

No se producirá ninguna otra excitación aparente, ni con el polo N durante el paso de la corriente, ni en el momento de abrirla, ni con el polo P en el momento de cerrar aquélla durante su paso y en el momento de abrirla.

2.º Con una corriente más intensa (de uno á varios miliamperios, 3, 4, 5 ó más, según el órgano explorado), la excitación producida con el polo N, en el momento de cerrar la corriente, se hace más intensa (NFCC); con este polo no se obtiene ninguna otra excitación aparente, ni durante el paso de la corriente, ni en el momento de abrirla. Pero la excitación del nervio comienza á producirse también con el polo P, generalmente en el mismo momento del cierre (PFC), luego muy pronto también en el momento de la apertura (POC); algunas veces, con el polo P la excitación en el momento del cierre aparece con una corriente de igual intensidad que la excitación en el momento de la apertura (PFC = POC); aún algunas veces la excitación producida en el polo P aparece en el momento de la apertura con una corriente más débil que la excitación producida en el momento del cierre (POC > PFC). Durante el paso de la corriente no se produce ninguna excitación con el polo P.

La aparición de POC juntamente con PFC ó antes de PFC es más frecuente en unos nervios que en otros. Es muy frecuente en el nervio radial, bastante en el peroneo, el mediano y el cubital, rara y excepcional en otros, como el facial, el músculo cutáneo y la rama externa del espinal. Parece que depende menos de una reacción especial del nervio que de las condiciones que favorecen la acción secundaria de la corriente de polarización (Grützner, Tigerstedt, Rouxau, Dubois, Huet). En efecto, todas las condiciones que aumentan la polarización de los electrodos y de los tejidos y que facilitan la salida de la corriente secundaria resultante, desarrollan la excitación producida á la apertura de la corriente principal. A la disminución de intensidad que se produce en el momento de PO se añade la variación de intensidad debida á la corriente de polarización, y esta última corresponde á un cierre negativo, puesto que la dirección de la corriente de polarización es inversa de la dirección de la corriente principal<sup>1</sup>.

3.º Con corrientes fuertes (variables, según los casos, entre 5, 10, 15 miliamperios ó más), la excitación producida con el polo N, en el momento del cierre de la corriente, crece todavía y se prolonga más ó menos

pleando una letra minúscula para las contracciones débiles (AnSz); una mayúscula para las contracciones medianas (KaSZ); la letra mayúscula repetida una ó varias veces, ó acompañada de uno ó más acentos, para las contracciones fuertes, según su intensidad (KaSZZ ó KaSZ', etc.).

<sup>1</sup> HUET, *Société française de électrothérapie*, Noviembre de 1895 y Diciembre de 1897.

durante el paso de la corriente (NFTe ó NDC); en el momento de la apertura, puede aparecer una ligera excitación (NOC); éste no aparece generalmente más que en corrientes muy fuertes y no siempre es fácil comprobar si la tetanización durante el paso de la corriente existe todavía en el momento de la apertura en el polo P, las excitaciones producidas aumentan también con la intensidad de la corriente; en el acto del cierre, sin embargo, la contracción obtenida (PFCC) es más pequeña, para una corriente de igual intensidad, que la contracción en NF; es muy raro que se haga tetánica y se prolongue durante el paso de la corriente; para esto son precisas intensidades demasiado elevadas y difícilmente tolerables; de igual modo aumentan también las contracciones en el momento de la apertura (POC), pero raramente son duraderas y tetánicas, excepción hecha de los casos patológicos.

En suma, las reacciones normales observadas en los nervios con las corrientes voltaicas pueden resumirse del modo siguiente:

- 1.º *Corrientes débiles:* NFC solamente
- 2.º *Corrientes medianas:* NFC > PFC > POC
- ó: NFC > PFC = POC
- ó: NFC > POC > PFC
- 3.º *Corrientes fuertes:* NFTe > PFC = POC
- y algunas veces: NFTe > PFC > POC > NOC

Para los músculos, las reacciones voltaicas normales corresponden sensiblemente á las de los nervios motores; sólo se distinguen de estos últimos por pequeñas divergencias: de una parte, la diferencia entre la acción del polo negativo y la del polo positivo es muchas veces menos acentuada que en los nervios; de otra parte, las contracciones provocadas por la excitación de los músculos se producen especialmente al cerrar la corriente; son generalmente mucho más débiles, y aun muchas veces faltan por completo en la apertura; NOC se obtiene muy raramente; POC se observa con más facilidad, pero por lo general es inferior á PFC.

**Métodos de exploración.**— Como los dos polos con las corrientes voltaicas obran de un modo muy distinto, debe examinarse

separadamente la acción de cada uno de ellos. El *método bipolar* apenas puede emplearse; podría servir para conocer si la excitabilidad voltaica se conserva normal, si está aumentada ó disminuída; podría dar á conocer también si las contracciones musculares han conservado su vivacidad normal ó se encuentran reemplazadas por contracciones lentas y prolongadas, pero no permitiría distinguir suficientemente la acción de cada polo. Podría, sin embargo, aplicarse á los nervios, con la condición de separar lo más posible los electrodos y relacionar, como se hacía antes, al sentido de la dirección de la corriente las diferencias de excitabilidad observadas; pero el *método polar* es más sencillo y preferible y es el que se debe emplear.

Las condiciones de su aplicación son las mismas que para las corrientes farádicas. Colocado y fijo el electrodo indiferente en una de las regiones de elección indicadas, se coloca el electrodo explorador, bien humedecido, sobre el nervio ó sobre el músculo en el punto en que se desarrolla más fácilmente su excitabilidad (véase *Puntos de elección*). Luego se establece la corriente, la que va aumentándose progresivamente en intensidad por uno de los procedimientos ya indicados, y cada vez que se hace aumentar la intensidad, se interrumpe y restablece la corriente por medio del interruptor, de manera que se observen los efectos producidos en el momento de cerrar la corriente, durante su paso, y en el acto de abrirla, ya sea cuando el electrodo corresponde al polo N ó ya cuando corresponde al polo P. Se observa con qué intensidad aparecen, para uno y otro de estos polos, durante los diversos períodos de la onda establecida, las primeras contracciones ó contracciones minimales en el músculo explorado ó en los músculos inervados por el nervio excitado; se nota también la amplitud alcanzada por la contracción para una intensidad determinada, y finalmente, se observa la forma que toma la contracción obtenida, si es viva y breve, ó, por el contrario, lenta y prolongada.

Esto es, en principio, lo que conviene hacer y observar; en la práctica puede procederse de distintas maneras.

I. *Exploración practicada sucesivamente con uno y otro polo.*— Como en el polo N es donde en estado normal la excitabilidad es mayor, es preferible empezar la exploración con este polo. Pero antes conviene asegurar la conductibilidad del epidermis y de la piel, que, muy escasa al principio con corrientes de débil intensidad, aumenta notable y rápidamente no sólo con la duración del paso de la corriente, sino también á medida que aumenta ésta en intensidad. Por esto es conveniente dejar pasar al principio durante algunos momentos (de algunos segundos á un minuto) una corriente de una intensidad media de 4 á 5 miliampe-

rios. De este modo resulta notablemente disminuída la resistencia de los tejidos.

Entonces puede empezarse la exploración propiamente dicha de la excitabilidad con el polo N. Se hace pasar primero una corriente de escasa intensidad, de algunas décimas de miliamperio solamente, que se interrumpe por medio de un interruptor, para restablecerla de nuevo, y se ve si en este momento se produce una excitación aparente; si efectivamente se produce excitación, puede disminuirse la intensidad para ver si con una intensidad menor se obtiene también excitación, y así sucesivamente hasta que se haya obtenido la excitación mínima al cierre. Si, por el contrario, con la intensidad primitivamente establecida no se ha obtenido excitación, se aumenta de algunas décimas de miliamperio la intensidad de la corriente, luego se interrumpe ésta y se restablece de nuevo, y así sucesivamente hasta que aparezca el primer conato de excitación y que el operador esté seguro, como acabamos de ver, de que se trata de la excitación minimal de cierre. Puede luego seguirse la exploración con el polo N ó investigar de la misma manera, aumentando progresivamente la intensidad de la corriente, con qué número de miliamperios se hace tónica la contracción obtenida al cierre y con la cual aparece una excitación al abrir la corriente. Pero como estas dos manifestaciones de la excitabilidad voltaica para el polo N no se producen de ordinario más que con intensidades bastante elevadas, es generalmente preferible pasar antes á la exploración de la excitabilidad con el polo P.

Para esto, puede elevarse primero la corriente á cero, cambiar el sentido de la misma por medio del inversor para hacer positivo el electrodo que antes era negativo, y determinar, operando como acabamos de hacerlo con el polo N, á qué intensidad aparece la primera excitación aparente en el polo P. En lugar de reducir la corriente á cero, se puede también, por el contrario, conservar la intensidad que tenía en el momento en que se comprobó la primera manifestación de excitabilidad al cerrar con el polo N y cambiar simplemente su dirección por medio del inversor. Es cierto que en estas condiciones, cambiando la dirección de la corriente, la intensidad no sigue siendo la misma; aumenta notablemente, sobre todo por el hecho de la polarización de los tejidos y de los electrodos, porque la fuerza electromotriz que resulta de ésta no se opone á la corriente que procede de la pila, sino que, al contrario, se suma á la misma, y aun tal vez aumente por una disminución real de la resistencia de los tejidos. Pero como la excitabilidad en el polo P es, en estado normal, menor que en el polo N, este aumento de intensidad no es suficiente, por lo general, para que aparezcan manifestaciones de excitabilidad á la apertura ó al

cierre. Si se produjeran contracciones, se disminuiría la intensidad de la corriente, como ya se ha dicho al tratar del polo N, hasta que se hubiera comprobado la primera manifestación de excitabilidad. Esta, con el polo P, se produce generalmente aun en el momento del cierre, pero á veces también en el de la apertura; muchas otras veces también las excitaciones minimales de cierre y apertura son bastante próximas una de otra; si no aparecen con igual intensidad, puede investigarse cuál es la menor, sobre todo si es PFC, aumentando progresivamente la intensidad y obrando como ya se ha dicho.

Con el polo P como polo explorador, sólo raras veces se observan contracciones tetánicas en el acto del cierre ó de la apertura; para esto precisan generalmente intensidades demasiado elevadas para ser toleradas, pero pueden encontrarse contracciones tetánicas en diversas condiciones patológicas.

Una vez terminada la exploración con el polo P, puede volver á hacerse la exploración con el polo N para determinar, si no se ha hecho ya, el momento de aparición de las contracciones tónicas de cierre y el de las contracciones de apertura, cuando sea posible comprobar estas últimas.

La relación de las cifras representantes de la intensidad con que han aparecido las diversas manifestaciones de excitabilidad con el polo N y con el polo P, permite entonces establecer la comparación del grado de excitabilidad en uno y otro polo en los diversos períodos de la onda voltaica.

II. — *Igual exploración sucesivamente con uno y otro polo, pero reduciendo en lo posible la duración del paso de la corriente.* — El método de exploración que acabamos de exponer está sujeto á crítica, sobre todo por la polarización que se produce á nivel de los electrodos y en los tejidos. En efecto, esta polarización, que es proporcional á la duración del paso de la corriente y á su intensidad, tiene varios inconvenientes: disminuye en cierto modo la excitabilidad del nervio ó del músculo en el momento del cierre, y la aumenta, por el contrario, en el acto de la apertura. Determina también una fuerza contra-electromotriz, que produce el efecto de una resistencia aparente y se opone hasta cierto punto al paso de la corriente, mientras esté dirigida en el mismo sentido, pero al contrario, se suma á la corriente producida por la batería aumentando su intensidad, cuando se invierte la corriente para practicar la exploración con el otro polo. Del mismo modo, para conservar la misma intensidad, debe disminuirse la fuerza electromotriz tomada á la batería; como consecuencia de esto, á pesar de la misma intensidad observada, el operador se encuentra en condiciones de exploración algo distintas, puesto que la

diferencia de potencial á nivel de los electrodos no es exactamente la misma.

Pueden disminuirse los inconvenientes de la polarización, disminuyendo la duración del paso de la corriente, es decir, no dejándola cerrada más que el tiempo estrictamente necesario para comprobar las manifestaciones de excitabilidad que se pretende buscar; contrariamente á lo que se hacía con el procedimiento anterior, la corriente permanece abierta durante las manipulaciones que tienen por objeto aumentar ó disminuir la intensidad de la corriente. Se obtiene fácilmente este resultado, cuando se emplea la llave de Morse como interruptor, uniendo un hilo al tope que corresponde al eje de rotación de la llave y otro al tope correspondiente al contacto sobre el que se apoya la llave cuando se hace bajar. Aparte de esto, puede emplearse con el mismo objeto cualquier otro interruptor que llene estas condiciones.

Establecidas las cosas de este modo, se practica la exploración para lo sucesivo de igual manera que en el primer procedimiento. La segunda manera de obrar tiene también sobre la primera la ventaja de hacer en muchos casos la exploración menos dolorosa y más fácilmente tolerable.

### III. *Exploración practicada alternativamente con uno y otro polo.*

—A los dos procedimientos anteriores, nosotros preferimos un tercero, que tiene numerosas ventajas, no solamente bajo el punto de vista de la exactitud de la exploración, sino además por su rapidez. Consiste en excitar alternativamente con el polo N y con el polo P el nervio ó músculo explorados. De esta manera se suprimen casi por completo los inconvenientes de la polarización, puesto que la corriente no permanece cerrada más que un corto espacio de tiempo, siendo alternativamente de sentido contrario; además la polarización que tiende á producirse mientras pasa en un mismo sentido resulta destruída y anulada en la excitación siguiente, cuando va dirigida en sentido contrario. La observación no resulta difícil, como en ciertas ocasiones con los procedimientos anteriores, por las modificaciones de la excitabilidad producidas por el paso prolongado de la corriente en el mismo sentido. La intensidad persiste igual, para la misma fuerza electromotriz de la batería, en el momento de la exploración con el polo N y con el polo P.

No solamente se pueden comparar, con relación á la aparición de las primeras contracciones, los efectos del polo N y del polo P, sí que también, lo que casi no permiten los otros procedimientos, pueden compararse inmediatamente y con rigurosidad la amplitud y forma de las contracciones obtenidas con una misma intensidad en uno y otro polo. Asi-

mismo, cuando se procede sólo á la exploración de las excitaciones de cierre, que es de mucho la más importante y que basta casi siempre para informar del estado de la excitabilidad voltaica desde el punto de vista electrodiagnóstico, el examen puede practicarse con suma rapidez; exige necesariamente más tiempo, siendo con todo más rápido que con los demás procedimientos si se investigan los efectos obtenidos en los diversos momentos de la onda eléctrica: cierre, duración del paso y apertura.

Para practicar la exploración por medio de este procedimiento, importa contar con un aparato que permita hacer de un modo conveniente las excitaciones alternativas con el polo N y el polo P; los inversores de corriente no son todos igualmente utilizables. Damos la preferencia á la doble llave de Morse ó interruptor-inversor de Courtade, ó bien al interruptor inversor de Mergier. Debe consultarse á este propósito lo que hemos manifestado anteriormente (pág. 466) acerca los efectos algo diferentes que se obtienen para las excitaciones de apertura con estas dos clases de aparatos. Puédese emplear también el metrónomo inversor, sobre todo para los exámenes que se quieren hacer rápidamente; pero, para las observaciones rigurosas y precisas, creemos preferibles los interruptores-inversores movidos á mano.

Con este procedimiento conviene también asegurar, al principio de la exploración, la conductibilidad de la piel y de los tejidos, ó lo que es lo mismo, disminuir su resistencia. El medio que hemos aconsejado con ocasión de los procedimientos anteriores y que consiste en establecer durante algunos instantes una corriente de algunos miliamperios, tendría el inconveniente de dejar producir á nivel de los electrodos y en los tejidos cierto grado de polarización que dificultaría luego la exploración con excitaciones de sentido alternativamente contrario. Es preferible, pues, disminuir de otro modo la resistencia de la piel y de los tejidos. Esto se consigue fácilmente comenzando la exploración con corrientes de mediana intensidad, de 1 á 5 miliamperios y aún más según los casos; pero se dejan pasar sólo muy poco tiempo, interrumpiéndolas para restablecerlas en sentido contrario, y así varias veces seguidas. De esta manera se observa que disminuye rápidamente la resistencia de los tejidos y por ende la corriente aumenta de intensidad hasta que se ha alcanzado un régimen estable. Con estas corrientes de mediana intensidad y de orientación alternativamente contraria, se obtienen frecuentemente contracciones al cierre de la corriente con el polo N y con el polo P; no corresponden á las contracciones minimales, pero sí permiten comparar la amplitud de las contracciones obtenidas en cada polo. Fácil es determinar luego las contracciones minimales al cierre con el polo P y con el polo N, disminu-

yendo convenientemente la corriente de un modo progresivo, y observar á qué intensidad desaparecen las contracciones de cierre primero en el polo P, y después en el polo N en estado normal.

Si con las corrientes de mediana intensidad sólo se habían obtenido contracciones en el polo N, será cuando, previa determinación de la intensidad que corresponde á las contracciones minimales de cierre para este polo, se podrá investigar y determinar con qué intensidad aparecen en el polo P las contracciones de cierre. Para ello se aumentará progresivamente la corriente hasta la aparición de estas contracciones, pero practicando siempre excitaciones alternativas con el polo N y con el polo P. En seguida, si se quiere continuar la exploración y determinar el momento en que aparecen las contracciones de apertura y el instante en que las contracciones llegan á ser tetánicas, se aumenta progresivamente la corriente hasta que se logra comprobar las reacciones buscadas, haciendo actuar siempre de un modo alternativo á cada nueva intensidad uno y otro polo. No obstante, la investigación de las contracciones de apertura ó de las contracciones hechas tónicas, exigiendo á menudo corrientes bastante intensas, tiene á veces el inconveniente de producir excitaciones demasiado fuertes cuando se pasa del polo P al polo N; en estos casos se puede terminar la exploración por uno de los dos procedimientos indicados precedentemente. Además, cuando se procede acto seguido á la exploración de otro nervio ó de otro músculo, conviene hacer desaparecer la polarización que haya podido producirse á nivel de los electrodos y en los tejidos, dejando la corriente cerrada durante el tiempo necesario y en la dirección conveniente para extinguir aquella polarización.

#### MODIFICACIONES PATOLÓGICAS DE LAS REACCIONES ELÉCTRICAS DE LOS NERVIOS MOTORES Y DE LOS MÚSCULOS

En las afecciones del sistema nervioso ó del sistema muscular que trastornan el funcionamiento del aparato nervio-muscular, el estado de las reacciones eléctricas de los nervios motores y de los músculos proporciona frecuentemente indicaciones importantes para el diagnóstico y para el pronóstico.

En ciertos casos, las reacciones eléctricas, farádicas y voltaicas, permanecen normales; en otros, están solamente modificadas en lo que se refiere á su grado, aumentadas, disminuídas ó abolidas: modificaciones simples y puramente cuantitativas. Y en otros casos, no sólo las reacciones farádicas y las reacciones voltaicas están alteradas cuantitativamente