl, y la expulsion violenta del aire contenido en los pulmones, circunstancias todas que aumentan la tension de las cuerdas vocales, elevan la altura de los sonidos. Así tambien, ciertas contracciones parciales de los tiro-aritenóideos, la aproximacion íntima de la aristas anteriores internas de los aritenóideos y la pequeña dimension que á veces tiene la laringe, como en las mujeres ó los niños, causas todas que disminuyen la longitud de las partes vibrantes de las cuerdas vocales, elevan del mismo modo la altura de los sonidos. Así, por último, la inyeccion sanguínea, ó la simple irritacion de la membrana mucosa laríngea, que aumentan el grosor ó la densidad de los labios de la glotis, bastan para ocasionar la ronquera.

La intensidad de la voz depende de la amplitud de las vibraciones sonoras, y esta amplitud deriva en parte del esfuerzo más ó menos considerable con que el aire espirado atraviesa la glotis, y, además, del diferente grado de tensión en que se encuentran las cuerdas vocales y las paredes de las cavidades supraglóticas.

Si el timbre de la voz depende, como asegura M. Helmholtz, del número de sonidos armónicos que se producen al mismo tiempo que el sonido fundamental y de la intensidad relativa de estos sonidos, no es de extrañar que influyan en el referido timbre la naturaleza y configuración de todo el aparato vocal. Sólo así se comprende que cada persona tenga su metal de voz característico y que se distinga del de todos los demás aunque hablen ó canten en el mismo tono y con igual intensidad. La forma y la longitud de las cavidades supraglóticas, á las que podríamos llamar tubo de embocadura, contribuyen, en efecto, siquiera no sea más que por su resonancia, á que se produzcan ciertos ruidos y tonos accesorios que, combinados con el fundamental, dan lugar al timbre; pero conviene tener presente que también contribuye al mismo resultado la disposición particular de los bronquios y de la tráquea. Por eso se observa que, en los sonidos ordinarios, no sólo resuenan estos conductos á consecuencia del aire comprimido que contienen por el estrechamiento que experimenta la glotis, sino que también resuenan las paredes torácicas; razón por la cual á la voz fuerte y llena que resulta en este caso se la llama *voz de pecho*. En los sonidos de falsete casi no hay resonancia, porque la glotis está mucho más abierta, y sólo se la percibe en el tubo de embocadura, es decir, en las cavidades supraglóticas, como la nariz y la boca, siendo esta la causa de que á la voz de falsete se la llame también *voz de cabeza*.

§ 104.

Palabra. — El sonido formado en la laringe sufre modificaciones especiales á lo largo del conducto vocal, que le imprimen el caracter de *sonido articulado* ó de *palabra*. Para que tengan lugar estas modificaciones, á las que contribuyen la faringe, el velo del paladar, la lengua, los carrillos, los dientes y los labios, se necesita que estos órganos experimenten cambios de forma ó de posicion, y los movimientos voluntarios que para esto son precisos, sólo se aprenden con la imitacion y con el auxilio del oido y de la inteligencia. Los idiotas y los imbéciles no hablan por lo general, aunque su laringe esté en condiciones regulares. Tampoco los sordos de nacimiento articulan los sonidos, y sólo á fuerza de ingenio y de trabajo se consigue que pronuncien algunas frases incorrectas.

Aunque la palabra necesita comunmente la intervencion de la laringe, porque si no se producen en ella los sonidos, no es posible hablar en *alta voz*, cuando cuchicheamos ó hablamos en *voz baja*, no hace falta esta intervencion. Bourguet tuvo ocasion de observar á un hombre que respiraba por la tráquea, abierta á consecuencia de un conato de suicidio, y á pesar de que el sonido laríngeo había desaparecido, hablaba en voz baja sin la menor dificultad. Lo mismo sucede en la generalidad de los casos de traqueotomía, pues aunque la voz se extingue porque el aire espirado no pasa ya por la laringe, ó porque pasa en muy corta cantidad y sin producir ruido, no desaparece la posibilidad de cuchichear.

No deja de ser notable tambien el que pueda hablarse clara y distintamente despues de la destruccion de la lengua ó de su falta congénita, cuando por tanto tiempo se ha creido, y cuando hoy mismo se cree por la generalidad de los fisiólogos, que sin este órgano *no es posible* la formacion de la palabra. Longet, sin embargo, cita algunos

casos, al parecer perfectamente comprobados, de los que se deduce que esta imposibilidad no existe. Una niña observada en Lisboa, que había nacido sin lengua y que sólo tenía en su lugar una eminencia en forma de mamelon, de tres á cuatro líneas de altura, hablaba distintamente y con facilidad. Una muchacha de veinte años, que desde la edad de cuatro había perdido la lengua, habló y cantó correctamente en presencia de comisionados de la Sociedad Real de Lóndres, los cuales declararon que carecía por completo del expresado órgano vocal. Una niña de ocho años, observada por Bonami, médico de Nantes, se hallaba en igual caso, y, despues de tres ó cuatro años de mudez, consiguió volver á hablar. Si estos y otros casos análogos que se citan son exactos, será preciso admitir que los labios pueden suplir, hasta cierto punto, la falta de la lengua despues de un aprendizaje prolongado ; pero aun así demostrarían tambien que, tanto con respecto á este punto como con relacion á lo que hemos dicho acerca de la posibilidad de hablar en voz baja, con independencia de los sonidos laríngeos, se necesitan nuevos estudios que aclaren las dificultades que ahora ocurren para comprender su mecanismo.

Las palabras, que son los signos sonoros de que los hombres se valen para entenderse mutuamente, están compuestas de sílabas, y éstas de letras, que pueden ser vocales y consonantes. Las vocales se distinguen de las consonantes en que vienen ya casi formadas desde la glotis, mientras que éstas últimas exigen un trabajo más ó menos complicado de las partes supraglóticas. Para la pronunciacion de la *a*, por ejemplo, basta que abramos moderadamente la boca ; para la de la *u*, alargamos el tubo vocal, haciendo descender la laringe y extendiendo los labios hácia adelante, y para la de la *i*, ejecutamos lo contrario. En la pronunciacion de las consonantes trabaja principalmente la lengua, por la variedad de formas que

toma, fijándose en diferentes puntos de la boca, de donde proviene la denominacion de *labiales*, *dentales*, *labio-dentales*, *linguo-palatinas*, etc., con que se distinguen estas letras.

Hay ocasiones en que algunas consonantes se articulan con cierta dificultad, ocasionando momentos de pausa involuntaria, seguida de una especie de explosion de sonidos entrecortados. A este fenómeno se llama tartamudez, y su causa principal parece residir en el sistema nervioso, razon por la cual no es siempre constante y se reproduce con más facilidad bajo la influencia de las excitaciones morales.

El aparato de la fonacion se halla bajo la dependencia del nervio laríngeo inferior, que segun todas las probabilidades, no se deriva, como parece, del pneumogástrico, sino de la rama interna del espinal; y es digno de notarse, segun hace observar Küss, que otros ramos de este nervio se dirigen á los músculos externo-cleido-mastóideo y trapecio, que tanta influencia tienen en los movimientos de expresion, como sucede al levantar las espaldas o al hacer signos negativos con la cabeza, por cuya razon puede considerarse al nervio espinal como especialmente destinado á la *mímica* y á la fonacion.

§ 105.

Silbido. — La produccion del silbido tiene alguna analogía con la de la voz. Dirigiendo los labios hácia adelante y contrayéndolos de manera que dejen entre sí una abertura más ó menos redondeada, se forma una especie de glotis artificial, que, bien porque entra en vibracion cuando el aire la atraviesa, ó porque éste vibra por sí, produce un sonido particular, susceptible de diferente tono y de distinta intensidad. La abertura de los labios es casi redonda y bastante grande en los sonidos graves; en los agudos se hace elíptica y queda reducida á una hendidura estrecha. La lengua, por su parte, contribuye al mismo resul-

tado, pues se aproxima á los dientes incisivos inferiores y los toca, en los sonidos agudos, separándose de ellos en los graves; tambien se aumenta ó disminuye con el mismo objeto el espacio que media entre los labios y los dientes incisivos. En igualdad de circunstancias, cuanto más fuerte es la impulsión con que el aire atraviesa esta abertura, más agudo y más intenso es el silbido.

Segun Cagniard de la Tour, si se pone entre los labios un disco de corcho de 5 milímetros de grueso con un orificio en su centro de 2 á 3 milímetros de diámetro, se produce el mismo efecto que con los labios, y en esto se funda para sostener que no son las vibraciones de estos órganos las que producen el sonido, sino las del aire, que sufre entre sus paredes un roce intermitente. Los fisiólogos, sin embargo, no están de acuerdo en este punto.

Se ha dicho que el centro nervioso que preside la coordinación de los diferentes movimientos indispensables para la producción de la palabra, reside en los lóbulos anteriores del cerebro, en la isla de Reil, segun Auburtin, y en la tercera circunvolucion del hemisferio izquierdo, segun Broca; pero aunque la imposibilidad de hablar—*afasia*—coincide en algunos casos con lesiones de estas partes del cerebro, son demasiado contradictorios los datos que acerca de este punto se poseen, para que pueda deducirse ningun resultado positivo. De todos modos, lo que parece más probable es que el centro nervioso que preside la fonación y la producción de la palabra reside en la médula oblongada, y el que preside la memoria de estas palabras en el cerebro. Por eso no debe confundirse la *afasia*, que es la pérdida de la facultad de pronunciarlas, con la *amnesia*, que es la pérdida de la facultad de recordarlas. En el primer caso, el enfermo puede todavía manifestar sus pensamientos por escrito; en el segundo, ya no puede expresarlos sino señalando los objetos que desea.
