

311. Apreciación de la Solidez—Estereoscopio.—*Cuando se ve con los dos ojos un cuerpo de tamaño moderado y que por el tacto se sabe que es sólido, sus imágenes formadas por ámbos ojos necesariamente han de ser diferentes (pues la una mostrará mejor el lado derecho y la otra el izquierdo). Sin embargo, las dos se incorporan en una imagen común, que da la impresión de solidez.*

Recíprocamente, si las dos imágenes, que resultan de mirar un cuerpo sólido por el lado derecho y por el izquierdo, se fijan sobre las retinas de ámbos ojos de tal modo, que se confundan en una imagen común, la mente juzgará que proceden de un sólido, único capaz, en circunstancias ordinarias, de producirlas.

El estereoscopio está fundado en este principio. Prescindiendo de su forma, está ideado de modo, que presenta las imágenes de dos pinturas de un cuerpo sólido, tales como las apreciarían el ojo derecho y el izquierdo de un espectador; cuyas imágenes hieren aquellas mismas partes de las retinas de la persona que está mirando con el estereoscopio, que serían afectadas si realmente procediesen de un solo cuerpo sólido. Así la mente juzga sin detención que se originan de un solo cuerpo sólido externo, y ve ese mismo cuerpo sólido en lugar de las dos pinturas.

La operación del entendimiento con motivo de las sensaciones que le ofrecen los dos ojos es exactamente comparable con la que se verifica cuando, por solo tomar una bolita entre el índice y el pulgar, declaramos sin más éámen que es una sola esfera (p. 244). Lo que en verdad se presenta á la mente por el sentido del tacto en este caso, no es en manera alguna la sensación de un cuerpo esférico, sino dos sensaciones distintas de dos superficies convexas. La convicción de que esas dos distintas convexidades pertenecen á una esfera, es el resultado de un juicio ó de un procedimiento racional, fundado en muchos datos de experiencia presente y pasada, de cuya operación no nos damos cuenta distintamente.

CAPÍTULO XII.

DEL SISTEMA NERVIOSO Y DE LA INNERVACION.

SECCION I.—*Médula Espinal—Acciones Reflejas.*

312. Sistema Nervioso en general.—Los órganos sensorios son, como hemos visto, los conductos por donde los agentes físicos particulares pueden excitar los nervios sensorios con que aquellos órganos están relacionados; y la actividad de esos nervios se demuestra bien claramente por la que comunican al órgano central del sistema nervioso, que se manifiesta en forma de sensaciones.

También hemos visto que los músculos son instrumentos por cuyo medio un nervio motor, excitado por el órgano con que está en comunicación, se halla en aptitud de producir movimiento.

Los nervios sensorios, los nervios motores y el órgano central constituyen la mayor parte del *sistema nervioso*, que, juntamente con su función de *innervación*, debemos estudiar ahora algo más detenidamente y en su conjunto.

313. Sistemas Cerebro-espinal y Simpático.—El aparato nervioso está compuesto de dos juegos distintos de nervios con sus respectivos centros nerviosos, que, aunque se hallan íntimamente relacionados entre sí, será, sin embargo, conveniente estudiar por separado. Estos dos juegos ó combinaciones son, el sistema *cerebro-espinal* y el sistema *simpático*: el primero se compone del *eje cerebro-espinal* (en el que entran el *cerebro* y la *médula espinal*) y de los *nervios cerebrales* y *espinales*, que están en conexión con este eje; el otro comprende la cadena de los *gánglios simpáticos*, los nervios que de ellos nacen, y los filetes nerviosos que los unen entre sí y con los nervios cerebro-espinales.

314. Membrana del Eje Cerebro-espinal.—El *eje cerebro-espinal* está alojado en las cavidades del cráneo y de la

columna vertebral, cuyas paredes huesosas se hallan revestidas de una membrana fibrosa muy consistente, que sirve de periostio á los huesos de esta region, y que se llama *dura-madre* (*dura-máter*). El cerebro y la médula espinal, por su parte, están perfectamente encerrados en un tejido fibroso muy vascular, llamado *pia-madre* (*pia-máter*), que se confunde, en mas ó ménos extension, con la sustancia de ámbos órganos, juntamente con los vasos. Por entre la superficie exterior de la *pia-máter* y la interior de la *dura-máter*, pasa un tejido fibroso delicado, revestido de un epitelio, que se llama membrana *aracnóidea*. De modo que una de las telas de la aracnóides reviste el cerebro y la médula espinal, y la otra la dura-madre. Como estas telas se continúan y confunden en varios puntos, la aracnóides forma un saco cerrado, semejante al *pericardio*; y, del mismo modo que otras membranas serosas, segrega un flúido (*flúido aracnóideo*) en su parte interior. El espacio que media entre las dos telas, interior y exterior de la aracnóides en la parte del cerebro, es, en su mayor parte, muy estrecho; pero en la extension correspondiente á la médula espinal, es mas ancho.

315. Médula Espinal.—La médula espinal (Fig. 89) es una columna de una sustancia blanda de color blanco agrisado, que se extiende desde el extremo superior del conducto vertebral, donde se continúa con el cerebro hasta cerca de la segunda vértebra lumbar, donde remata en punta. Una profunda hendedura (*fisura anterior*), que penetra casi hasta su centro, la divide á lo largo por delante; otra igual de la misma profundidad (*fisura posterior*) la divide por detras en su línea media. La pia-madre sigue el contorno de estas hendeduras y contiene los vasos que alimentan con su sangre la médula espinal. A consecuencia de estas separaciones y de la interposicion de estos tejidos, resulta que las dos mitades de la sustancia espinal están solo unidas por una estrecha garganta de ella misma, y aun esta garganta contiene á lo largo un estrecho canal llamado *canal central* de la médula.

Cada una de las mitades de la médula está dividida longitudinalmente en tres partes iguales por las líneas de union de dos series paralelas de delicados hacesillos de filamentos nerviosos, que son las *raíces de los nervios espinales*. Las raíces de los nervios que brotan de la línea mas próxima á la superficie posterior de la médula, se llaman *raíces posteriores*; las de los que nacen á lo largo de la otra línea son las *raíces anteriores*. Cierta número de raíces anteriores y posteriores, al mismo nivel á uno y otro lado de la médula, toman direcciones convergentes y forman haces anteriores y posteriores, y entónces estos dos haces, el anterior y el posterior, se confunden en uno, llamado *tronco de un nervio espinal*; pero ántes de que esta reunion se verifique, el haz posterior presenta un ensanche, que se denomina *ganglio de la raíz posterior*.

Los troncos de los nervios espinales salen del conducto vertebral por los *agujeros de conjuncion*, que son unas aberturas que hay entre las vértebras, y desde allí se dividen y subdividen, yendo sus últimas ramificaciones á los músculos y á la piel.

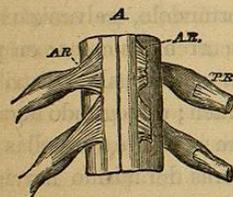


FIG. 89.

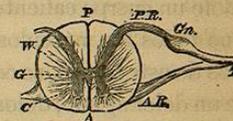


FIG. 90.

Médula espinal.—Fig. 89, vista de frente de una porción de la médula. A la izquierda, las raíces anteriores *A.R.* están enteras: á la derecha, están cortadas para que puedan verse las raíces posteriores *P.R.*
Fig. 90, seccion transversal de la médula. *A*, hendedura anterior; *P*, hendedura posterior; *G*, canal central; *C*, materia gris; *W*, materia blanca; *A.R.*, raíz anterior; *P.R.*, raíz posterior; *Gn.*, ganglio; *T*, tronco de un nervio espinal.

Treinta y un pares hay de estos nervios espinales, y, por consecuencia, de cada mitad de la espina sale doble número de grupos de raíces de nervios espinales, formados en dos series laterales.

316. Sección Trasversal de la Médula.—Una sección transversal de la médula (Fig. 90) pone de manifiesto que cada una de sus mitades contiene dos sustancias diversas, una *sustancia blanca* en su parte exterior, y otra *gris-rojiza* en la interior. Y esta sustancia gris está dispuesta de modo que, vista por la sección transversal, tiene figura como de media luna, con uno de sus extremos más abultado que el otro y con la concavidad mirando hacia afuera. Los dos extremos de esta media luna se llaman *cuernos*, *cuerno anterior* al que se halla delante, y *cuerno posterior* el de atrás. Los lados convexos de los cuernos de ambas mitades se aproximan uno á otro y están reunidos por la garganta ó puente en que se contiene el canal central.

Muchas de las fibras nerviosas de que se componen las raíces anteriores pueden observarse en el cuerno anterior, mientras que las de las raíces posteriores se ven entrar en el cuerno posterior.

317. Propiedades Fisiológicas de los Nervios.—Las propiedades fisiológicas de los órganos que vamos describiendo, son muy notables.

Si se irrita de cualquier manera el tronco de un nervio espinal, sea comprimiéndolo, cortándolo, galvanizándolo ó aplicándole un cuerpo caliente, ocurren dos cosas: en primer lugar, que todos los músculos en que se hallan distribuidos filamentos de este nervio, se contraen; en segundo lugar, que se siente un dolor agudo, dolor que se refiere á aquellas partes de la piel adonde alcanzan las fibras del mismo nervio. O, dicho en otros términos, el efecto de la irritación del tronco de un nervio es el mismo que resultaría si se irritaran las fibras que de él proceden en sus terminaciones.

El mismo efecto se obtendría de irritar cualquiera parte de las ramas del nervio, con la diferencia de que, cuando es una sola rama la excitada, tanto el dolor como las contracciones se limitan á aquellos músculos y á aquellas partes de la piel á que se extienden las fibras procedentes de aquella rama. Lo mismo se experimenta si se irrita cual-

quiera parte del tronco de un nervio más arriba del punto en que se unen los haces anteriores y posteriores.

318. Funciones de las Raíces Anteriores y Posteriores.

—Si se irrita, sea del modo que quiera, el haz anterior de las fibras radicales, solo se verificará uno de los dos efectos antes mencionados; es decir, que se contraerán todos los músculos correspondientes, pero no se sentirá dolor alguno.

Además, si el irritado es el haz posterior ó ganglionar, solo se sentirá también uno de los efectos, sucediendo al contrario que en los músculos no habrá contracción, pero se sentirá un dolor intenso en toda la superficie de la piel adonde alcanzan las fibras del nervio irritado.

Resulta claro de los experimentos que anteceden, que la facultad que tienen los nervios espinales de causar contracciones musculares, reside en las fibras que componen sus raíces anteriores; y que la de producir sensaciones está en sus raíces posteriores. Por eso se acostumbra llamar *motores* á unos nervios y á otros *sensorios*.

319. Parálisis Experimental.—Hay otros medios de comprobar la misma verdad. Si se cortan las raíces anteriores de un nervio espinal de un animal vivo, este pierde todo su imperio sobre los músculos á que alcanzan las ramificaciones del mismo nervio, quedando entera la sensibilidad de la región de la piel á que las mismas se extienden. Si se cortan las raíces posteriores, se pierde la sensación, pero subsisten los movimientos voluntarios. Pero si se cortan unas y otras raíces, ni hay movimientos voluntarios ni sensibilidad en las partes correspondientes al nervio; en cuyo caso se dice que hay *parálisis*, y la piel puede cortarse, ó quemarse sin que el animal experimente sensación alguna.

Si, después de cortadas ambas raíces, se irrita el extremo de la raíz del nervio motor que queda unida al tronco del nervio, los músculos se contraen; mientras que si con el otro extremo se hace lo mismo, no resulta ningún efecto aparente. Por el contrario, si se irrita el extremo de la raíz sensoria que queda unida al tronco, no hay efecto

aparente; pero si se repite la experiencia con el extremo unido á la médula espinal, inmediatamente se sigue un violento dolor.

Cuando de la irritacion de cualquiera nervio no resulta efecto aparente, no es probable, sin embargo, que las moléculas del mismo nervio dejen de sufrir alguna alteracion. Parece, al contrario, que en todos los casos ocurre en ellas el mismo cambio ó movimiento; pero un nervio motor no puede hacer aparente este cambio sino por medio un músculo; y un nervio sensorio tampoco puede manifestar este efecto sino con auxilio del sistema nervioso central.

320. Cambios Moleculares en los Nervios irritados.—

En todos los experimentos de que se ha hecho mencion se observa, ó se infiere, con entera certeza que, cuando se irrita un nervio, hay alguna cosa, probablemente un cambio en la disposicion de sus moléculas, que se propaga por sus fibras nerviosas. Siempre que se irrita un nervio, sea motor ó sensorio, y en cualquiera punto, inmediatamente se sigue la contraccion del músculo ó la sensacion en el órgano central. Pero si se corta el nervio ó se liga fuertemente en algun punto entre la parte irritada y el músculo ó el órgano central, el efecto cesa inmediatamente, lo mismo que cortando el alambre de un telégrafo, se interrumpe la trasmision de la corriente eléctrica. Cuando un miembro "se duerme," como solemos decir, es porque los nervios que sirven á este miembro se han sometido á una presion suficiente para destruir la continuidad nerviosa* de las fibras. Esto nos hace perder la sensibilidad en aquel miembro y el imperio de la voluntad sobre él, hasta que poco á poco se van reco-

* He dicho "continuidad nerviosa," porque su continuidad física no se interrumpe totalmente, sino solo la de la sustancia que sirve de conductor á la influencia nerviosa; ó tal vez no se interrumpe la de la misma sustancia, sino solamente la facultad conductriz de una parte de ella. Imagínese un cable telegráfico formado de delgados tubos de goma elástica, llenos de mercurio: si se estrangula este cable por una fuerte atadura, su "continuidad eléctrica" se habrá interrumpido, sin que por eso se destruya su continuidad física. Acaso esta analogía no sea exacta; pero puede servir de ayuda para comprender los fenómenos nerviosos.

brando ámbas cosas, cuando vuelve á establecerse la continuidad nerviosa.

Una vez adquirida esta nocion de un impulso que corre á lo largo de un nervio, fácil es pasar á concebir que nervio sensorio es aquel que, cuando se halla en actividad, lleva ó conduce un impulso al órgano central, ó es lo que se llama *aferente*; como tambien se forma idea de un nervio motor por la propiedad que tiene de trasladar un impulso que procede del órgano, y que por eso se dice *eferente*. Conviene mucho emplear estos vocablos para distinguir las dos grandes clases de nervios; porque, como veremos despues, hay nervios aferentes que no son sensorios, y tambien puede haber en el hombre, y con toda certeza los hay en los animales, nervios eferentes que no son motores, en el sentido de inducir contracciones musculares.

321. Desviacion Negativa.—Los nervios aferentes no se diferencian de los eferentes ni en su estructura ni en sus caracteres físicos y químicos. El impulso que se trasmite por ellos requiere cierto tiempo para su propagacion, que es sensiblemente mas lenta que la de otras fuerzas, aun mas que la del sonido.

Se ha observado que, durante la vida, el tronco de cada nervio se halla en estado de actividad eléctrica, estando los extremos de cualquiera de sus segmentos en distinta condicion polar que su superficie. Por lo cual, si se aplica un polo de un galvanómetro al extremo de un nervio cortado, y el otro á su superficie, se establece una corriente, y la aguja sufre un desvío de cierta extension, 20 grados por ejemplo. Si, permaneciendo las mismas circunstancias, se irrita el nervio (lo que da por resultado la propagacion de un impulso á través de sus moléculas) la desviacion de la aguja decrece inmediatamente, reduciéndose, digamos, á 15 grados.

Esto se llama *desviacion negativa*, y la importancia del experimento consiste en que viene á demostrar la existencia de una estrecha relacion entra la fuerza propia de la

materia nerviosa y una de las fuerzas ordinarias de la naturaleza, la electricidad: no debe sin embargo confundirse esta relacion con la identidad.

322. Propiedades de la Médula Espinal.—Hasta ahora se han concretado nuestros experimentos solo á los nervios. Vamos ahora á averiguar por un procedimiento semejante las propiedades de la médula espinal. Si esta se corta transversalmente (por ejemplo á la mitad de la espalda) las piernas y todas las partes del cuerpo surtidas por los nervios que se hallan por debajo de la seccion, quedarán insensibles é incapaces de todo movimiento, sean los que quieran los esfuerzos de la voluntad; al paso que todas las partes que se hallen al lado superior de la seccion, conservarán sus facultades ordinarias.

Cuando un hombre recibe una grave lesion en la espalda, ocurre con frecuencia que la espina sufre el daño equivalente á su division en dos, á lo que se siguen la parálisis é insensibilidad de la parte inferior del cuerpo.

Si, cortada transversalmente la médula de un animal, se irrita el extremo de abajo de la cortadura, ó que está separado del cerebro, ocurren movimientos violentos en todos los músculos que están en relacion con los nervios de la parte inferior cortada, pero sin que haya sensacion alguna. Por el contrario, si se irrita la raíz posterior de cualquier nervio unido á la parte de la médula que permanece en comunicacion con el cerebro, se causa un gran dolor, pero no hay movimiento en los músculos que están por debajo de la cortadura.

323. Accion Refleja por la Médula Espinal.—Puede decirse, pues, que, con relacion al cerebro, la médula es un gran nervio, motor y sensorio á la vez. Pero es mucho mas que eso; porque si se corta enteramente el tronco de un nervio espinal, de modo que quede interrumpida su comunicacion con la médula, aunque se irrite la piel en toda la parte á que llegan las fibras sensorias de este nervio, no se produce efecto alguno ni motor ni sensorio.

Pero si se corta la médula transversalmente, de modo que quede cortada su comunicacion con el cerebro, y se irrita la piel de la parte de abajo de la seccion, aunque no se verifica sensacion, puede ocurrir movimiento violento en todas las partes servidas por los nervios motores que parten de la médula por debajo de la seccion.

Así, en el caso supuesto de un hombre cuyas piernas están paralizadas é insensibles por efecto del daño que ha recibido en la médula espinal, si se le hacen cosquillas en las plantas de los piés, se producirá en las piernas un movimiento convulsivo. Y puede decirse mas en general, que mientras ámbas raíces de los nervios espinales se hallen unidas á la médula, basta la irritacion de cualquiera de los nervios aferentes para originar excitacion en algunos, ó tal vez en todos los nervios eferentes unidos á ella.

Si se corta la médula por segunda vez á alguna distancia de la primera seccion, los nervios eferentes situados por debajo de la segunda ya no se afectan por la irritacion de los nervios aferentes que caen por debajo de la cortadura, sino solo por la de los que están por arriba. O, en otras palabras, para que un impulso aferente pueda convertirse en otro eferente por virtud de la médula espinal, el nervio aferente debe hallarse en comunicacion material y no interrumpida con el nervio eferente por medio de la sustancia de la médula espinal.

Esta especial facultad de la médula, por la que puede convertir los impulsos aferentes en eferentes, es la que la distingue fisiológicamente de un nervio ordinario y le da la categoría de órgano central; esta facultad se llama *accion refleja*, y reside en la materia gris y no en la blanca, de las dos que componen la médula.

324. Distribucion de los Efectos Reflejos.—El número de nervios eferentes que pueden excitarse por la accion refleja de la médula espinal, no guarda proporcion con el de nervios aferentes que se estimulan por la irritacion que da origen á la accion refleja; tampoco basta una simple ex-

citacion del nervio aferente, causada de cualquier modo, para producir con la misma sencillez el arreglo y sucesion de los impulsos motores reflejados. Las cosquillas en la planta del pié son una simple excitacion de las fibras aferentes de sus nervios; pero para producir las acciones musculares que se manifiestan en los movimientos de la pierna, tiene que obrar una multitud de fibras eferentes en combinacion ordenada. De hecho, en muchos casos la accion refleja debe considerarse mas bien como una órden dada por un nervio aferente á la médula, y ejecutada por esta, que como una simple repercusion del impulso aferente producida en los canales eferentes que se le ofrecen mas á mano.

325. La Médula Espinal sirve de Conductor.—Es decir que uno de los oficios de la médula espinal es meramente transmitir las impresiones que van al cerebro y que parten de él; pero no hay que olvidar que ademas es un centro nervioso independiente, capaz de originar movimientos combinados, una vez recibido el impulso de un nervio aferente.

Considerándola como un simple conductor, ocurren estas preguntas: ¿conducen todas las partes de la médula todo género de impresiones indistintamente? ó ¿hay ciertos géneros de impresiones que se comunican solo por determinadas partes de ella?

Los experimentos que siguen, sirven para satisfacer en parte á las anteriores preguntas:

Si se corta transversalmente la mitad anterior de la sustancia blanca de la parte dorsal de la médula, la voluntad pierde toda su influencia sobre los músculos que están servidos por los nervios que quedan á la parte de abajo de la seccion. Si se corta del mismo modo la mitad posterior de la sustancia blanca en la misma region, no se nota alteracion alguna en la trasmision de los impulsos voluntarios. Lo que prueba que en la parte dorsal de la médula los impulsos nerviosos que proceden del cerebro, se comunican por la parte anterior de la sustancia blanca.

326. Poder Conductor de la Sustancia Gris.—Córtese al

través la mitad posterior de la sustancia blanca en un punto cualquiera, y un poco mas arriba córtese tambien la mitad anterior de la misma, de modo que todas las fibras blancas queden interrumpidas por una ú otra de las dos cortaduras, sin que se destruya la continuidad material de la médula ni tampoco se hiera la sustancia gris. Hecho esto, se observará que la irritacion de los nervios sensorios que corresponden á las partes que quedan por debajo de la seccion, excitará la sensacion de dolor tan fuerte como en circunstancias ordinarias. De donde se infiere que los impulsos aferentes que causan dolor cuando llegan al cerebro, pasan y se transmiten por la sustancia gris. Y aun por otros experimentos se sabe que con solo una pequeña porcion de esta sustancia que quede entera, basta para comunicar estos impulsos con toda su eficacia. Otra cosa muy singular se ha observado: que la irritacion de la misma sustancia gris no causa dolor.

Si se corta transversalmente una de las mitades de la médula, la derecha por ejemplo, por debajo de su punto medio, de modo que quede interrumpida toda continuidad entre las partes de arriba y las de abajo de la seccion, tanto las de la sustancia blanca como las de la gris, la irritacion de la piel del lado derecho del cuerpo en toda la region inferior á la línea de la seccion, causará el mismo dolor que si esta no existiese, pero la voluntad no tendrá poder sobre los músculos de dicha region. Lo que prueba que los conductos por donde se transmiten los impulsos aferentes deben de cruzar de un lado de la médula al opuesto; al paso que los impulsos eferentes, que vienen del cerebro, siguen su curso por el mismo lado de la médula en toda su extension.

A ser esto cierto, no puede dudarse que una seccion longitudinal, hecha exactamente por la mitad de la médula, debilitará, cuando no destruya enteramente, la sensibilidad de ámbos lados del cuerpo por debajo de la seccion: pero que dejará intacto el poder de la voluntad sobre los músculos. Experimentalmente se ha visto que así sucede.