

FACULTAD DE MEDICINA DE MÉXICO.

BREVES APUNTES

SOBRE

APLICACIONES DE LA ELECTRICIDAD A LA MEDICINA

TESIS INAUGURAL

QUE PARA EL

EXAMEN PROFESIONAL DE MEDICINA, CIRUGIA Y OBSTETRICIA

PRESENTA AL JURADO CALIFICADOR

SILVERIO R. GOMEZ

Alumno de las Escuelas Nacionales Preparatoria y de Medicina de México,
Practicante de número de las Secciones
Médicas de las Inspecciones de Policía del Distrito Federal.



MÉXICO

OFICINA TIP. DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO
Calle de San Andrés núm. 15. (Avenida Oriente 51.)

1899



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A la sagrada memoria de mi adorada madre

D^a FELICITAS REYES DE GOMEZ.

A mi querido y venerado padre

DON CRESCENCIO GOMEZ.

A mi apreciable tía

D^a JUANA REYES.

A MI AMABLE FAMILIA.

AL SEÑOR MINISTRO DE FOMENTO

INGENIERO D. MANUEL FERNANDEZ LEAL.

Gratitud y reconocimiento.

A MI QUERIDO MAESTRO Y BUEN AMIGO

EL SEÑOR DOCTOR DON JOSE A. GAMBOA.

AL HONORABLE CUERPO

DE

PROFESORES DE LA ESCUELA N. DE MEDICINA.

SEÑORES JURADOS:

AL buen criterio y á la benevolencia de vdes. apelo con el único fin de que juzguéis este humilde trabajo, no como una obra didáctica ni mucho menos, sino como una prueba de mis cortísimos conocimientos y tamaños para dar cumplimiento con un deber que la ley impone.

Jamás, ni por asomo, he creído haber escrito algo, que á los profundos conocimientos que os enorgullecen, y con justicia, se escape á vdes. No señores, pecaría y en alto grado creyendo que lo que asiento en mi tesis sea creación mía, no, lo que en ella encontraréis no es sino el fruto de las enseñanzas de personas versadas y competentes en la materia.

Cuando se habla de la electricidad, se habla del siglo que termina, siglo de la electricidad y del vapor como le llaman; pues en esta época hemos visto adelantar á paso de gigante estos dos poderosos elementos de que tanto provecho sacan las diversas industrias y las ciencias. Por medio de ellos nos hemos puesto en comunicación con pueblos que en épocas pasadas ni pensábamos; ellos han llevado el progreso y la prosperidad á pueblos sumidos en el oscurantismo y la miseria; igualmente por medio de ellos hemos dado á conocer al mundo entero nuestros adelantos, tanto industriales como científicos, y demostrado que no somos el salvaje inculto, vestido de plumas como antes nos creía la vieja Europa.

Ahora bien, cuando vemos que el cable nos comunica noti-

cias del viejo continente; cuando por medio del teléfono oímos la voz de una persona querida que se encuentra lejos de nosotros; cuando nos vemos al abrigo del rayo; cuando contemplamos la luz eléctrica de nuestras calles competir con la de la testigo de nuestras confidencias; cuando vemos que lo que antes se creía impenetrable no lo es; cuando podemos sorprender las funciones vitales de nuestros primeros días, entonces es cuando comprendemos la portentosa obra llevada á cabo en nuestro siglo y los adelantos de la electricidad.

Animado por esto, así como porque la electricidad puede y de hecho presta servicios á la medicina y no porque crea que debe considerarse como una especialidad, sino como uno de tantos medios de que podemos disponer ya sea para el diagnóstico ó con un fin terapéutico, por eso es por lo que he tomado como punto de tesis este asunto: "La electricidad aplicada á la medicina."

Queridos maestros: algunos de entre vosotros deben integrar el jurado científico ante el cual tenga que comparecer, sólo me resta decirles que recordéis que en iguales circunstancias habéis estado, que impresiones semejantes á las mías habréis sentido y que por lo mismo espero seais indulgentes.

“**L**A electricidad es una propiedad general de los cuerpos, cuya naturaleza, así como todas las demás propiedades elementales de la materia, nos es y será enteramente desconocido.”—(*Newton.*)

Conocemos muchas de sus manifestaciones, pues ya se nos presenta bajo forma de fenómenos mecánicos, caloríficos, luminosos, químicos, fisiológicos, y recíprocamente el movimiento, el calor, la luz, las acciones químicas y fisiológicas, ya vegetales como animales son acompañadas generalmente de fenómenos eléctricos.

El magnetismo, propiedad especial á ciertas sustancias, la relacionan actualmente á la electricidad. Esta incorporación del magnetismo á la electricidad está justificada por los descubrimientos de Ersted, Arago, Ampère, Ohm y otros muchos; pero de que el magnetismo y la electricidad estén sujetas á la ley universal de la conservación de la energía, ó en otros términos, á la ley de la correlación de las fuerzas, no se sigue que sean idénticas, como lo quieren algunos, pues esta semejanza entre el magnetismo y la electricidad no será perfecta en tanto que no se llegue á hacer magnéticas en cualquier grado todas las sustancias.

Llama la atención, señores, cómo siendo la electricidad uno de tantos medios, como lo son la palpación, percusión, auscultación, etc., que puede servirnos para formular un diagnóstico

y más aún, siendo un agente de fácil manejo y exacta medida, puesto que en el estado actual de nuestros conocimientos poseemos los aparatos más perfectos para verificarlo y por consiguiente usarla como medio terapéutico, haya permanecido por mucho tiempo sepultada en el olvido y sólo tengamos hechos aislados que hacían vislumbrar que dicho agente podía prestarnos grandes servicios no sólo en las diversas industrias sino también en la medicina. Bastará una ligera ojeada á su historia para ver que la electricidad y el magnetismo no sólo eran conocidos sino empleados desde poco más, poco menos 1,000 años A. J.; que los chinos conocieron el imán antes que los griegos, pues desde la más remota antigüedad se servían de la brújula para sus expediciones.

Se dice que Salomón tuvo conocimiento de la brújula y que los Isrraelitas la empleaban en sus navegaciones (1033 á 975 A. J.)

Hasta Homero se hace mención de la polaridad de la aguja imantada y de su uso náutico (época del sitio de Troya por los fenicios y los griegos, 1000 á 907 A. J.).

Thales de Mileto (600 A. J.) descubre y enseña que el ámbar amarillo tiene la propiedad de atraer á los cuerpos ligeros. Por estos mismos tiempos los Etruscos quizá conocían el poder de las puntas, porque se servían de ellas para conjurar ó atraer el rayo. El historiador judío Josèphe habla: de que el templo de Jerusalem tenía el techo provisto de flechas de oro, agudas que comunicaban con cavernas practicadas en las colinas, por cuyo motivo quizá la Sagrada escritura no hace mención alguna durante un período de más de diez siglos de la caída de alguna descarga eléctrica sobre el referido templo.

Claudian (395 A. J.), Ariosto (341 A. J.) hablan del pez llamado *torpedo* y sus costumbres.

En la escuela de Alejandría también se conocían las propiedades de los imanes, puesto que Ptolomeo II ordenó á su arquitecto suspendiera por medio de un imán la estatua de fierro de Arsinoë en el templo de Faros. Esta manera de suspensión

estuvo en moda á fines del imperio romano (468 á 562). En esta misma época es cuando por primera vez Scribonius, físico romano, da cuenta de la primera y más antigua aplicación de la electricidad á la medicina; se trataba de un liberto de Tiberio que fué curado de la gota por medio de las descargas eléctricas de un torpedo. Discoridio propone el mismo remedio para curar los dolores de cabeza. Fahie nos dice también que los indígenas de Africa que habitaban cerca del río Calaha curaban á sus hijos poniéndolos en contacto con dichos peces. Desde esta época hasta Ampère fué necesario el transcurso de 15 siglos para que este genio hubiera demostrado lo que el físico chino Kou-Pho ya entreveía y es: que las propiedades del ámbar y de la piedra imán eran semejantes.

En 304, el obispo Sant-Elmo observa en las puntas de los mástiles de un navío flamas en forma de crestas ó penachos conocidos con el nombre de fuegos de Sant-Elmo.

Zósimo, historiador griego (425), refiere el hecho de la separación electrolítica de los metales; esta observación permaneció ignorada más de 1,400 años para producir sus tan benéficos servicios.

Por espacio de dos siglos, la medicina no abandona su primera adquisición electro-terapéutica y así vemos á Aetius, médico griego, referir una nueva curación de la gota por medio de las descargas provocadas de un torpedo (450).

Desde esta época hasta 1600, lo que más llama la atención, son: la brújula que tantos servicios prestó á los navegantes y entre ellos al ilustre Cristobal Colón, y el descubrimiento del telégrafo magnético.

En 1600, William Gilbert, médico de la reina Isabel de Inglaterra, comprueba lo que hasta entonces se sabía, de que el ámbar cuando se frotaba adquiría la propiedad de atraer los cuerpos ligeros, y que no sólo el ámbar, sino otras muchas sustancias adquirirían las mismas propiedades por el frotamiento; fué un gran paso que se dió en electricidad, por cuya razón, algunos consideran á Gilbert como el padre ó fundador de la electrología.

En ese mismo siglo Boyle y Hartman crean la teoría de las emanaciones glutinosas, y Otto de Guéricke inventor de la máquina neumática, construye igualmente la primera máquina eléctrica, con la que obtuvo una luz igual á la que produce el azúcar cuando se le frota en la obscuridad.

Un siglo más tarde fué cuando la electrología tomó su carácter verdaderamente científico debido á Dufay y Symmer. El primero completó lo emprendido por Gilbert, diciendo que todos los cuerpos son electrificables incluyendo los cuerpos vivos, y el cual, ayudado de Nollet logró hacer saltar chispas eléctricas del cuerpo humano. El mismo Dufay vió que un cuerpo electrificado (el vidrio frotado con lana) rechazaba á otro cuerpo electrificado del mismo modo y atraía á un tercer cuerpo electrificado de una manera diferente (recina frotada con una piel de gato). De aquí el origen de distinguir dos electricidades, la electricidad vítrea y la electricidad resinosa (1698 á 1739). El segundo dió su teoría de los dos flúidos.

Cuneus y Muschbrock (1746) querían electrizar el agua, y para conseguir su objeto pusieron el líquido en una botella, en el cual estaba sumergida una varilla metálica en comunicación con una máquina eléctrica. Uno de los operadores al querer tapar la botella, toca la varilla, sufre una violenta conmoción: de este modo descubrieron la condensación eléctrica y desde entonces conocemos la botella de Leyde.

Hasta Franklin vemos de nuevo aparecer, después de pacientes experiencias, lo que quizá los Etruscos conocían, esto es, el poder de las puntas que lo condujeron á asimilar la electricidad atmosférica á la electricidad del laboratorio y á adoptar una nueva teoría, admitiendo la existencia de un solo flúido eléctrico (1750).

De Romas, modificando un poco las experiencias de Franklin, dió apoyo á lo que este sabio decía. Un año más tarde Dalibart prestó igual ayuda (1752). Cantón demostró que cuerpos que estaban en estado natural podían electrificarse á distancia, llamando á estos fenómenos, fenómenos de influencia (1753).

Antes que Ramsden construyera la máquina de su nombre, se hacía uso de las de Adams, Nollet, las que estaban expuestas á cada momento á que se inutilizaran por ruptura de los globos de vidrio que entraban en su construcción; Ramsden sustituye por el globo, el disco, con lo que se obviaron aquellos inconvenientes y se consiguió tener una máquina eléctrica de mejores condiciones que las anteriores (1768). Tras esta nueva máquina, vinieron las de Van Marun (1780). Dos años después Nairne, en lugar del disco de vidrio hace uso de un cilindro que adapta á su aparato y obtiene á voluntad, ya electricidad positiva y negativa.

Coulomb determinó en 1785 las leyes á que están sujetas las acciones eléctricas y que llevan su nombre, lo mismo que la balanza con que hasta la fecha se demuestran dichas leyes.

En 1786, Galvani, profesor de anatomía de Boulogne, estudiando los efectos que pudieran tener las descargas eléctricas de las nubes, durante una tempestad, sobre el sistema nervioso, con gran sorpresa vió que las patas de la porción de rana (que por medio de un gancho de cobre que atravesaba la médula espinal había colgado á su balcón, que era de fierro) que cada vez que dichas patas tocaban uno de los barrotes del balcón, movidas por el viento, se agitaban, y los músculos de todo el miembro tenían movimientos convulsivos. La casualidad de este caso hizo que Galvani descubriera la electricidad dinámica, ó en otros términos, la generación continua de la electricidad y de su circulación en un medio conductor cerrado. Galvani admitía la existencia de un fluido vital, fisiológico, que después le llamaron fluido galvánico.

Repitiendo las mismas experiencias Volta, vió que las contracciones que experimentaban los músculos de la rana se producían más fuertes cuando el conductor estaba formado de dos metales diferentes; y atribuyó á dicho contacto el papel más importante; admitió que siempre se produce al contacto de dos metales cualesquiera una diferencia de tensión eléctrica, ó como en la actualidad decimos, una diferencia de potencial.

Este principio de las tensiones eléctricas, descubierto por Volta es de suma importancia. Volta, además, construye la pila que lleva su nombre.

Galvani y Volta en realidad tenían razón, pues las funciones vitales son acompañadas de un desprendimiento de electricidad, y el contacto de dos metales heterogéneos desempeña un cierto papel activo, poco preciso en la génesis eléctrica.

Por lo expuesto se ve, que casi por espacio de 18 siglos los descubrimientos se han hecho en favor de la electricidad estática. Galvani y Volta ponen las bases de la electricidad dinámica.

En la actualidad, la diferencia entre electricidad estática y dinámica tiende á desaparecer, pues la una puede transformarse en la otra y recíprocamente.

Durante este lapso de tiempo puede verse que la inducción en sí parece haber sacado poco partido; estaríamos en la verdad si sólo nos atuviéramos á sus aplicaciones, ya sea diagnósticas ya terapéuticas; pero como en todas las ciencias, en la medicina se ha hecho necesario, desde luego, formarnos una idea de la naturaleza, propiedades, medida, usos y aplicaciones del elemento que nos ocupa, y después, una vez adquirido esto, reunir el mayor número de hechos que nos justifiquen que la electricidad puede entrar en el arsenal de nuestros medios de diagnóstico, terapéutica, etc. Así, pues, si para nacer y desarrollarse la electroterapia, se hubiera hecho necesario agotar sus principios fundamentales, apenas la veríamos salir del mundo de lo posible, pero lejos de ser la hija de la electro-fisiología, es, al contrario, quien ha preparado su aparición. Apenas, en verdad, la electrología comenzaba á salir de su incubación por medio de los trabajos de Gilbert y Otto de Guericke, cuando Kruger, Jallabert, Nollet y Watson, reanudando por más de 12 siglos las enseñanzas empíricas de Dioscoridio y Aetius aplicaban arduamente el nuevo agente físico al tratamiento de las enfermedades y ponían las bases de un modo racional y definido de la poderosa medicación. De aquí deducimos que aun-

que pingües eran los conocimientos que hasta entonces se tenían, no por eso faltaron, si no genios, hombres que meditaron y trataron de dar vida á uno de tantos medios que la naturaleza pone á nuestro alcance y del que conocíamos algunos de sus efectos curativos.

Ahora bien, si para que la electrología se hubiese constituido fué necesario más de dos siglos de elaboración lenta, de ensayos confusos y de los genios de Franklin, Volta, Ampère y Faraday, del mismo modo para que la fisiología viese la primera aurora de su existencia, era necesario que los genios de Bichat y de Blainville hubiesen reconocido (en medio de las innumerables partes especiales cuya estructura embrollada y cuyas propiedades complejas no ofrecían apoyo á ninguna abstracción), los elementos anatómicos, comprendiendo con ellos los resultados, que, por reunión y textura constituyen el cuerpo, y de los que cada cual está dotado de propiedades específicas determinadas. Era necesario aún que Dutrochet, Schleiden y Schwann completasen el descubrimiento fundamental de Bichat, que hubiesen demostrado la constitución celular de los tejidos y que Kölliker y Remak sorprendiesen la genesis celular, la especificidad de las tres hojillas del blastodermis y el modo de formación de las especies histológicas.

La electrofisiología, uno de los últimos ramos de la ciencia de Bichat, cuya formación es tan reciente que aun es debatida por algunos, esperaba que una experimentación sabiamente dirigida le proporcionase sus materiales indispensables.

La electricidad médica, así como la fisiología, han seguido una evolución semejante á las demás ramas de las ciencias. Así vemos que la geometría nació de la carpintería, y la astronomía de la geografía y de la navegación; del mismo modo la biología no ha nacido por sí sola, sino á cubierto de la medicina; largo tiempo ha vivido al abrigo de este arte bienhechor que los sufrimientos de la naturaleza humana han hecho nacer desde muy temprano en las sociedades primitivas, y mucho tiempo ha tardado para que la medicina se hiciera cargo

de su dirección. Al fin el instante ha llegado, y la patología encuentra y encontrará ahí más y más su guía verdadera. Y si en verdad, en el estado actual, la electroterapia camina aún por sus propias fuerzas y necesita que la electrofisiología sea poderosa para que le preste su apoyo, también es verdad que el terreno sobre el que hoy reposa está fundado en las observaciones acumuladas de más de un siglo, y por lo mismo sus bases tienden á ser más y más firmes.

De 1800 á la fecha, los descubrimientos tanto eléctricos como de sus aplicaciones han progresado rápidamente, y no sólo se ha hecho uso de lo nuevamente adquirido, sino que lo que en siglos anteriores se había hecho y había permanecido latente es impulsado, como todo, por el adelanto, y de ese modo vemos que á la vez que la electricidad hace un descubrimiento, la medicina ve si puede ó no sacar provecho de él, y así á la vez que Carlisle y Nicholson descubren las propiedades electrolíticas de las corrientes y Grothus da la explicación de este hecho, la electroterapia hace también una nueva adquisición.

Con las experiencias de Ørsted y Ampère relativas á la acción de las corrientes sobre la aguja imantada, nace el Galvanómetro, que como sabemos, presta servicios en electroterapia y en fisiología para medir las resistencias; junto con esto aparece Ohm dando sus leyes relativas á las intensidades de las corrientes de uso diario (1819).

Arago nota en 1820, que un hilo de cobre atravesado por una corriente atraía la limadura de fierro y concluyó: que las corrientes tenían la propiedad de imantar dicha limadura por influencia; de aquí nacieron los electro-ímanes que encuentran su aplicación médica en las medidas cronográficas, casi siempre junto con el aparato de Marey.

Seebeck (1821) observó que en un circuito formado de metales diferentes, á la misma temperatura, no se producía ninguna manifestación eléctrica, pero que si las soldaduras estaban á temperaturas distintas sucedía lo contrario, que una

corriente eléctrica aparecía. En la actualidad, el modelo es la pila de Melloni, aparato termométrico de gran sensibilidad. Claudio Bernard, por medio de agujas construídas bajo el mismo principio, reconoció que la temperatura de la sangre arterial permanece constante en las diferentes partes del cuerpo, no sucediendo lo mismo con la sangre venosa.

Hasta Daniell vemos aparecer la primera pila de dos líquidos separados y de un rendimiento eléctrico constante. Numerosos son los modelos de pilas que se usan en la actualidad; pero como quiera que aquí no trato de describir ningún aparato y sí decir en qué época han venido á formar parte del arsenal ya eléctrico, como médico por eso no más la menciono (1836).

Cuatro años antes habían nacido con Faraday las corrientes de inducción cuyas aplicaciones son muchas y de gran utilidad; con ellas aparecen gran cantidad de aparatos, tales como la bobina de Ruhmkorff (1851), las diferentes máquinas magneto y dinamo-eléctricas (1870), el teléfono (1876), el micrófono, el alumbrado incandescente (1876 á 1881) y para no cansar más vuestra imaginación, lo de actualidad, los rayos X ó de Roentgen (1896).

* * *

Como he dicho al principio, la naturaleza íntima de la electricidad, nos es y será enteramente desconocida.

Para explicar los múltiples y variados fenómenos que ella nos presenta, dos teorías, como es sabido, existen en la ciencia: la de Symmer y la de Franklin.

Symmer suponía la existencia de dos fluidos imponderables: uno positivo y otro negativo, y Franklin la existencia de un solo fluido.

Estas teorías cuadran con los hechos, pero no nos dicen nada sobre la naturaleza íntima de la electricidad. Hechos y sólo hechos, repito, nos explican y así vemos que cuando se frota una barra de lacre con un género de lana, se electriza, es de-

cír, se constituye en ese estado particular, anormal, á que se da el nombre de estado eléctrico y cuya propiedad principal, es la de atraer los cuerpos ligeros. Acerquemos la barra de lacre electrizada á una esferita de médula de sauco suspendida de una seda y se observará que el lacre transmite á la bolilla la propiedad eléctrica. Puede decirse que el trabajo desarrollado por la fuerza muscular pasó al lacre y del lacre en parte pasó al saúco.

Ahora electricemos un tubo de cristal, y la electricidad que en él se desarrolle transmitámosla á otra esferita de la misma substancia que la antes mencionada, y en iguales condiciones que ella, es decir, aislada. Hecho esto observaremos lo siguiente: el lacre rechaza la bolilla electrizada por él, y el cristal, al contrario, lo atrae. El cristal rechaza á la bolilla que recibió de él mismo el estado eléctrico en que se halla y es, por el contrario, dicha esferita atraída por el lacre. Por último ambas bolillas se atraen. De aquí resulta que no todos los estados eléctricos son iguales: hay dos que gozan de la misma propiedad atractiva, pero que en cierto modo son distintos y aun opuestos, toda vez que convierten en repulsiones las atracciones, es uno de dichos estados en el que se constituye el lacre; otro el que se presenta en el cristal, y de aquí el decir que existen dos electricidades, la electricidad vítrea y la electricidad resinosa, á las que también se les da los nombres de positiva y negativa.

El cristal y el lacre se electrizan por el rozamiento, es decir, se constituyen en estados particulares que tienen este carácter común: atraer los cuerpos ligeros; pero ambos estados no son idénticos, toda vez que se rechazan.

A los hechos anteriores podemos agregar otro que es de suma importancia.

Frotando entre sí dos discos, con mangos de cristal (es decir, aislados), el uno cubierto por una tela de lana y formado de cristal el otro, *ambos se electrizan con electricidades de nombre contrario.*

Así, pues, siempre que se presenta el primer estado (eléctrico en un cuerpo, se presenta el segundo en el otro; las dos electricidades aparecen á la vez y son en cierto modo complementarias; unidas ambas, los cuerpos se encuentran en estado normal; separadas por el rozamiento, aparecen los fenómenos eléctricos.

De estos hechos se deduce, según Symmer, que existen dos fluidos eléctricos, que cuando están combinados en una substancia, se neutralizan; que separados por el rozamiento (máquinas eléctricas), por la acción química (pilas ordinarias), por el calor (pilas termo-eléctricas), se dividen quedando cada fluido en el cuerpo que le es propio, constituyendo á ambas substancias en estado eléctrico y comunicándoles las propiedades que hemos indicado anteriormente.

Por lo expuesto vemos que: *cuerpos cargados de igual electricidad se rechazan; cuerpos electrizados en sentido contrario se atraen, ó en otros términos: electricidades semejantes se rechazan y se atraen electricidades desemejantes.*

Esta teoría de la electricidad es sin duda sencilla é ingeniosa, coordina fácilmente los hechos y se presta á toda clase de combinaciones; pero nada determina respecto á la esencia íntima de los fenómenos eléctricos, ni pone en relación esta nueva fuerza con las demás que en el seno de la naturaleza funcionan. Más que teoría es la expresión abreviada de los hechos mismos, y si bien es cierto que en este sentido tiene gran valor, en cambio multiplica las entidades físicas, sin necesidad, y explica por dos fluidos lo que no es imposible explicar por uno solo.

* * *

Franklin ha supuesto, al contrario, que los cuerpos al estado neutro encierran una cantidad normal de un fluido eléctrico único; si la carga primitiva aumenta, estarán electrizados positivamente, si dicha carga disminuye, es decir, viene á ser infe-

rior á la carga normal, el cuerpo estará electrizado negativamente.

Estas dos teorías explican igualmente los principales fenómenos. Pero es preciso notar que la idea del fluido, antaño muy en boga, ha caído en desuso en la actualidad y que en nuestros días, sabios prominentes tienden á reducir en tanto cuanto es posible el número de estos agentes desconocidos y á considerar los fenómenos eléctricos como manifestaciones del movimiento en el éter.

* * *

No ha mucho el padre Secchi dió á luz una nueva teoría que tiende á amoldarse, por decirlo así, á las exigencias de la física moderna, teoría que ofrece grandes ventajas, que atrae y seduce.

Hace entrar á los fenómenos eléctricos en la misma *unidad física* que comprende los luminosos, caloríficos y magnéticos, es decir, en el gran principio de la ciencia, *el movimiento de la materia*; no supone ningún nuevo fluido ó entidad; no admite ninguna otra fuerza abstracta sobre las muchas que existen ya en la Física y explica por las leyes generales de los fluidos con bastante sencillez, una gran parte de los fenómenos eléctricos.

En esta teoría dos elementos entran en la constitución de los cuerpos: *primer elemento*, los átomos y las moléculas ponderables; *segundo elemento*, el éter, conjunto de átomos imponderables.

El éter penetra hasta los últimos poros de la materia, impregna toda substancia, y como en el Océano flotan millares de embarcaciones, en el océano etéreo de cada cuerpo flotan también los átomos de la materia ponderable.

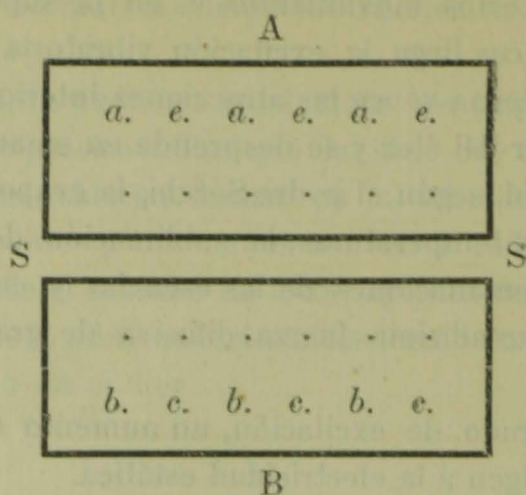
Uno y otro elemento se hallan en estado perpetuo de agitación; vibra la materia y vibra el éter y en ambos movimientos se desarrollan acciones recíprocas y cambios infinitos. Donde

más vivos son estos movimientos es en la superficie de los cuerpos, y á veces llega la excitación vibratoria á tal grado, que la capa externa vence las atracciones interiores, vence la presión exterior del éter y se desprende en emanaciones sutísimas. De aquí, según el padre Secchi, la evaporación de los líquidos á bajas temperaturas; la sublimación de los sólidos; los olores, las emanaciones de las esencias y en general esa constante y marcadísima fuerza difusiva de gran número de substancias.

Un mayor grado de excitación, un aumento en esta fuerza difusiva, da origen á la electricidad estática.

Supongamos, dice el célebre astrónomo, para explicarme con más exactitud, que se frotan fuertemente dos cuerpos, y es claro que, según sea mayor ó menor el estado de movilidad de sus superficies, las moléculas exteriores de ambos tomarán mayor ó menor movimiento; otro tanto sucederá con el éter interpuesto entre dichas moléculas superficiales, y consecuencia forzosa del diferente grado de agitación de las dos substancias habrá de ser que el fluido etéreo se reparta, mientras dure el rozamiento, desigualmente, acumulándose de un lado y abandonando en parte el opuesto. Por lo tanto si se separan dichos cuerpos de repente y sin dar tiempo á que se restablezca el equilibrio, en la superficie de uno habrá *más éter* que antes, en la del otro *menos* y ese éter condensado en el primero y esta dilatación de la atmósfera etérea en el segundo, determinarán los dos estados eléctricos, designados con el nombre de electricidad positiva y negativa.

Materialicemos las ideas por medio de una figura.



Sean A y B dos cuerpos cuya superficie de contacto es S S y sean:

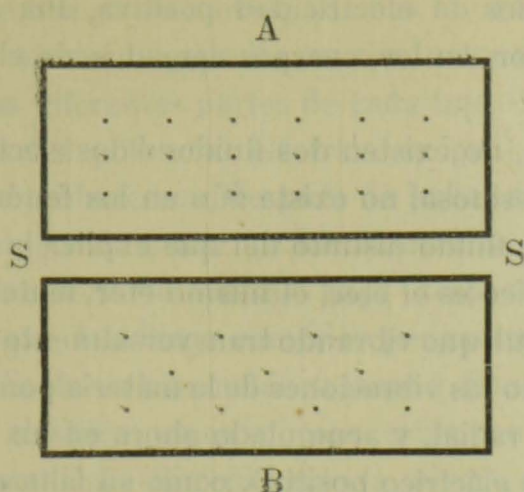
1º *a, a, a,* las moléculas ponderables del cuerpo A situados en la capa superficial inmediata á S S.

2º *e, e, e,* los átomos etéreos de dicha capa que llenan los intervalos de unas á otras moléculas.

3º *b, b, b,* las moléculas ponderables del segundo cuerpo contiguas á la superficie de rozamiento S S.

4º *c, c, c,* los átomos etéreos superficiales de este último cuerpo B.

Al frotar un cuerpo contra otro, todas las moléculas *a, a, a, ... b, b, b,* así como los átomos etéreos *e, e, e,* *c, c, c,* entrarían en rapidísima vibración; pero la movilidad superficial de ambos cuerpos es distinta, luego si suponemos que las moléculas del segundo entran en mayor agitación que las del primero, arrojarán con más violencia al éter interpuesto y resultará un nuevo estado de equilibrio en las dos zonas en contacto; estado que podemos representar por la figura siguiente:



En esta figura, que es puramente *simbólica*, se observa que cada espacio intermolecular de la capa externa del cuerpo B sólo contiene *un átomo* de éter en vez de los dos que contenía antes del rozamiento; y que, por el contrario, los huecos intermoleculares de la superficie A encierran, no *dos átomos* como antes, sino *tres*.

Ahora bien, si separamos de repente ambos cuerpos, antes de que tengan tiempo de volver á su primitivo estado de equilibrio, el cuerpo A contendrá en su superficie *más éter* que contenía al comenzar el rozamiento (tres átomos); el cuerpo B contendrá, por el contrario, *menos éter* (un átomo), y uno y otro quedarán electrizados: positivamente el primero, negativamente el segundo.

Según lo dicho, el estado eléctrico es un exceso ó una falta de éter en la superficie de los cuerpos; una carga ó un vacío de este fluido: éter condensado ó éter enrarecido; es, en fin, un desequilibrio en la reparación del fluido etéreo.

A causa del rozamiento un cuerpo ha ganado éter, otro ha perdido; y así, en el primero hay un exceso de carga que oprime de dentro á fuera al éter de la atmósfera, tendiendo á salir; y en el segundo hay un *vacío* que el éter atmosférico tiende á llenar, oprimiendo al cuerpo electrizado negativamente.

De aquí, por lo tanto, una *presión* hacia el exterior en los

cuerpos cargados de electricidad positiva, una *contra-presión* hacia el interior en los cuerpos cargados de electricidad negativa.

En resumen, no existen dos fluidos ó dos electricidades, una vítrea y otra resinosa; no existe aún en los fenómenos eléctricos otro nuevo fluido distinto del que explica la luz y el calor: el fluido eléctrico es el éter, el mismo éter, materia primitiva y en extremo sutil, que vibrando transversalmente engendra luz, y transmitiendo las vibraciones de la materia ponderable, constituye el calor radial, y acumulado ahora en un cuerpo determina el estado eléctrico positivo, como su falta en otros cuerpos da origen á la electricidad negativa.

La electricidad positiva y negativa no suponen diferencias substanciales, sino modos de ser en el éter, como la luz y la sombra, como el calor y el frío; y esta idea, fuerza es confesarlo, es natural, sencilla, fecunda, y está en armonía con la tendencia de toda la física moderna.

* * *

Antes de ocuparme de la electro-metría, creo necesario decir unas cuantas palabras, respecto á lo que debe entenderse por resistencia, fuerza electro-motriz, intensidad de una corriente, etc., que, como es sabido, son de un uso diario en la práctica de las aplicaciones de la electricidad. Para la comprensión de estos términos voy á verme precisado á recurrir á algunas comparaciones, con el fin, repito, de que aparezcan con la mayor claridad posible.

Del potencial ó nivel eléctrico ó fuerza electro-motriz.—Supongamos que se ponen sucesivamente dos conductores aislados en comunicación con una misma máquina eléctrica y que los cargamos hasta donde sea posible; como es fácil comprender, cada uno de dichos conductores tendrá una carga eléctrica diferente, que dependerá por una parte de su forma

y por otra de sus dimensiones; además la densidad de dichos conductores variará no sólo de un conductor á otro sino también sobre las diferentes partes de cada uno de ellos. Ahora bien, si el nivel ó potencial eléctrico es igual en ambos conductores, comprobaremos, después de haber separado uno del otro con el objeto de evitar los fenómenos de influencia, y en el supuesto también de que no haya desperdicio alguno de electricidad, que tan luego como los pongamos en comunicación por medio de un hilo metálico largo y fino no pasa ninguna corriente eléctrica, en cuyo caso estos conductores tienen un mismo potencial. Si repitiendo la misma experiencia, observamos el paso de una corriente eléctrica de un conductor al otro, diremos que el primero tenía un potencial mayor.

Comparemos lo que pasa con la electricidad y lo que pasa con los líquidos y con el calor.

Consideremos, en efecto, dos vasos llenos de agua y puestos en comunicación por medio de un tubo de diámetro pequenísimos para que su capacidad sea despreciable. Si el líquido se encuentra al mismo nivel en uno y otro caso, las cosas permanecerán las mismas, no habrá cambio ni movimiento alguno. Pero si ahora adicionamos cierta cantidad de líquido á uno de los vasos, habremos cambiado su nivel y entonces veremos que puestos en comunicación, el líquido pasa del vaso cuyo nivel es superior á aquel cuyo nivel es inferior y seguirá pasando hasta que el equilibrio se restablezca.

Podemos comparar aún el potencial con la temperatura; si ponemos en comunicación dos cuerpos que estén á igual temperatura veremos que su distribución no cambia; pero si uno de ellos está á una temperatura más elevada, le cederá calor al otro. Según lo expuesto, podríamos decir que el potencial es la temperatura eléctrica.

Resistencia.—La sola palabra basta para que entendamos de qué se trata, es decir, de la mayor ó menor facilidad que la electricidad encuentre para atravesar un conductor; resulta de esto, que los cuerpos que dejen pasar menos fácilmente la

electricidad serán más resistentes y los que, por decirlo así, pongan menos obstáculo á su paso serán menos resistentes. Si por ejemplo reunimos sucesivamente los polos de una misma pila, por medio de hilos metálicos de diferentes longitudes, diámetros y naturaleza de que estén hechos, comprobaremos que todas estas variantes influyen sobre la corriente que tiene que atravesarlos, oponiéndole mayor ó menor resistencia y por consiguiente aumentando ó disminuyendo su intensidad. Esta aumenta en igualdad de circunstancias, y para cada una de ellas cuando la longitud del hilo por recorrer es menor y su sección transversal al eje más grande, y disminuye en condiciones opuestas. Luego vemos que mientras un hilo sea más corto y más grueso pasará más fácilmente la electricidad, esto es, será más conductor y por lo mismo menos resistente.

Así, podemos decir que la conductibilidad de un hilo es directamente proporcional á su sección é inversamente á su longitud, que en términos algebraicos quedaría planteada la ecuación de este modo:

$$C = \frac{s}{k l}$$

pero como quiera que lo que nos importa conocer es la resistencia y ésta es la opuesta de la conductibilidad, basta invertir el segundo término de la ecuación y entonces tendremos:

$$R = \frac{k l}{s}$$

que confirma lo antes expuesto. En estas expresiones algebraicas hay un un factor que permanece constante una vez elegido el conductor, y es k , que representa *al coeficiente de resistencia*; k variará con la naturaleza del conductor. Su determinación es fácil conociendo R , l y s .

Con respecto á los líquidos podemos decir, de un modo general, que presentan, en condiciones iguales, resistencias mucho mayores que las de los cuerpos sólidos.

Antes de terminar este párrafo hemos visto en qué consiste la conductibilidad y los factores de que depende. Esta conductibilidad no es la misma para todos los tejidos del organismo. Las experiencias de Eckhard y Ziemssen han demostrado que el tejido muscular es el que tiene el poder conductor más grande. Si representamos por 1 la resistencia ofrecida por el tejido muscular, los demás tejidos darían las resistencias siguientes:

Tendones	1.8	á	2.5
Cartílagos	1.8	„	2.3
Nervios.....	1.9	„	2.4
Huesos	16.	„	22.

El tejido menos conductor es la piel. Eckhard hace notar que el poder conductor de los tejidos está en razón directa de su riqueza en líquidos y es una consecuencia á la que podía haber llegado directamente por la fórmula. Así, la proporción es de 72 á 80 por 100 para los músculos; 62 por 100 para los tendones; 50 á 75 para los cartílagos; 39 á 65 por 100 para los nervios, y 3 á 7 por 100 para los huesos.

Varias consecuencias prácticas resultan de estas diferencias de conductibilidad.

Siempre que se empleen corrientes continuas, es enteramente necesario humedecer la epidermis, pues estas corrientes no tienen una *tensión* suficiente para vencer con facilidad la resistencia de la epidermis seca; ó si la tienen, son muy intensas y determinan descomposiciones químicas. (Legros y Onimus.)

Con las corrientes de inducción es aun necesario humedecer la epidermis si se quiere obrar profundamente. Para obrar sobre un músculo ó un nervio que están á la misma profundidad, es preciso una corriente más fuerte para el nervio que para el músculo.

Intensidad de una corriente.—Puede definirse la intensidad de una corriente, diciendo, que es la cantidad de electricidad que pasa en un segundo, por una sección cualquiera de un cir-

cuño. Ahora bien, dado un conductor la diferencia de potencial varía proporcionalmente con la intensidad de la corriente, varía igualmente con la longitud é inversamente á la sección; reuniendo todas estas cantidades en una ecuación algebraica tendríamos V potencial, igual con:

$$I \times \frac{k l}{s}$$

$$V = I \times \frac{k l}{s} \text{ pero como } \frac{k l}{s}$$

es igual con R nos quedaría $V = I \times R$ de donde podemos sacar el valor de

$$I = \frac{V}{R}$$

expresión algebraica de la ley de Ohm que es de aplicación capital al tratarse de electricidad, pues por ella podremos sacar muchas de las condiciones que debe llenar una corriente para poderla usar.

Tensión es el esfuerzo que hacen las dos electricidades, positiva y negativa, para franquear los obstáculos que se oponen á su reunión.

Fiel á mi propósito pondré algunas comparaciones que pongan más de relieve lo antes dicho.

La cantidad de agua que pasa por un tubo depende de la longitud de la cañería: cuanto más larga, menor es la masa de líquido que pasa en 1" por cada sección.

La experiencia prueba que la cantidad de fluido eléctrico que pasa por un conductor varía inversamente con la longitud de éste. Hay, pues, como se ve, analogía entre ambos casos.

La masa de agua que corre por un tubo crece con el diámetro.

La intensidad de la corriente eléctrica crece también con el diámetro del hilo metálico.

Para la misma longitud y el mismo diámetro, el agua que

lleva un tubo es tanto mayor cuanto menores son los frotamientos.

La intensidad de una corriente eléctrica varía con el coeficiente de conductibilidad que mide en vigor la resistencia propia del conductor. En toda la longitud de una cañería la presión es variable y decreciente, y la línea de carga rectilínea. En armonía con este mismo principio, las tensiones eléctricas varían, según la ley de Ohm, en todo conductor homogéneo y de diámetro constante, con sujeción á la misma ley lineal.

Ahora bien, si en un conducto de agua se cierra repentinamente una llave, la masa de la columna líquida en movimiento tiende á continuar su marcha y determina contra la extremidad cerrada de la cañería un violento choque, muy superior á la presión ordinaria. Del mismo modo al interrumpir una corriente eléctrica se presenta también en el extremo una mayor presión, tan grande á veces, que salta la chispa eléctrica. Puede decirse que el fluido eléctrico golpea el extremo del conductor, y rompiendo la válvula atmosférica que lo cierra, se escapa en forma de surtidor luminoso, como el agua se escapa en forma de penacho de espuma cuando abrimos la llave de una fuente.

En toda corriente de agua la velocidad aumenta en los estrechamientos y disminuye en los ensanches, pues un efecto análogo se observa en los conductores eléctricos. Donde el diámetro del conductor es menor aumenta la temperatura y decrece allí donde es mayor.

Del mismo modo que el agua que corre por un río gasta su fuerza viva en socavar las márgenes, en mover las máquinas hidráulicas que encuentra en su curso y al fin termina en el mar, así la electricidad, maravillosa é invisible corriente, pasa también, ya por nuestro organismo, ya por su férreo cauce, agitando las moléculas del conductor, transformando su fuerza viva en operaciones químicas, fisiológicas y en trabajo mecánico y al fin va á la tierra, océano infinito del fluido eléctrico.

Densidad eléctrica.—Se llama densidad eléctrica de una corriente, la relación que existe entre la intensidad de dicha corriente y la sección del conductor que atraviesa.

Esta densidad es como la densidad ordinaria de un cuerpo, un número abstracto, puesto que está expresada por una relación

$$D = \frac{I}{S}$$

Puede, sin embargo, traducirse esta expresión al lenguaje común y decir que en las aplicaciones médicas de las corrientes, la densidad representa el número de miliampères que pasa por centímetro cuadrado de electrodo. He ahí el punto más importante por considerar cuando se aplica la corriente bajo cualquier forma al cuerpo del hombre.

El valor absoluto de la intensidad de una corriente no es aquí de gran utilidad por sí misma: es indispensable al mismo tiempo considerar la superficie del electrodo. Los efectos motores, sensitivos, electrolíticos, dependen á la vez de los dos términos que entran en la expresión de la densidad eléctrica, es decir, de la intensidad por una parte, y de la superficie del electrodo por otra.

La negligencia, de parte del médico, en no considerar el valor de la densidad eléctrica, expone á los enfermos á que experimenten efectos dolorosos y á veces á la formación de escaras.

Puede decirse de un modo general, que siempre que con un buen electrodo, construído como adelante veremos, experimente el enfermo efectos dolorosos que la densidad de la corriente es muy grande, ó de otro modo, que pasa un gran número de miliampères por centímetro cuadrado de piel.

La noción de la densidad eléctrica es útil no solamente en las aplicaciones de la corriente constante (galvánica) ó alterna, sino aun en las aplicaciones de la electricidad estática. Veremos más lejos el papel de la densidad eléctrica en la excitación ya inmediata, ya mediata, por medio de las chispas y del soplo eléctrico.

* * *

Todo lo que es susceptible de aumento ó disminución, como la longitud, el tiempo, la resistencia de una corriente, su intensidad, etc., es susceptible también de medirse, y para efectuarlo no hacemos más que comparar la cantidad ó magnitud que queremos medir con otra de la misma especie bien conocida y bien determinada. A ésta se le llama unidad.

Existen tantas unidades como cantidades hay. Así, en el origen de cada una de las ciencias, cada sabio que á ellas se dedicaba adoptó para sus investigaciones unidades independientes las unas de las otras, arbitrarias, pero tales que un cálculo sencillo les bastaba para pasar de la unidad á la cantidad que se proponían medir. En la práctica se hace necesario que haya cierta relación entre la unidad y la cantidad. Generalmente el práctico no coordina en un solo sistema las diversas unidades que ha elegido.

Sin embargo, cuando una ciencia llega en su evolución, al grado de precisión necesaria en sus aplicaciones prácticas, la determinación de un sistema común de unidades conexas se impone, y esta determinación tarda tanto menos cuanto más numerosas y extensas son sus aplicaciones.

Esto explica cómo los electricistas no han aceptado sino posteriormente un sistema común de unidades, pues sabido es que hasta estos últimos tiempos es cuando la electricidad ha progresado con prodigiosa rapidez.

El Congreso internacional de electricistas, reunido en Paris en 1881, adoptó el sistema de unidades establecido por la Asociación Británica; á este conjunto de convenciones, sobre las cuales reposan las unidades eléctricas universalmente adoptadas en la actualidad, se le llama sistema electro-magnético. Este sistema está basado en las acciones mutuas de los polos magnéticos y de las corrientes eléctricas.

La unidad de polo magnético es, la de un polo magnético que rechaza ó atraiga á otro de intensidad magnética igual, colo-

cado á un centímetro de distancia, y con una fuerza igual á un dyn.

La unidad de campo magnético, es la de un campo magnético que obra sobre la unidad de polo magnético, con una fuerza igual á un dyn.

Ahora bien, de estas unidades puramente magnéticas se deducen las unidades electro-magnéticas prácticas.

Debemos de distinguir las unidades de intensidad, cantidad, resistencia, potencial y capacidad.

Las leyes que han servido para ligarlas entre sí y solidarizarlas son las siguientes:

Ley de Ampère dice: que la acción mutua (self-inducción) de una corriente y de una masa magnética cercana, es directamente proporcional al producto de la intensidad de esta corriente por la masa magnética é inversamente del cuadrado de la distancia que las separa. Algebraicamente queda expresada esta ley así:

$$f = \frac{m. I. s.}{r^2}$$

f . representa la acción que ejerce un elemento s . de corriente, de intensidad I . sobre una masa magnética m . colocada á la distancia r .

Ley de Coulomb que dice: la cantidad de electricidad suministrada en un tiempo dado por una corriente de intensidad constante es igual al producto de la intensidad por el tiempo. Su expresión algebraica es:

$$Q = I. t.$$

Q representa la cantidad de electricidad que pasa durante el tiempo t en un conductor por donde circula una corriente constante de intensidad I .

Ley de Ohm: la intensidad de una corriente es igual al cociente de la fuerza electro-motriz por la resistencia total del circuito. Su fórmula algebraica es:

$$I = \frac{E}{R}$$

I es la intensidad de una corriente constante de potencial E y cuya resistencia total del circuito es R.

Ley de Joule: la cantidad de calor desprendida en un tiempo dado por una corriente constante es proporcional al producto del cuadrado de la intensidad de la corriente por la resistencia total del circuito y por el tiempo. Algebraicamente quedará expresada del modo siguiente:

$$W = K. I^2. R. t.$$

W es la cantidad de calor desprendida por una corriente eléctrica constante de intensidad I y de resistencia total R en el tiempo t.

Como para obtener la expresión de la fuerza electro-motriz, la hemos de sacar combinando esta fórmula con la de la ley de Ohm, es preferible hacerla desde este momento para no volver á ocuparnos de lo mismo y tendremos:

$$W = K \times I \times \frac{E}{R} \times R \times t = K \times I \times E \times t$$

Esta ley la enuncian algunas veces de esta otra manera:

El trabajo de una corriente, en la unidad de tiempo, es proporcional al producto de la intensidad de esta corriente por la fuerza electro-motriz.

La ley de Faraday, cuya expresión es:

$$C = \frac{Q}{E}$$

expresa que la capacidad eléctrica de una superficie es proporcional á la cantidad eléctrica de que está cargada y en razón inversa del potencial.

UNIDADES ELÉCTRICAS.

Unidad de intensidad.—De la ley de Ampère se deduce:

$$I = \frac{f r^2}{m. s.}$$

Fórmula que al lenguaje común quiere decir, que la unidad de intensidad es la de una corriente que, atravesando un circuito de un centímetro de longitud, cuyos puntos todos estén á un centímetro de un polo magnético igual á la unidad, obra sobre este polo con una fuerza igual á un dyn.

La unidad práctica de intensidad, denominada Ampère en recuerdo de la ley fundamental, es la intensidad de una corriente producida por una fuerza electro-motriz igual á un volt en un circuito que tenga un Ohm de resistencia. Vale la décima parte de la unidad C.G.S. Las corrientes empleadas en medicina no tienen más que una intensidad muy débil; se cuentan por milésimos de Ampère ó miliampère.

Unidad de cantidad.—Esta se deduce de la ley de Coulomb. La unidad de cantidad según esta ley es igual á la de intensidad.

La unidad práctica de cantidad, es la cantidad de electricidad que atraviesa en un segundo una sección de un conductor recorrido por una corriente de intensidad igual á la unidad. El coulomb vale también la décima parte de la unidad C.G.S.

Unidad de fuerza electro-motriz.—Se deduce de la combinación de las leyes de Ohm y Joule, y se tiene:

$$F = \frac{W}{l.t.}$$

La unidad C.G.S. de fuerza electro-motriz es: la fuerza electro-motriz de una corriente de intensidad igual á la unidad C.G.S. de intensidad, corriente capaz de desarrollar un erg en un segundo.

En la práctica, la unidad de potencial es el volt, igual á 10^8 .

unidades C.G.S. Su valor es un poco inferior á la fuerza electro-motriz de un elemento de *Daniell*.

Unidad de resistencia.—Según la ley de Ohm, tenemos:

$$I = \frac{E}{R}$$

de donde

$$R = \frac{E}{I}$$

Según la expresión final, vemos que la unidad C.G.S. de resistencia, debe ser la resistencia de un circuito recorrido por una corriente de un potencial igual á la unidad C.G.S. y de una intensidad igual á la unidad C.G.S. de intensidad.

La unidad práctica de resistencia se llama Ohm: es la resistencia de una columna de mercurio puro que tenga un milímetro cuadrado de sección y 1^m048 de longitud. Vale 10.⁹ unidades C.G.S. de resistencia.

Unidad de capacidad.—La ley de Faraday nos la da

$$C = \frac{Q}{E}$$

La unidad C.G.S. de capacidad es la capacidad de un condensador cargado de una cantidad de electricidad igual á la unidad C.G.S. bajo la unidad C.G.S. de potencial.

La unidad práctica es el Farad; es la capacidad de un condensador cargado de un Coulomb, con un potencial igual á un volt.

En resumen, las unidades eléctricas prácticas y que en verdad son las únicas útiles de conocer en medicina, son:

Para la de *intensidad*: el *Ampère*, deducida de la ley

$$I = \frac{fr^2}{m.s.}$$

y que vale 10⁻¹ unidades C.G.S.

Para la de *cantidad*: el *Coulomb*, deducida de la ley

$$Q = I.t.$$

y que vale 10^{-1} unidades C.G.S.

Para la de *potencial*: el *volt*, deducida de la ley de Joule

$$W = I.E. t$$

que vale 10^{-8} unidades C.G.S.

Para la de *resistencia*: el *Ohm*, deducida de la ley

$$I = \frac{E}{R}$$

y que vale 10^{-9} unidades C.G.S.

Para la de *capacidad*: el *Farad*, deducida de la ley

$$C = \frac{Q}{E}$$

y que vale 10^{-9} unidades C.G.S.

* * *

La determinación de la unidad no es suficiente para medir una magnitud cualquiera: es indispensable comparar dicha magnitud con la unidad, es decir, encontrar la relación numérica que las liga.

Muchas veces nos es imposible realizar mentalmente esta comparación con los indicios suministrados por nuestros sentidos: visión, audición, olfacción, gusto, tacto, etc., etc. De aquí la necesidad de recurrir á instrumentos ó aparatos especiales, denominados de medida, todos los cuales, ó casi todos, tienen por objeto, nuestro sentido de la vista siendo el más preciso, reducir la mayor parte de las veces la operación á una simple observación visual.

Siendo innumerable el número de aparatos de medida, susceptible de poderse emplear no sólo en electricidad sino tam-

bién en electroterapia, no intento describirlos; pues no cuento con los elementos indispensables para hacerlo, ni todos son de aplicación corriente. Mis compañeros que hayan hecho el curso de física en la Escuela Nacional Preparatoria de esta Capital, recordarán que el empeñoso preparador de dicha clase, Sr. Dr. Gamboa, se esforzaba en enseñarnos toda esta clase de aparatos, y no sólo enseñarnoslos, sino que se empeñaba, repito, en hacernos comprender su fundamento científico y el modo de emplearlos.

Fundado en esto, sólo me concretaré á hacer mención de algunos, y á la ligera describir otros que creo no nos fueron enseñados en aquella época, no por descuido ó morosidad de nuestros maestros, sino por no existir en el gabinete de dicho Colegio.

En electricidad muchas veces se tiene necesidad de un aparato micrométrico para medir los hilos conductores. El más empleado es el *palmer* que por su solidez y pequeño volumen, es de transporte fácil, se pueden valuar con este aparato centésimos de milímetro; su fundamento científico no es otro que el de los tornillos micrométricos.

La economía de energía eléctrica, su producción, su distribución, su gasto ó transformación, constantemente están sometidas á la influencia preponderante de la resistencia (Ley de Ohm). La base de la electrometría es la medida de la resistencia.

Medida de la resistencia.—Cualquiera que sea el reostato que se emplee, interpóngase en el circuito un galvanómetro, para conocer la dirección é intensidad de la corriente si esta existe. Las indicaciones del galvanómetro, Ampèmetro ó volmetro, nos hacen ver las necesidades reostáticas requeridas.

El más sencillo de los reostatos está compuesto de un tubo de vidrio, lleno de agua acidulada ó de una disolución titulada salina, tapado en sus dos extremidades por tapones metálicos, por uno de los cuales pasa á frotamiento una varilla, también metálica, buena conductriz, y que podemos sumergir más ó me-

nos en el líquido. Esta varilla y el tapón opuesto están intercalados en el circuito lo más cerca posible del origen de la corriente en relación con el observador. La resistencia del circuito varía según que aumentemos ó disminuyamos la columna líquida interpuesta entre el tapón y la varilla. Ahora bien, como los líquidos son malos conductores, la resistencia será proporcional á la longitud de esta columna. Una simple división métrica ó mejor empírica grabada en el tubo ó sobre la varilla, puede medir la resistencia introducida.

Basado en el mismo principio, Trouvé ha construído un nuevo reostato; sencillo, pues consta de una cubeta en donde se coloca el líquido conductor que recibe las extremidades de dos varillas metálicas acodadas en ángulo recto, soportadas por dos columnas que están en comunicación con los polos eléctricos, dichas varillas deslizan á frotamiento; una regla graduada previamente, mide, ó mejor dicho, nos muestra la resistencia introducida.

El mismo autor ha construído otro reostato fundado en este principio: que resistencias conocidas introducidas en un circuito ó quitadas de una manera continua y determinada, hacen que la intensidad de una corriente varíe en más ó menos.

El reostato de Wheastone se funda en el mismo principio.

El aparato más usual es la caja de resistencias, que todo estudiante conoce y que por eso no me ocupo en describirla.

Medida de la intensidad.—Los aparatos de medida de la intensidad se dividen en dos categorías: los voltímetros y los galvanómetros.

Los primeros están fundados en las propiedades químicas de las corrientes, y los segundos en sus propiedades mecánicas.

Los voltímetros están sujetos á la ley de Faraday, que dice que *la cantidad de electricidad consumida en una descomposición química, es proporcional á la cantidad en peso del electrólito descompuesto.*

Los pesos de electrólitos descompuestos pueden, pues, servirnos para medir la intensidad de la corriente.

Basados en este principio, fácil es comprender que habrá tantos voltímetros como combinaciones químicas haya.

En la práctica se mide, en todos los voltímetros, la cantidad, ya sea de hidrógeno, ya de oxígeno, ó la mezela de hidrógeno y de oxígeno debida á la descomposición de una solución acuosa ligeramente acidulada ó salada, es decir, buena conductriz.

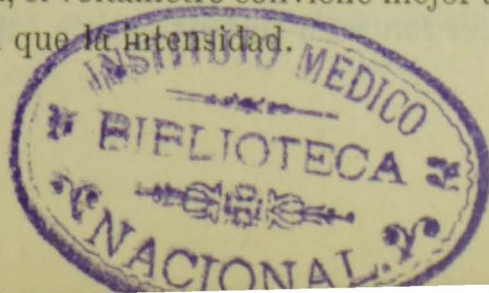
Es preferible emplear las mezclas gaseosas, pues las cantidades de materias sobre que se opera, siempre son muy pequeñas, y un ligero, ó mejor dicho, un pequeño error, verificado sobre ellas, podría traer uno de mayor importancia en la valuación de la corriente eléctrica.

El voltímetro se compone de un vaso de vidrio, atravesado en su parte inferior por dos hilos de platino, aislado por medio de una capa de resina; se vierte en dicho vaso agua acidulada y se coloca encima de cada uno de los hilos de platino una probeta llena de agua; desde que se hace pasar la corriente, vemos producirse en la superficie de los hilos gran cantidad de burbujas gaseosas que se dirigen á la parte superior de las probetas; en el polo negativo se desprende *hidrógeno* solamente y en el positivo *oxígeno*; el volumen del hidrógeno es doble del de el oxígeno. Teóricamente esto debe verificarse, pero en la práctica el volumen de O. es mucho menor por su solubilidad en el agua.

En este aparato la cantidad de gas desprendida en un tiempo dado, es proporcional á la cantidad de electricidad que atraviesa el aparato durante el mismo tiempo.

El voltímetro de Gaiffe está fundado sobre el mismo principio.

Si los voltímetros son relativamente inferiores en cuanto á la rapidez de sus indicaciones y modo de manejarlos con relación á los galvanómetros, tienen, sin embargo, sobre estos la superioridad de totalizar la cantidad de electricidad producida en un tiempo cualquiera. Así, el voltímetro conviene mejor todavía para medir la cantidad que la intensidad.



El galvanómetro es preferible al voltámetro, siempre que se trate de corrientes rápidamente variables; como cuando se trata de corrientes de inducción de alta intensidad ó corrientes sucesivas.

Galvanómetro.—El más empleado es el galvanómetro astático de Nobili, que se compone no de una sola aguja imantada, sino de dos, solidarias, cuyos polos contrarios, de potencias casi iguales, están colocadas enfrente una de la otra. Una de dichas agujas está en el interior del cuadro multiplicador de Schweigger y la otra al exterior. Según la regla de Ampère, se comprende que el sistema funcionará, bajo la influencia de una corriente, como si no existiese más que una sola aguja, cuya potencia de polos sería muy pequeña é igual á la diferencia de las potencias reales de los polos magnéticos de las dos agujas. En estas condiciones, se comprende que la corriente más débil obre para desviarlas del meridiano.

El galvanómetro de Nobili, basado sobre este principio; conviene muy bien para los estudios de electricidad médica; deberá, sin embargo, graduarse en miliampères y no solamente en grados.

El sistema astático de las dos agujas imantadas está colocado en una caja de vidrio que lo pone al abrigo de los polvos y de las perturbaciones atmosféricas. En esta caja están suspendidas por medio de un hilo de seda el sistema astático antes dicho y un círculo graduado cubre al cuadro multiplicador. La aguja superior es la que indica los desalojamientos. Todo el aparato está sostenido por tornillos niveladores. Este galvanómetro presenta un inconveniente, y es las oscilaciones de la aguja en el momento del paso de la corriente y por consiguiente el tiempo que tarda en tomar la posición que le corresponda. Se ha procurado obviar este inconveniente y se ha logrado. Sabemos que cuando un imán se desaloja con relación á un circuito conductor cercano, hace nacer en este circuito una corriente inducida, cuyo sentido es tal, que reobrando sobre el imán contraría su movimiento. Sentado esto, se comprende

desde luego, que en un galvanómetro cualquiera, las corrientes inducidas que á cada oscilación del imán toman nacimiento en el hilo mismo del multiplicador, deben producir un amortiguamiento de las oscilaciones. Para que estas oscilaciones decrezcan rápidamente, son indispensables dos cosas: 1ª Hacer porque las corrientes inducidas sean tan intensas cuanto sea posible. 2ª Dar al sistema móvil una pequeña masa y dimensiones pequeñas.

Basados en estas indicaciones, se construyen en la actualidad galvanómetros en los que las oscilaciones están suprimidas por completo, y así tenemos el de Thompson, el de Deprez y Arsonval, el de GaiFFE y Arsonval, etc., etc.

Un galvanómetro determinado no puede servir más que para medir corrientes cuya intensidad no pase de ciertos límites. En efecto, si la desviación de la aguja es muy grande deja de ser observable; por otra parte una corriente demasiado intensa puede deteriorar el galvanómetro. Previendo estos inconvenientes, algunos galvanómetros llevan ya incluido *el Shunt* que no es otra cosa que una caja de resistencias determinadas que se intercala en el circuito. El *Shunt* lleva marcadas las resistencias introducidas, de modo que vista la indicación del galvanómetro hay que multiplicar este número por el que esté marcado en el *shunt*. Por ejemplo, si el galvanómetro, puesto el *shunt*, marca 20 de intensidad y el *shunt* marca 5, la intensidad verdadera será $20 \times 5 = 100$ miliampères.

Las condiciones que debe llenar un galvanómetro para ser bueno, son: 1ª Debe ser aperiódico, es decir, que la aguja efectúe la desviación que corresponde á la intensidad de la corriente, de una manera instantánea, y conserve en seguida esta desviación. 2ª Debe tener una resistencia interior tan pequeña como sea posible. 3ª Debe tener una graduación muy exacta; las divisiones deben estar bastante distantes unas de otras para que la lectura se haga sin vacilación posible y á una distancia suficientemente grande: lo que exige una aguja larga y una graduación clara, y como dije antes, distantes las divisiones

unas de otras. 4ª Que funcionen bien tanto en un plano horizontal como en un plano vertical, como los de Trouvé.

* * *

FORMAS DE CORRIENTES UTILIZADAS EN ELECTROTERAPIA.

Una de las primeras condiciones que debe realizar quien quiera dedicarse á la electricidad médica, es saber producir las diversas formas de corrientes que debe emplear; por cuyo motivo creo de mi deber estudiar los medios que hay que emplear para lograr la producción de la energía eléctrica.

Podemos clasificar las diferentes categorías de corrientes utilizadas en medicina según la forma de cada una de estas corrientes.

Veremos sucesivamente las fuentes de energía y los aparatos que corresponden á las cinco formas de corrientes:

- 1º La galvanización.
- 2º La voltaización sinusoidal.
- 3º La faradización.
- 4º La franklinización.
- 5º Las corrientes de alta frecuencia.

GALVANIZACIÓN.

La galvanización es el empleo de las corrientes galvánicas. La forma de esta corriente es la de una corriente constante. La intensidad de esta corriente siempre es la misma, cualquiera que sea el momento en se la considere. Solamente en los momentos de apertura ó clausura del circuito se produce un estado variable.

Dos son los procedimientos que permiten obtener la corriente galvánica:

- 1º Las pilas.
- 2º Los acumuladores.

Pilas.—La mejor y más sencilla definición que pueda darse de la pila, es la siguiente: *la pila es una máquina que sirve para transformar la energía química en energía eléctrica.* Tómese la palabra máquina bajo la significación de un aparato capaz de transformar de una manera continua y regular una forma cualquiera de energía en otra.

Si examinamos lo que pasa en una pila cualquiera, cuyo circuito exterior está cerrado, veremos que el metal, que casi siempre es zinc amalgamado, sufre una acción química; su peso disminuye para dar nacimiento á una sal; este trabajo es el que se convierte en energía eléctrica, cuya existencia podremos demostrar por sus numerosos efectos, especialmente la desviación de la aguja galvanométrica, (experiencia de Ersted y personificación de Ampère, descomposición del agua, acción vaso-motriz en los puntos de aplicación de la corriente, etc., etc).

Según lo antes dicho, para que exista una corriente en un conductor es necesario una diferencia de potencial entre los dos polos de la pila, además, la corriente que se manifiesta á través del conductor interpuesto, y que constituye el circuito exterior, no es instantánea, sino continua.

La pila eléctrica posee la propiedad de mantener una diferencia de potencial en sus dos polos, por cuyo motivo veremos algo respecto á su fuerza electro-motriz; este dato, notémoslo, es útil de conocer, pues los elementos de que hacemos uso en medicina, siendo de los de la categoría de los elementos *impolarizables*, constituyen electro-motores que gozan de esta propiedad notable: de tener una fuerza electro-motriz constante, que basta medir una vez por todas. Así un elemento Leclanché tiene una fuerza electro-motriz de 1v.45; uno de Daniell, tipo común 1v.07, etc.

La fuerza electro-motriz de una pila, de ninguna manera depende de las dimensiones del elemento; un elemento Bunsen por ejemplo muy grande ó muy pequeño, tendrá siempre la misma fuerza electro-motriz: ésta no depende más que de la

naturaleza de las reacciones químicas que se verifiquen dentro de la pila.

Para que en una pila la intensidad sea constante, es necesario que la fuerza electro-motriz lo sea; para comprobar esto, basta ver en la Ley de Ohm qué término de la ecuación debe ser la constante.

La Ley está expresada por la fórmula:

$$I = \frac{E}{R}$$

en donde se ve que para que I sea constante es necesario que E lo sea también, puesto que el circuito es siempre el mismo.

Antes he dicho que las pilas que se emplean en medicina son de las llamadas *impolarizables*. Con el simple fin de producir una corriente galvánica no importa la clase de pila que se elija; pero para ser utilizada en medicina hay que hacer elección. Desde luego las pilas que deben desecharse son aquellas en que se manifiesten los fenómenos de polarización.

Si tomamos dos láminas, una de zinc y otra de cobre, y las sumergimos en agua acidulada, ciertamente habremos formado una pila; ¿pero esta pila podrá servirnos para los usos médicos en que tengamos necesidad de emplearla? Indudablemente que no, pues en ella los fenómenos de polarización son muy activos.

Esta polarización de los electrodos se debe á tres causas principales: 1ª El hidrógeno que se desprende al nivel de la lámina de zinc se deposita al derredor del electrodo no atacado, electrodo positivo, y forma un barniz mal conductor; 2ª este hidrógeno tiende á reducir el sulfato de zinc formado, de donde la creación de una fuerza contra-electromotriz que disminuye la fuerza electro-motriz de la pila; 3ª en fin, la excitabilidad del líquido va disminuyendo á medida que la cantidad de sulfato de zinc aumenta.

Siguiendo el mismo orden de ideas, diré algunas palabras con respecto á las substancias *depolarizantes*.

La primera condición que debe llenar una pila para servir á los usos médicos, es la de ser impolarizable y por lo mismo producir una corriente de intensidad constante.

Para presentar una pila este requisito, debe indispensablemente poseer un cuerpo capaz de anular el principal elemento de polarización, que es el hidrógeno. Este gas, que toma nacimiento en la superficie del metal atacado, el zinc, es llevado en el interior de la pila hacia el polo positivo, cobre, carbón, platino, etc., etc. Este paso del hidrógeno al polo positivo, como es fácil de comprender, es debido al sentido de la corriente, que en el exterior va del polo positivo al negativo y en el interior en sentido contrario.

Para que el hidrógeno no llegue á depositarse al derredor del colector positivo de la pila, es necesario que encuentre, antes de llegar á él, una substancia que lo absorba, que lo haga desaparecer por medio de otra combinación, sea cual fuere, pero no gaseosa. A esta substancia se le llama precisamente, á causa de su función, *depolarizante*.

Los depolarizantes son numerosos: unos son sólidos como el óxido de cobre, el bióxido de manganeso, el cloruro de plata, el bisulfato de mercurio, etc.; otros son líquidos, como el ácido nítrico ó en disolución, como el sulfato de cobre, el ácido crómico, etc., etc.

La reacción que se produce en el momento en que el hidrógeno encuentra al depolarizante es una reducción, por cuyo motivo todos los cuerpos ricos en oxígeno pueden emplearse como depolarizantes. Se concibe desde luego que la lista de las diferentes pilas debe ser muy larga, pues en casi todas generalmente es el zinc el metal atacado y el líquido excitador el agua acidulada; lo que varía es la substancia encargada del papel de depolarizante.

Según la naturaleza de esta substancia se obtienen diferentes pilas.

Consideremos como una primera serie aquellas en que el líquido excitador es agua acidulada y el metal atacado el zinc,

Basta para designarlas indicar la clase del depolarizante y el cuerpo que sirve de polo positivo.

Marcaré con la letra (d) el depolarizante y por medio del signo (+) el polo positivo.

Sulfato de cobre (d), cobre (+).—*Daniell. Calland.*

Ácido nítrico (d), carbón (+).—*Bunsen.*

Bicromato de potasa (d), carbón (+).—*Grenet.*

Bisulfato de Hg. (d), carbón (+).—*Marié-Davy.*

Una segunda serie de pilas está constituida por aquellas en que el líquido excitador es un cloruro; en esta serie para designarlas es preciso indicar la naturaleza del cloruro, después la del depolarizante y por último la del polo positivo:

Cloruro de amonio. Bióxido de manganeso (d). Carbón (+).—*Leclanché, Bergonie, etc.*

Cloruro de zinc. Bióxido de manganeso (d). Carbón (+).—*Gaiiffe.*

Cloruro de sodio. Cloruro de plata (d). Plata (+).—*Warren de la Rue.*

Puede formarse una tercera serie con las pilas que tienen como líquido excitador un álcali cáustico, potasa ó sosa; la reacción da nacimiento á un zincato alcalino; aquí lo mismo que en la serie anterior se indican los tres elementos:

Potasa, Oxido de cobre (d), Cobre (+).—*Lalande y Chaperón.*

Sosa, Bióxido de manganeso (d), Carbón (+).—*Junius.*

No entraré á describir una por una las diferentes clases de pilas que hay, pues no todas son de uso corriente en electricidad médica, ni todas llenan las condiciones que á continuación veremos. Las que más se adaptan á los usos de que vengo tratando son la de Leclanché ó las de Bergonie y Junius, que no son sino modificaciones de la de Leclanché; la de bisulfato de mercurio, que sirve también para hacer funcionar los aparatos portátiles de inducción de Gaiiffe. Los otros modelos pueden emplearse, pero los que mejor funcionan son los indicados.

* * *

Cuando se trata de una instalación fija, lo primero que hay que hacer es elegir el modelo de pilas por emplear, pues, como se comprende, una vez instaladas quedan al servicio médico si no indefinidamente, sí hasta una nueva instalación. Este es el único medio de obtener corrientes capaces de corresponder á todas las exigencias médicas.

Las condiciones que debe llenar la pila elegida son: 1ª poseer una resistencia interior pequeña; 2ª tener una fuerza electro-motriz media de 1v.5, para evitar el empleo de gran número de elementos; 3ª las dimensiones deben ser, ni muy grandes ni muy pequeñas; 4ª no debe desprender productos de mal olor, ni corrosivos; 5ª ni exigir una renovación muy frecuente del líquido excitador y como consecuencia no debe funcionar sino cuando esté cerrado el circuito exterior.

Modo de asociar las pilas.—Cualquiera que sea el modelo de pila que elijamos, podemos asociarlas de distintos modos. Esta asociación es necesaria, pues un solo elemento es en la generalidad de los casos y siempre en las aplicaciones médicas insuficiente.

Un principio que es preciso conocer si queremos comprender bien lo que pasa en los diversos modos de asociación de pilas es el siguiente en una pila formada de varios elementos, reunidos del modo que se quiera, *cada elemento funciona como si estuviese solo* (Janet).

Asociación en serie.—La asociación que más frecuentemente se emplea en medicina es la asociación en *serie* ó en *tensión*.

Para asociar los elementos en serie se reúne uno de los polos del primer elemento al polo de nombre contrario del segundo, después el otro polo del segundo al de nombre contrario del tercero y así sucesivamente; por ejemplo el zinc del primer elemento al carbón del segundo; el zinc del segundo al carbón del tercero, etc.

El conjunto de todos estos elementos así agrupados pode-

mos considerarlo en todos los casos como una pila única; esta asociación se termina necesariamente por un lado por un carbón (ó cobre), que es el polo positivo de la pila así formada, por el otro por un zinc, que es el polo negativo. En este caso, las fuerzas electro-motrices se unen y lo mismo pasa con las resistencias interiores; fácil es demostrarlo con sólo aplicar la ley de Ohm. Tomemos por ejemplo n elementos iguales; cada elemento de una fuerza electromotriz e y de resistencia r ; reunamos estos elementos por los polos de nombres contrarios, como antes se ha dicho, y cerremos el circuito por el conductor C, cuya resistencia es r . La fuerza electro-motriz de toda la pila es $E = n e$ y la resistencia total del circuito $R = n r + R$, la intensidad de la corriente, según la ley de Ohm es:

$$I = \frac{n e}{n r + R}$$

Este modo de asociación conviene especialmente á los casos en que el conductor exterior presenta una resistencia *muy grande* con relación á la de la pila, por ejemplo el cuerpo humano. En efecto, considerando $n r$ despreciable, con relación á R , se tiene sensiblemente que

$$I = \frac{n e}{R},$$

es decir, que la intensidad es sensiblemente proporcional al número de elementos.

Sea una asociación de n elementos iguales, su fuerza electromotriz será n veces mayor; pero en cambio la resistencia interior es también n veces más grande que la de un solo elemento. Si esta resistencia es de 0.^w5 por pila, la del conjunto será $n \times 0.^w5$. Ahora, si n lo hacemos igual con 60, por ejemplo, la resistencia interior será de 30.^w.

Asociación en batería (ó cantidad).—Otro modo de asociación es la asociación en batería ó en cantidad: consiste en reunir todos los polos positivos entre sí, lo mismo que todos los

polos negativos. El conjunto de los primeros forma el polo positivo y la reunión de los segundos el polo negativo de la asociación.

Si como en el modo de asociación anterior designamos por n el número de elementos, por r la resistencia interior de una pila y recordamos que en este caso el sistema funciona como si fuera un solo elemento, cuyas láminas tuvieran una superficie n veces mayor, y por consiguiente la resistencia de una columna líquida que está en razón inversa de su sección, tendremos representada dicha resistencia (de la asociación total)

$$\text{por } \frac{r}{n}.$$

Pero como la fuerza electro-motriz de una pila es independiente de su superficie y no depende más que de la naturaleza de los cuerpos que la constituyen, se comprende que la fuerza electro-motriz de este elemento múltiple sea siempre e . Si pues designamos por I la intensidad de la corriente y por R la resistencia del conductor exterior, tendremos, aplicando la ley de Ohm:

$$I = \frac{e}{\frac{r}{n} + R}$$

Este modo de asociación en que la resistencia interior es pequeña conviene en los casos en que la del conductor exterior es igualmente pequeña y en efecto, considerando R como despreciable con respecto á

$$\frac{r}{n} \text{ se tiene } I = \frac{ne}{r}$$

lo que demuestra que en este caso la intensidad es proporcional al número de elementos. Supongamos que se quiere hacer funcionar un galvano-cauterio, cuya resistencia es muy pequeña, y necesitamos una corriente de 15 ampères. Con elementos de fuerza electro-motriz igual á 2 volts y de resisten-

cia interior de 0.^w5, apliquemos la ley de Ohm para ver cuántos elementos es necesario asociar en batería

$$15^{\wedge} = \frac{2^{\vee}}{x} \quad x = r.$$

Tendremos

$$x = \frac{2}{15} = 0.^{\wedge}13$$

es decir, que necesitaremos tantos elementos cuantas veces 0.^w13 esté contenido en 0.^w5, esto es, cuatro.

Asociación mixta.—El tercer modo de asociar pilas es el sistema mixto, esto es, podemos formar un cierto número de grupos; en cada grupo los elementos pueden estar reunidos en serie, después todos los grupos considerados como una pila única, asociados en batería. Se puede hacer lo contrario: reunir cada grupo de elementos en batería y luego estos sistemas agrupados en serie.

Esta asociación mixta es algunas veces ventajosa y útil en medicina; así, por ejemplo, es cómodo para hacer funcionar un carrito de inducción adoptar este sistema de asociación, pues de este modo tenemos gran cantidad de electricidad, sin emplear una fuerza electromotriz también grande.

Instalación de una batería eléctrica.—Ciertas precauciones deben tomarse para hacer esta instalación: es necesario impedir la acción de las corrientes que provengan de algún taller de electricidad industrial; la de las instalaciones de luz eléctrica, etc., que pueden llegar por intermediario del suelo hasta los hilos que conducen la corriente eléctrica al enfermo. Para evitar en parte estos inconvenientes, colóquense los elementos dispuestos en tensión en estantes, si es posible, estos deben estar reposando sobre aisladores de porcelana. Estas precauciones podrán tomarse como exageradas, pero la experiencia confirma lo contrario. Sólo de esta manera se puede estar seguro del valor exacto de la corriente que apliquemos. Excusado es decir que los hilos que se empleen para transmitir la

corriente deben ser hilos de gran conductibilidad, poco más ó menos de un milímetro de diámetro y que presentén un aislamiento muy cuidadoso.

Acumuladores.—Los fenómenos de polarización han sido utilizados para la construcción de pilas llamadas *pilas secundarias* ó *acumuladores*, que están destinados á facilitar el empleo de la electricidad en los lugares en que sería difícil instalar pilas ordinarias.

Sabido es que Gaston Planté tiene el mérito de haber encontrado el metal que mejor se presta á los referidos fenómenos de polarización tan empleados en los acumuladores; este metal es el plomo.

El acumulador Planté se compone de dos láminas de plomo enrolladas en espiral separadas por una tela; todo esto está sumergido en agua acidulada. Para cargarlo se hace pasar una corriente, en este caso el agua es electrizada, en el electrodo positivo, el oxígeno forma con el plomo bióxido de plomo; en el negativo, el hidrógeno se condensa en la superficie del plomo. Cuando el hidrógeno ya no es absorbido por el plomo y comienza á desprenderse al estado gaseoso se suprime el paso de la corriente; los prácticos dicen que en estos momentos el *acumulador hierva*. El aparato así cargado puede conservarse durante un tiempo más ó menos grande sin perder su carga. Tan luego como se reúnen los polos del acumulador, se produce una corriente de sentido contrario á la corriente que sirvió para cargarlo. En el momento de la descarga del acumulador se producen fenómenos químicos contrarios á los anteriores y la corriente persistirá hasta que las provisiones de gas se agoten.

Basados en este mismo principio hay varios modelos de acumuladores que no describiré.

* * *

Electro-fisiología.—Según Remak y Heidenhain, las corrientes continuas pueden ser *ascendentes* ó *descendentes*, ó en otros

términos, *centrípetas* ó *centrífugas*, con relación á los centros nerviosos.

Estos autores hacen desempeñar un papel muy importante al sentido de la corriente; las ascendentes serían excitantes y las descendentes sedativas.

La mayoría de electricistas admiten con Claudio Bernard y Chauveau que el sentido de la corriente no tiene ninguna influencia, y reemplazan en la actualidad el método de dirección por el método *polar*, que consiste en aplicar el electrodo llamado indiferente en un punto que evite toda acción muscular ó de los nervios motores (esternón, columna vertebral, rótula), mientras se coloca el otro electrodo en el lugar de elección del nervio ó del músculo. De esta manera se evita cualquiera otra acción perjudicial de la parte enferma.

Los efectos del polo negativo son los de la corriente ascendente, y los del polo positivo los de la descendente.

Nervios motores.—La excitación eléctrica de un nervio motor produce como resultado la contracción del músculo inervado por él. Si aplicamos el electrodo negativo se observa una contracción muscular en el momento en que cerramos el circuito; durante todo el tiempo que pase la corriente, no hay ninguna contracción; cuando se abre el circuito algunas veces hay contracción. Si el electrodo aplicado es el positivo, sólo hay contracción cuando se abre el circuito y que la corriente es débil; cuando es fuerte, la contracción se produce tanto en el momento de cerrar como de abrir el circuito.

Nervios sensitivos.—Las acciones de la corriente sobre los nervios sensitivos constituyen el fenómeno más aparente y el que se ha observado primero. Volta ha definido la sensación que se produce, diciendo: "Mientras pasa la corriente, se experimenta una sensación de picoteo con ardor, que aumenta con la intensidad de la corriente." Esta sensación es continua como la misma corriente; en la piel se tiene la impresión de calor; si la intensidad es bastante grande, esta sensación se convierte en una quemadura uniforme que puede causar vivos

dolores. Cuando la superficie del electrodo es grande, las excitaciones sensibles se manifiestan no sólo en los puntos de aplicación del electrodo, sino también en la región de distribución del nervio cutáneo. La sensación de picoteo á veces no se acompaña de rubicundez, del mismo modo que puede haber rubicundez sin sensación de dolor ni de quemadura.

Las sensaciones producidas por el *anodo* y el *catodo* son diferentes: la impresión que se experimenta con el polo negativo es más pronunciada y más dolorosa; es parecida al efecto producido por un sinapismo. La sensación debida al polo positivo difiere, podíamos decir, tanto en cantidad como en calidad: el picoteo es menos profundo, aun cuando la piel que está bajo del electrodo parece más caliente.

Cerebro y Médula.—Los datos que se tienen, relativos á la electrización del cerebro á través de la pared craneana, son inciertos; en cuanto á la médula parece más accesible.

Músculos.—Cuando se aplica directamente sobre un músculo estriado una corriente continua, se ve contraerse tanto en el momento de cerrar como de abrir el circuito; la contracción provocada en el instante de cerrar dicho circuito es más fuerte; en este caso, la acción eléctrica obra sobre los nervios intramusculares más bien que sobre la fibra muscular, pues son más excitables.

Sobre las fibras musculares lisas estas mismas corrientes obran de un modo distinto, según la dirección de esta corriente y la de los movimientos de los órganos que están formados de estas fibras. Cuando la dirección de la corriente es igual á la de las contracciones normales hay relajamiento, cuando son de sentido contrario hay contractura (Rabuteau).

Circulación.—Las corrientes continuas generalmente activan la circulación.

De la misma manera que para los músculos debe distinguirse la excitación de los nervios vaso-motores de la de las paredes vasculares. La acción de ambos polos sobre los vasos sanguíneos y linfáticos esencialmente, es la misma, es decir, una

contracción seguida de una dilatación. La contracción que se produce para el polo negativo es menor que la que tiene lugar en el positivo.

Mientras Legros y Onimus dicen que los efectos que producen las corrientes continuas centrípetas en los fenómenos nutritivos, son: una disminución en la cantidad de urea y un aumento en la cantidad de orina, y que las corrientes centrípetas producen casi el efecto contrario, D'Arsonval, según sus experiencias, no ha confirmado estas propiedades y las considera como nulas.

Acción sobre los tejidos.—Se distinguen dos modos: la *electrolisis* y la *cataforecis*.

La *electrolisis* consiste en la descomposición de los cuerpos, químicamente compuestos, en sustancias ó elementos simples. Para que un cuerpo pueda ser electrolizado, debe llenar dos condiciones: 1ª, ser buen conductor, y 2ª, que esté al estado líquido. Los resultados electrolíticos que se obtienen, son: depósito de cloro, ácido carbónico, fosfórico, sulfúrico, etc., en el polo positivo, y de hidrógeno, sosa, potasa y cal, en el polo negativo. Sus efectos dependen de la energía y duración de la corriente. En el polo positivo se forman escaras duras, retráctiles, análogas á las producidas por los ácidos cáusticos; en el negativo escaras blandas análogas á las que se formarían si pusiéramos la piel en contacto directo con un álcali.

Cataforesis.—Porret fué el primero que observó este fenómeno: consiste en el paso sin descomposición de los elementos que constituyen una solución salina de un polo á otro, siguiendo siempre la dirección de la corriente.

Estos efectos catafóricos de las corrientes han sido, hasta estos últimos tiempos, los únicos invocados para explicar su acción; aunque, en verdad, seducen y proporcionan á la imaginación un vasto campo para encomiar sus virtudes curativas, el papel que desempeñan en la interpretación de los fenómenos fisiológicos de la galvanización, es poco importante (Erb).

En la actualidad, las nuevas teorías basadas en los trabajos

de Bouty, Kohlsrausch, Ostwald, Arrhenius, establecen que la conductibilidad eléctrica de una disolución salina, más ó menos complexa, pertenece, no al líquido disolvente, sino á los *ions* puestos en libertad. Llámense en la actualidad *ions* á los productos de la electrolisis; al electrodo positivo se le llama *anodo*, y al negativo *catodo*; los ions básicos precipitados se alejan del anodo para ir á depositarse sobre el catodo, y los ácidos, como el ácido sulfúrico, se dirigen al anodo; los ions del anodo se llaman *anions* y los del catodo *cations*.

Las sustancias disueltas se dividen en dos partes, de las cuales una, el anions, sigue la dirección de la corriente, y el cations, la dirección contraria. Hay paso de estos elementos, pero como antes dije, en uno y otro sentido, por cuyo motivo vemos que esto no está de acuerdo con la definición que se da de cataforesis.

Si consideramos solamente las moléculas salinas disueltas, por ejemplo, las sales contenidas en los líquidos que imbeben los tejidos, no podemos invocar los fenómenos de cataforesis para explicar los desalojamientos debidos á la corriente, pues estos desalojamientos están constituídos por el transporte de los ions, conforme á las leyes de la electrolisis (leyes de Faraday).

El término de cataforesis no puede aplicarse más que al transporte del líquido mismo; algunas experiencias comprueban dicho transporte; así por ejemplo, si tomamos un tubo en U que contenga un líquido de gran resistencia, como el agua destilada, y se tiene cuidado de colocar un diafragma poroso dentro del tubo, comprobaremos que bajo la influencia de la corriente se produce una desnivelación en las dos ramas. Este mismo resultado puede observarse sin colocar en el referido tubo el tabique poroso.

Cuando se aplica la galvanización sobre el hombre, estos fenómenos de transporte de líquidos en el sentido de la corriente se verifican en el organismo; pero se debe á los cambios iónicos.

Los cambios de celdilla á celdilla producidos por el desalajamiento de los anions y cations, son más eficaces para modificar de un modo persistente, la nutrición de los tejidos, que el simple transporte de los líquidos del anodo al catodo, como lo indica el término cataforesis ó efectos catafóricos de que tanto se abusa.

Así puede establecerse la concepción de los efectos fisiológicos producidos por la galvanización y reemplazarlos por los efectos catalípticos de Remak.

Con razón Erb dice: "estos efectos catalípticos corresponden á algo vago cuya concepción no está definida y es poco cierta."

Modo de aplicación de la corriente.—Cuando se quiere hacer atravesar el cuerpo humano ó parte de él por la corriente eléctrica, se colocan en los polos de la fuente de energía eléctrica, aparatos de formas variadas que son colocados en seguida en contacto ó á distancia del individuo por electrizar; estos aparatos se llaman *electrodos*, y si sirven para producir una excitación se les llama *excitadores*.

Según esto, los electrodos y los excitadores pueden dividirse en dos grupos: 1º, los que sirven para aplicar la galvanización, la voltaización sinusoidal y la faradización, de los que desde luego me ocuparé, y 2º, los que sirven para aplicar la franklinización y las corrientes de alta frecuencia que describiré en su lugar correspondiente.

Electrodos.—El método que es en la actualidad universalmente adoptado en electricidad médica, es el método monopolar, del profesor Chauveau.

Consiste en colocar en un punto del cuerpo un ancho electrodo, al que se le ha dado el nombre de *electrodo indiferente* á causa de la débil densidad de la corriente á su nivel, mientras que el otro electrodo, de superficie más pequeña, se pone en contacto tan inmediato cuanto es posible con el nervio ó músculo por electrizar ó excitar; á este segundo electrodo, bajo el cual la densidad eléctrica es más grande, se le llama *electrodo activo ó diferente*.

Construcción de los electrodos.—La construcción de los electrodos, su tamaño, su forma, tienen una importancia capital, sin embargo, se encuentran á veces electrodos absolutamente defectuosos é insuficientes.

Un electrodo debe constar: de una parte sólida y de una parte blanda ó esponjosa colocada entre la parte sólida y la piel del enfermo. La parte sólida debe ser de metal, de preferencia de cobre niquelado; el carbón puede también emplearse; pero presenta el inconveniente de no ser suave y de romperse con facilidad. La elección de la substancia que cubre el metal, el número de capas esponjosas empleadas, el grado de imbibición de dicha masa esponjosa, constituyen otros tantos factores muy importantes que es útil examinar, aunque sea brevemente.

El papel que debe desempeñar un electrodo es no solamente permitir la entrada ó salida de la corriente en el cuerpo humano, sino hacer la aplicación de esta corriente tan poco dolorosa como sea posible.

Cuando se hace uso de una placa de metal ó carbón como electrodo, se obtiene aún con corrientes de intensidad muy débil, una sensación excesivamente dolorosa.

Cuando se aplica la corriente en ciertas regiones dotadas de gran sensibilidad eléctrica, como en la cara, se nota que ciertos electrodos permiten emplear una corriente muy intensa, mientras que otros de la misma superficie y con una misma intensidad, producen una sensación dolorosa. El Dr. Bordier, de Lyon, ha podido demostrar experimentalmente que estas diferencias en los efectos sensitivos se deben al valor de la resistencia eléctrica de los electrodos y también á la relación que existe entre la resistencia del electrodo y la de la epidermis subyacente. El resultado de esas experiencias demuestra: que la resistencia de un electrodo debe ser, tanto cuanto sea posible, semejante á la de la piel, para que la sensibilidad cutánea sea muy poco excitada por una corriente dada. Ahora bien, los electrodos de piel de gamusa ó de yesca, cuando están for-

maños de una sola capa y bien humedecidos, tienen una resistencia mucho muy débil.

¿Qué substancia debe emplearse para construir un electrodo?

A *priori* no puede decirse qué substancia debe emplearse de preferencia á otra; pues como he dicho antes, es preciso considerar: el número de capas que deben entrar en su composición; el modo de humedecerlas, etc. Lo que sí puede sentarse como principio, es que un electrodo será tanto más útil, mientras tenga una resistencia lo más semejante posible á la de la piel humedecida.

Esta es la razón por lo que los electrodos de arcilla y pergamino, de Luraschi, recientemente puestos en uso, permiten aplicar corrientes muy intensas sin producir grandes dolores; el pergamino húmedo tiene una resistencia de la misma magnitud que la de la piel humedecida que cubre.

El electrodo de Bergoni está construído del modo siguiente: una placa cuadrangular (rectángulo) de latón ó cobre rojo nikelada, cubierta por una lámina de cauchú bastante gruesa, de modo de evitar el contacto de la lámina que queda á descubierto con la piel del enfermo, esto, cubierto á su vez con varias capas de gasa y el todo envuelto por una tela fina que está cosida en los bordes que cubre.

Cuando se tiene la precaución de humedecerlo bien, este electrodo satisface perfectamente las condiciones antes dichas.

Hay otros electrodos también en uso, construídos según los mismos principios, tales como el del Dr. Amussat, que consta de un cilindro de carbón envuelto en gamusa; el del Dr. Boudet, de Paris, consistente en dos discos, y otros que afectan varias formas (bolillos, cilindros, rodillos, etc.).

Los electrodos deben estar graduados, si se quiere fijar exactamente las condiciones en que se obra al hacer una aplicación de la corriente. Es indispensable indicar su densidad que, como al principio dije, depende de dos factores: de la intensidad de la corriente y de la superficie del conductor; en este

caso la de los electrodos. Esta superficie debe estar gravada en alguna parte del electrodo, cualquiera que sea su forma.

Electrodo indiferente.—La superficie del electrodo indiferente debe ser tan grande cuanto sea posible, de modo de poder dar á la corriente una intensidad tan grande como se necesite, sin que los fenómenos físicos ó fisiológicos sean sensibles á su nivel. Para las aplicaciones habituales esta superficie será de 150 á 200 centímetros cuadrados; en ginecología el electrodo que se coloca en el abdomen tiene una superficie mayor.

¿Cuál es el lugar en que se coloca este electrodo?—Desde luego puede decirse que este lugar, por comodidad, debe ser siempre el mismo. Erb recomienda la región esternal, pero la observación ha enseñado que los puntos de contacto entre el electrodo y la piel son mucho más numerosos cuando se elige la región dorsal situada inmediatamente abajo de la nuca. Es en este punto en donde se prefiere colocar el electrodo indiferente en la mayor parte de las aplicaciones electroterápicas.

Presenta además otra ventaja: el electrodo es mantenido sólidamente en este lugar. Basta decir al enfermo que se apoye bien sobre el respaldo de la silla ó sillón, lo que no puede hacerse cuando dicho electrodo está colocado sobre el esternón.

Electrodos activos.—Los electrodos activos ó diferentes pueden tener distintas formas, según los usos á que se destinan; sus superficies varían igualmente; el médico electricista debe poseer varios, con el fin de que no se vea precisado á diferir la curación por sólo esta falta.

Cuando se quiere excitar un músculo ó un nervio, por ejemplo, con corrientes farádicas rítmicas, es cómodo emplear un electrodo de 15 á 20 centímetros cuadrados; si no es un músculo sino un grupo muscular, la superficie deberá ser mayor 60 á 100 centímetros cuadrados.

Para mantener fijo este electrodo, es útil emplear una liga de cauchú que se enrolla en el miembro y al mismo tiempo detiene al referido electrodo; esta substancia posee dos ventajas sobre cualquiera otra liga, y son: ser mal conductor de la

electricidad y elástica. La presión que ejerce es suficiente para mantener un buen contacto entre la piel del enfermo y el electrodo.

Electrización estable é inestable ó stabile y labile.—Todo lo antes dicho se refiere á la electrización estable, es decir, á la electrización hecha con ayuda de electrodos que conservan siempre la misma posición sobre el enfermo.

Para practicar la electrización inestable, que consiste en electrizar desalojando el electrodo activo, se emplean electrodos soportados por un mango. Estos electrodos varían en cuanto á su forma, que puede ser esférica, cilíndrica ó plana. Cualquiera que sea la forma del electrodo, bueno será que su mango llene las condiciones siguientes: ser sólido, de fácil prensión, y construído de una substancia aisladora como la ebonita.

Imbibición de los electrodos.—Antes de aplicar los electrodos al cuerpo del enfermo, deben estar bien humedecidos; para esto se sirve uno de agua caliente cuya temperatura esté comprendida entre 35° y 40°. El agua caliente tiene la ventaja de no producir sensación desagradable sobre la piel, y sobre todo la de reblandecer fácil y rápidamente la capa córnea de la epidermis; su empleo es preferible á la del agua fría.

El agua salada, que antes se empleaba, debe desecharse: expone á los inconvenientes que resultan de las acciones electrolíticas y á la destrucción rápida de los electrodos.

Al aplicar una corriente eléctrica es necesario una vez aumentar su intensidad, otras cambiar el sentido de esta corriente, y otras emplearla de un modo intermitente, por cuyo motivo es indispensable agregar á todos los aparatos antes mencionados otros tres que son muy vulgares y por lo mismo sólo los indicaré, y son: el colector, que á la vez que sirve para emplear determinado número de pilas, sirve igualmente para cambiar el sentido de la corriente; el interruptor doble de Gaiffe es muy empleado; el aparato que sirve sólo para invertir la corriente, ó conmutador, de los cuales hay muchos modelos: el del Dr. Debédát, el de Siemens & Halske y otros, y

por último, los interruptores como la llave de Morse y del Dr. Bergonie, etc.

Para saber qué número de pilas debe emplearse y al mismo tiempo cuál el lugar en que debemos colocar los botones del calector de Gaiffe, basta aplicar la ley de Ohm. Antes he dicho también que la asociación de pilas más empleada en medicina es la reunión en tensión, y que algebraicamente se expresa

$$I = \frac{nE}{R + nr}$$

de donde

$$n = \frac{IR}{E - Ir}$$

Tomemos para aclarar más, el modelo Leclanché, en que $E = 1.35$; $r = 6$ ohms; $R = 2000$ ohms é $I = 0.030$. Substituyendo en la última fórmula se tendrá

$$n = \frac{0.030 \times 2000}{1.35 - 0.030 \times 6} = 51.2$$

Luego para obtener la intensidad I son necesarias 52 pilas.

APLICACIONES.

Varios efectos pueden obtenerse de la corriente galvánica: excitantes, sedativos, tróficos, destructivos, electrolíticos.

Los efectos *excitantes* se obtienen con la corriente *labile* ó *inestable* que, como antes he dicho, consiste en pasear rápidamente el electrodo activo por todo el trayecto de un nervio ó territorio de un músculo. Regimbeau dice que los efectos producidos empleando el polo positivo son más débiles que los que se obtienen cuando se hace uso del negativo; sin embargo, cuando hay atrofia muscular es preferible emplear el positivo.

Esta acción excitante se emplea en las parálisis de la motilidad, entre otras en las parálisis á frigore del nervio facial, del

nervio radial, reumatismo deltoideo, del cubital. (Complétase el tratamiento por medio de la faradización.)

En las *parálisis saturninas*, el profesor Semola aplica la galvanización ya *stabile* ya *labile* sobre todos los músculos paralizados. Jolly ha empleado la misma corriente en las parálisis de origen *arsenical*. Se emplea también en las de origen *alcohólico*, *diftérico*, etc. (Se emplea la faradización para concluir el tratamiento.)

En la *hemiplegia*, del mismo modo que en las *paraplegias*, se empleará la corriente eléctrica una vez que han desaparecido los fenómenos agudos. La corriente debe ser débil y corto el tiempo de la aplicación. Si el enfermo es irritable, se hará uso del polo positivo, y si lo contrario, del negativo. Un polo se colocará sobre la columna vertebral, al nivel de la lesión, cuando la paraplegia sea de origen medular, y el otro sobre el esternón.

Los caracteres principales de las neuritis son: modificaciones en la sensibilidad, motilidad y tróficas.

Sus causas son ya traumáticas, ya infecciosas ó tóxicas.

Según el grado de la lesión nerviosa, todas las modificaciones posibles de excitabilidad eléctrica pueden manifestarse: aumento, disminución ó abolición de la excitabilidad.

En los casos de neuritis pocos graves, desde luego se produce un aumento de excitabilidad eléctrica, después se ve aparecer una disminución más ó menos débil en el mismo punto.

Cuando la neuritis es traumática, las reacciones eléctricas dependen de la gravedad del traumatismo; así, en unos casos la excitabilidad permanece normal, en tanto que en otros puede disminuir ó aumentar.

Fácil es comprender que estas diversas variedades de reacción puedan presentarse en las neuritis, pero las alteraciones de un nervio pueden ser más ó menos profundas; es raro que todas las fibras nerviosas contenidas en un mismo tronco, ó que todos los nervios de una misma región estén alterados al mismo grado, porque no todas las fibras nerviosas se enfer-

man al mismo tiempo; y así, mientras unas estén completamente destruidas, otras estarán en vía de destrucción ó de reparación. Téngase siempre presente que en una afección nerviosa dada, la lesión será tanto más grave y tenaz cuanto que las modificaciones de excitabilidad son más importantes y la reacción de degeneración más completa.

En las neuritis traumáticas el electrodo activo es colocado en el lugar en que se encuentra la lesión, punto que puede determinarse por la palpación ó buscando la excitabilidad eléctrica (ésta es normal en el segmento periférico, á partir del punto herido). El electrodo indiferente se coloca en la parte más central del nervio ó en una región contigua á la médula espinal.

En los casos de neuritis infecciosas ó tóxicas no pueden darse indicaciones tan positivas. Las aplicaciones eléctricas en estos casos deben estar llenas de prudencia y circunspección. No se empleará la corriente eléctrica sino cuando el agente morbozo parezca haber agotado su acción.

Como para las neuritis traumáticas, se hace uso del polo positivo para aplicar la corriente y se sigue el mismo método. La corriente debe ser bastante intensa y hecha rítmica por medio del metrónomo.

Es también la acción excitante la que se usa en el tratamiento de la oclusión intestinal y de la constipación. Se emplea en estos casos la sonda de Boudet, de Paris, ó el electrodo rectal perfeccionado de Krouse.

Después de introducir cualquiera de estos electrodos en el recto, los cuales estarán en comunicación: 1º, con un irrigador que contenga una solución de Na Cl. al 5 por ciento; 2º, con el polo negativo, y después de haber colocado el electrodo indiferente sobre el abdomen, se abre la llave del irrigador con el objeto de introducir muy lentamente la mitad de la lavativa de NaCl. contenida en él.

Hecho esto, se hace pasar la corriente, graduándola hasta donde es de regla (15 á 20 ó 40 m A), por medio de un reós-

tato. Pasados unos minutos, 5 á 8, se invierte el sentido de dicha corriente, llevándola como antes, hasta su máximo, y en seguida se continúa haciendo interrupciones. Durante todo el tiempo de la sesión la llave del irrigador debe estar abierta, para que el líquido circule. Generalmente no tardan en producirse contracciones enérgicas del intestino y seguirle una evacuación. Cuando el enfermo ya no puede soportar la necesidad de evacuar, se retira la sonda.

Si, por el contrario, estas contracciones no se verifican, se continúa la sesión por espacio de unos diez minutos más, pasados los cuales se quitan los electrodos. Algunas veces la evacuación tiene lugar momentos después, pero si no fuere así se procede á una nueva aplicación (Doumer, de Lille).

Las contraindicaciones á este tratamiento son: que se suponga la existencia de ulceraciones en el intestino; que la enfermedad haya llegado á su período final y que el enfermo se encuentre muy débil á causa de maniobras anteriores.

En todo caso es preciso operar muy pronto, de manera de dar tiempo á una intervención quirúrgica si el tratamiento eléctrico no ha sido de felices resultados.

* * *

La acción *sedativa* se obtiene con la misma corriente galvánica, haciendo uso del polo positivo. Los casos considerados como justificables de la electricidad continua sedativa son, en primer lugar, las neuralgías, después los tics convulsivos, contracturas, calambre de los escribanos, corea, histeria, vómitos y otros.

El tratamiento eléctrico de las neuralgías es uno de los más favorables por medio de la electroterapia. Pero es importante estar seguro del diagnóstico; pues en las neuralgías sintomáticas pocos buenos resultados se obtienen, y entonces es á la causa á la que debemos dirigirnos.

Es preciso saber que el tratamiento eléctrico da mejores re-

sultados mientras la neuralgía es más reciente; en las neuralgías antiguas es indispensable un mayor número de sesiones.

El tratamiento de elección, como antes dije, es la galvanización positiva de la región dolorosa, el electrodo negativo siendo indiferente.

Aunque poco se sabe con respecto al modo como obra la corriente, puede admitirse que las excitaciones sensitivas anormales que constituyen la neuralgía, son determinadas por una excitación sensitiva más fuerte, ya sea de filetes nerviosos idénticos ó simétricos; ahora bien, la corriente eléctrica es uno de los modos más seguros, más enérgicos é inofensivos para producir dicha excitación. (Duchenne.)

Para los tics convulsivos se coloca el electrodo activo positivo sobre el tronco del nervio (facial) y el indiferente en el dorso.

En la histeria existe un gran número de síntomas, tales como anestias, hiperestias, parálisis, contracturas, neuralgías, etc., etc., que no debo ni describir ni estudiar, pues mejor tratados se encuentran en las obras especiales.

Me limitaré, como hasta aquí, á exponer cuál debe ser el tratamiento eléctrico, aun cuando en esta enfermedad la acción curativa de la electroterapia no sea bastante clara. Ciertamente es que en algunos casos la acción psíquica influye mucho para obtener un pronto resultado, mientras que en otros es necesario un largo tiempo de tratamiento para alcanzarlo, y en esta circunstancia, es difícil dudar de los felices resultados de la electricidad.

La franklinización es el medio recomendado por Charcot y Vigouroux, pero ciertos síntomas aislados, según la opinión de los mismos profesores, se tratarán con mejores resultados por la galvanización, como los puntos dolorosos á la presión, los hipnógenos, el hipo, la bola histérica, las contracturas, etc. Para verificarlo, colóquese el electrodo activo en los puntos en que se localicen dichos síntomas y el negativo en el dorso.

Cuando se habla del tratamiento de la correa para recordar



que en su forma común cura espontáneamente en el espacio de seis semanas á tres meses. Sin embargo, el Dr. Vigouroux cita casos de corea cuya duración ha sido de algunos años, y que ha obtenido curaciones por medio de la electricidad.

La aplicación de la electricidad consiste en la galvanización de la médula solamente, ó de la médula y miembros atacados. En la médula, se hace uso de la corriente ascendente, es decir, el polo positivo estará colocado en la parte inferior de la columna y el negativo en la región cervical. Cuando los miembros están atacados (algunas veces de parálisis), entonces el polo positivo se coloca sobre la región cervical y el negativo sobre el miembro enfermo (Onimus).

Aun cuando el tratamiento de los vómitos no es reciente, puesto que el Dr. Bonnefin, de Paris, hacía uso, para curarlos, de la faradización, desde 1856, sin embargo, Tripie, Semola (1879), Larat (1895), y últimamente Apostoli (Julio 28 de 1898), han contribuído con sus pacientes observaciones á precisar mejor la técnica que debe seguirse al aplicar la electricidad á dicho tratamiento. La galvanización es la que se emplea. Se coloca el electrodo positivo afuera de la extremidad interna de la clavícula, en la depresión que hay entre los dos hacecillos del esterno-mastoideo, y el indiferente en el epigastrio. Téngase especial cuidado en observar todo cuanto experimente el enfermo, para cuyo efecto se le dice manifieste lo que sienta, y en particular que indique cuando tenga náuceas, pues cuando esto pasa, es preciso aumentar de un modo muy rápido la intensidad de la corriente, lo que se consigue con sólo seguir el consejo de Apostoli: "téngase la vista fija en el galvanómetro y la mano sobre el reóstato, pues de ese modo podemos seguir escrupulosamente, sobre todo durante las primeras sesiones, todas las fluctuaciones que puedan producirse mientras dure la aplicación galvánica." Hasta que toda amenaza de náuceas desaparezca, cesará de aplicarse la corriente. Este tratamiento se efectuará durante el tiempo que corresponde á la digestión.

Quando se quiere demostrar la excitabilidad de un nervio,

se aplica el polo negativo á su nivel; si no sólo se trata de excitarlo sino de obtener efectos tróficos, se emplea la galvanización *labile*. En las úlceras se emplea la acción trófica de la galvanización (Apostoli, Brivois).

La acción *destructiva* de la corriente galvánica se obtiene de sus efectos térmicos (*galvano-cáustica-térmica*).

El Dr. Bardet, en su tratado elemental de electricidad médica, resume en pocas palabras las ventajas del galvano-cauterio, y dice: "la temperatura del galvano-cauterio puede graduarse, según se quiera, con mucha facilidad,¹ y sobre todo ofrece la gran ventaja de poder introducirse y colocarse frío dentro ó sobre el lugar por operar, y no calentarse más que en el momento preciso, indicado por el cirujano, quien puede detener su acción instantáneamente y retirarlo frío como al principio. Estas ventajas hablan en favor del uso de dicho aparato."

Sus formas varían según la naturaleza de la operación y de la parte del cuerpo por cauterizar. Pueden reducirse á los tipos siguientes: 1º, cauterios en forma de asa; 2º, cauterios en forma de cuchillo; 3º, cauterios punzantes, y 4º, cauterios para botones de fuego.

Con el galvano-cauterio pueden operarse: los polipos de las fosas nasales y otros, las amígdalas, hacerse algunas operaciones ginecológicas y cauterizarse las ulceraciones laringeas, etc.

Los efectos *electrolíticos* de que tanto se habla en la actualidad, se obtienen también por medio de la corriente galvánica. No entraré en grandes pormenores respecto de este punto, puesto que él solo basta para decir y escribir, no una tesis sino tratados especiales de cada una de las enfermedades á las que puede aplicarse, y así vemos al Dr. Guerad (de Lyon), á Cinicelli y al profesor Dujardin-Beaumetz, recomendar la electrolisis preconizada por Pravaz, en el tratamiento de los aneurismas.

¹ Recuérdese lo dicho anteriormente al tratar del reóstato, ó el consejo de Apostoli.

La técnica operatoria consiste en introducir en la parte más saliente del tumor una aguja de fierro muy fina (0.6 de milímetro), que está en parte cubierta con un barniz de goma laca que, como es sabido, es una substancia aisladora; la parte no cubierta por este barniz es la que se introduce. Una vez que se está seguro de su colocación en el tumor, se conecta con el polo positivo, el electrodo indiferente, negativo, se aplica en el dorso. Se lleva entonces la corriente de un modo progresivo á su máximo por espacio de 40 á 50 minutos, vuelta á 0 se saca la aguja lentamente y se recomienda al enfermo el reposo más absoluto.

Con el fin de facilitar la operación, Dujardin-Beaumetz construyó dos pinzas para la implantación y extracción de la aguja.

Esta práctica bien realizada no expone á ningún accidente.

El método monopolar es de rigor, pues el bipolar da lugar á hemorragias en el momento de retirar la aguja negativa. Además, el fierro, substancia que compone la aguja positiva, es aquí muy útil y contribuye por las acciones secundarias y terciarias de electrolisis que se verifican al nivel de dicha aguja, á aumentar la coagulación de la sangre. En efecto, es el cloruro de sodio de la sangre el que sufre la descomposición electrolítica; el cloro se dirige al polo positivo y forma con el fierro de la aguja un cloruro de fierro cuya acción sobre la sangre, como se sabe, es muy coagulante.

El Dr. Teissier, que ha operado algunos enfermos siguiendo el procedimiento de que vengo ocupándome, dice, refiriéndose á los inconvenientes que se presentan empleando el polo negativo, lo siguiente: "la autopsia de los animales sometidos á la experiencia presenta siempre las mismas lesiones: una ulceración neta ó una perforación muy aparente al nivel de la picadura. Los bordes son negros, escarificados, y en su contorno se ve una zona amarillenta que tiene algunos milímetros de anchura y demuestra una alteración profunda de la pared arterial." Según esto, se comprende los inconvenientes que tiene el empleo del polo negativo.

Este método operatorio, como todos, tiene sus puntos oscuros; pues que si bien es cierto que algunos aneurismas torácicos, como los aórticos, no los cura, produce cuando menos consuelo y mejoría en una afección contra la cual todos los demás medicamentos son también impotentes. La electrolisis en estos casos es un medio paliativo precioso.

El tratamiento que se aplica en los angiomas y que ha dado buenos resultados, es también la electrolisis. Aquí se utiliza el método bipolar, teniendo cuidado especial de invertir el sentido de la corriente al extraer el electrodo negativo para evitar una hemorragia.

Los pólipos naso-faríngeos son operables también por la galvano-puntura; para facilitar la operación se hace uso del aparato del Dr. Garel, que tiene la forma de un tridente con puntas de platino, de las cuales las exteriores están en comunicación con el polo negativo y la central con el positivo.

La difusión cúprica electrolítica empleada por el Dr. Morton, de New York, así como por Cheval, de Bruselas, y Capart, en el tratamiento del ozena, ha dado muy buenos resultados. Su técnica operatoria es sencilla: consiste en hundir una aguja de cobre en la mucosa del cornete medio en su cara cóncava, que generalmente es el más afectado; la otra aguja, que es de acero, se coloca en la mucosa del cornete inferior. La intensidad de la corriente estará en relación con la menor ó mayor sensibilidad del enfermo.

La electrolisis empleada en los estrechamientos del esófago, ha sido tratada en la tesis de mi compañero Balmaceda, por cuyo motivo no más la indico.

Mucho se ha hablado en estos últimos años del tratamiento electrolítico de los estrechamientos uretrales por medio del electrolizador de Jardin ó de Fort, que produce una electrolisis lineal.

Otro método, el de Newmann, tiende en la actualidad á ser empleado más y más, y lo describiré después de la electrolisis lineal.

Para la electrolisis lineal, el aparato se compone de una varilla metálica aislada, que lleva una lámina de platino triangular, como la del uretrotomo de Maisonneuve; una candelilla que se introduce hasta la vejiga, sirve de guía al electrolizador. Se introduce la candelilla, después el electrolizador en el canal de la uretra hasta que el borde anterior de la lámina venga á chocar contra el estrechamiento. Se conecta este conductor al polo negativo, mientras que el electrodo indiferente es aplicado sobre el abdomen. Por medio del reóstato se va aumentando lentamente la intensidad eléctrica hasta llegar á 15 ó 20 m A. Hecho todo esto, se observa que la lámina va avanzando poco á poco, y después de algunos minutos se siente que ha franqueado el estrechamiento; entonces se trae la corriente á 0 y se retira el aparato.

Este método, aplicado á los estrechamientos fibrosos, produce dolor y es de larga duración en su aplicación; además, sus resultados se han prestado y se prestan á crítica. Digo esto, porque el asentar, como algunos lo han hecho, diciendo que es una operación *radical* que se efectúa sin accidente alguno, no están probablemente en la verdad; pues este procedimiento, como todos los otros que se emplean con el mismo fin, no impide que el estrechamiento se vuelva á reproducir; que escurrimientos sanguíneos se efectúen y que algunas veces produzca otros accidentes, como la dificultad para orinar, etc.

El procedimiento de Newmann consiste en la dilatación progresiva por medio de olivas metálicas, ligadas al polo negativo de una fuente galvánica por un hilo colocado en el eje de una candelilla. Estas olivas, sea cual fuere su diámetro, deben siempre estar precedidas, como lo recomienda el Dr. Gilles, de una candelilla conductriz, con el fin de que su gran eje coincida con el del canal cuando llegan al estrechamiento. El diámetro de estas candelillas debe estar en relación con el de la oliva que se emplee; generalmente se usan candelillas cortas y un poco gruesas; solamente que la uretra sea poco tolerante, se

empleará una filiforme. La corriente no se hará pasar más que cuando la oliva esté en contacto con el estrechamiento. Una vez franqueado, lo que se efectuará sin ejercer presión, se retira la oliva poco á poco, y con el reóstato se va disminuyendo igualmente la intensidad de la corriente. A cada nueva sesión se comenzará por aplicar la oliva de mayor diámetro empleada en la sesión anterior. La duración de las sesiones varía, pero no debe pasar de tres cuartos de hora; casos hay en que en una sola sesión puede llevarse la dilatación de la uretra á su máximo, pero otras veces, que es lo general, son necesarias de dos á cinco.

El empleo de este método parece alejar á su máximo la época de la reproducción del estrechamiento, que es de regla en los de origen fibroso.

Decir esto, no es afirmar rotundamente la acción *radical* de que tanto se abusa.

Remak ha aplicado, hace mucho tiempo, la corriente galvánica en el tratamiento del reumatismo articular y ha obtenido buenos resultados. Labatut, Porte Jourdanet, lo han empleado con éxito en estos últimos años.

Labatut, que ha profundizado la materia, ha visto que son los efectos electrolíticos los que producen tan halagadores resultados. Pero el punto capital de las investigaciones de Labatut, es la demostración neta, irrefutable, del verdadero mecanismo de la introducción de las sustancias medicamentosas con ayuda de la corriente.

Antes de que sus trabajos se conocieran se creía que la introducción de las sustancias en el organismo era debida á la cataforesis, lo que no es cierto, únicamente es la electrolisis la que determina la naturaleza y calidad de los medicamentos introducidos en el cuerpo humano. Basta para verificarlo colocar las dos manos en dos vasos que contengan una solución de cloruro de litio, por ejemplo; la introducción no se hace más que por el polo positivo, pues el Li tendiendo á irse á depositar al polo negativo encuentra la epidermis que atraviesa. Experiencias hechas en animales demuestran lo asentado.

En el tratamiento del reumatismo se hace uso del cloruro de litina con el objeto de disolver el ácido úrico de las articulaciones enfermas. El urato de litina exige para disolverse 116 veces su peso de agua, en tanto que el ácido úrico necesita 19,000. Se comprende la eficacia que pueda tener la transformación en los tejidos del ácido úrico en urato de litina.

La técnica operatoria es sencilla: se coloca la articulación enferma en una solución de cloruro de litio al 2 por 100, teniendo cuidado de alcalinizar el baño con litina cáustica (1 por 2,000). La corriente se conduce al baño por medio de una placa de carbón que se sumerge ahí y que está en conexión con el polo positivo de la fuente eléctrica.

El electrodo indiferente puede ser uno ó varios; cuando son varios se reúnen en cantidad y se conectan con el polo negativo; este electrodo se colocará en el dorso. Las sesiones se hacen diariamente y algunas veces es necesario hacer dos aplicaciones diarias. Para ciertas articulaciones es fácil su colocación en el baño, mientras que para otras, como la rodilla, hay aparatos apropiados á este uso.

Para la gota así como para algunos empastamientos articulares de origen reumático el procedimiento descrito es también aplicado y aplicable.

VOLTAISACION SINUSOÏDAL.

Se llama así la aplicación de las corrientes sinnsoidales al cuerpo humano. Las corrientes sinusoidales son, corrientes ondulatorias cuya intensidad varía con el tiempo.

La curva representada por esta corriente es un senoide, es decir, una curva (en la ecuación de la cual entra un seno) semejante á la obtenida para la representación gráfica de un movimiento vibratorio, en el caso de un cuerpo sonoro.

La introducción de esta forma de corriente en electroterapia es debida al profesor d'Arsonval; la aplicación de dichas corrientes lleva el nombre de voltaisación sinusoïdal.

Esta corriente es la expresión más simple y regular de las corrientes alternativas. En efecto, partiendo de 0, la corriente llega á un máximo positivo para decrecer regularmente como al principio y volver al cero; de aquí vuelve á aumentar hasta llegar á un máximo, pero de signo contrario, y decrece como antes para llegar al punto de donde partió.

Si sobre una línea horizontal quisiéramos trazar la forma ondulatoria de esta corriente la veríamos representada por dos curvas, una hacia arriba de la línea correspondiente á la porción positiva y la otra hacia abajo, perteneciente á la negativa.

El profesor d'Arsonval es quien ha estudiado con el mayor detenimiento el medio práctico de obtener estas corrientes. Al principio había modificado la máquina magneto eléctrico de Pixii, mas no llenando debidamente su objeto, el sabio profesor del Colegio de Francia ha hecho construir una máquina apropiada que produce los mejores resultados.

Consta: de un anillo de Gramme provisto de su eje; en una de las extremidades del eje se muestra el colector ordinario con sus escobas; en la otra van á terminar dos varillas metálicas aisladas, que comunican respectivamente con cada mitad del anillo por medio de dos tomas de corriente, situadas sobre el inducido (el anillo) á 180° . Este anillo gira en un campo magnético creado por una corriente independiente que atraviesa al inductor que es un electro-imán.

Hagamos funcionar el aparato así formado, es decir, pongamos en movimiento por medio de una fuerza exterior cualquiera el anillo en el campo magnético, creado por el electro-imán, y entonces pasa lo siguiente: en el colector recogeremos como en todo dinamo una corriente continua y en las varillas una corriente alternativa sinusoidal.

Para saber cuál es la frecuencia de la corriente se coloca sobre el eje un indicador de velocidad y para conocer su fuerza electromotriz se pone en relación con el colector un voltámetro. Para graduarla se usa el reóstato.

Conocidos los dos elementos de la corriente á cada instante, podemos darles el valor que se quiera.

Estos son los principios sobre que está construída la máquina dinamo del Profesor d'Arsonval. Los demás detalles pueden verse en los tratados especiales (los de Gaiffe).

* * *

Los efectos fisiológicos de estas corrientes han sido estudiadas por el mismo laborioso profesor que las ha introducido en electroterapia.

Esta forma de corriente no produce dolor cuando la frecuencia es débil, esto se debe á la variación regular de intensidad durante el funcionamiento del aparato: se parecen, bajo el punto de vista de acción sobre la sensibilidad á las corrientes galvánicas y no presentan la brusquedad de la corriente farádica.

Estudios hechos en animales y el hombre han demostrado que los cambios gaseosos respiratorios aumentaban no obstante que la corriente era aplicada sin producir la menor contracción muscular, para esto se hacía uso de un baño, en el cual pasaba la corriente y en el que se colocaba ya al animal ó al hombre en experiencia.

Estos resultados manifiestan evidentemente, de un modo irrefutable, que este género de corrientes obran sobre la nutrición de los tejidos de un modo poderoso.

Pero ¿cómo interpretar fisiológicamente esta acción? De las experiencias recientes de Ayrton y Perry y así como de las de Mancuvrier y Chapuis resulta que hay un transporte de ions, es decir, electrolisis.

Estos autores han demostrado que cuando hay electrolisis, por ejemplo en un voltámetro, los ions positivos y negativos aparecen al mismo tiempo sobre cada electrodo y que las condiciones que hacen más aparente la electrolisis, en tratándose

de corrientes alternativas, son, una débil frecuencia y un alto voltaje.

Labatut por su parte comprueba las aserciones de estos autores, y para verificarlo aplica la corriente por medio de un baño que contenía nitrato de pilocarpina; hace variar la frecuencia desde 6 hasta 120 períodos por segundo y la fuerza electro-motriz con que trabaja la mantiene en 27.6 volts.

Los resultados que obtiene son los siguientes: las manifestaciones debidas á la acción de la pilocarpina sobre las glándulas sudoríparas se han mostrado simultáneamente en los dos electrodos: muy acusadas para las frecuencias débiles, la sudación ha ido decreciendo á medida que la frecuencia aumenta, sin desaparecer, sin embargo, completamente á pesar de la velocidad máxima dada á la máquina.

Ahora bien, puesto que hay aparición de ions, necesariamente hay también en el espacio interpolar, es decir, en los tejidos, transporte de estos mismos ions, y por consiguiente cambios sucesivos, esto es, cada celdilla cede á la siguiente lo que acaba de recibir de la que le antecede.

Estos cambios tienden á modificar la composición química de los diferentes tejidos, aunque los ions no estén en libertad en el seno mismo de dichos tejidos, sino solamente desalojados.

Es evidente que en estos fenómenos de transporte y desalojamiento de ions por medio de la corriente sinusoidal es en donde reside en gran parte la causa de la exageración de las combustiones respiratorias, comprobadas por d'Arsonval y confirmadas en las aplicaciones terapéuticas.

Esta misma aceleración de los actos nutritivos y en particular las oxidaciones, tienen también lugar en el hombre enfermo.

Un punto que interesa notar es que la voltización sinusoidal da lugar á una contracción enérgica de las fibras musculares lisas, aunque en ciertos casos no tienen acción alguna sobre las estriadas; esta observación del Profesor d'Arsonval es

importante, no solamente en fisiología sino también en electroterapia (Apostoli).

Aplicada en ciertas afecciones dolorosas del útero y sus anexos, la voltización sinusoidal produce una acción sedativa marcadísima; es, dice Apostoli, el medicamento por excelencia contra el dolor.

Con estas mismas corrientes se obtienen efectos semejantes al masaje.

Por último, si esta forma de corrientes no puede equipararse en cuanto á sus aplicaciones con la faradización y galvanización, cuando menos es una arma más ó un medio de que podemos disponer y de hecho la ginecología ya las usa.

En cuanto á sus aplicaciones, pueden ser ó locales ó generales. Para las aplicaciones generales, se coloca al enfermo en un baño á donde se hace llegar la corriente por medio de dos ó más electrodos metálicos. Para las locales en ginecología hay electrodos especiales.

FARADIZACIÓN.

Las corrientes farádicas, así llamadas porque son debidas á los fenómenos de inducción, descubiertas por Faraday en 1831, son muy distintas de las corrientes sinusoidales de que antes me he ocupado. Difieren de ellas por su forma, así como por sus efectos fisiológicos.

Son corrientes alternativas, pero la onda positiva no es semejante á la negativa y además están separadas por cierto intervalo, cosa que no pasa en las corrientes sinusoidales; además, la fuerza electromotriz de la corriente en el momento de abrir el circuito es más grande que la fuerza electromotriz del momento de cerrarlo; sin embargo, las cantidades de electricidad que se desarrollan en el circuito inducido son iguales, pero de signo contrario.

Llámanse corrientes de inducción las que toman nacimiento en un circuito cerrado, colocado en el campo eléctrico de

otro circuito recorrido por una corriente (corriente inductora), ó en el campo magnético de un imán (imán inductor), cuando se imprime á una ú otro desalojamientos que modifiquen sus distancias relativas ó cuando de alguna manera se modifique el equilibrio eléctrico de la corriente inductora. La energía que vemos se manifiesta en los diversos efectos producidos por estas corrientes corresponden al trabajo empleado para efectuar los desalojamientos mismos ó mejor expresado como puede verse en la ley de Lenz que dice: "*El sentido de la corriente inducida es tal, que la acción electro-magnética del campo sobre esta corriente tiende á oponerse al movimiento que da origen á la corriente misma.*"

Esta ley no solamente tiene la ventaja de reunir en un solo enunciado todos los resultados relativos á los sentidos en que se propongan las corrientes de inducción. Ella pone de manifiesto la necesidad del *trabajo* por emplear para que se produzcan estas corrientes. La experiencia de Faucault confirma esta ley.

Los aparatos de inducción son muy numerosos pero pueden clasificarse en tres grupos.

1º *Aparatos volta-farádicos*, en los cuales la inducción es desarrollada por medio de la corriente de las pilas. Tipo: carrete de Ruhmkorff.

2º *Aparatos magneto-farádicos*, en los que la corriente forádica se desarrolla por medio de un imán permanente. Tipo: máquinas de Clarke y de Gramme.

3º *Aparatos dinamo-eléctricos*, en los cuales el imán permanente es el imán hipotético terrestre. Para recordar su origen podíamos darle el nombre de teluro-farádicos; pero como la inducción terrestre está, por decirlo así, oculta y que ostensiblemente ellos no transforman más que la energía mecánica necesaria para ponerlos en movimiento, se les ha dado el nombre de *dinamos*.

Entre los aparatos volta-farádicos dije que el tipo era el carrete de Ruhmkorff, que como se sabe está compuesto de dos

bobinas concéntricas: la inductora y la inducida colocadas sobre un pedestal en donde se encuentra el condensador de Fizeau que tiene por objeto reforzar la inducción; la bobina inductora lleva en su eje un hacecillo de hilos de fierro dulce para producir también el mismo resultado; además de esto lleva adjuntos un conmutador, un interruptor, un reóstato ó el electro-dinamómetro de Giltay y su dotación de pilas que deben llenar la condición de tener una resistencia pequeña, pues por regla general una fuente eléctrica de poca intensidad, pero de potencial elevado, pueden hacer funcionar la mayor parte de los aparatos electro-médicos de corriente constante y continua; pero para hacer marchar los aparatos farádicos no es necesario tener potencial, sino intensidad. Puede igualmente hacerse uso de los acumuladores ó de las corrientes urbanas como fuente eléctrica para producir la corriente inductora.

Una bobina de inducción que llene todas las condiciones antes mencionadas será un buen aparato farádico, útil en electroterapia. Pecaría de omiso si no advirtiera que todos ó casi todos esos aparatitos que á profusión se ven en muchas partes no llenan estas condiciones y que en lugar de considerarlos como buenos para el objeto de que vengo tratando, deberían ser excluidos del arsenal electroterápico.

Si Duchenne de Boulogne obtenía tan brillantes resultados de la foradización se debía á la potencia eléctrica de su aparato.

No deberá llamar la atención el que después de haber hecho uso de esas *maquinitas* no se obtengan los resultados que se desean, pues muchas veces el método puesto en práctica no es el malo sino los aparatos mismos con que se efectúa la faradización.

De aquí depende, y es de sentirse, que muchos médicos juzguen de una manera errónea del valor no sólo de la faradización sino de cualquiera otra forma de electricidad que se aplique, después de haberla ensayado en enfermos con aparatos que no pueden producir más que dolor, molestias y muchas veces resultados funestos para el enfermo.

Como electrodos pueden emplearse ó cilindros ó muñecas, conos, etc.

Efectos fisiológicos.—Las corrientes de inducción difieren de las corrientes continuas en que son de alta tensión relativamente á su cantidad.

Los carretes ó bobinas de hilo fino y largo, tienen una fuerza electro-motriz considerable; obran poderosamente sobre la sensibilidad, lo cual se debe como antes dije á la tensión eléctrica. Al contrario, las bobinas de hilo grueso y corto poseen una débil tensión; pero como ponen en movimiento una masa de electricidad muy grande, de donde depende su acción muscular, provocan contracciones muy vivas, sin que obren tan poderosamente sobre la sensibilidad como las bobinas de hilo delgado.

Difieren todavía de las corrientes continuas: por su corta duración, así como por la dirección; además, la corriente desarrollada en el momento de abrir el circuito es como seis veces más enérgica que la que se produce en el momento de cerrarlo; en cuanto á su localización, las corrientes farádicas penetran más profundamente en los tejidos, gracias á su gran tensión; por lo que se refiere á su acción excitante, las corrientes continuas no determinan acción excitante apreciable más que en los momentos de cerrar ó abrir el circuito, mientras que en la faradización, como estas interrupciones se suceden rápidamente, producen choques moleculares que se adicionan; la inducción obra casi únicamente como excitante mecánico, en tanto que las corrientes continuas obran químicamente “favoreciendo las orientaciones moleculares y las combinaciones químicas, como dice Bonnefoy.” De aquí se deduce: que el dolor causado por la faradización, es mucho más vivo que el ocasionado por las corrientes continuas, y esto en razón directa del número de interrupciones, es decir, á mayor número de interrupciones, mayor dolor; que la faradización es el excitante por excelencia de la fibra motriz, en este caso, mientras más lentas son las interrupciones (1 á 3 por segundo) mayor efec-

to se produce y son mejor soportadas; que la circulación sanguínea y linfática es activada por influjo de estas corrientes, de aquí sus efectos resolutivos, con la condición de que la bobina que se emplee tenga una resistencia muy grande.

No pasaré en silencio las experiencias del Dr. Debédát, relativas á la influencia que las corrientes farádicas tienen sobre la nutrición de los músculos sometidos á su acción.

Estas experiencias han sido hechas con conejos, á los que se les faradizaba durante cierto tiempo y siempre del mismo modo, un músculo ó un grupo de músculos simétricos á otros que no se tocaban.

Para obrar en cuanto fuera posible en condiciones tan semejantes á las de los músculos cuando funcionan bajo la acción de la voluntad, se ha aplicado á los diferentes músculos faradizados la excitación rítmica: las intermitencias así producidas en la contracción son indispensables en los actos ejecutados por la fibra motriz.

En estas experiencias, las excitaciones eran localizadas según el procedimiento de Duchenne de Boulogne, á los músculos femorales posteriores de un solo lado. El número de sesiones fué de 20 y la duración de cada una de ellas de 4 minutos.

Por pesadas repetidas, el autor de estas experiencias ha podido ver que el peso de los músculos femorales posteriores es el mismo de cada lado: la balanza era el reactivo más sensible y preciso para apreciar las variaciones debidas á la electrificación.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

		Gramos.	
Peso del conejo antes de las experiencias.....		892	
Idem, ídem, después.....		1,150	
		Lado no faradizado.	Lado faradizado.
		—	—
		Gramos.	Gramos.
Peso de los músculos femo- rales posteriores	{	Biceps.....	4.60..... 6.00
		Semi-tendinoso.....	1.40..... 2.10
		Semi-membranoso	3.50..... 5.00

Se ve claramente que la parte faradizada aumentó de peso; pero no terminan aquí las experiencias, era necesario darse cuenta de este aumento en peso, es decir, saber cuál era la causa, para lo cual se hicieron los estudios histológicos que el asunto requería. Estos demostraron que los músculos hipertrofiados tenían todas las apariencias de los músculos normales: "las fibras, dice Debédát, son regulares, los núcleos se han colorido admirablemente por el carmín, son más aparentes que los que se ven en los músculos normales; la estriación es neta, muy regular, el tejido intersticial apenas aparente y presenta aquí y allá algunos capilares sanguíneos normales."

Estos resultados son capitales en lo que concierne á la acción de la corriente farádica sobre la nutrición muscular.

Si corrientes moderadas (de 30 excitaciones por minuto) producen un aumento en volumen y peso de los músculos faradizados, corrientes mal aplicadas pueden en cambio producir un efecto enteramente opuesto al obtenido en las experiencias indicadas.

Debédát, para demostrar los inconvenientes de la faradización, hecha sin conocimiento previo de las leyes de la electricidad biológica, ha empleado la misma corriente que en las experiencias anteriores hacía rítmica; pero en esta vez, en lugar de llenar esta condición las dejaba por un tiempo más ó menos largo obrar sobre el mismo punto.

Los resultados fueron los siguientes:

		Gramos.	
		———	
Peso del conejo antes de los experimentos.....		682	
Idem, ídem, después.....		720	
		Lado no faradizado.	Lado faradizado.
		———	———
		Gramos.	Gramos.
Peso de los músculos femo- rales posteriores.....	{	Biceps.....	3.20..... 3.05
		Semi-tendinoso.....	1.20..... 1.20
		Semi-membranoso	2.40..... 2.25

Aquí, como se ve, ha habido atrofia de la substancia muscular. En los músculos atrofiados se comprueban las lesiones de la fibra muscular misma, sin reacción aparente del tejido

intersticial. Estas lesiones están caracterizadas: “1º Por una
 “desigualdad de coloración en la continuidad de la fibra, la
 “que bajo la influencia del carmín ha tomado por trechos un
 “tinte que varía del rojo vivo al gris amarillento; 2º Por per-
 “turbaciones en su estriación; 3º Por deformación de las fibras
 “mismas que se han vuelto ondulosas y presentan en ciertos
 “lugares rupturas laterales y transversales.

“ Cuando se hace uso de grandes aumentos llama mucho la
 “atención las desigualdades de las fibras musculares: están
 “bordeadas lateralmente por uno ó dos núcleos alargados, co-
 “locados uno al lado del otro, separados del elemento con-
 “tráctil. El protoplasma está aquí y allá separado del núcleo
 “periférico por espacios claros que se coloran en amarillo
 “por medio del ácido pícrico. Entre las fibras se ven capilares
 “llenos de sangre. En resumen, existen lesiones parenquima-
 “tosas del tejido contráctil cuyos elementos están atrofiados
 “y algunos han sufrido hasta la degeneración granulosa.” (De-
 bédát).

Las enseñanzas sacadas de estas experiencias fisiológicas de-
 muestran perentoriamente que los efectos terapéuticos podrán
 ser buenos ó malos, según sea el modo de aplicación de la co-
 rriente farádica y en general de cualquiera forma de eléctri-
 cidad.

Así, por ejemplo: si en un caso de atrofia muscular de ori-
 gen traumático, aplicando la faradización tal cual se hizo en la
 segunda experiencia de Debédát (y perdonadme, pero esta es
 la forma que desgraciadamente emplean muchos médicos)
 es evidente que no sólo la atrofia mejorará, sino al contrario
 se agravará.

APLICACIONES.

Parálisis.—Al ocuparme en la galvanización del método de
 tratamiento de las parálisis, dije que éste se completaba ha-
 ciendo uso también de la faradización. La aplicación de estas
 corrientes debe ser localizada á los músculos paralizados, pues

su objeto es hacerles ejecutar una verdadera gimnasia. Se evitará que las corrientes de inducción produzcan dolor, para lo cual se seguirán los consejos antes expuestos; se empleará una bobina de hilo grueso, y no se harán dichas aplicaciones sino cuando los accidentes agudos de la enfermedad hayan desaparecido. Obrando de este modo, probablemente se favorece al mismo tiempo, en algo, la nutrición de los tejidos.

Atrofias.—Las de origen traumático constituyen casos muy favorables para ser tratadas por medio de la electricidad. Cuando se practica el examen de las reacciones eléctricas, se observa casi siempre una simple disminución de excitabilidad farádica proporcional al número de fibras musculares atrofiadas. En estos casos, el pronóstico de la enfermedad es siempre favorable y la curación de corto tiempo.

La faradización es la que en estos casos se emplea con las condiciones siguientes: que la bobina inducida sea de hilo grueso, que la fuente eléctrica que alimenta á la bobina primaria tenga una fuerza electro-motriz poco elevada, pero que posea gran cantidad. La corriente podemos aplicarla de dos maneras: 1º la corriente rítmica y 2º fricción farádica.

La inmovilización de un músculo ó de un grupo de músculos necesaria en el tratamiento quirúrgico de ciertos traumatismos (fracturas, luxaciones), produce despues de cierto tiempo una atrofia de los músculos condenados á un reposo absoluto. La electrización, practicada cuidadosamente, produce excelentes resultados y apresura mucho el tiempo en que los músculos vuelven á recobrar su fuerza primitiva y su volumen normal.

Como en las atrofias anteriores se emplean las corrientes de inducción. Parecerá monótono, pero repetiré que la bobina debe ser de hilo grueso, es decir, que ofrezca poca resistencia; las interrupciones en corto número; lo que tiene que buscarse es: tener cantidad más bien que tensión eléctrica; pues corrientes de gran fuerza electro-motriz producen resultados contrarios á los que se desean obtener. Recuérdese lo antes dicho al tratar de los efectos fisiológicos de estas corrientes.

Algunos facultativos que aplican la inducción con esas cajitas eléctricas tan esparcidas y nefastas al buen nombre de los efectos curativos de la electricidad, no obtienen curación alguna en esta clase de atrofas y sin razón concluyen diciendo que la electricidad es inútil.

Lo único que yo recomendaría, es, que se abstuvieran de hacer tales aplicaciones y que si desean tener felices resultados empleen la electricidad, sujetándose á las reglas antes dichas, es decir, faradización rítmica ó la fricción y barrido farádicos.

El Profesor Félix Guyon ha obtenido buenos resultados de la faradización aplicada en la incontinencia de orina. Para verificarla obra directamente sobre el esfínter vesical; pues dicha afección puede depender ó de una parálisis ó de una atonía del músculo. Se introduce en el canal de la uretra el reóforo ó electrodo activo, el cual está terminado en uno de sus extremos por una oliva, la parte restante está aislada con el objeto de respetar dicho canal, la otra extremidad se conecta con uno de los polos del aparato farádico. Es indispensable que la oliva esté colocada precisamente al nivel del esfínter antes de hacer pasar la corriente; el electrodo indiferente es colocado sobre el abdomen. Con el reóstato se gradua la corriente, de modo que se produzca una contracción neta pero no muy enérgica del esfínter. En esto obsérvense los datos que dé el enfermo. Las sesiones no durarán más de 5 minutos y serán diarias ó cuando menos un día sí y otro no.

Los resultados de este tratamiento, dice el entendido profesor, son generalmente rápidos en los niños; desde la primera sesión se produce una mejoría marcada; la curación se manifiesta después de 10 á 15 veces de aplicar el método. Cuando la incontinencia es debida á una irritabilidad vesical los efectos son negativos.

Además de los efectos excitantes ennumerados, podemos usar la faradización como un medio sedativo, y así Duchenne de Boulogne y otros autores como Larat, Onimus, Legros y Vi-

gouroux la recomiendan en las jaquecas, neuritis y neuralgias. En este caso, es necesario una fuerte tensión, es decir, se empleará bobina de hilo fino; y como reóforos activos la escoba ó el pincel que se pasearán en toda la región en que se localice el dolor.

El Dr. R. Vigouroux recomienda el empleo de las corrientes de inducción en el tratamiento del bosis exoftálmico. A pesar de los magníficos resultados obtenidos por medio del tratamiento eléctrico en la enfermedad de Basedow, los tratados de medicina dicen poco de la electroterapia de esta afección.

El tratamiento eléctrico puede no siempre dar buenos éxitos, sobre todo cuando es mal aplicado, pero es preciso saber, como dice el profesor Joffroy "que ha dado buenas curaciones y mejorías considerables."

Todos los médicos electricistas que han ensayado el tratamiento del bosis están de acuerdo en reconocer los excelentes resultados del método.

Rockwell refiere haber asistido 45 casos de enfermedad de Basedow, de los cuales 15 (la tercera parte), han curado enteramente, y los restantes han mejorado.

El Profesor R. Vigouroux, preconizador del tratamiento farádico, refiere un gran número de observaciones muy favorables; Augusto Vigouroux ha publicado igualmente una serie de casos curados y otros mejorados (1892). El Dr. Bordiere últimamente ha dado á conocer los felices resultados que la electroterapia puede suministrar en esta afección, casi siempre rebelde á todo tratamiento médico. Deléage y Sollier han contribuído igualmente con sus observaciones para hacer que el nombre de la electroterapia sea más conocido y mejor considerado.

La electricidad galvánica y farádica que constituyen el tratamiento, juiciosamente aplicada, tiene sobre los demás medicamentos, la ventaja de no producir ningún resultado malo en caso de no producirlo bueno.

Gowers, uno de los menos indulgentes en favor de la electri-

cidad, ha observado que en el bocio, el pulso se modera en su frecuencia, que el cuerpo tiroide disminuye de volumen bajo la influencia de las corrientes eléctricas.

La técnica del método, es la recomendada por Joffroy. Desde luego debe disponerse de corrientes muy intensas; pues la curación ó la mejoría parecen depender de la mayor intensidad de la corriente empleada. Deben usarse anchos electrodos con el fin de poder emplear corrientes de 25, 30 y 40 m.A.

La región más importante que debe someterse á la corriente, es la parte antero-lateral del cuello: es preciso electrizar todo el territorio que rodea al cuerpo tiroide. El polo negativo de la corriente galvánica, que deberá tener la forma de los electrodos semi-cilíndricos (canal), se aplicará cuidadosamente sobre el bocio; con el objeto de que se adapte mejor el electrodo activo al cuello, se pondrá un poco de algodón aséptico, húmedo, de cada lado, entre la piel y el electrodo. El electrodo indiferente se colocará como se dijo al tratar de la galvanización. Con el galvanómetro y el reóstato graduamos la corriente. La duración de esta sesión será poco más ó menos de cinco minutos. A la aplicación de la corriente galvánica es necesarísimo añadir la de la acción farádica. Se someterán á la faradización: 1º el orbicular de los párpados; 2º el ganglio simpático cervical y 3º la región precordial.

Para la faradización del orbicular de los párpados se opera como lo ha indicado Vigouroux: colóquese en el punto motor del orbicular (un poco afuera de la comisura externa) un electrodo en forma de oliva (electrodo activo); hecho esto se hace pasar la corriente, con la condición de que tenga una intensidad suficiente para que se produzca una buena contracción; la aplicación de esta corriente durará poco más ó menos un minuto para cada orbicular. Después se faradiza ligeramente la rama superior del facial (temporo facial), cuidándose de aplicar la corriente ya sea sobre el nervio supra ó infra orbitario, pues de verificarlo aumentaremos la exoftalmía.

Con el mismo electrodo se faradiza el ganglio cervical del

simpático; para esto se coloca el electrodo en el ángulo de la mandíbula inferior, entre el hueso iode y el borde anterior del esterno—cleido—mastoideo; comprímase la parte en que se coloca dicho electrodo hasta que percibamos las pulsaciones carotideas. Bueno es decirle al enfermo que incline la cabeza del lado en que se opera, con el fin de obtener el relajamiento de los músculos de la región y de poder favorecer la penetración de las líneas de flujo de la corriente hacia el simpático. La duración de esta maniobra será igual á la anterior.

La intensidad dada á la corriente con ayuda del reóstato debe ser tal que el cutáneo se contraiga suficientemente para producir una ligera arruga ó pliegue de la parte inferior de la cara.

Para la región precordial, se sirve uno de un electrodo de 25 centímetros cuadrados que se colocará sobre el punto en que se sientan los latidos cardiacos, fáciles de encontrar en enfermos de esta clase. La intensidad de la corriente debe ser bastante grande para producir la contracción del músculo pectoral; su duración de 2 á 3 minutos.

La duración del tratamiento es generalmente de 2 á 3 meses; y las sesiones diarias.

Por último, de los diversos síntomas de la afección, el que desde luego manifiesta que hay mejoría es el bosoio, pues la disminución de la circunferencia del cuello es palpable desde las primeras sesiones. El temblor oscilatorio observado por Marie mejora también desde el principio de la curación; viene luego la taquicardia y al fin la exoftalmía.

* * *

Cuanto quisiera decir respecto á los rayos X, que con justicia han venido á ocupar en la actualidad un lugar excepcional no sólo en cirugía, sino en obstetricia y otras ramas de la ciencia médica, sería muy poco, pues carezco de dotes y lenguaje especiales para poder tratar con el mayor lucimiento un punto tan fecundo para una imaginación creadora, por cuyo

motivo dispensadme que asiente en esta humilde tesis, lo que con estilo tan hermoso y florido ha escrito el insigne D. José Echegaray:

“Imaginémonos un arroyo que tranquilamente corra por cualquier cauce igual y suave, sin obstáculo alguno que altere su marcha.”

“Ni remolinos, ni espumas, ni remansos: una cinta de plata tendida á lo largo de la ladera.

“Me parece que tratándose de *rayos catódicos* es imposible empesar en forma más poética, dado que este principio merezca tal nombre.

“Pero supongamos que el arroyo llega á un punto en que el cauce se precipita rápido á lo largo de una cierta extensión, para recobrar después su pendiente ordinaria y su limpidez primitiva.

“En ese trayecto, en esta especie de caída, el agua se precipita algo, se agitará un tanto, y en el curso regular de la corriente tendremos una alteración del régimen general.

“Ni aun esto sospecharían los *rayos catódicos*, dado que fueran capaces de sospechar, que *de ellos* voy á ocuparme en el presente artículo.

“Supongamos todavía que nuestro poético arroyuelo, y nada nos cuesta suponer que es poético, aunque en rigor no hace falta que lo sea; supongamos, digo, que avanzando en su camino encuentra, no ya una pendiente rápida, sino un verdadero escalón del terreno, si bien no muy profundo. Entonces el agua se arrojará con nueva velocidad, y tendremos remolinos y espumas y una lámina líquida que desde lo más alto descenderá á lo más bajo, imitando una pequeña catarata.

“Con todo lo cual, podrá decirnos el pacientísimo lector, que los *rayos catódicos* no aparecen, ni hay sospechas de por dónde puedan aparecer.

“Pero no se impacienta, yo se lo ruego, que hacia los rayos catódicos vamos más aprisa de lo que imagina.

“Admitamos, por último, que nuestro arroyo, que ya por las

aventuras que ha corrido debe ser todo un veterano, se encuentra con un *corte altísimo*, desde cuyo fondo corra de nuevo el cause de suave y continua pendiente.

“Claro es que el agua caerá impetuosísima por la cortadura, formando una enorme *catarata*, en cuyo fondo habrá remolinos y espumas, cuyos cristales pintarán el arco-iris y en que gotas desprendidas y vapor de agua formarán alrededor de la hoja líquida una atmósfera humeda y rutilante.

“Quizá choque el agua con tanta fuerza sobre el pie del tajo, que *suban surtidores líquidos* mezclados con espumosos borbotones y vapores.

“Y ya estamos en los *rayos catódicos*, ó por lo menos en algo que los *pinta, los finge y los simboliza*..

“Será todo lo dicho una imagen, no más, pero es al menos una imagen clara y expresiva: clara como el agua de la corriente, expresiva como las espumas que del agua, del aire y de los caprichos de la caída se formaron.

“Esto es lo que vamos á exponer, apoyándonos siempre, para hablar á los sentidos, en el simbolismo material que precede.

Porque es lo cierto, que con otros nombres hemos venido refiriéndonos á *la corriente eléctrica*, al *huevo eléctrico*, aparato de física bien conocido; á los tubo de *Geissler*, que hasta fueron en años pasados motivo de entretenimiento y recreo, y á los tubos de *Crookes*, á sus análogos, en que por primera vez se estudiaron los *rayos catódicos*, y de donde emanan los *rayos X*, como transformación al parecer, de aquellos.

Veamos como se puede explicar toda esta analogía entre cosas, al parecer, tan opuestas.

También la *corriente eléctrica* va por el alambre conductor tranquilamente, sin que nadie sospeche al mirar el hilo de un telégrafo, de un teléfono ó de una conducción de luz eléctrica, el misterioso fenómeno que por el hilo en forma silenciosa se desliza.

¿Es una verdadera corriente de éter? ¿Es vibración etérea?

¿Hay transporte y vibración á la vez? Todas estas hipótesis se han hecho y siempre el *éter* se impone: los más *ateos* en materia de *éter*, si la palabra *ateo* puede aplicarse á este caso, tienen que aceptarlo como hipótesis ó como símbolo fecundo, porque sin él todo es sombras, contradicciones é imposibilidades.

Pero si el *hilo conductor* se interrumpe por un elipsoide ó bomba de cristal, en que se haga previamente cierto vacío, de modo que por un lado llegue el hilo á la bomba y quede cortado en el huevo cristalino, y por el otro lado salga, la corriente eléctrica tendrá que dar un salto, por decirlo así, dentro del *huevo ó globo eléctrico*, para buscar el otro extremo del alambre, como el agua del arroyo tenía que saltar por el escalón que interrumpía su marcha: y veremos un globo de luz de polo á polo, dentro del globo de cristal, como veíamos lámina de agua, salpicada de espuma, desde lo alto ó lo bajo de la catarata.

Es la pequeña *caída de luz eléctrica*, ó de la corriente que por la luz se hace visible; es el fluido que va del *anodo* al *catodo*.

Y estas dos palabras tan formidables no son más que los nombres griegos de dos cosas bien sencillas y vulgares.

Decir *anodo*, es decir *lo alto* del escalón, el vértice de la pequeña catarata, el extremo del alambre donde la corriente llega y en que queda cortada; en suma, el polo positivo.

Porque *anodo* viene del griego y se compone de *anó* que significa *en lo alto*, y de *odos* que significa *camino*.

Análogamente, decir *catodo* es decir la parte baja del escalón, el fondo de la catarata, el extremo del alambre sobre el cual salta la corriente: en suma el *polo negativo*.

Así, *catodo* viene del griego como *anodo*, y se compone de *catá* ó *cató*, que significa la parte baja, y *odos* que significa lo mismo que antes significaba.

Cuando cualquier ciudadano va á subir la escalera de su casa, pudiera decir voy al *anodo*, y cuando la baja pudiera decirse de ir al *catodo*.

Sólo correría el peligro de que si algún sujeto malhumorado y enemigo de lo clásico le oyese, lo acusara de pedantería.

Ello es que lo que no se permite á un cualquiera, se permite á un sabio y en él se admira.

El huevo eléctrico, ó globo eléctrico, se perfeccionó convirtiéndose en el tubo de Geissler.

El vacío se hizo más perfecto, se inyectaron gases diversos, se le dieron al tubo formas caprichosas, obteniéndose así preciosos juegos de luz y de colores, ráfagas brillantes, estratos de claridad alternando con estratos de sombra y fluorescencias varias: era, en suma, que la catarata de éter se había hecho mayor, y el espacio del tubo se llenaba, por decirlo así, de espuma eléctrica y de caprichosos iris.

Pero siempre la *causa* era la misma: la corriente eléctrica que saltaba, una caída de éter desde el *anodo* al *catodo*, desde lo alto de la catarata etérea al fondo del abismo ó vacío, desde el polo positivo al polo negativo, para decirlo brevemente.

Y la catarata se hizo aún mayor: ó de otro modo, Crookes consiguió *un vacío casi perfecto* en el interior del tubo de cristal: de un millón de partes de aire, logró extraer todas *menos una*: el vacío llegó, pues, á una millonésima de atmósfera.

Tan pequeñita como la catarata eléctrica es, á juzgar por la dimensión del tubo, es *inmensa* por la inmensidad del vacío que en él se ha formado.

No hay abismo mayor que la *nada*.

Pero en el tubo de Crookes las apariencias de los tubos de Geissler se desvanecen. Alrededor del *catodo* reina un espacio obscuro; diríase que la catarata luminosa no tiene fuerza para llegar al fondo. Es como si una caída de agua se precipitase de altura tan grande, que antes de llegar al pie del abismo se evaporara toda ella en el aire ambiente.

Sin embargo, la experiencia demuestra que *del catodo* parte *un haz de rayos*; rayos negros, mejor dicho, oscuros; en fin, rayos que no se ven.

Precisamente estos rayos invisibles, que parten del *catodo*, son los que se llaman *rayos catódicos*, por esa razón, porque del *catodo* parten.

Y es como si la cascada de éter al llegar al pie de su caída se reflejase en el fondo y rebotase hacia arriba, ó dicho de otra manera, hacia el *anodo*. Como aquellos surtidores que botaban en la catarata líquida, al chocar con las rocas de la base y parecían querer subir á la cima.

Pero si los rayos catódicos no se ven, ¿cómo se sabe que del catodo parten y que hacia el anodo suben ó hacia él se dirigen?

Porque en la parte opuesta del tubo, al chocar estos rayos con el cristal, producen en él una *fluorescencia verdeamarillenta*. A ellos no se les ve, pero del choque resulta la fluorescencia; por el choque se hacen visibles; la mancha luminosa los delata. Y cuando acercando un imán se desvían los rayos catódicos, la mancha luminosa, la fluorescencia, cambia de sitio, y este cambio demuestra que los rayos catódicos se han desviado.

Es como si un viento muy fuerte chocase contra la catarata; también se desviaría yendo á formar sus espumas en otro sitio del fondo. Aunque no viésemos la catarata, veríamos cambiar el sitio de los Lorbolones espumosos.

Ahora bien, en ese espacio de la fluorescencia, en esa mancha luminosa del tubo, en ese sitio donde chocan contra el cristal los *rayos catódicos*, es donde nacen, para caminar por el exterior, los rayos X.

Por eso decimos que si los rayos X no son los mismos rayos catódicos, al menos son una transformación de éstos en el punto del tubo en que la fluorescencia aparece.

Pero no sólo la fluorescencia prueba que existe una *radiación* especial que del catodo ó polo negativo arranca, sino que, Crookes presentó hace ya muchos años otras pruebas visibles y materiales del mismo hecho.

Crookes es un físico eminente, un experimentador admirable, pero lleva en su espíritu el sello de lo fantástico, y no hay trabajo suyo en que la parte material no tienda á espiritualizarse. Como que M. Crookes, con toda su seriedad británica,

y con todo su aplomo de sabio, y todo su positivismo de experimentador, es un formidable espiritista, que hasta emprendió la tarea, hace tiempo, según dicen, de sacar fotografías espíritas.

Él inventó el radiómetro.

Él anunció poco menos que la transformación de las especies químicas, en una memoria notabilísima.

Él puso dentro del tubo, que lleva su nombre, *molinillos ligerísimos* que los rayos catódicos hicieron girar, como el viento hace girar las aspas de un molino.

Él afirmó, precisamente fundado en este último experimento, que los rayos catódicos no eran otra cosa que un extremo y sutilísimo estado de la materia, á que llamó *materia radiante*. Como el vacío es tan grande, suponía Crookes que el gas contenido en el tubo llegaba á un inconcebible estado de división, y que sus átomos eran los que, rechazados por el *catodo*, engendraban los rayos catódicos, chocaban con el cristal opuesto, engendraban con su bombardeo archimicroscópico la fluorescencia, y si encontraban en su camino uno de esos sutilísimos aparatos de que antes hablábamos, lo hacían girar y aun correr sobre pequeños carriles.

Muchos físicos ingleses, algunos de primer orden, aceptaron esta hipótesis de la materia radiante y de los rayos catódicos, que no vendrían á ser otra cosa que un vientecillo sutilísimo como aliento de hada; entre otros Thomson y Fitz-Geralt. Pero los físicos alemanes, como el ilustre Hertz, su discípulo Lenard y Goldstein, Wiedemann y Sbert, se opusieron á la hipótesis inglesa y atribuyeron los rayos catódicos á un *origen vibratorio*: no es la materia que corre, decían, es el éter que vibra.

Y así estamos todavía, porque ni unos ni otros ceden, y los recientes rayos X han venido á resucitar el conflicto entre la hipótesis de Crookes y la hipótesis alemana de Hertz.

De todas maneras, aun suponiendo que los rayos catódicos fuesen producidos por la materia radiante, no podrían serlo

los rayos X, porque éstos no van por el vacío sino por el aire, que es donde realizan sus mayores hazañas, entre otras, sus célebres fotografías á través de los cuerpos opacos.

Así es que la ciencia está agitándose siempre entre los asombros astronómicos de lo *infinitamente grande* y las maravillas de lo *infinitamente pequeño*; ¡lo infinitamente pequeño! que, como dijo un gran escritor, “no es acaso más que el *gigante* que para embromarnos se disfraza de *enano*.”

Ya que sabemos lo que debe entenderse por rayos X ó rayos Roentgen, veamos ahora, aunque sea brevemente, los aparatos que se emplean para su producción; sus propiedades y aplicaciones.

Los aparatos que sirven para producir dichos rayos son: una batería galvánica, un carrete de Ruhmkorff, y un tubo de Crookes ó de Roentgen, ó de cualquier otro modelo.

Pueden sustituirse la batería y el carrete por una buena máquina de influencia.

Como al tratar del carrete de Ruhmkorff he dicho qué condiciones y qué accesorios entran en su construcción, sólo me queda por describir el tubo de Crookes y el fluoroscopio ó sea el aparato por medio del cual nos damos cuenta de lo que observamos.

El tubo de Crookes afecta ya la forma elipsoidal ó la esférica.

El modelo Edison tiene la primera forma; en las dos extremidades del elipsoide se encuentran dos discos de aluminio (en su parte interior), ligeramente inclinados uno respecto del otro, y soldados á los alambres de platino que van á rematar en el exterior, y que son los que se conectan con los alambres del carrete de Ruhmkorff. Las partes en donde se encuentran los electrodos están cubiertas exteriormente por medio de unos sombreritos metálicos de color obscuro. Estos tubos llevan además otro tubito adicional por donde puede hacerse el vacío, para lo cual se ponen en comunicación con una máquina neumática de mercurio.

El modelo de Roentgen consta de una esfera; de ésta parten tres tubos, dos horizontales y sobre el mismo diámetro, y uno vertical, inferior; por cada uno de estos tubos penetra un alambre de platino que debe conducir la corriente y que en la parte interna termina así: los dos que corresponden á los tubos horizontales, por medio de unos espejitos cóncavos de aluminio y que son los catodos; el de la parte inferior, que se dirige hacia el centro de la esfera hasta venirse á poner en línea recta con los anteriores, está terminado por una lámina de platino, es el anodo.

El *fluoroscopio* es el aparato por medio del cual vemos los fenómenos producidos por los rayos Roentgen, es el que nos permite observar directamente dichos fenómenos, sin tener que recurrir á otro medio auxiliar, la fotografía.

La necesidad de este aparato, como se comprende, se impuso desde el momento en que fueron descubiertos los rayos X. Así vemos á Edison plantearse el problema y buscar su solución.

Ésta no se dejó esperar; pero cuántos desvelos, cuánto trabajo y cuánto estudio para hacernos contemplar los maravillosos efectos de los ya tantas veces repetidos rayos Roentgen.

La parte esencial del aparato es la pantalla fluorescente, que consta de una lámina de cartón en la que se ha colocado la substancia que flourece, y que es: ó el tungstato de calcio ó el platino-cianuro de bario.

El conjunto del fluoroscopio es: una cajita de forma prismática, de base cuadrangular; truncada. En la base está colocada la pantalla y en la parte truncada es por donde se observa.

Para ciertas aplicaciones es cómodo tener una mesa en donde colocar á los enfermos.

En resumen, para montar el aparato se hace lo siguiente: se conecta la batería galvánica con la bobina primaria del carrete de Ruhmkorff; las extremidades del hilo secundario se ponen

en relación con los hilos de platino del tubo de Crookes. Hecho esto, se hace pasar la corriente galvánica en el carrete, la que se gradúa por medio del reóstato; como se comprende, se desarrolla la corriente de inducción que á su vez se dirige á los polos del tubo de Crookes, y entonces, haciendo uso del fluoroscopio, veremos los fenómenos luminosos producidos por los rayos X.

Las propiedades de estos rayos son: la de ser invisibles para el ojo; no desarrollan calor; no son refractados; no influyen sobre los instrumentos magnéticos; se esparcen en todas direcciones desde su punto de origen; su dirección es en línea recta y no ondulatoria, como la de los rayos luminosos ordinarios; para ellos no hay dificultad para pasar tanto en el aire atmosférico como en el vacío; producen efectos químicos; atraviesan cuerpos que antes de que fueran conocidos se consideraban como intransparentes, tales como la madera, los tejidos orgánicos, etc.; no atraviesan sino en pequeña escala los metales y los huesos.

Los rayos X constituyen para el médico un buen medio para el diagnóstico de ciertas afecciones.

Por medio de ellos podemos observar cuerpos extraños introducidos en nuestro cuerpo, sin necesidad de recurrir á ninguna operación quirúrgica, tales como agujas, proyectiles, etc. Para precisar el lugar de éstos ú otro cuerpo, muchas veces no es suficiente una sola escotografía sino varias, y bajo distintas posiciones.

Con ayuda de los rayos X no solamente podemos observar el esqueleto de cualquiera persona, sino también sus principales órganos internos, y así vemos el corazón, el hígado y órganos más pequeños como los de la laringe, lengua, estómago, etc. Aun podemos darnos cuenta de ciertas modificaciones patológicas de estos mismos órganos. El Profesor Grunmach ha examinado á un individuo físico en otro tiempo, y ha observado en aquellos lugares donde antes el pulmón estaba enfermo, manchas negras, debido á la calcificación de las cavernas. En el corazón ha comprobado cosas semejantes.

En medicina legal también prestan poderoso auxilio, pues se determina el estado exacto del esqueleto de un feto, y de aquí podemos deducir su edad.

Los rayos X encontrarán también su empleo en obstetricia; por medio de ellos podremos observar directamente los fenómenos de la preñez y los misterios de la vida fetal.

Han ayudado para hacer el diagnóstico de los aneurismas de la aorta.

El Dr. Jofre ha observado que en individuos enfermos de fosfaturia es algunas veces difícil apreciar con claridad los detalles ofrecidos por los huesos, al grado, de que para sacar imágenes radiográficas de alguna parte del esqueleto, necesario ha sido primero atender á esta enfermedad.

Por último, en el diagnóstico de las fracturas prestan los mayores servicios, pues basta aplicarlos para ver el lugar y clase de ellas; más todavía, en las complicadas evitan al enfermo las molestias inherentes á la exploración. Igual cosa podemos decir de las luxaciones.

* * *

Entre los aparatos magneto-farádicos colocaré las máquinas de Gramme, de Pixii, de Clarke, que aun cuando en años pasados habían caído en desuso, en la actualidad vemos que vuelven á aparecer en los laboratorios médicos, cuando se aplican corrientes sinusoïdales. Como quiera que no he de repetir el mismo asunto, baste únicamente recordar qué parte ocupan en el arsenal médico.

* * *

Los dinamos, tan esparcidos en las industria, tienen también su lugar en electroterapia; pues á la vez que sirven para producir electricidad, que puede utilizarse por ejemplo para cargar acumuladores, ó de cualquiera otra manera se aprove-



cha igualmente la propiedad que poseen de ser reversibles, es decir, que haciendo que sean atravesados por una corriente, nos producen energía (movimiento) que encuentra su aplicación al poner en actividad las máquinas electrostáticas. De lo expuesto se deduce qué utilidad prestan al médico electricista.

FRANKLINIZACIÓN.

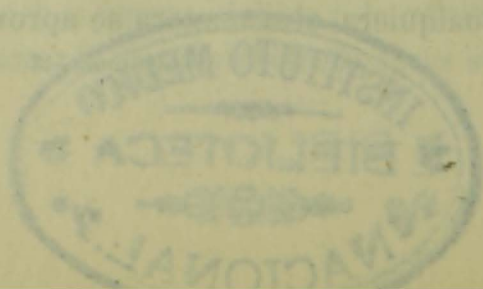
La franklinización es la aplicación de la electricidad estática, bajo cualquiera de sus formas, al cuerpo humano con un fin terapéutico. Lleva este nombre en recuerdo del primero que estudió los fenómenos de la electricidad estática.

Es la forma de energía eléctrica primeramente conocida y la que por consiguiente se ha aplicado primero al cuerpo del hombre. Fué empleada como una panacea universal, después abandonada; no es necesario remontarse á épocas lejanas para verla condenada. Duchenne de Boulogne decía "que su virtud terapéutica era tan poco apreciable como su acción fisiológica." Es necesario imaginarse que este gran observador no se ocupó en examinar los resultados y procedimientos de la electricidad estática, los despreció, para no ocuparse sino exclusivamente de la faradización. Esto no obstante, el mismo profesor no es tan enemigo de la franklinización como pudiera creerse, pues él mismo ha dicho y escrito "que la electricidad estática ha curado á los coreicos y un gran número de afecciones nerviosas."

En nuestros días la franklinización ocupa un lugar predilecto en electroterapia.

Según su modo de aplicación, obtendremos también propiedades fisiológicas y terapéuticas distintas.

Las diferentes maneras de aplicarla son: 1º, la chispa eléctrica; 2º, la fricción; 3º, la irritación; 4º, el soplo ó efluvio eléctrico; 5º, la ducha estática, y 6º, el baño estático.



*
* *

En cuanto á cómo se producen las descargas en las máquinas eléctricas, debemos considerar dos casos: 1º, aquel en que la descarga se hace con ruido, que es por medio de chispas eléctricas, y 2º, cuando se produce sin dar origen á ruido alguno, lo que tiene lugar por medio del soplo ó efluvio eléctrico.

Primer caso. Cuando dos conductores están á potenciales muy elevados y diferentes, tienden á equilibrar su potencial: esto se verificará cuando la diferencia de dicho potencial sea bastante grande ó la distancia entre los conductores pequeña, para que la resistencia del aire interpuesto pueda ser vencida. En este momento se produce una chispa que salta entre los conductores acompañada de un ruido especial, más ó menos fuerte. Esta chispa es el resultado de la descarga, y su trayectoria representa el circuito que ha seguido la corriente. Esta corriente es instantánea.

Segundo caso. El equilibrio eléctrico entre dos conductores puede hacerse con menos ruido; basta para esto armar á uno de ellos de puntas más ó menos agudas; no habrá entonces chispa, sino que se producirá uno como susurro particular que lleva el nombre de fricción eléctrica. La descarga no es brusca, se hace de un modo continuo y el conductor terminado en punta presenta un brillo violado.

Máquinas electrostáticas.—Habiendo dicho cuál es el mecanismo como se descargan dos conductores ligados á una fuente de electricidad estática, debo considerar, aunque sea ligeramente, la fuente misma.

Las máquinas electrostáticas se dividen en dos clases:

1ª Aquellas en que el frotamiento de un cuerpo mal conductor es utilizado. Tipo máquina de Ramsden.

2ª Aquellas en que se desarrolla un campo eléctrico y en que los fenómenos de influencia son los utilizados; pues sólo sirven para transformar la energía mecánica en energía eléctrica. Tipo el electróforo de Volta y las máquinas de Carré, Holtz, Wimshurt, de Bonetti y otras.

La descripción detallada de cada una de estas máquinas puede verse en los tratados de física, por cuyo motivo no me ocupo de ella.

Las máquinas de la primera de las dos clases antes dichas, podemos desecharlas desde luego, por dos razones: 1ª, por la gran cantidad de energía que es necesaria para vencer los frotamientos que se verifican entre los cojines y los discos de vidrio; serían, por consiguiente, muy difíciles y muy dispendiosas para ponerlas en movimiento por medio de dinamos; 2ª, el rendimiento eléctrico de estas máquinas es muy pequeño para que podamos obtener buenos resultados terapéuticos.

Quedan en pie las del segundo grupo ó sean las máquinas llamadas *de influencia*.

Estas máquinas producen diferencias de potenciales considerables, que exigen un aislamiento cuidadoso de los diferentes cuerpos buenos conductores que entran en su construcción.

Dos partes esenciales entran en toda máquina de influencia, y son: un sistema creador del campo electrostático y otro sistema que utiliza este campo.

El tipo de estas máquinas es el electróforo de Volta, cuya teoría conocemos.

Aun cuando la máquina de Carré rinde bastante electricidad y es de potencial muy elevado, sin embargo, tiene dos inconvenientes: el primero de las máquinas de frotamiento y de ser muy sensible á la humedad.

* * *

Las condiciones que debe llenar una buena máquina eléctrica son: 1ª, la de funcionar en cualquier momento que se necesite; 2ª, no debe ser sensible á las variaciones higrométricas del aire ambiente; 3ª, que no necesite gran cantidad de energía para hacerla funcionar; 4ª, debe tener un gran rendimiento eléctrico y llevar los conductores á un potencial elevado.

Como quiera que á veces es bochornoso para los enfermos verse acompañados de alguna persona extraña que no sea el médico, bueno es advertirlo y mejor el hacer funcionar dichas máquinas por medio de dinamos que sirvan de motores, los cuales caminarán con mayor ó menor velocidad, según lo desee el médico, quien tendrá á la mano un reóstato, con el cual llevará á efecto lo antes dicho, cosa que no puede hacerse cuando las máquinas funcionan por medio de la energía muscular desarrollada por un doméstico.

Las máquinas que mejor llenan estas condiciones y á la vez producen chispas de bastante longitud y no microscópicas en espesor, sin llevar condensadores, son las de Wimshurt y de Bonetti.

Los cuidados que hay que tener para que uno de estos aparatos funcione siempre bien, son los siguientes: 1º, que esté limpio, para lo cual cuídese de que no esté empolvado y sacúdase perfectamente bien; 2º, cuidar del estado higrométrico de la pieza en que esté instalada la máquina, para lo cual basta mantener en invierno una temperatura de 16 á 18 grados. En el modelo de Bonetti con sólo colocar una lámpara incandescente entre los dos cilindros es suficiente. 3º, al instalar una de estas máquinas téngase especial cuidado en no colocarla cerca de algún muro, y si hay cortinas ó cualquier otro adorno hágase lo mismo; pues en este caso á igualdad de energía empleada se obtiene un rendimiento de energía eléctrica menor que si observamos esta condición. Por esta misma razón es bueno también tener cuidado de secar los conductores, piezas polares y todas las partes aisladas, hasta el taburete sobre el que se coloca al enfermo. 4º, para producir efectos más intensos se adiciona á la máquina dos botellas de Leyde.

* * *

El modo de medir esta clase de corriente eléctrica es casi desusado en la práctica médica. Sin embargo, las máquinas

electrostáticas son electromotores cuya corriente obra por la cantidad de energía puesta en acción, y por lo mismo debe medirse. Los dos elementos que deben determinarse son: la diferencia de potencial que existe entre los dos polos de una máquina estática y la cantidad de electricidad que rinde.

Para lo primero, el método más comodo consiste en determinar la longitud de las chispas que la máquina puede hacer saltar entre dos esferas de diámetro dado conocido. Más cómodo es todavía el poseer tablas en que están anotadas la longitud de la chispa, los diámetros de las esferas, y las diferencias de potenciales expresadas en volts, según la diferencia que haya entre dichos diámetros.

Téngase presente que el potencial de una máquina aumenta á medida que la distancia á que estallan las chispas aumenta, sin embargo, llega un momento en que la chispa no salta ya. La máquina se descarga por el aire ambiente, por los peines, etc., en este momento su potencial es máximo; éste aumenta con el diámetro de los discos, es decir, con la superficie.

Para lo segundo, es decir, para medir la cantidad, se tendría cuidado de contar el número de chispas que saltaran en un tiempo determinado. Para lo cual puede hacerse uso de la botella electrométrica de Lane.

Para graduar este rendimiento, el método del reóstato aún no ha sido aplicado á este género de electrización. Esto depende de la alta tensión de las corrientes suministradas por las máquinas estáticas y por la dificultad de encontrar cuerpos bastante resistentes para esta electricidad.

Podemos, sin embargo, arreglar esta cantidad eléctrica producida por la máquina, por medio del reóstato, con la condición de que esté puesta en movimiento por dinamo y colocado el reostato, en el circuito que va al motor; pues como antes dije, de la velocidad de dicho motor depende la de la máquina y la *cantidad* de electricidad que queremos arreglar.

*
*
*

Para aplicar la franklinisacion los aparatos son metálicos y no están cubiertos como los que sirven para la galvanización y faradisación; su forma es variable y depende del modo como queramos emplearla.

Estos aparatos son: el taburete aislante que conocemos, y por lo mismo no lo describo; la silla sobre que debe sentarse al enfermo, que debe ser buena conductora de la electricidad, ó cuando menos que su superficie llene este requisito, para lo cual el asiento no tendrá ángulos, ni aristas, y estará cubierto de una laminilla metálica, como las hojas de estaño. En el comercio hay sillas ó cajas doradas que satisfacen perfectamente estas condiciones.

Los excitadores con los cuales se aplican cada una de las formas de la electricidad estática, pueden ser de dos modos: aquellos con los cuales se hacen las aplicaciones inmediatas y aquellos con que se hacen las aplicaciones mediatas.

Cuando se quiere hacer saltar una chispa entre la piel del enfermo y la fuente eléctrica, se hace uso de los excitadores inmediatos, los cuales están formados de una esfera metálica, soportada por un mango aislante que puede ser ó de vidrio ó de ebonita, á la esfera está unida una cadena que pasa por un anillo soportado como ella por un mango mal conductor, que el médico tiene, lo mismo que el del excitador, en sus manos. La extremidad libre de la cadena se pone en comunicación ya con un polo de la máquina (el enfermo estando en relación con el otro), ya con el suelo. Las esferas excitatrices pueden cambiarse por otras más ó menos grandes, según los efectos motores ó sensitivos por producir.

Los excitadores mediatos sirven para aplicar la chispa de una manera indirecta: ésta no salta ya entre la piel y la esfera, sino entre dos esferas que en este caso se emplean; una de ellas es aplicada directamente sobre la región por excitar, desempeña el papel de un electrodo de los que ya antes he hablado,

y la otra con el suelo. Pueden servir muy bien los de Debedat ó Roumallac.

Los excitadores que sirven para el soplo ó effluvio eléctrico están constituídos por electrodos terminados en punta. El soplo puede ser aplicado ya con una sola punta ó con varias implantadas en el mismo mango ó soporte; en este caso más bien se produce lo que en electroterapia se llama ducha estática.

Un buen medio para producir la irritación electrostática consiste en reemplazar la esfera metálica por una de madera ó construída de cualquiera otra substancia poco conductora; podemos aun servirnos de una escoba formada por un hacesillo de popotes (varillas) análoga á las escobas ordinarias; estos popotes estarán atados por medio de un anillo ó hilo metálicos, que de alguna manera pueda sujetarse al mango aislante tantas veces mencionado.

Acción fisiológica.—Para hacer un estudio de los efectos fisiológicos debidos á esta forma de electricidad, es preciso considerar separadamente los diferentes métodos de electrización estática.

1º *Método de las chispas.*—Cuando una chispa salta entre un conductor electrizado y la piel, se experimenta en el lugar herido una sensación semejante á la de un piquete, acompañada de un choque; la sensación de piquete existe sola cuando las chispas son pequeñas. La sensación de choque tiene su demostración matemática y en física se expresa la energía almacenada en las chispas por una fórmula algebraica que dice:

$$W = \frac{C V^2}{2}$$

ó sustituyendo $C V$ que representa la carga del conductor por su igual Q , se tendrá:

$$W = \frac{V Q}{2}$$

de donde se infiere que dicho choque será tanto más pronunciado mientras el potencial sea más grande.

Las aplicaciones de las chispas sobre la piel son acompañadas de fenómenos vasomotores importantes de conocer, pues permiten darse cuenta del mecanismo como obran bajo el punto de vista terapéutico, y no como creen algunos médicos, que son debidos á la sugestión.

Las experiencias hechas por el profesor Bordier han demostrado lo siguiente: 1º que la temperatura de los diferentes puntos heridos por la chispa eléctrica, estaban á una temperatura más alta que las partes restantes no sometidas á la corriente estática; 2º, que la acción vasomotriz era más grande bajo la influencia de las chispas positivas que con las negativas; 3º, que los tegumentos en experiencia presentaban al principio un color pálido que pronto era reemplazado por rubicundez: cuando las chispas saltaban durante algunos minutos en el mismo lugar, veíase aparecer, después de varias horas, una flictena, que despues de curada dejaba una coloración obscura de la epidermis.

Estos fenómenos vasomotrices son tan acusados en el bosio exoftálmico que se les ha bautizado con el nombre de dermografismo eléctrico.

Independientemente de los fenómenos vasomotores de que me he ocupado, la chispa estática produce contracciones musculares. Este modo de excitación tiende en la actualidad á emplearse más y más en el tratamiento de ciertas afecciones. Estas contracciones musculares no se producen del mismo modo con las chispas positivas que con las negativas. Por medio del miógrafo de Marey se han sacado trazos y se ha visto: que la curva del polo negativo se levanta bruscamente y es casi vertical la primera parte del trazo; con el polo positivo esta misma primera parte es oblicua; la segunda parte de dichos trazos también difiere, pues con el polo negativo parece que se provoca un tétanos ligero del músculo, lo que no pasa con el positivo.

Ahora bien, no sólo se ha estudiado qué efectos produce la chispa según el polo de donde emana, sino los que dependen

tanto de su longitud como del diámetro de los excitadores que se usen para aplicarla.

Los trazos obtenidos con el aparato de Marey y empleando chispas de longitudes crecientes han hecho palpable que la energía de la contracción muscular es más grande que la longitud de la chispa, pues midiendo las alturas de estas contracciones se ha podido establecer la ley siguiente, que dice: *la magnitud de la contracción muscular es directamente proporcional al cuadrado de la longitud de las chispas* (Bordier).

Con chispas de igual longitud y empleando excitadores de diferentes diámetros se ha visto, siguiendo el mismo procedimiento que en el caso anterior, que *la energía de la contracción es proporcional al diámetro de los excitadores*.

2º *Fricción eléctrica*.—Este modo de aplicación de la electricidad estática, consiste en producir pequeñas chispas entre la piel del enfermo y un excitador esférico, á través de una ó varias capas de lana ó de un género: la esfera es apoyada sobre la tela, y la longitud de las chispas es igual al espesor de ésta.

En estas condiciones, chispas múltiples (una verdadera lluvia) saltan produciendo una sensación desagradable, debida á los muchos piquetes.

La fricción eléctrica, según Vigouroux, ejerce una acción local excitante, y efectos á distancia ó reflejos sedativos. Estimula la sensibilidad cutánea y está indicada en la anestesia en placas.

3º *Del soplo ó efluvio electrostático*.—La impresión experimentada por la piel, bajo la influencia del soplo eléctrico no es la misma, según que la electricidad que se escurre por la punta sea positiva ó negativa: la intensidad de este viento puede medirse con aparatos semejantes á los anemómetros, y entonces se comprueba que el viento ó soplo negativo es más fuerte que el positivo.

Por medio de una simple reacción química se demuestra también cuál es la densidad electrostática; ésta es más pequeña con el soplo positivo que con el negativo. Se emplea el papel yodurado almidonado.

El ángulo mismo de la punta empleada influye sobre la extensión de acción del soplo dirigido sobre la piel: Experiencias hechas sobre este asunto han enseñado que *la superficie impresionada por el soplo es tanto más grande mientras más grande es también el ángulo en la punta.*

El efluvio estático posee una acción sedativa palpable que se aprovecha ya en el tratamiento de ciertos dolores neurasténicos, ó aun en el de la jaqueca.

Su acción vasomotriz es también manifiesta.

Tomando todas las precauciones requeridas por el caso se han hecho experiencias sobre el hombre: son diferentes según el signo de la electricidad que se escapa por las puntas. El soplo negativo produce un abatimiento de temperatura local cutánea, más grande que el positivo; además esta baja de temperatura, continúa verificándose después de terminada la aplicación eléctrica, para no volver á su valor inicial sino lentamente. Se observa además que, después de pasado algún tiempo, la piel de la región sometida á la experiencia conserva el olor á ozono.

La acción vaso motriz que se verifica deja comprender la sensación de frescura que se experimenta, ya sea con el soplo ó con la ducha estática. El hecho de que la temperatura local no vuelve más que algún tiempo después á su punto primitivo, nos induce á pensar que la acción es mucho más profunda que la que produciría una ráfaga de aire ambiente.

4º *Del baño estático.*—El enfermo, colocado sobre el taburete aislante, se pone en comunicación con uno de los polos de la máquina y se le lleva al mismo potencial que ésta: la electricidad, escapándose por todas las asperidades del cuerpo del individuo, éste será atravesado por una corriente de alta tensión.

Los efectos que se experimentan no son desagradables; se siente, cuando se observa con cuidado, una impresión comparable á la de un velo de gasa que rozara la cara; al mismo tiempo una sensación de calor aparece frēcuentemente.

La acción del baño se manifiesta aun sobre personas sanas. Examinaré sucesivamente las diferentes funciones afectadas por el baño.

Pulso y tensión arterial.—Bajo la influencia del baño el pulso aumenta de frecuencia: este aumento, según Truchot, puede llegar á un 20 por ciento.

Si después de haber sometido una persona á una serie de baños estáticos, los suspendemos, la frecuencia del pulso se mantendrá con el mismo valor que al principio del tratamiento eléctrico; y hasta después de unos seis ú ocho días del último baño será cuando vuelva á ser normal, para lo cual ha ido lenta y progresivamente disminuyendo.

La tensión arterial aumenta también: todos los que han hecho experiencias sobre este particular están de acuerdo. Una experiencia debida á Charcot demuestra netamente la influencia del baño eléctrico sobre la tensión arterial: un hombre había sido sangrado, el escurrimiento del líquido vital se había suspendido; se somete al enfermo al baño estático, y la sangre vuelve á salir.

Damian, Stepanow, Eulenberg han comprobado que la porción ascendente del trazo esfigmográfico se eleva demasiado y que el dirotismo es más acusado bajo la influencia del baño eléctrico.

Combustión respiratoria.—El profesor d'Arsonval ha observado y comprobado midiendo el oxígeno absorbido y el ácido carbónico exhalado, que la cantidad de estos gases aumenta bajo la influencia del baño eléctrico. Ha comprobado igualmente, que la capacidad respiratoria de la sangre es más grande que al estado normal (como una sexta ó una octava parte). Es probable que este aumento en las combustiones sea debido al ozono que se produce en grande cantidad durante la aplicación eléctrica; el oxígeno ozonizado se fija más fácilmente sobre los glóbulos sanguíneos que el oxígeno ordinario.

Secreciones.—Las glándulas sudoríparas funcionan más, y por lo mismo, excretan mayor cantidad durante el baño, y esto se ve claro en las manos y frente que se cubren de sudor.

La secreción más importante que debe conocerse es la urinaria. Robin ha visto que el coeficiente de oxidación, ó en otros términos, la relación de la urea al ázoe total ha aumentado; este aumento es de 91 en lugar de 76. Esto viene en apoyo de lo dicho por d'Arsonval al tratar de las combustiones, pues nos indica que dichas combustiones no sólo respiratorias sino también las internas mejoran puesto que una proporción mayor del ázoe total es eliminado bajo forma de urea.

Si los baños son aplicados muy á menudo, ó para ser más claro, *si se abusa*, se comprueban efectos contrarios. La análisis enseña que la cifra del ázoe total aumenta al mismo tiempo que disminuye la proporción de urea: de donde una baja en el coeficiente de oxidación.

No hay que dudar, que la franklinización obra poderosamente sobre la nutrición general, activa los cambios gaseosos, aumenta la intensidad de las combustiones íntimas de los tejidos, cuyos productos finales son modificados cualitativamente.

De lo dicho se deduce que para que la franklinización produzca sus mejores resultados *no se deberá abusar*, pues de obrar así se haría más mal que bien.

Funciones digestivas.—Charcot ha comprobado que bajo la influencia del baño estático las funciones digestivas se aceleran, y el apetito aumenta considerablemente. Ha obtenido frecuentemente curaciones de mujeres y niños muy delicados, anémicos, por medio del baño eléctrico, después que las preparaciones ferruginosas y otras no le habían sido favorables al objeto.

Por último, como efectos generales, el baño estático produce una sensación de bienestar, de calma, que se traduce por una necesidad irresistible de dormir. Obra, según Boudet, de Paris, sobre los nervios cutáneos, y en particular sobre los vaso-motores.

En las personas de piel seca é insensible, la sensibilidad reaparece rápidamente y la circulación se restablece en la superficie cutánea.

Los efectos del baño estático parecen ser los mismos cualquiera que sea el polo con el cual está el enfermo en relación. Algunos autores creen que con el polo positivo el efecto es calmante y excitante con el negativo.

Aplicaciones.—Deben ser numerosas, cuando hemos visto que la electricidad estática obra á la vez sobre las funciones del sistema nervioso que regulariza y sobre las oxidaciones y mutaciones orgánicas que activa.

Comenzaré por exponer algunas palabras respecto al tratamiento de la histeria, en donde se ven producirse tanto la acción inmediata que la electricidad estática ejerce sobre las perturbaciones nerviosas y las más importantes que se verifican sobre la nutrición.

Los estudios de los profesores Charcot y Vigouroux ponen de manifiesto que la franklinización es lo que más halagadores resultados da cuando es empleada para tratar dicha enfermedad.

El baño electrostático es suficiente, la mayor parte de las veces, para ver mejorar casi todos los síntomas de esta afección; la primera sesión durará unos 5 minutos; las siguientes podrán prolongarse á 15 ó 20.

En los casos en que los ataques histéricos son muy numerosos, el tratamiento de que vengo ocupándome da los mejores resultados, pues disminuye el número de ataques y despierta el apetito.

Los enfermos sometidos á este tratamiento reconocen perfectamente que la electricidad les proporciona alivio, consuelo á sus males, pues pasadas algunas sesiones, se les ve alegres, contentos, etc.

En los casos de anestésias, se observan interesantes modificaciones bajo la influencia de la electroterapia: en la anestesia total, después de algunos minutos de franklinización, dicha anestesia se acentúa del lado en que es más predominante; la sensibilidad reaparece, al contrario, en el lado en donde es menos marcada; después de algunos minutos hay cambio. En

fin, al cabo de 20 ó 25 minutos la sensibilidad reaparece en todo el cuerpo.

Una vez recobrada la sensibilidad, el enfermo la conserva varias horas y aun varios días; se mantiene este efecto electrizando al enfermo todos los días. Obrando así, llega un momento en que el enfermo deja de ser hipnotizable, y cuando se obra sobre ciertos lugares hipnógenos, no se producen ya ataques como antes del tratamiento.

Como en todo tratamiento de cualquiera enfermedad, es necesario apelar á todos los recursos de que uno dispone; así, en electroterapia, no sólo un modo de electricidad es aplicable para cada enfermedad, preciso es ayudarse de los otros medios que tengamos á nuestro alcance. En la histeria es indispensable recurrir tanto á la galvanización como á las corrientes de inducción para tratar otros diversos síntomas de esta enfermedad.

Neurastenia.—La franklinización, ayudada de una higiene y de un régimen apropiados, constituye el mejor tratamiento de la neurastenia. Llena á la vez las indicaciones generales relativas á la nutrición y á las especiales referentes á los diversos accidentes neuropáticos. No es posible formular una prescripción para todos los casos. En la práctica, debe tenerse en cuenta la tolerancia, muy variable, de los enfermos para la electricidad.

El baño eléctrico es el que por sus efectos sedativos debe emplearse en primer lugar: sería errónea la idea que pudiéramos formarnos de los efectos fisiológicos y sobre todo de la acción terapéutica del baño electrostático, si quisiéramos apreciar su acción en individuos sanos. En los neuropatas, el baño, repito, es sedativo. Es la base del tratamiento de esta enfermedad, y más todavía, puede bastar por sí sola. Sin embargo, se le asocia al soplo positivo que también está indicado, pues éste obra menos fuerte que el soplo negativo, como antes he dicho, y, por otra parte, es más extensa su acción.

La eficacia del soplo es de las más notables. Dirigido sobre

la cabeza bajo forma de ducha eléctrica hace desaparecer en los neurasténicos la sensación habitual de molestia, de pesantez, de presión, de tensión dolorosa, de constricción, ó como dicen, esa sensación semejante á la de llevar un *casco*.

En los casos de atonía gastro-intestinal, las chispas dan muy buenos resultados, pues dirigiéndolas sobre la fosa ilíaca izquierda del enfermo, no es raro ver la necesidad de ir al común, que experimentan, pasados algunos minutos de la aplicación. Por otra parte, son un estimulante general; pueden hacer desaparecer la sensación habitual de depresión y fatiga muscular; para producir este efecto, se aplican las chispas sobre la región dorso-lombar de preferencia.

La fricción eléctrica produce el mismo efecto estimulante, cuando se practica en una extensión bastante grande del cuerpo; además, ejerce una acción excitante local y acción sedativa. Cuando se somete á la fricción eléctrica la mitad inferior del cuerpo, puede verse que los síntomas de congestión espinal, tales como espasmos, exageración de los reflejos, pérdidas seminales, etc., se atenúan, razón por la cual debe igualmente emplearse en los neurasténicos.

Atrofias musculares de origen articular.—Las lesiones traumáticas ó inflamatorias de las articulaciones, con frecuencia son seguidas ó acompañadas de atrofias musculares.

Para Charcot, la causa de estas atrofias se encontraría en una irritación medular provocada por una propagación del procesus morbosus por medio de los nervios de la articulación, los cuales se encuentran relacionados á ella por los nervios motores y tróficos de los músculos interesados.

En estos casos debe emplearse el método de las chispas que producen la contractilidad muscular. Cuando la reacción á la corriente farádica se manifieste, se empleará esta forma de electricidad, que llenará la condición de ser corriente rítmica y de débil intensidad para completar el tratamiento. Es necesario casi siempre someter la articulación misma á la acción de la galvanización (Charcot).

Úlceras varicosas.—La electricidad ha sido ensayada en esta afección crónica y á menudo rebelde, por Crussel, quien empleaba la galvanización; el polo positivo era colocado sobre la úlcera. Varios médicos, entre los cuales debe citarse á Spencer, Wels, Kyber, Arnold, Morton, Paoletti, Nunn, han aplicado ya la corriente continua, ya la faradización, como tratamiento de las úlceras varicosas, pero no han obtenido felices resultados.

No sucede lo mismo con el tratamiento preconizado por el Profesor Doumer de Lille, y que consiste en emplear el soplo eléctrico.

La acción del soplo estático sobre la úlcera es rápida, se deja sentir desde las primeras aplicaciones. Es caracterizada la acción por una mejoría considerable de los principales síntomas que acompañan á la afección.

Generalmente desde las primeras sesiones y algunas veces desde la segunda ó tercera, la secreción desaparece ó cuando menos disminuye de un modo muy apreciable; la disminución del dolor, la molestia para andar mejoran en el mismo sentido, la vitalidad de los tejidos se hace manifiesta.

Las sesiones son de tres por semana; la máquina debe tener como condición: producir gran cantidad de electricidad.

Es un hecho que el soplo eléctrico asociado al baño estático, producen una acción muy favorable en la marcha de las úlceras.

La piel de neoformación no presenta los caracteres cicatriciales; es rosada, suave, y no se distingue de la piel del resto del cuerpo, más que por presentar los caracteres de piel nueva.

En este caso la franklinización obra tanto por su acción general como por su acción local (Marquant).

Las estadísticas publicadas por Doumer demuestran palpablemente que la franklinización, sea bajo forma de baño, de soplo ó de fricción eléctrica, produce efectos curativos muy favorables en el tratamiento de las perturbaciones menstruales:

como el retardo, disminución, irregularidad y los dolores más ó menos vivos que acompañan á las reglas.

El soplo ó la fricción eléctrica se aplican sobre la región lombar.

En la dilatación del estómago la franklinización produce también buenos resultados; el método empleado y que consiste en el lavado previo, la introducción del electrodo, colocación del enfermo sobre el taburete aislante, etc., es muy molesto, pero en cambio, repito, da buenos resultados.

El baño eléctrico y el soplo se emplean con buenos resultados para calmar los dolores de los que padecen jaquecas.

CORRIENTES DE ALTA FRECUENCIA.

Las corrientes de alta frecuencia han sido introducidas, así como las corrientes sinusoidales ó de baja frecuencia por el Profesor d'Arsonval. Los fenómenos relativos á estas corrientes y su producción son nuevos en las ciencias físicas, fisiológicas y en terapéutica; así, creo de mi deber dar una idea, aunque ligera, de la génesis de estas corrientes de alta frecuencia.

El punto de partida de estas corrientes remonta á las bellas experiencias de Hertz relativas á las oscilaciones eléctricas, que como es sabido demostró que se propagaban á distancia, del mismo modo que las ondulaciones luminosas.

Joubert en 1889 observó, repitiendo las experiencias de Hertz, que las patas de una rana preparada, como lo hizo Galvani en sus célebres estudios, no efectuaban ningún movimiento al ser excitadas por corrientes venidas de aparatos que ejecutaban hasta 100 millones de alternancias por segundo.

Arsonval demostró que esto no era un hecho aislado, y que las corrientes alternativas producidas por aparatos electromagnéticos no obraban sobre los nervios motores y sensitivos, cuando su frecuencia pasaba de ciertos límites, poco más ó menos de 10,000 alternancias por segundo.

Desde el principio de sus estudios sobre la materia este eminente físico y biólogo á la vez presintió, según se desprende de sus escritos, que con oscilaciones suficientemente rápidas se podría hacer pasar á través del cuerpo de animales, corrientes que de ninguna manera serían percibidas.

Más tarde el ingeniero Tesla y Thonson repiten estas mismas experiencias y procuran simplificar los aparatos que para ellas servían, lográndolo.

*

Veamos ahora cómo podemos producir estas corrientes. La posibilidad de obtener un número considerable, casi fabuloso, de alternancias por segundo, proviene del modo como se hace la descarga de un condensador, de una botella de Leyde, por ejemplo. Esta descarga es oscilatoria: no es una corriente instantánea, como en el caso de una chispa de las máquinas estáticas; la forma de las descargas es ondulatoria. Las oscilaciones que resultan de la descarga de un condensador son isócronas, y su amplitud decrece según los términos de una progresión geométrica.

Para formarse una idea clara del mecanismo de esta descarga, basta recordar lo que pasa en el caso de una cuerda elástica fija por sus extremidades, y que después de haberla separado de su posición de equilibrio la abandonamos: esta cuerda efectúa una serie de vibraciones cuya amplitud decrece progresivamente, como lo hacen las oscilaciones eléctricas mientras las armaduras de un condensador vuelven á su estado de equilibrio. Otro ejemplo para ser más explícito: si tomamos un vaso comunicante lleno de líquido (agua), que este líquido esté en equilibrio y que después por medio de una presión hagamos perder el estado de reposo y equilibrio en que estaba, veremos que para que los niveles vuelvan al mismo punto será necesario una serie de oscilaciones. Sin embargo, hay una diferencia esencial entre las oscilaciones elásticas é hidrostáticas:

es la duración del período. El período es de tal manera corto en el caso de la descarga de un condensador, que el número de oscilaciones puede ser hasta de 100 millones por segundo.

¿Cómo deben disponerse los aparatos para sacar partido de esta frecuencia enorme?

Hé aquí el modo y fundamento de los aparatos que para el objeto existen.

Todos conocemos de qué está compuesta una botella de Leyde (un frasco, su armadura interna y su armadura externa). Ahora bien, para la experiencia se toman dos botellas de Leyde. Las armaduras internas de dichas botellas están conectadas con las partes terminales de la bobina secundaria de un gran carrete de Ruhmkorff. Las armaduras externas están reunidas entre sí por medio de un solenoide, formado por un grueso hilo de cobre que haga unas 20 espiras.

Hagamos funcionar este conjunto y pasará lo siguiente: á cada ruptura de la corriente primaria, la fuerza electro-motriz inducida de la bobina secundaria carga los condensadores, gracias á su reunión por el solenoide; cada vez que la carga se efectúa, la diferencia de potencial de las armaduras internas aumenta. Cuando llega el límite de este aumento, la chispa estalla entre las extremidades libres de las armaduras internas; esta chispa forma una especie de conductor de débil resistencia por donde se precipita la carga de los condensadores.

La descarga oscila, saltando de una armadura á la otra, *mientras que el solenoide que une las armaduras externas es recorrido por una corriente alternativa de alta frecuencia*. A la cerradura de la corriente primaria de la bobina, el fenómeno de carga de las botellas de Leyde se produce aún, pero la diferencia de potencial de la corriente inducida de cierre es insuficiente para hacer que salte una chispa entre la parte libre de las armaduras internas. Las únicas diferencias de potencial que existen en el solenoide son debidas á las oscilaciones de descarga de las botellas de Leyde.

Para obtener la continuidad del fenómeno, y no sólo las os-

cilaciones originadas por una sola descarga de los condensadores, es indispensable que la bobina secundaria sea capaz de suministrar, sin cesar, corrientes inducidas de tensión tan grande cuanto sea posible.

Se llega á este resultado por dos caminos diferentes. 1º Alimentando el hilo primario del carrete de Ruhmkorff por medio de una corriente alternativa, para lo cual se sirve uno de un alternador (medio menos práctico). 2º Aliméntese este mismo hilo por una corriente constante periódicamente interrumpida; en este caso se hace indispensable colocar en el circuito primario un vibrador extra-rápido (medio más práctico).

En la cátedra de física de la Escuela Nacional Preparatoria mi maestro, el Sr. Dr. Gamboa, para darnos una idea clara de esta clase de ondulaciones se sirve de una larga cadena de esferitas iguales, articulada, sostenida con la mano por uno de sus extremos; en seguida le imprime un movimiento de vaivén, y palpablemente se ve que las ondulaciones van decreciendo desde la mayor, que parte, por decirlo así, de la mano, hasta la extremidad libre, que parece termina en un punto y que queda casi fija aun cuando está libre.

Propiedades de estas corrientes. — Las corrientes de alta frecuencia se distinguen por tres propiedades esenciales de las corrientes alternativas ordinarias, propiedades debidas á la vez á la gran frecuencia y á las tensiones tan elevadas que se ponen en acción, y son: 1ª, los fenómenos de inducción á que dan lugar son muy intensos; 2ª, las corrientes de alta frecuencia, desde que una cierta capacidad eléctrica entra en juego, circulan tanto en un circuito abierto, como en uno cerrado, de modo que el contacto con un solo polo basta para que se produzca la corriente; y en efecto, por débil que sea la capacidad, la carga y descarga repetidas de centenares de miles de veces por segundo, de potencial elevado, representan una corriente media notable. Esto explica las corrientes monopolares y las chispas que se obtienen cuando se toca un solo punto del solenoide. En este caso el cuerpo humano constituye una super-

ficie aislada que se carga á cada oscilación de una cantidad casi constante, desde que está á cierta distancia del solenoide. La carga correspondiente de signo contrario debe encontrarse en las partes del solenoide que están en este caso á un potencial diferente. 3ª, son los efectos de resonancia que no tienen aplicación médica.

La propiedad de las corrientes de alta frecuencia, de dar lugar á fenómenos de inducción muy intensos, ha sido aplicado por d'Ansoval tanto en electrofisiología como en electroterapia.

Con el nombre de *autoconducción*, el eminente profesor del Colegio de Francia designa un nuevo método de electrización, que consiste en hacer atravesar el cuerpo del enfermo sin que éste se encuentre ligado de algún modo con la fuente eléctrica. Las corrientes que circulan en el individuo no llegan á él por medio de ningún conductor: *estas corrientes toman nacimiento en sus propios tejidos, desempeñan el papel de un circuito inducido, cerrado consigo mismo.*

La autoconducción se aplica por medio de un cable de los de luz eléctrica ordinaria cuidadosamente aislado y enrollado en un cilindro formado de una materia aislante. De esta manera se forma un solenoide, en el interior del cual se coloca al individuo por electrizar.

La segunda propiedad de las corrientes de alta frecuencia, á saber, su fácil propagación en circuito abierto, ha dado nacimiento á otros dos procedimientos de aplicación: 1º, las aplicaciones locales monopolares que no necesitan ningún aparato especial, y que con sólo el nombre está bien caracterizado. 2º, las aplicaciones por condensación. En este caso se coloca al individuo, acostado, en un dieléctrico (de ebonita ó de cristal, etc.); su cuerpo se pone en comunicación con una de las extremidades del solenoide y un punto cualquiera del lado opuesto del dieléctrico se reúne á la otra extremidad del solenoide; el individuo representa en este caso el papel de la armadura de un condensador.

Electrofisiología.—Como antes he dicho, dos son los modos de aplicación de estas corrientes: la aplicación directa y la autoconducción.

En la aplicación directa, cuando se hace por medio de un excitador metálico aplicado directamente sobre la piel, se comprueba que la sensibilidad no es excitada; el individuo no experimenta ninguna sensación. Lo mismo sucede con la contractilidad muscular: los músculos de la persona sometida á la acción de estas corrientes permanecen en el reposo más absoluto, y esto no obstante las corrientes de que vengo ocupándome son capaces de llevar á la incandescencia una lámpara eléctrica colocada en el circuito de que el cuerpo del individuo forma parte.

Cuando la corriente es demasiado fuerte, se siente solamente en los puntos de aplicación un poco de calor.

El Profesor d'Arsonval, que ha estudiado estas acciones fisiológicas, ha podido hacer atravesar su cuerpo por corrientes de más de 3,000 miliampères sin experimentar el más ligero dolor, mientras que corrientes de una intensidad 10 veces menor serían peligrosísimas si la frecuencia en lugar de ser de 500,000 á 1.000,000 por segundo, fuera de 100, como se verifica para las corrientes industriales.

El eminente profesor del Colegio de Francia, al principio de sus estudios sobre la materia, había emitido dos hipótesis para explicar la ausencia de sensación y de contracción: 1^a, ó las corrientes en cuestión no penetraban y se escurrían por la superficie de los conductores, como lo hace la electricidad estática, ó bien, 2^a, nuestros nervios sensitivos y motores están organizados de tal manera que solamente reobran bajo la influencia de vibraciones de frecuencia determinada, como vemos que se efectúa con los nervios de sensibilidad especial: sabemos, en efecto, que nuestra retina no es afectada por vibraciones demasiado lentas (rayos infra-rojos), ó muy rápidas (rayos ultra-violetas); que del mismo modo nuestro nervio acústico no es impresionado si las vibraciones del cuerpo elástico son in-

feriores á 16 por segundo (Helmholtz) ó superiores á un cierto número (variable con los individuos) 23,000 á 40,000 por segundo (Kœning).

De las dos hipótesis antes dichas ha sido desechada la primera por las razones siguientes: el cuerpo humano no se debe comparar á un cuerpo metálico; las corrientes de alta frecuencia en lugar de escaparse por la superficie del cuerpo, penetran en el organismo; la mejor prueba que de esto puede darse es que obran sobre centros nerviosos profundamente situados. El organismo es, pues, atravesado, sin manifestar ninguna reacción, por corrientes cuya energía lo destruiría si la frecuencia disminuyera.

La segunda hipótesis emitida por d'Arsonval es la verdadera: hay falta de excitación y al mismo tiempo producción de fenómenos inhibitorios.

La experiencia demuestra la existencia de estos fenómenos inhibitorios.

Los tejidos atravesados por estas corrientes vienen á ser rápidamente menos excitables á las acciones excitantes ordinarias. Esta disminución se traduce por una analgesia notable de los puntos por donde la corriente penetra en el cuerpo; la fricción es la que más fácilmente produce este efecto, y puede persistir hasta por media hora. La sensación galvánica y farádica no es percibida en los puntos sometidos á la acción de estas corrientes, sólo con la condición de emplear intensidades muy grandes.

En la autoconducción, los tejidos están colocados en el campo eléctrico, creado por el solenoide que rodea todas las partes del individuo. Los tejidos vivos son entonces el sitio de corrientes muy enérgicas, gracias á la frecuencia de la fuente eléctrica; desempeñan el papel de conductores cerrados sobre sí mismos, y son recorridos por corrientes de inducción de gran intensidad. Estas corrientes de gran intensidad, inducidas, que constituyen la autoconducción de d'Arsonval, tienen su sitio en el organismo mismo y obran sobre los centros nerviosos y sobre órganos situados aún más profundamente.

No producen ningún dolor, ni ningún fenómeno consciente en las personas que se someten á su acción; sin embargo, obran enérgicamente sobre la vitalidad de los tejidos.

El sistema vaso-motor es poderosamente influenciado: así se ha comprobado por medio del manómetro, como por el esfigmógrafo de Marey, que la presión arterial disminuye bajo la influencia de la auto-conducción.

Cuando se somete á un individuo por un tiempo bastante largo á la auto-conducción, se ve que la piel se vasculariza y se cubre de sudores, consecuencia natural de la acción sobre los vaso-motores.

Se han hecho estudios con el fin de saber qué efectos producen estas corrientes en las combustiones respiratorias; para esto, se han colocado animales en solenoides apropiados, de manera que no tengan ningún contacto con el hilo recorrido por el fluido eléctrico.

En estas condiciones se ha comprobado un aumento en la intensidad de dichas combustiones respiratorias, es decir, una mayor proporción en el oxígeno absorbido y en el ácido carbónico exhalado. Si se determina al mismo tiempo la temperatura central del ó de los conejos en experiencia, se demuestra que no hay elevación. Se nota, además, que el ritmo y amplitud de los movimientos respiratorios del animal aumentan de un modo notable, como lo demuestran las inscripciones recogidas en el cilindro de Marey.

Experiencias calorimétricas han sido emprendidas en estos últimos años, y aun cuando no se ha dicho la última palabra á este respecto, sí casi se ha llegado á demostrar que bajo la influencia de estas corrientes, la cantidad de calor producida por un hombre es mayor que al estado normal.

La conclusión que se desprende de las experiencias fisiológicas del Profesor d'Arsonval relativas á las corrientes de alta frecuencia es, que el organismo es fuertemente influenciado bajo el punto de vista de los cambios nutritivos que se efectúan en la intimidad de los tejidos. El individuo sometido á

la auto-conducción aprovecha lo mismo que si ejecutare un ejercicio violento; pues sus substancias de desecho, así como las combustiones íntimas de sus tejidos, son más profundas, y demás, no produce la fatiga que se experimenta después de un ejercicio realmente efectuado.

Se comprende, por consiguiente, qué importancia puede tener la auto-conducción en el tratamiento de algunas enfermedades y principalmente en aquellas que son el resultado de una perturbación ó de una falta de nutrición.

* * *

Las corrientes de alta frecuencia obran sobre otros elementos distintos de los que componen los tejidos de los animales; recientemente d'Arsonval y Charrin han hecho estudios biológicos de importancia sobre las toxinas microbianas. Han ensayado desde luego la acción directa de las corrientes de alta frecuencia: en las dos extremidades de un pequeño solenoide ligan hilos de platino que introducen en un tubo en U en donde han puesto toxina diftérica; para evitar que la temperatura se eleve sumergen el tubo en un vaso refrigerante y mantienen la temperatura á 18°. En estas condiciones no hay ninguna acción química; en seguida electrizan, durante un cuarto de hora, la toxina. Con esta toxina electrizada, han inyectado á tres cuyos; otros tres han sido inyectados con la misma toxina no electrizada. Los resultados de estas experiencias han sido los siguientes: los tres cuyos inyectados con toxina no electrizada han muerto 20, 24 y 26 horas después, en tanto que los otros tres no se enfermaron. ¿Qué consecuencia se saca de esto?—Que las corrientes de alta frecuencia han destruído la actividad de la toxina diftérica.

Para saber si la toxina electrizada es capaz de poderse emplear como vacuna, los mismos experimentadores han hecho lo siguiente: han inoculado medio centímetro cúbico de cultivo diftérico á tres cuyos que siete días antes habían sido inyecta-

dos con toxina diftérica sometida á la acción de las corrientes de alta frecuencia; para comparar, inyectan otros tres sin tomar las precauciones que con los anteriores. Los resultados fueron: que dos de estos últimos murieron á las 48 horas y el otro á los tres días; de los vacunados uno murió al cuarto día y los otros dos vivieron.

Como lo hacen notar, con razón, los autores de estas notables experiencias, estos animales han sido inoculados, con el único fin de juzgar la atenuación de las toxinas electrizadas: es muy probable que si se hubiese procedido según las reglas usadas en semejantes casos, es decir, por dosis pequeñas primero y crecientes en seguida y de un modo progresivo, se habrían obtenido resultados más halagüeños.

Sea lo que fuere, podemos concluir de estas investigaciones que las toxinas electrizadas aumentan la resistencia de los animales.

Charrin y d'Arsonval han hecho igualmente experiencias con el bacilo piocianico, empleando ya la alta frecuencia directa, ya también á distancia, y la influencia de estas corrientes se ha manifestado como en las anteriores.

Estos resultados demuestran, de una manera evidente, que la auto-conducción es el único procedimiento que asegura la producción de una corriente en las partículas materiales más tenues, tales como los microbios: la densidad eléctrica es aquí muy grande, pues la partícula electrizada desempeña el papel de un conductor inducido, cerrado; es decir, que ninguno de los demás procedimientos puede dar lugar á fenómenos iguales.

Los resultados de las hermosas experiencias de d'Arsonval y Charrin nos inducen á creer, y más todavía á esperar, que sea posible, en época no remota, el poder atenuar las toxinas *directamente en el organismo*, sin alterar los elementos constitutivos de los tejidos, por medio de las corrientes de alta frecuencia.

Aplicaciones.—De lo antes dicho, se comprende en qué casos son aplicables estas corrientes.

La introducción en electroterapia de este modo de ser de la electricidad por el Profesor d'Arsonval permite en la actualidad someter al tratamiento eléctrico toda clase de enfermedades que reconozcan por causa, así como el Profesor Bouchard lo ha hecho evidente, una perturbación ó falta en la nutrición.

Poco es lo que se sabe en la actualidad de los efectos terapéuticos de las corrientes de alta frecuencia, y así debe ser, pues que poco tiempo tienen también de haber venido á formar parte del arsenal del médico electricista. Apostoli y Berlioz han hecho, sin embargo, un gran número de aplicaciones de estas corrientes: han comprobado que en esta categoría de enfermedades, la auto-conducción ejerce una acción poderosa y reparatriz, acelerando los cambios orgánicos y activando las combustiones.

Se ha hecho el examen de las orinas y se ha comprobado que la cantidad ó tara del ácido úrico disminuye al mismo tiempo que la de la urea aumenta. La relación entre estos dos elementos de la orina que antes del tratamiento es á menudo muy grande, disminuye progresivamente.

Las corrientes de alta frecuencia ejercen igualmente su influencia en tratándose de la eliminación de los principios minerales.

En cuanto al estado general se observan las siguientes modificaciones: el enfermo duerme bien; tanto sus fuerzas como su energía vital mejoran; el estado de apatía en que á veces se encuentran los enfermos se cambia en satisfacción, alegría, etc.; se entrega ya con fuerza á sus ocupaciones, mejora el apetito, etc., etc.

Como se ve, se verifica en estos enfermos una restauración completa y progresiva de su estado general.

El Dr. Sudnik de Buenos Aires, ha empleado con buen éxito las corrientes de alta frecuencia en una luxación del hombro; para aplicarlas, coloca una placa sobre el deltoide y otra sobre el puño del mismo lado.

Las conclusiones que dicho Dr. formula son las siguientes:
1ª, las corrientes de alta frecuencia tienen una acción anestésica indiscutible; 2ª obran sobre la contractura muscular de origen traumático.

SILVERIO R. GÓMEZ.



