

alcanzado la articulacion. Los de flexion y extension, completos en un todo, indican la buena insercion de los músculos biceps y triceps, y los de pronacion y supinacion indican el libre juego del radio sobre el cúbito.

Solo existe una pequeña anestesia en el lado interno de la mano, originada probablemente por la lesion del nervio correspondiente, pero que va gradualmente desapareciendo.

He querido traer á la Academia la historia de esta enferma, porque constituye un hecho más de los que la cirugía mexicana viene reuniendo, y que demuestran la grande importancia de las resecciones sub-periósticas.

México, Julio 31 de 1878.

GUSTAVO RUIZ SANDOVAL.



## DEL USO DE LA ELECTRICIDAD EN LA MEDICINA:

POR EL DR. F. SEMELEDER.

(CONTINUA.)

Estas puntas que corresponden á los electro-motores se llaman *polos*: el polo positivo se llama tambien *ánodo* y el negativo *kátodo* (*Faraday*).

Los hilos metálicos fijos en los polos y cuyos extremos representan los polos denominanse *electrodos ó reóforos*.

Todos los líquidos atravesados por una corriente eléctrica sufren una descomposicion química. Esta se llama, segun *Faraday*, *electrólisis ó electrolizacion*; el líquido que se descompone se llama *electrólito*; los elementos metidos en el líquido *electrodos*. El electrólito por el efecto de la corriente se descompone y forma los *iones*, de los que el electro-positivo, *kation*, va al polo negativo (*kátodo*), y el electro-negativo *anion* va al polo positivo (*ánodo*). En la electrolizacion del agua se desprende el oxígeno electro-negativo que va al ánodo positivo, y el hidrógeno electro-positivo que va al kátodo negativo.

Acabamos de ver que el contacto de metales con líquidos desarrolla electricidad; lo mismo sucede al contacto de metales con gases. Desde 1801 *Davy* estableció la ley que dos láminas de la misma clase se hacen electro-motores, luego que estén metidos en líquidos ó gases *diferentes*. Lo mismo tiene lugar en la pila de Volta y en todas sus modificaciones. Por la electrolizacion se descompone primero el agua; el oxígeno, el negativo, va á la lámina de zinc positiva, y el hidrógeno, el positivo, va á la lámina de cobre negativa; por el contacto de esos gases con los metales se forma otra corriente que va del hidrógeno posi-

vo (lámina de cobre) al oxígeno negativo (lámina de zinc), siguiendo una dirección contraria á la de la corriente principal. Esta nueva corriente, debida á la electrolización del agua, denominase *corriente de polarización* que, siendo contraria á la corriente principal, la debilita y la anonada finalmente. Esta es la razón de la disminución progresiva de la cantidad de electricidad, de la *inconstancia* de todos estos elementos.

Conforme á la ley de *Davy* unas láminas del mismo metal se hacen electro-motores tan pronto como están en contacto con dos líquidos diferentes; así, el platino y el hierro, sumergidos en ácido nítrico concentrado, entran en estado pasivo y se hacen electro-negativos con el platino y el hierro sumergidos en agua ó en ácido sulfúrico diluido.

*Ritter* en 1803 descubrió que dos láminas del mismo metal sumergidas en agua, que de por sí no tienen ninguna propiedad electro-motriz, la adquieren tan pronto como una corriente ha pasado por ellas y ha hecho depositar en sus superficies los diferentes *iones*.

Esta circunstancia, así como la corriente de polarización y la *relacion pasiva* del hierro en el ácido nítrico con el hierro en el ácido sulfúrico, han sido utilizadas con frecuencia para la construcción de baterías eléctricas.

Todas las baterías mencionadas suministran corrientes continuas, pero *inconstantes*. Cuando se trata de disponer de cierta cantidad *constante* de electricidad corriente, tenemos que hacer uso de las *pilas ó baterías constantes*. Su construcción descansa sobre la inmersión de los dos electro-motores en líquidos diferentes, separados por unos diafragmas ó tabiques porosos, de tierra de pipa poco cocida, de cartón, de cuero, de papel-pergamino, de membranas de animales, etc., según la clase de los líquidos empleados. En estos elementos los gases formados por la electrólisis van al diafragma para formar agua; el oxígeno desarrollado oxida la lámina de zinc, formando óxido de zinc que se disuelve en el ácido sulfúrico y se precipita en forma de sulfato de zinc, mientras que el hidrógeno va al otro electro-motor y se transforma allí por el ácido crómico ó nítrico ó por la disolución del metal. Siendo el electro-motor negativo una lámina de cobre y la disolución metálica la de sulfato de cobre, esta disolución es descompuesta: el óxido de cobre es descompuesto en cobre metálico y oxígeno; el primero se precipita sobre la lámina de cobre, y el oxígeno forma agua con el hidrógeno que vino del otro líquido del otro lado del tabique. Las superficies de los electro-motores quedan sin alteración, metálicas. Así se evita el desarrollo de la corriente de polarización, y las pilas, así construidas, presentan una constancia notable de intensidad.

*Becquerel* fué el primero que en 1829 construyó una pila constante; pero después se ha variado mucho su forma.

La pila de *Daniell* fué inventada en 1836. La construcción de sus elementos es la siguiente: en un vaso lleno de una disolución saturada de sulfato de cobre

se halla sumergido un cilindro de cobre; en lo interior de éste hay un vaso poroso ó diafragma de tierra de pipa lleno de agua acidulada, en la cual está sumergido un cilindro de zinc. En estos elementos no se desarrolla la corriente de polarizacion, pero la batería no es muy constante por las variaciones de saturacion de los conductores líquidos y la batería tiene que ser desarmada con frecuencia para limpiar los elementos.

*J. W. Ritter* inventó la amalgamacion del zinc para evitar su rápida destrucción. De esta amalgamacion resulta que mientras no esté cerrado el circuito, esto es, en tanto que no hay corriente, no es atacado el zinc y hay mucha economía de metal.

*Weidinger* formó en 1859 un elemento de mucho efecto y duracion, compuesto de zinc y cobre, sin diafragma. Su gran inconveniente es que no se puede trasportar.

El elemento de *Daniell* ha sido modificado de muchas maneras. Una pila cómoda es la de *Callaud*, cuyo elemento se compone de un vaso con agua y unos cristales de sulfato de cobre y de una lámina de cobre, sin diafragma.

Una pila inventada por *Cooper*, en 1839, fué modificada y es conocida por *pila de Bunsen ó pila de carbon*. Su elemento se compone de un vaso de agua acidulada con ácido sulfúrico y de un cilindro de zinc; en el interior de éste colócase un vaso poroso de tierra de pipa con ácido nítrico comun y un cilindro de carbon (coak). Esta pila es más eficaz que todas las combinaciones de zinc y cobre, pero los vapores que despide el ácido nítrico hacen su uso impracticable en ciertas ocasiones, y su duracion no es mucha. Una de sus varias modificaciones es la de *Grenet y Munk*, que no tiene tabique ninguno y usa como único líquido una solucion de bicromato de potasa con ácido sulfúrico.

La pila de *Marié-Davy* se compone de láminas de cobre y zinc, bañadas sin tabique en una solucion de sulfato de mercurio. La pila de *Stöhrer* es como la anterior, usando carbon en lugar del cobre.

La pila combinada en 1839 por *Grove* tiene la misma disposicion de la de Bunsen, pero en lugar del carbon gasta láminas de platino. Esta pila es muy eficaz; sus inconvenientes son los vapores del ácido nítrico y el precio subido del platino.

Otras pilas de mucho uso son las de zinc en ácido sulfúrico diluido y hierro en ácido nítrico; de esta clase es la pila usada por *Bruno*.

La pila de *Leclanché* se compone de zinc, carbon y manganesa, y de una solucion concentrada de sal amoniaco.

La primera batería portátil fué construida por *Betz*, modificando la de *Leclanché*. Otra batería portátil construida por *J. Leiter*, de Viena (Elementos de cartucho), encontró muy buena aceptación. Otra pila portátil es la de *Gaiffe*, de zinc y cloruro de plata; pero es muy costosa.

En 1822 descubrió *Seebeck* la *termo-electricidad*. La electricidad positiva se

acumula en las soldaduras calentadas y la negativa en las enfriadas. La serie de los metales, según su efecto termo-eléctrico es la siguiente: telurio, antimonio, hierro, zinc, plata, oro, platino, estaño, plomo, níquel, azogue, bismuto.

Ni las pilas termo-eléctricas ni las *secas de Zamboni y Behrens* sirven para el uso terapéutico.

Mencionaremos las cadenas galvánicas de *Pulvermacher y Goldberger*, el arco eléctrico de *Romershausen*, las cataplasmas galvánicas de *Recamier*, las pulseras, los cinturones, los cepillos galvánicos, etc.

En 1831, *Faraday* descubrió la inducción por *los imanes y por las corrientes*. La base de la inducción es que: en un buen conductor (carrete de alambre) se produce una corriente eléctrica instantánea cada vez que en otro conductor próximo empieza ó aumenta una corriente, ó que al carrete se le acerca otro conductor atravesado por una corriente ó un iman, ó que se produce el magnetismo en una barra de hierro dulce. La dirección de estas corrientes instantáneas *inducidas* es *inversa* de la dirección de la corriente principal *inductora*. Al contrario: cada vez que acaba una corriente inductora, que decrece su intensidad, que aumenta la distancia entre el carrete y la corriente inductora ó el iman, ó que cesa el magnetismo en la barra de hierro, se produce en el carrete de alambre una corriente eléctrica instantánea *directa*, es decir, en el mismo sentido que la inductora.

Las *máquinas magneto-eléctricas* (Clarke) constan de un haz imantado, encurvado en herradura y de dos carretes de alambre de cobre aislado y arrollado en dos cilindros de hierro dulce que están frente á los polos del iman. Cuando giran los carretes (*aparatos de rotación*), los hierros dulces se imantan y se desimantan alternativamente, á proporción que están enfrente ó lejos de los polos del iman, de suerte que cada revolución de los carretes da cuatro corrientes instantáneas, dos en sentido inverso y dos en sentido directo. Un aparato especial (*conmutador*) tiene por objeto dar siempre igual sentido á las corrientes y transmitir las á los reóforos.

Entre los aparatos de esta clase, que ántes se empleaban con mucha frecuencia, el más conocido es el del Dr. *Duchenne de B.*, pero todos ellos tienen el inconveniente de necesitarse un asistente que maneje la manecilla.

Hoy día se hace uso de preferencia de los *aparatos de inducción volta-eléctrica* (por las corrientes). Éstos se componen de dos carretes de alambre separados, de un elemento galvánico y de un aparato para interrumpir y restablecer la corriente inductora. El elemento galvánico es reunido al carrete primario y comprende en su circuito el aparato *interrupción*. Cada vez que en este carrete *primario* empieza una corriente *inductora*, se produce en el carrete *secundario* una corriente instantánea *inducida* en sentido contrario, y cada vez que acaba la corriente inductora, se produce en el carrete secundario otra corriente *inducida* instantánea en el mismo sentido de la inductora. Con el objeto de au-

mentar el efecto inductor, se introduce en el carrete primario una barra de hierro dulce, que se imanta cada vez que empieza una corriente en el carrete, y que se desimanta cada vez que acaba la corriente; y esta imantación y desimantación á su vez induce unas corrientes eléctricas en el carrete primario que rodea la barra. También se puede aumentar la intensidad de la corriente primaria, reforzando la corriente inductora de la batería, y se disminuye la intensidad de la corriente inducida sacando más y más la barra de hierro ó tapándola con un cilindro de latón (*graduador*).

A la oclusión del circuito la corriente inductora produce en el carrete primario, por el efecto inductor de las vueltas del alambre unas sobre las otras, otra corriente inversa y contraria, que debilita la corriente inductora, y la abertura del circuito produce una corriente directa que aumenta la corriente inductora. (*Extra-corrientes*).

Para interrumpir y restablecer la corriente de la batería, sirve el vaiven del martillito de *Neef* y *Wagner*, movido por la misma corriente.

Estos aparatos, como los otros, han sido objeto de muchísimas modificaciones, por *Duchenne*, *Ruhmkorff*, *Stöhrer*, *Gaiffe*, *Leiter* y otros. El mejor de todos es el aparato de *Dubois-Reymond* (*de trenéo*), cuyo carrete secundario puede moverse horizontalmente sobre el primario.

---

#### La corriente eléctrica, las resistencias, la conductibilidad.

La forma del movimiento que constituye la naturaleza de la electricidad es un movimiento de las partículas infinitamente pequeñas de la materia. La diferencia de la constitución molecular de varias sustancias es la causa porque este movimiento se propaga mejor en algunos cuerpos que en otros. Bajo este concepto distingüense los buenos de los malos conductores de la electricidad.

Las resistencias que la corriente tiene que vencer, se llaman particularmente resistencia de la conducción. Ésta depende en primer lugar de la resistencia específica de los cuerpos (*resistencia específica*), y en segundo lugar de la masa del cuerpo que tienen que atravesar (*resistencia absoluta*), la que es el producto de su longitud y de su sección transversal. En un elemento consideramos además la *resistencia interior* ó *esencial* del mismo elemento y la *resistencia exterior* ó *accidental* en el cuerpo conductor, alambre conjuntivo que cierra el circuito. Las dos juntas forman la *resistencia total*. Conociendo la resistencia de un cuerpo, conocerémos también su conductibilidad.

Para el estudio comparativo se han establecido *unidades de resistencia*. *Jacobi* tomó como tal la resistencia de un alambre de cobre de  $1 \mu$  de diámetro y de 1 metro de longitud. La unidad de *Siemens* es la resistencia de una columna de azogue de las mismas dimensiones.

Se llama *longitud reducida* la resistencia de una pila expresada por unidades de resistencia.

La resistencia específica de algunos cuerpos determinada por el puente de *Wheatstone*, expresada por unidades de Siemens, es la siguiente (Zech):

Azogue.....	1.	Coak (ulla carbonizada).....	43.00
Plata.....	0.017	Acido sulf. (peso específico 1.27).....	7320.00
Cobre.....	0.018	Acido nítrico comun.....	18000.00
Zinc.....	0.057	Acido sulf. (peso específico 1.84).....	47.000
Platino.....	0.092	Solucion de sulfato de zinc.....	258.000
Hierro.....	0.099	Solucion de sulfato de cobre.....	306.000
Plata alemana.....	0.248	Agua.....	1,200,000.000

La *conductibilidad específica*, segun otra determinacion es:

Azogue.....	1.	Laton.....	12.50
Plata alemana.....	4	Zinc.....	13.50
Platino.....	5	Oro.....	27.50
Hierro.....	7.50	Cobre.....	40.00
Plata.....			50.00

La resistencia de los líquidos es tan grande, que para medirla se supone la conductibilidad del azogue 1,000.000; bajo este punto de comparacion la conductibilidad de una solucion concentrada de sulfato de cobre es 2.75, la de una solucion concentrada de cloruro de sosa 15.75, la de una solucion concentrada de sulfato de zinc 2.9, la del ácido nítrico comun 47.9.

La *resistencia absoluta* de un cuerpo conductor está en *razon directa* de su *longitud* y en *razon inversa* de su *diámetro*.

La *intensidad* de la corriente, es decir, la cantidad de trabajo (mecánico ú otro) que es capaz de prestar depende de la cantidad de *fuerza electro-motriz* y de la *resistencia total*; es idéntica en cualquiera parte del circuito no ramificado.

La relacion de la *fuerza electro-motriz* y de la *resistencia* con la *intensidad de la corriente* se encuentra expresada por la ley de *G. S. Ohm*, establecida en 1826. *La intensidad de la corriente es igual á la suma de las fuerzas electro-motrices dividida por la suma de las resistencias.*

Por medio del *galvanómetro* y del *puente de Wheatstone (Reostata)* puede medirse la fuerza electro-motriz y la resistencia interior, es decir, que se puede determinar la intensidad de la corriente. Hé aqui algunos términos medios para ciertos elementos (Zech):

Elementos de	Grove.	Bunsen.	Boetz.	Leclanché.	Daniell.	Siemens.	Meidinger.
Fuerza electromotriz...	21	21	17	16	12	12	11
Resistencia interior...	0.7	0.8	45	3	1.5	5	5
Intensidad de la corr...	30	26.3	0.4	5.3	8	2.4	2.2

Representando  $I$  la intensidad de la corriente,  $R$  la resistencia interior,  $r$  la exterior,  $E$  la fuerza electro-motriz de un elemento, se expresa la ley de Ohm por la siguiente fórmula:  $I = \frac{E}{R+r}$

Cuando la resistencia exterior es muy insignificante en comparacion de la interior (por ejemplo, intercalando en el circuito la espiral primaria de un aparato de induccion), se puede prescindir de ella y la fórmula anterior toma el aspecto siguiente:  $I = \frac{E}{R}$ ;

y la intensidad de la corriente de un número de pares  $n$

$$I^1 = \frac{n E}{n R} = \frac{E}{R} = I;$$

es decir, *cuando la resistencia exterior es poca, la intensidad de la corriente no aumenta al acrecer el número de elementos; pero si crece al emplearse superficies electro-motrices, elementos, mayores, porque entónces crece el factor  $E$  y la fraccion  $\frac{E}{R}$  adquiere mayor valor.*

En la literatura médica se llaman estas corrientes de *cantidad*.

Cuando al contrario la resistencia exterior aumenta tanto, que en comparacion con ella se puede despreciar la interior (por ejemplo, intercalando en el circuito un telégrafo submarino ó el cuerpo humano), entónces la fórmula toma el siguiente aspecto:

$I^1 = \frac{n E}{r} = n I$ , es decir que, cuando la resistencia exterior es muy grande, la intensidad aumenta con el número de los elementos, *corriente de intensidad*. La aplicacion de electromotores de mayor superficie no aumenta la intensidad. De ahí resulta la conclusion práctica: para armar un aparato de induccion, para calentar un alambre de platino se han de emplear pocos elementos, pero grandes (con poca resistencia interior); al contrario, cuando se trata de intercalar el cuerpo de una gente, se emplearán muchos elementos pequeños con mucha resistencia interior. El máximo del trabajo de una batería se obtiene cuando las dos resistencias, interior y exterior, son iguales.

Lo que en los tratados de electroterapia se llama *cantidad é intensidad*, depende de las resistencias que se pueden modificar segun la asociacion de los elementos. Reuniendo todos los cobres de una pila por un lado y por el otro todos los zinc, la pila no forma más que *un solo elemento grande*. Se dice que la pila está montada *en batería* y así se obtienen *corrientes de cantidad*; reuniéndose el zinc de cada elemento con el cobre del siguiente, se dice que los elementos están asociados *en cadena* y así se obtienen *corrientes de intensidad*. En lo futuro evitaremos estas dos palabras, *cantidad é intensidad*, propias á originar equivocaciones inextricables.

Se llama *densidad* la relacion de la seccion del conductor atravesado con la cantidad de electricidad que pasa por él en una unidad de tiempo. La densidad está en razon inversa de la seccion del conductor.

En cuanto á la *conductibilidad* del organismo humano, su resistencia es su-

perior á la de la mayor parte de los cuerpos citados. El cobre conduce muchos millardos de veces mejor que el cuerpo humano. Tambien hay gran diferencia entre la conductibilidad de los diferentes tejidos. La epidermis, sobre todo cuando esté seca, presenta la mayor resistencia, menor los huesos, cartilagos y tendones, menor todavía es la de los nervios y de los músculos, y el mejor conductor de todos ellos es la sangre. La conductibilidad de los músculos es casi igual á la de la sangre. Segun muchos experimentos, parece que la conductibilidad de los tejidos y órganos del cuerpo humano está en razon directa de la cantidad de liquidos que contienen. El cuerpo humano en su totalidad conduce 15 ó 20 veces mejor que el agua pura y fria. Aplicándose los polos de una pila al cuerpo humano, la corriente se extiende como en cualquier conductor de forma irregular. La mayor densidad de la corriente se encuentra en los lugares de aplicacion y en la línea más directa entre ellos; pero con motivo de la buena conductibilidad de los vasos sanguíneos y linfáticos, muchas corrientes pasan tambien por ellos. Los vasos que atraviesan el cráneo permiten una accion directa de la corriente sobre el cerebro, pero la localizacion de la corriente en el cuerpo humano no puede ser sino relativa.

Por parecer interesante insertarémolos aqui los grados de resistencia de los diferentes tejidos.

*Eckard, Friedleben y Ranke* han consagrado un estudio minucioso á esta materia.

Hé aqui los datos suministrados por *Eckard y James Stark*:

Resistencia de los tejidos:			
Músculos.....	1	Nervios .....	1.9 á 2.4
Tendones.....	1.8 á 2.5	Cartilagos.....	1.8 á 2.3

Cantidad proporcional de agua contenida en estos mismos tejidos:

Músculos.....	72 á 78 por 100	Tendones.....	62
Nervios .....	39 á 66 " "	Cartilagos .....	70 á 75
Huesos.....	3 á 7 (diáfisis) y 12 á 20 (epífisis).		

Friedleben estima estos números inferiores á la realidad.

Es preciso tener cuenta, no solo de la proporcion de agua en los diferentes tejidos, sino tambien de la proporcion de las sales y de la temperatura de los fluidos orgánicos que varia bastante en la superficie.

Proporcion de agua en los diferentes tejidos del hombre adulto:

Sangre.....	80.5	E. Bischoff.
Sustancia gris del cerebro.....	85	Lassaigne.
"    blanca    "    .....	73	—
"    gris de la médula.....	71	Lheritier.
"    blanca    "    .....	65	V. Bibra.
"    de los nervios.....	77	Ranke
Músculos.....	81.2 á 84	—
Hígado.....	76.1	Bibra.

Tejido elástico.....	70.4	Schultze
„ conectivo adiposo.....	80.9	Ranko.
„ „ de la córnea.....	75.8	His.
„ „ del eútis.....	57.5	Wienholt.
Hueso parietal.....	14.6	Friedleben.

La cantidad de agua contenida en los diferentes tejidos, como se ve, no varía mucho (con excepcion de los huesos y de la epidermis), y lo mismo se puede suponer respecto á la conductibilidad galvánica.

El globo del ojo, muy rico de agua (90 % Gorup), es uno de los órganos que conducen mejor la corriente.

Tomando por unidad la resistencia de un tramo de 100 metros de alambre telegráfico, la resistencia de los órganos siguientes es:

Cerebro.....	1693.3	Músculo.....	6192
Globo del ojo.....	2651.2	Hígado.....	11592

Además de la *intensidad de la corriente* ha de considerarse su *direccion ó sentido*. La corriente circula siempre del polo positivo al negativo. En su aplicacion al cuerpo humano se distingue la *corriente ascendente centripeta*  $\beta$  y la *corriente descendente centrifuga*  $\rho$ . Estos términos se refieren á la posicion vertical del sujeto y á la relacion de la aplicacion de los polos con el centro del sistema nervioso. Cuando el polo positivo está aplicado más arriba ó más cerca del centro que el negativo, la corriente es descendente, y ascendente en el caso contrario.

#### Los aparatos necesarios, su uso.

Desde tiempos remotos se hizo uso de la electricidad para curar á los enfermos. Los romanos mandaban á los paralíticos á bañarse en las aguas estancadas donde se encontraba el *Torpedo* (raya eléctrica). Más tarde se empleó el *iman*, muy preconizado por *Paracelsus*. Luego siguió la construccion de la *máquina eléctrica* de Guericke y la *botella de Leiden*. Faltaban todavía del todo las bases científicas, se exageraron los resultados obtenidos y se desacreditó su aplicacion. Sin embargo, ya en aquellos tiempos se conocieron algunos hechos positivos, v. gr., la contraccion de los músculos por la electricidad (1750), etc.

Los primeros trabajos verdaderamente científicos acerca de la aplicacion de la electricidad son de *A. de Humboldt: De la excitacion eléctrica de los músculos y nervios* 1797. Siguieron otros hombres competentes. A aquella época corresponde nada ménos la *electro-puntura* inventada por *Sarlandière* y los primeros pasos de la *gálvano-cirugía*. Otra vez más los charlatanes se apoderaron de la novedad para explotarla y volvió á caer en descrédito.

Nuestra doctrina recibió un impulso nuevo por el descubrimiento de la *inducción* por *Faraday* y por la construcción de aparatos perfeccionados. Desde 1843 se empleó la *electrificación general*, mientras *Duchenne* estableció la *electrificación localizada*, que constituyó un progreso esencial y fecundo en nuevos é importantes resultados; inauguró el uso de la electricidad como *medio diagnóstico*. Mientras que *Duchenne* empleaba la *faradización localizada*, *Remak* cultivó la *galvanización localizada*. El primer efecto fué una polémica encarnizada entre los dos maestros y sus discípulos, que dió por resultado el estudio más profundo de los métodos y la precisión de sus indicaciones respectivas. En nuestros días los estudios electro-fisiológicos han dado un fundamento científico á la aplicación de la electricidad en la medicina.

La *electricidad estática*, antiguamente muy usada, ha encontrado unos defensores celosos en *Clemens* y *Schwanda*, pero en general su aplicación se considera como un procedimiento rudo, que no puede sostener la comparación con el uso de la *electricidad galvánica y farádica*. A la aplicación de la electricidad estática la llaman los americanos *Franklinización*.

La *electricidad dinámica* (galvánica y de inducción), es la que se usa casi exclusivamente en la práctica médica. Como para su producción se emplean en lo general las pilas de elementos constantes, se habla en la literatura médica de la aplicación de la *corriente constante (galvanización)*. Los aparatos indispensables, según lo dicho, son una pila galvánica y un aparato de inducción.

Todas las pilas son buenas, mientras se hallan en buen estado, teóricamente hablando. Sin embargo, débese decir que para la *aplicación médica* es preferible una pila de muchos elementos pequeños, mientras que para la *galvanocáustica* se necesita de una batería de pocos elementos grandes. Las pilas que no requieren el uso de ácidos concentrados, que no causan muchos gastos y no reclaman muchos cuidados, merecen la preferencia.

El especialista tendrá á su disposición una batería fija y otra portátil; para el médico práctico basta la última. De una y otra clase, una pila de 40 elementos será suficiente.

Para regularizar la intensidad de la corriente, se necesita de un aparato que permita en cada momento la combinación de un número determinado de elementos, y que facilite el reforzamiento de la corriente, añadiendo los elementos uno por uno, sin interrupción de la corriente (*colector, contador de elementos*). Éste consiste en un resorte más ancho que la distancia de un botón á otro, para que al pasar pueda tocar el botón siguiente ántes de haber abandonado el anterior.

La *aplicación diagnóstica* de la electricidad reclama algunas veces que se invierta la corriente en el cordón conductor, y para eso sirve el *invertidor*, pues el cambio de los polos podría en algunas ocasiones estorbar la observación. Este aparato sirve para la producción de las *alternativas voltaicas*.

Para estudios muy delicados, como la exploracion de los órganos de los sentidos, se necesitan graduaciones más sutiles de la corriente, y hay que intercalar una *resistencia artificial mensurable (reostata)*. Imagínese un número de carretes, representando una resistencia conocida y susceptible de subdividirse á voluntad. Estos carretes se juntan á la corriente que viene de la batería y forman un circuito derivado. Evidente es que, cuando su resistencia es absoluta, toda la corriente pasará por el enfermo; si su resistencia es nula, toda la corriente pasará de preferencia por el *reostata* ántes de vencer la resistencia del organismo. Este aparato no es absolutamente necesario para el médico práctico.

Los mejores aparatos de induccion son los de *Duchenne de Boulogne* y de *Dubois Reymond*; pero es preciso tener presente, que para hacerles andar, los 40 elementos de la batería galvánica, asociados en cadena, no son suficientes. Los aparatos con los dos carretes fijos no son tan buenos como los anteriores.

Para intercalar el cuerpo humano en el circuito de una pila ó de un aparato de induccion se usan *cordones ó alambres conductores* (de cobre, recubiertos de seda ó aislados por una capa de goma), y *reóforos, electrodos ó excitadores*. Estos son globos ó discos de metal, de varias formas, con sus empuñaduras de goma ó de madera, y son usados con sus superficies metálicas ó cubiertas de esponjas, cuero ó lino, para mojarlos en agua salada y caliente ántes de aplicarlos, con el objeto de disminuir la resistencia de la epidermis.

Uno de los reóforos deberá ser arreglado de tal manera, que pueda interrumpirse la corriente sin quitar el instrumento (*Meyer*).

Para la aplicacion de la *corriente de induccion* sirve además una especie de escobeta de alambres de cobre ó de laton (*disciplina eléctrica*).

Para aplicar la corriente á la uretra, á la vejiga, al útero, al recto, á los oídos, á la laringe, etc., hay conductores especiales aislados con goma ó con tejidos de cera, de varias formas (boton, olivo, cilindro, cono, etc.)

Para la *electrolizacion* sirven *agujas (acupuntura)* de oro, platino, cobre, acero, de varias formas y tamaños, que se pueden fijar á los cordones conductores. En algunas circunstancias conviene aislarlas, barnizándolas con goma laca.

Los instrumentos usados en la *gálvano-cáustica* son las *ligaduras metálicas, los constrictores, los bisturís y los cauterios* de una infinidad de formas.

Para conocer si una pila funciona ó no, si los elementos están en comunicacion entre sí y con los reóforos, sirve el *galvanoscopio* ó el *voltámetro*. La prueba más sencilla y más eficaz: que el electrizador aplica á su lengua la corriente más débil de su batería ó la más fuerte en la parte dorsal de su mano. Para darse cuenta de la intensidad de la corriente, una vez intercalado el enfermo en el circuito, se hace que la corriente en el mismo tiempo pase por un *galvanómetro*.

Ahora que se usan corrientes moderadas y aplicaciones cortas (de 2 á 10 mi-

nutos) ya no hay que preocuparse del principio posible del *electrólisis*, pero antiguamente se veía con mucha frecuencia la producción de escaras.

#### Efectos de la electricidad.

Los efectos de la electricidad son físicos, químicos y fisiológicos.

I. De los primeros citarémos:

a. *Mecánicos*. La chispa eléctrica agujera ó rompe los cuerpos malos conductores, al pasar por ellos; el rayo disloca paredes y casas; erízase el pelo de una gente aislada que toca los conductores de la máquina eléctrica; á esto se refieren todas las atracciones y repulsiones eléctricas, y el transporte de líquidos en el sentido de la corriente á través de unos tabiques porosos (difusión eléctrica).

b. *Moleculares*. Cambios de estructura en los cuerpos atravesados por corrientes galvánicas (como de los alambres telegráficos).

c. *Luminosos*. La chispa eléctrica, el relámpago, los tubos de *Geisler*, la luz eléctrica, la aurora boreal, etc.

d. *Caloríficos*. Inflamación de materias explosibles por la chispa eléctrica, el encandecerse un alambre de gran resistencia por la corriente de una pila de elementos grandes (gálvano-cáustica). El efecto calorífico de la corriente galvánica es independiente de la longitud del conductor atravesado, y está en razón directa de la intensidad, de la resistencia y del tiempo que dura la corriente. (*Lenz, Jacobi*).

e. *Magnéticos*. Una descarga fuerte de una botella de Leiden, cuando tiene lugar á inmediación de un imán, le quita su magnetismo ó invierte los polos; por el mismo procedimiento se imanta una varilla de acero; la brújula sufre una desviación cuando gira alrededor de ella una corriente; una barra de hierro dulce metida en un carrete se imanta por todo el tiempo que circula una corriente por el carrete. Una varilla de acero por este procedimiento se imanta de una manera permanente. (*Oerstedt, Arago, Ampère*).

f. *Eléctricos*. Producción de corrientes instantáneas en circuitos cerrados y de tensión eléctrica en los conductores no reunidos (*Faraday*).

g. *Acústicos*. Un ruido particular acompaña la chispa eléctrica; una varilla de hierro atravesada por una corriente de inducción deja percibir un sonido.

II. Entre los efectos *químicos* de la electricidad cuéntase tanto la descomposición cuanto la combinación de cuerpos nuevos.

Pasando la chispa eléctrica por una mezcla de hidrógeno y oxígeno se produce una luz viva y una detonación, y se forma agua. Las descargas eléctricas, cuando pasan con frecuencia por el aire atmosférico húmedo, producen ácido nítrico (*Priestley*); el olor particular que se percibe cerca de una máquina de frotamiento que está en acción, proviene del *Ozono*; lo mismo sucede con los

temporales. Todos los metales, ménos el oro y el platino, son oxidados al ánodo (+) de una pila, aunque estén sumergidos en agua destilada y sin contacto con el aire.

La corriente galvánica descompone todos los líquidos por donde pasa, ya se trate del conductor líquido interior de un elemento ó ya de un líquido intercalado en el circuito, *Electrólisis* (*Nicholson, Carlisle, Davy, Faraday*). Hasta aquellos cuerpos que, en el estado sólido no son conductores de la electricidad, la conducen, y sufren una descomposicion cuando se hallan en forma líquida. La electrolizacion es *primaria* cuando los dos iones se forman directamente por la electrólisis, ó *secundaria*, cuando los iones producen más descomposicion en el electrólito. Si la corriente pasa por una solucion de sulfato de potasa, teñida de azul con jarabe de violeta, en un tubo de vidrio encorvado, se observa lo que sigue: El sulfato de potasa es descompuesto; el ácido sulfúrico va al ánodo y tiñe la solucion de rojo; la potasa va al cátodo, y tiñe el líquido de verde; la potasa se descompone en potasio y oxígeno; el primero va al cátodo, y el último al ánodo; el potasio y el oxígeno, en estado naciente, producen ulteriores descomposiciones de agua (secundarias); el potasio es oxidado y forma potasa; el hidrógeno y el oxígeno libres aparecen en los polos, etc.

En la descomposicion del agua el O va al ánodo y el H al cátodo; en la descomposicion de los óxidos metálicos y de las sales alcalinas el O va al ánodo y el radical al cátodo; en la descomposicion de las sales el ácido va al ánodo y el óxido del metal al cátodo; en la descomposicion de los haloides el Cl, I, Br van al ánodo, el óxido metálico al cátodo.

Hablaremos en su lugar de la electrolizacion de los líquidos orgánicos.

III. Los *efectos fisiológicos* consisten en una excitacion del sistema nervioso y muscular que ejerce cierta accion sobre los fenómenos vitales del organismo. Por una parte la electricidad produce en los órganos excitables una reaccion adecuada, por otra se nota un incremento de la excitabilidad. La excitacion eléctrica de un nervio motor produce la contraccion del músculo correspondiente; la excitacion de un nervio sensible produce una sensacion que puede llegar hasta el grado de dolor. Los órganos de los sentidos corresponden á la excitacion eléctrica con su sensacion especifica; la excitacion eléctrica de los nervios vasomotores y secretores ocasiona una alteracion de la circulacion y de las secreciones.

La accion de la electricidad en los nervios motores es lo que se ha estudiado mejor, tanto por los fisiólogos en los nervios preparados ó excindidos, como por los patólogos en los nervios ilesos del organismo sano ó enfermo. No puede sorprendernos que los resultados obtenidos por unos y otros no sean siempre idénticos, pues las circunstancias en que se hacen los estudios tampoco lo son.

(Continuará.)