

Tales son las diversas aplicaciones del frío á la cura de las enfermedades nerviosas. En la próxima leccion me propongo ocuparos con un asunto mucho mas complicado y para el que necesito toda vuestra atencion, y que es el empleo de la electricidad para la cura de estas mismas afecciones.

## LECCION TERCERA.

## DE LA ELECTRICIDAD MÉDICA.

RESUMEN.—De la electricidad médica.—Historia.—De la electricidad.—Nueva teoria de la electricidad.—De la intensidad de la corriente de los aparatos estáticos y de los aparatos dinámicos.—Fenómenos físicos de la corriente.—De la galvanocaustia.—Fenómenos químicos de la corriente.—Electrolisis.—Fenómenos fisiológicos de la corriente.—Accion sobre el sistema muscular.—Corriente propia de la rana.—Fenómeno electro-capilar.—Corrientes de polarizacion.—Accion sobre el sistema nervioso.—Accion sobre la circulacion.—Accion sobre la nutricion.—Técnica de la electricidad médica.—Eleccion de los diferentes aparatos.—Máquinas estáticas.—Aparatos de induccion.—Aparatos de corriente continua.

## SEÑORES :

Voy á dedicar esta leccion al estudio de la electricidad considerada como agente terapéutico; todos sabeis el papel que este agente desempeña en el tratamiento de las enfermedades del sistema nervioso, y me ha parecido conveniente daros á conocer la base fisiológica en que se funda esta medicacion. Pero para que comprendais bien este difícil asunto, me será preciso entrar en algunos detalles de fisica; porque si es verdad que no está obligado el médico á ser un físico profundo, debe conocer, sin embargo, los elementos que le permiten apreciar el valor del medio de que se sirve.

Desde el principio del siglo XVIII (1), época en

De la  
electricidad  
médica.

Historia.

(1) En 1743, Krüger, profesor de Helmstädt, fué el primero que aplicó con un fin terapéutico la preciosa experiencia de Nollet, que despues de haber suspendido á Du Fay con hilos de seda y puesto en contacto con una máquina de disco, sacó chispas de su cuerpo.

En 1744, Kratzenstein (de Hall) dió á conocer una memoria titulada *Lettre d'un physicien sur l'usage de l'électricité dans la médecine*, é insistió sobre los resultados que de ella se pueden obtener en las parálisis.

En 1748, Jallabert publicó una

que el médico de la reina de Inglaterra, Gilbert, dió el nombre de eléctricas á las sustancias que como el ámbar amarillo (ἤλεκτρον, ámbar), tenían la propiedad de atraer los cuerpos ligeros, esta parte de las ciencias físicas progresó sobremanera; pero hasta mediados del siglo XVIII no aparecieron las primeras aplicaciones de la electricidad á la terapéutica.

En vista de la curiosa experiencia del abate Nollet, que despues de haber suspendido á Du Gay por medio de cordones de seda y de haberle puesto en contacto con una máquina de disco, sacó chispas de su cuerpo, Krüger, profesor de Helmstädt (ducado de Brunswick), fué el primero que pensó, en 1743, aplicar este descubrimiento á la cura de las enfermedades. Al año siguiente, un médico de Halle, Kretzenstein, curó por este medio á una mu-

obra considerable sobre la electricidad y sus aplicaciones médicas.

En 1779, el abate Nollet empleó la electricidad en otras afecciones además de las parálisis. En el mismo año, Francisco de Sauvage de la Croix hizo aparecer tambien una monografía sobre la acción curativa de la electricidad.

En 1775, Antonio Van-Hæn, primer médico de María Teresa, demostró que no solamente se podian curar las parálisis, sino tambien el corea.

En 1779, apareció la obra de Manduit de la Varenne, que resumió ochenta y dos observaciones de enfermos tratados por la electricidad.

En 1780, Mazars de Cazelles dió ciento nueve observaciones de enfermos tratados por la electricidad estática. El mismo año, Bertholon publicó un tratado de la electricidad en dos volúmenes.

En 1783, Marat publicó una memoria sobre la electricidad y las ventajas que de ella se podian obtener (a).

(a) Kratzenstein, *Lettre d'un physicien sur l'usage de l'électricité dans la médecine*, Hall, 1746.—Jallabert, *Expérience sur l'électricité avec quelques conjectures sur ses causes et ses effets*, Genève, 1748.—Nollet, *Recherches sur les causes particulières des phénomènes électriques*, Paris, 1749, et *Rec. de lettres sur l'électricité*, Paris, 1753.—François de Sauvage de la Croix, *De hemiplegia par electricitatem curanda*.—Manduit de la Varenne, *Mémoire sur le traitement électrique appliqué à quatre-vingt-deux malades*, 1779.—Mazars de Cazelles, *Mémoire sur l'électricité médicale et l'histoire de cent neuf malades traités et la plupart guéris par l'électricité statique*, 1780.—Bertholon, *Traité de l'électricité du corps humain dans l'état de santé et de maladie*, 2 vol., 1780.—Marat, *Recherches physiques sur l'électricité*, 1782; *Mémoire sur l'électricité*, 1783.

jer afectada de parálisis del dedo pequeño; despues, Jallabert, de Génova, en 1748, obtuvo mucho mejor resultado en una enferma afecta desde hacia catorce años de una parálisis del brazo derecho, que curó en dos meses por el mismo medio. Algunos años despues, en 1775, el primer médico de María Teresa, Antonio Van Hæn, no solamente curó la parálisis, sino que tambien trató el corea.

A partir de esta fecha, los trabajos sobre la electricidad médica se sucedieron con rapidez y abundaron las observaciones: Manduit de la Varenne publicó ochenta y dos observaciones; Mazars de Cazelles refirió la historia de ciento nueve enfermos tratados por la electricidad, y entre los nombres de los médicos que en esta época se ocuparon del asunto, debemos citar el de un hombre que adquirió en nuestros fastos revolucionarios gran celebridad; me refiero á Marat. Hasta entonces solo se habian ocupado de la electricidad por el frote, pero á partir del fin del siglo XVIII, Galvani, y sobre todo Volta, debian modificar profundamente esta clase de investigaciones.

En 20 de setiembre de 1781, Galvani (1) hizo la curiosa experiencia de la rana que todos conocéis, y desde entonces se estableció entre Volta y él la dis-

(1) El 20 de setiembre de 1781, Galvani hizo su curiosa experiencia en la rana: habiendo suspendido á un balcon de hierro, por medio de un gancho metálico pasado por el nervio ciático, el cuarto posterior de una rana desprovista de su piel, le vió agitarse en violentas convulsiones siempre que, empujados por el viento, tocaban sus músculos con el hierro del balcon.

Este hecho habia sido observado muchos años antes por Swammerdam, pero no sacó de él ninguna

consecuencia, en tanto que Galvani dedujo que la rana era un verdadero aparato productor de electricidad, y que bastaba un arco metálico para desarrollarla.

Volta sostuvo opuesta opinion, y pretendió que la electricidad era producida por el arco metálico de que se servia, y la invencion de la pila pareció darle la razon. Sin embargo, Galvani, para apoyar su opinion, hizo notables experiencias, demostrando que poniendo en contacto un músculo de rana con

cion que debia dar lugar al descubrimiento de la pila, lo que pareció por entonces dar la razon al ilustre profesor de Pavia contra su colega de Bologne. En el dia, la historia, mas imparcial, atribuye partes iguales á los descubrimientos de estos dos célebres físicos. Mas fuera lo que fuese, en adelante solo se aplicaron á la cura de las enfermedades las pilas voltáicas, y la electricidad por el frote fué completamente abandonada. Pero en 1832, Faraday, por el descubrimiento de las corrientes de induccion, modificó nuevamente las aplicaciones de la electricidad médica, y se abandonaron las corrientes voltáicas para servirse únicamente de las corrientes farádicas.

Hasta estos últimos años, los médicos que se ocuparon especialmente de la electricidad médica contaron únicamente con el valor de una de las producciones de la electricidad, y en tanto que Duchenne (de Boulogne) no creía que estaba la curacion en la corriente farádica, Remak, y despues Legros y Onimus solo preconizaban las corrientes voltáicas; en fin, otros, mucho mas raros, insistian en la electricidad estática, como Reynolds en Inglaterra, y mas re-

el nervio ciático, sin intermedio de arco metálico, se obtenian tambien contracciones.

Mas adelante, los trabajos de No-

bili, Marianini y Matteucci, y sobre todo de Du Bois-Reymond, demostraron que Galvani tenia razon en contra de Volta (a).

(a) Galvani, *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius* (Compte rendu de l'Institut de Bologne, 1791, t. VII, Collezione delle opere edito ed inedite del prof. Galvani, p. 61, édit. 1841).—Swammerdam, *Bibliothèque nature*, 1738, t. II, p. 480.—Nobili, *Analyse expérimentale et théorique des effets physiologiques de la grenouille* (Bibl. univ., 1830, t. XLIV).—Marianini, *Mémoire sur la secousse qu'éprouvent les animaux au moment où ils cessent de servir d'arc de communication entre les pôles d'un électro-moteur* (Ann. de chim., 1829, t. XI).—Matteucci, *Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux*, 1844.—Du Bois Reymond, *Ann. de Poggendorf*, 1843, et *Ann. de chim. et de phys.*, t. XXX, p. 18.—Pouillet, *Rapport sur les mémoires relatifs aux phénomènes électro-physiologiques* (Compte rendu de l'Acad. des sciences, 1850, t. XXXI, p. 22).

cientemente Arthuis (a) en Francia. Mas adelante esta electricidad estática recobró nueva boga por los trabajos del profesor Charcot y de su discípulo Vigouroux.

En el dia, por el conocimiento mas profundo de los hechos, debemos rechazar este exclusivismo terapéutico; y como vereis, podemos obtener partes iguales de la electricidad farádica de la voltáica y de la determinada por el frote.

Seria por lo demas profundo error el creer que estas electricidades de orígenes diversos tienen diferentes cualidades, tales que se pueda compararlas, por ejemplo, á tres medicamentos diferentes: la electricidad es una y las diferencias que observamos en la produccion de los diversos aparatos voltáicos, farádicos y por frote, resultan como vereis de una cuestion de cantidad y de reunion.

Siempre que se modifica el equilibrio molecular de un cuerpo, por esta accion mecánica se produce electricidad (1); la electricidad es, pues, una parte

De la electricidad.

Nueva teoria de la electricidad.

(1) El fluido eléctrico es puesto en libertad siempre que por una accion mecánica y química se produce una ruptura del equilibrio en el estado molecular de los cuerpos.

En estos últimos años se ha abandonado la hipótesis creada de que todo cuerpo estaba cargado de dos fluidos eléctricos de nombres contrarios; fluido positivo y fluido negativo que neutralizaban, y que las acciones mecánicas y químicas tendian á separar.

Se considera hoy la electricidad como una de las transformaciones de la fuerza y hé aqui la hipótesis que se ha admitido: esta fundada, como la hipótesis de la luz, en la existencia del éter fluido imponde-

table que baña á todos los átomos de un cuerpo.

Cuando se ponen en presencia dos cuerpos cuyos átomos están rodeados de una cantidad indefinida de éter, cuando se obra mecánica ó químicamente en estos dos cuerpos, se rompe el equilibrio molecular, los átomos de un cuerpo contienen mas éter que el otro. Se dice que siempre que un cuerpo se encuentra en estas condiciones, está electrizado positivamente, en tanto que el que contiene menos éter lo está negativamente. De aqui la definicion de la electricidad; la electricidad es la diferencia que existe entre la cantidad actual de éter que impregna las moléculas de un

(a) Arthuis, *Traitement des maladies nerveuses par l'électrothérapie statique*, 3<sup>e</sup> édition, Paris, 1880.

de ese estado molecular de los cuerpos, y no es, en resúmen, mas que una modificacion de la fuerza. Se ha abandonado la antigua hipótesis de la existencia en cada cuerpo de dos electricidades de nombres contrarios y se ha adoptado en el dia otra teoría que asemeja la electricidad á esas dos grandes modificaciones del movimiento, la luz y el calor. En esta nueva hipótesis se supone que cada átomo de un cuerpo está rodeado de éter, de flúido imponderable que baña y penetra todos los cuerpos; por una accion química ó mecánica, se hace que ciertos átomos de un mismo cuerpo estén mas rodeados de éter que otros; estos átomos que poseen más éter, están electrizados positivamente, y los que le han perdido están electrizados negativamente; de aquí la nueva definicion de la electricidad que no será más «que la diferencia que existe entre la cantidad actual de éter que rodea á un cuerpo y la cantidad normal que deberá contener.»

Esta electricidad puede encontrarse en estado de reposo ó bien en estado de movimiento; de donde la division en electricidad estática y dinámina. Pero estática ó dinámica, esta electricidad tiene cualidades de tension y sufre resistencias que debeis conocer.

De la intensidad de la corriente.

Existe una fórmula, de todos conocida, que nos permite calcular la intensidad de una corriente eléctrica (1). Esta fórmula está representada por la ecuación

cuerpo y la cantidad normal que debería contener.

No existe mas que una sola diferencia entre la electricidad estática y la dinámica, y es que una es el flúido eléctrico en estado de reposo

y el otro es la electricidad considerada en actividad (a).

(1) Se llama *intensidad* de una corriente eléctrica, á la cantidad de electricidad que pasa en la unidad de tiempo á través de la seccion

(a) Mascart, *Traité d'électricité statique*.—Ganot, *Traité de physique*.—Bardet, *De l'exposition d'électricité au point de vue médical et thérapeutique* (*Bull. de théér.*, 1880, t. Cl. p. 289).

cion siguiente:  $I = \frac{E}{R}$ ; representando I la intensidad de la corriente; E la fuerza electro-motriz, es decir, la que lucha contra la reunion de los dos flúidos de nombre contrario puestos en libertad; y representando R la resistencia que resulta de la longitud del hilo y de su conductibilidad. A estos signos algebraicos, el congreso que se celebró con motivo de la notable exposicion de electricidad que habeis podido ver el año último (1881), ha sustituido con nombres que es preciso conozcais por haber entrado en el dominio de la electricidad médica para juzgar de una manera uniforme la intensidad de la corriente que se emplea: esto permite dar á las observaciones concernientes á los efectos de la electricidad un rigor científico que hasta ahora les faltaba.

A la unidad de fuerza electro-motriz representada en

recta de un circuito. La resistencia que opone este circuito, está representada por su longitud, por su seccion y por su conductibilidad, y la fórmula de esta resistencia será la siguiente:  $R = \frac{L}{CS}$ ; R, representa la resistencia; L, la longitud de este circuito; S, su seccion, y C, su conductibilidad.

En cuanto á la fórmula de la intensidad, está representada por  $I = \frac{E}{R}$ , representando I la intensidad; E, la fuerza electro-motriz, y C, su conductibilidad.

En el congreso de electricidad que tuvo lugar en 1881 durante la exposicion de electricidad, se han dado todas las medidas de la intensidad de las corrientes, nombres especiales, y hé aquí los que se han admitido:

La unidad de fuerza eléctrico-motriz se llama un *volt*, y la unidad de resistencia se llama un *ohm*. Una corriente de un volt pasando á un ohm, es decir, la unidad de fuerza eléctrico-motriz, obrando sobre la unidad de resistencia, produce una unidad de intensidad, es decir, un *ampère*.

Si el ampère es producido en una unidad de tiempo, un segundo, se tiene la unidad de cantidad eléctrica, es decir, un *coulon*. En fin, la unidad de capacidad, es decir, el aparato cuya capacidad puede encontrarse llena por una corriente, se llama un *farad*.

Para el uso médico, se han dividido los amperes por milímetros, y se han creado *miliamperes*. En general, se puede decir que la correa de Daniell tiene una fuerza eléctrica sensiblemente igual á un *volt* (a).

(a) Duter, *Cours d'électricité*, Paris, 1882.—Bardet, *De l'exposition d'électricité au point de vue médical et thérapeutique*, t. Cl. p. 289.

nuestra fórmula por la letra E, se ha dado el nombre de *volt*, en tanto que se ha dado el de *ohm* á la unidad de resistencia representada por la letra R. A la unidad de intensidad I se le da el nombre de *ampère*; es decir, para hablar en un lenguaje científico, que una corriente volt, pasando á un ohm, produce un ampère; y si este ampere se produce en un segundo, se tiene entonces la unidad de cantidad de electricidad, es decir, un *coulon*.

Prácticamente, el volt ó unidad de fuerza electromotriz está representado aproximadamente por una pila Daniell; en cuanto á la unidad de intensidad, es decir, al ampère, no es empleada en medicina por su mucha fuerza; así se le ha dividido en milímetros y se ha creado el *miliampere*. Sobre esta base se encuentra establecida la graduacion de ciertos aparatos y en particular los de Gaiffe.

De los aparatos estáticos y de los aparatos dinámicos.

Pero volviendo á nuestro asunto; la diferencia, como os dije, que existe entre los aparatos estáticos y los aparatos dinámicos, resulta de la tension y de la cantidad de electricidad que producen. En los aparatos estáticos se produce poca electricidad, pero tienen gran tension; los aparatos dinámicos, por el contrario, las pilas por ejemplo, producen gran cantidad de electricidad, pero gozan de poca tension; pero colocando estos aparatos en condiciones especiales se podrán obtener de ellos efectos análogos. Observad la chispa producida por una corriente de induccion, comparadla con la que da la máquina estática de Carré, y vereis que tienen igual intensidad.

La tension tiene, con relacion á las corrientes eléctricas, como ha dicho ingeniosamente el doctor Bardet, el mismo papel que la presion en los líquidos. Puede observarse, en efecto, que un rio que posea gran caudal de agua, sea incapaz de poner en movimiento la rueda de un molino, en tanto

que, por el contrario, un simple chorro de agua procedente de una montaña, podrá poner en movimiento toda la maquinaria de una fábrica. Igual sucede con la electricidad, y en tanto que las máquinas estáticas nos producirán efectos violentos, pero excesivamente cortos, las pilas, por el contrario, nos darán efectos prolongados, pero de pequeña intensidad. Los aparatos farádicos forman el término medio entre estos dos extremos; pero antes de entrar en las aplicaciones terapéuticas de estas diferentes corrientes, voy primero á estudiar rápidamente su accion sobre la economía.

Las corrientes producen ante todo fenómenos físicos de calor y de luz que se utilizan en medicina. El calor se emplea sobre todo en cirugía, estando basado en él la galvanocaustia, que permite practicar con facilidad gravísimas operaciones; por este medio se hacen las cauterizaciones punteadas tan útiles en el tratamiento de las neuralgias. Respecto á la luz, por ella no es posible introducir en las cavidades del cuerpo aparatos incandescentes, que iluminan las cavidades y hacen por lo tanto mas fácil y cómodo el diagnóstico de ciertas afecciones. El políscopo de Trouvé es una invencion que ha hecho progresar, como no puede menos de reconocerse, esta parte del exámen clínico.

Fenómenos físicos de la corriente.

Ademas del calor y la luz que pueden determinar el paso de una corriente eléctrica, ha utilizado tambien los fenómenos químicos que de ella resultan. Sabeis, en efecto, que cuando se hace pasar una corriente por una solucion salina, se produce una descomposicion de dicha solucion marchando el ácido al polo positivo, y la base, por el contrario, al negativo; de aquí el nombre de polo *ácido* dado al primero, y de polo *alcalino* al segundo. Modificaciones análogas se producen en los tejidos vivos, y en ellos

Fenómenos químicos de la corriente.

se funda la interesante acción de la electrolisis. Al hablar del tratamiento de los aneurismas, os indiqué ya las beneficiosas aplicaciones que en aquellos casos se podían hacer de la electrolisis; no insistiré, pues, más sobre ello, y únicamente os indicaré las importantes observaciones del profesor Le Fort, que ha demostrado cuán numerosas son las aplicaciones de las modificaciones íntimas determinadas en nuestros tejidos por las corrientes continuas. Empiezo por el estudio de la acción fisiológica de las corrientes eléctricas, acción que desempeña un papel importante en el tratamiento de las enfermedades del sistema nervioso. Examinaremos sucesivamente esta acción sobre el sistema muscular y el sistema nervioso sobre la circulación y, por último, sobre la nutrición.

Acción fisiológica de la electricidad.

Acción sobre el sistema muscular.

Respecto del sistema muscular sabemos desde las experiencias de Galvani (1), experiencias reproduci-

(1) Desde la experiencia de Galvani, experiencias hechas por Nobili, Matteucci y Du Bois-Reymond han demostrado la existencia de la corriente propia de la rana, que se encuentra, por lo demás, en los músculos de todos los animales y del hombre, pero que se debilita según ocupe el sujeto un grado más elevado en la escala animal. En el mismo individuo, el músculo da una corriente tanto más activa, cuanto más enérgicamente esté destinado á obrar durante la vida.

Estas experiencias han demostrado además que cada punto de superficie longitudinal de un músculo es positivo con relación al punto de la superficie trasversal, sea natural ó artificial.

Dos hipótesis se han creado para

(a) Hermann, *Untersuchungen über den Stoffwechsel der Muskel*, Berlin, 1867, et *Grundriss der Physiologie des Menschen*. Berlin, 1867, 2.<sup>a</sup> edición.—Du Bois-Reymond, *Conférence à l'institution royale de la Grande-Bretagne (Revue des cours scientifiques)*, 4.<sup>o</sup> año, núm. 3, 1867).—Onimus et Legros *Traité d'électricité*, pág. 100.

explicar estas corrientes eléctricas en los tejidos. Unos, como Hermann, han sostenido que había que atribuirlos á las reacciones químicas que ocurrían en el músculo. Cada músculo contiene, en estado normal, una sustancia llamada *inógena*, que se descompone en ácido carbónico, y en un cuerpo albuminoideo, la miosina, siendo esta descomposición la que daría lugar á la corriente eléctrica. Otros, como Du Bois-Reymond, han defendido otra hipótesis, basada en el estado molecular electro-motor de los músculos. Estas moléculas electro-motrices constituirían pequeños centros de acción química, volviendo las partes homólogas del mismo lado y obrando eléctricamente uno sobre otro (a).

das por Matteucci y Marianini, y sobre todo por Du Bois-Reymond, que existe una corriente muscular propia, no solamente del músculo de la rana, sino también de los músculos de toda la serie animal. Esta corriente, que se ha descrito con el nombre de *corriente propia de la rana*, ha sido explicada de diferente manera. Unos, como Hermann, han invocado las acciones químicas que ocurren en el músculo, y en particular la que sufre una sustancia, no aislada todavía, que ha descrito con el nombre de *inógena*; otros, por el contrario, como Du Bois-Reymond, han sostenido la hipótesis del estado muscular electro-motor de la sustancia muscular, representando cada molécula un elemento de pila que obra sobre las moléculas vecinas.

Todas estas teorías é hipótesis, que estuvieron muy en boga hace una quincena de años, están hoy abandonadas; porque la cuestión es más compleja de lo que antes se creía, y el descubrimiento de los fenómenos electro-capilares y el de las corrientes de polarización nos han demostrado cuán difícil era la explicación de la corriente muscular.

Respecto á los fenómenos electro-capilares (1),

(1) Becquerel ha estudiado fenómenos que ha descrito con el nombre de *electro-capilares*. Ha demostrado que dos disoluciones de naturaleza diferente, conductoras de electricidad, separadas por una membrana orgánica ó por un espacio capilar, constituirían un circuito electro-químico, que podía dar lugar á efectos químicos y mecánicos.

Este hecho, aplicado al organismo humano, demuestra que la mayoría de los elementos anatómicos presentan todos los elementos de un par electro-capilar. Existiría, pues, en nuestro cuerpo, un número considerable de pares electro-capilares

que darían lugar á corrientes de acción continua durante la vida, y algún tiempo después de la muerte.

Becquerel ha estudiado también la corriente formada por los huesos, los músculos y los nervios, é insiste, sobre todo, sobre las corrientes electro-capilares que se verifican entre la sangre y el líquido muscular. Ha demostrado que la parte de los capilares puesta en contacto con la sangre arterial, es el polo negativo, y el que corresponde á la serosidad y los tejidos, el polo negativo de un par electro-capilar.

En la sustancia nerviosa, Bec-

De los fenómenos electro-capilares.