

Instituto Español de Fisiología y Bioquímica. — Sección de Bioquímica.
(Jefe: Profesor A. Santos Ruiz)

Aplicaciones del polarógrafo en la electrofisiología del nervio

por **J. Lucas Gallego**

(Recibido para publicar el día 18 de octubre de 1948)

Las corrientes eléctricas en los tejidos han sido origen desde su descubrimiento de importantes controversias. Galvani observó en 1786 que al colgar las patas de una rana en un balcón de hierro, cuando las patas tocaban al hierro se producía el circuito hierro-cobre-tejidos-hierro y aparecía una contracción muscular. Galvani interpretó el fenómeno por la producción de electricidad en los tejidos. En contra de esta explicación se levantó Volta, que consideraba al fenómeno producido por la unión de dos metales distintos.

El concepto de Volta fué generalmente aceptado durante cerca de medio siglo, si bien Galvani había demostrado que sin la intervención de metales se producían corrientes eléctricas, por el experimento de colocar el nervio de la pata de una rana sobre un músculo de la pata de otra rana, en el que había hecho una pequeña lesión. Cuando el nervio tocaba a la lesión se producía una contracción del músculo.

Cincuenta años después del descubrimiento de Volta, Du Bois Reymond probó por medio de un galvanómetro que en los tejidos orgánicos de la rana se producían corrientes eléctricas. Para explicar este fenómeno adoptó la teoría de las moléculas bipolares. Las partículas más pequeñas de los tejidos vivos estarían cargadas positivamente en un extremo y negativamente en el otro. Du Bois Reymond se basó en las observaciones de Matteucci semejante al segundo experimento de Galvani, que demuestra la existencia de las corrientes de lesión.

Los experimentos de Du Bois Reymond comprueban que la excitación eléctrica produce un potencial eléctrico. En la región estimulada, la fibra se hace negativa con relación a las demás y se origina una corriente eléctrica negativa que se extiende al resto del tejido. Este fenómeno puede ponerse de manifiesto en el nervio por el conocido experimento electrofisiológico de colocar dos electrodos sobre el nervio y excitar

éste en otro punto produciéndose con ello una corriente eléctrica de forma bifásica, si el nervio está sano o monofásica, si en un punto está lesionado, debido a la creación de estados negativos a lo largo del nervio. Estas corrientes permiten observar fácilmente el paso de un impulso nervioso; la magnitud de la variación eléctrica está generalmente en relación con la intensidad del impulso.

El empleo de los tubos de rayos catódicos en las técnicas de Electrofisiología ha permitido obtener registros de los fenómenos eléctricos de mínimo voltaje, por la amplificación con tubos termoiónicos.

Dadas las características físicas del Polarógrafo de Heyrovsky y las múltiples aplicaciones que éste posee en Bioquímica y Fisiología hemos comenzado una serie de experiencias con el Micropolarógrafo aplicados al registro gráfico de la Electrofisiología del nervio.

El Polarógrafo, del que actualmente existen varios modelos, consta de un potenciómetro móvil al que llega una corriente continua de 2 a 4 voltios. Desde el potenciómetro los dos polos se dirigen a un vaso electrolítico; uno de los polos, generalmente el cátodo, tiene intercalado un galvanómetro de espejo de sensibilidad regulable. Los electrodos en el vaso electrolítico son uno de gran superficie e impolarizable y otro de gota a gota y polarizable; ambos de mercurio. En el electrodo de gotas que puede ser el cátodo o el ánodo, está situado el galvanómetro. Con el potenciómetro se mueve sincrónicamente un fotoquimógrafo en el que se impresiona el papel fotográfico por un rayo de luz reflejado por el espejo del galvanómetro.

Como se ha expuesto en anteriores trabajos por Heyrovsky (1), Portillo (2), Santos Ruíz y Lucas Gallego (3), en el electrodo de gotas se verifican procesos de reducción si actúa de cátodo o de oxidación si actúa de ánodo, con lo que se obtiene curvas que permiten deducir la clase y la concentración del ión reducido u oxidado.

En estas experiencias se ha utilizado el Micropolarógrafo de Heyrovsky con electrodo de punta de plata e interruptor de mercurio intercalado en el ánodo o en el cátodo. Se ha prescindido del electrodo de gotas ya que nuestro objeto es observar los fenómenos de excitación en el nervio y la conductibilidad del impulso y no registrar los aniones o acciones para su análisis cualitativo y cuantitativo.

En algunos casos hemos realizado excitación bipolar, siendo ambos electrodos de iguales dimensiones, y en otros excitación unipolar, para lo cual se ha utilizado como electrodo indiferente una lámina de zinc.

Las experiencias se han realizado en las raíces nerviosas lumbares de la rana.

Técnica general

La rana es descerebrada y desmedulada por los métodos corrientes en Fisiología. Colocada la rana sobre la tabla de trabajo, se abre el abdomen por una incisión vertical y se desviera por completo sin lesionar las raíces nerviosas. Se separan los colgajos y sujetan a la tabla con alfileres. Se mantiene una irrigación permanente en las raíces nerviosas con suero Ringer de rana, para evitar la degeneración de los nervios y se agregan cantidades determinadas de fármacos al suero Ringer para observar los efectos en el nervio por la acción de las sustancias empleadas.

Previamente se dispone de la corriente continua con que deseamos trabajar por medio de una pila y una resistencia que nos facilita en el potenciómetro del Polarógrafo la tensión que deseamos. El potenciómetro de éste se coloca en O, o donde deseemos comenzar la experiencia y su movimiento se dispone con la máxima lentitud para que el nervio se haya recuperado ante de cada excitación. La sensibilidad del galvanómetro se gradúa convenientemente y según hemos descrito en anteriores trabajos. Se colocan los conductores que unen el polarógrafo con los electrodos y el interruptor se dispone en el ánodo o en el cátodo. Las puntas de los electrodos se sitúan debajo de la raíz nerviosa que nos interesa estudiar, levantándola con los electrodos para separarla del resto de las raíces nerviosas y tejidos de la rana. En la excitación bipolar se coloca un electrodo de otro a una distancia no inferior a 1 cm.

Dispuesto al ensayo en la forma indicada se pone en marcha el potenciómetro con lo que se obtienen voltajes cada vez mayores. Durante el movimiento del potenciómetro no se producen fenómenos eléctricos en el nervio de causa externa porque el interruptor está abierto.

En cada cierre del circuito, obtendremos desviaciones del galvanómetro, que se registrarán en el fotoquimógrafo del aparato, para lo que tendremos el diafragma de éste abierto, desde que comienza la prueba, si se ha alcanzado en el nervio el umbral mínimo de excitación. El cierre y apertura del interruptor se va realizando a distintos potenciales para obtener el registro de los fenómenos que se obtienen en el nervio con potenciales de excitación cada vez mayores.

En relación con las graduaciones del potenciómetro entre 0 y 4 V. se obtienen potenciales en los electrodos que están en relación con el voltaje de entrada. Así, por ejemplo, si éste es de 0.2 v., la correspondencia entre la numeración del potenciómetro y el voltaje utilizado en la experiencia es la siguiente:

Numeración del potenciómetro:

0.2—0.4—0.6—0.8—1—1.2—1.4—1.6—1.8—2—2.2—2.4—2.6—2.8—3—3.2—3.4—3.6—3.8—4.

Voltaje de excitación:

0·01—0·02—0·03—0·04—0·05—0·06—0·07—0·08—0·09—0·10—0·11—
0·12—0·13—0·14—0·15—0·16—0·17—0·18—0·19—0·20.

Si se varía el potencial de entrada también experimenta modificación la correspondencia entre los voltajes de excitación y la numeración del potenciómetro, siendo fácil conocer aquellos por su relación con los otros dos factores.

Para observar fácilmente la respuesta de la excitación en los músculos de la extremidad correspondiente, se hace una incisión longitudinal en la piel y se separan los colgajos.

En los ensayos con adición de fármacos, que tienen por objeto registrar su acción sobre la conductibilidad del impulso nervioso, se agrega, al suero Ringer de rana, la substancia, o una solución de la misma, en la cantidad que proceda para obtener la concentración deseada.

Experiencias realizadas

Las experiencias que corresponden a este trabajo son las siguientes:

- A) Experiencias con exploración bipolar.
 - a) Excitación con cátodo.
 - I. Sensibilidad 1/1 (*).
 - α) Perfusión con suero Ringer (diagrama 1).
 - β) Perfusión con nicotina al 1 % (diagrama 2).
 - γ) Perfusión con novocaína al 1 % (diagrama 3).
 - III. Sensibilidad 1/100.
 - α) Perfusión con suero Ringer (diagrama 4).
 - β) Perfusión con acetilcolina al 1 % (diagrama 5).
 - γ) Perfusión con novocaína al 1 % (diagrama 6).
 - b) Excitación con ánodo.
 - I. Cátodo distal.
 - α) Sensibilidad 1/1 (diagrama 1).
 - β) Sensibilidad 1/100 (diagrama 2).
 - γ) Sensibilidad 1/150 (diagrama 3).
 - δ) Sensibilidad 1/20 (diagrama 4.)
 - II. Anodo distal.
 - α) Sensibilidad 1/1 (diagrama 5).
 - β) Sensibilidad 1/200 (diagrama 66).
- B) Experiencias con exploración unipolar y perfusión con suero Ringer.

(*) La expresión sensibilidad quiere decir sensibilidad en el galvanómetro del polarógrafo.

- a) Excitación con cátodo.
- α) Interruptor en cátodo (diagrama 1).
- β) Interruptor en ánodo (diagrama 2).
- b) Excitación con ánodo.
- α) Interruptor en cátodo (diagrama 3).
- β) Interruptor en ánodo (diagrama 4).
- C) Experiencias con exploración unipolar y perfusión con fármacos.

- a) Perfusión con nicotina.
 - I. Excitación en ánodo.
 - α) Interruptor en cátodo (diagrama 1).
 - β) Interruptor en ánodo (diagrama 2).
 - II. Excitación en ánodo.
 - α) Sensibilidad 1/30 (diagrama 3).
 - β) Sensibilidad 1/30 (diagrama 4).
- b) Perfusión con acetilcolina.
 - I. Excitación en cátodo.
 - α) Interruptor en cátodo (diagrama 1).
 - β) Interruptor en ánodo (diagrama 2).
 - II. Excitación en ánodo.
 - α) Interruptor en cátodo (diagrama 3).
 - β) Interruptor en ánodo (diagrama 4).

En las experiencias con exploración bipolar, excitación con cátodo distal, diagramas 1, 2 y 3 del grupo A a I, sensibilidad 1/1 aumentan las tensiones de excitación desde 0'01 v. a 0'18 v.

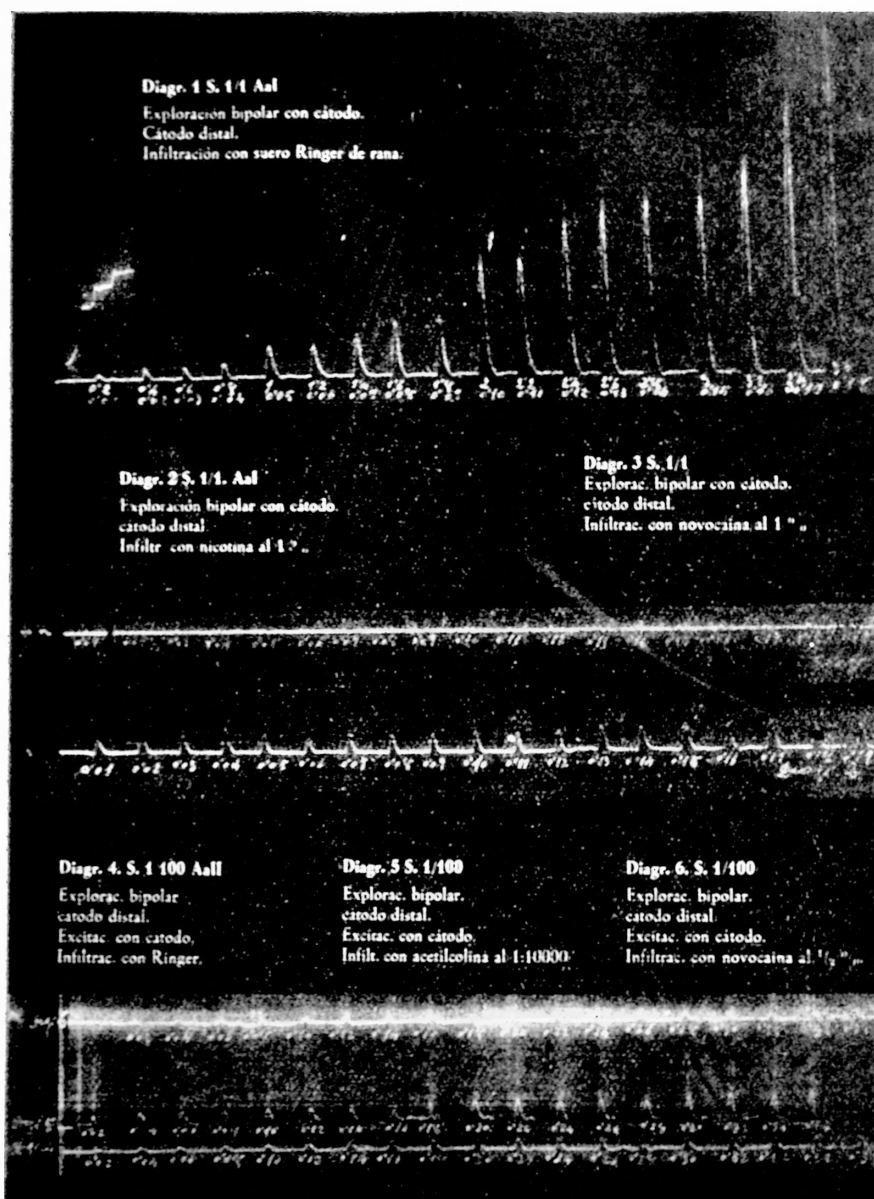
Durante las experiencias del diagrama 1 se mantuvo, la cavidad abdominal de la rana desvicerada, como y se ha dicho, con perfusión en suero Ringer de rana. En este diagrama observamos claramente que a medida que se elevan las tensiones del potenciómetro se provocan desviaciones positivas del galvanómetro, y que estas desviaciones aumentan de amplitud proporcionalmente a las tensiones.

En la prueba del diagrama 2, con perfusión por una solución de nicotina al 1 % en suero Ringer de rana, se aprecia que hasta 0'04 v. las desviaciones del galvanómetro son superiores a las que se obtuvieron en el diagrama 1. Desde 0'05 v. las desviaciones son inferiores y no guarda proporcionalidad su magnitud con el voltaje empleado en la excitación.

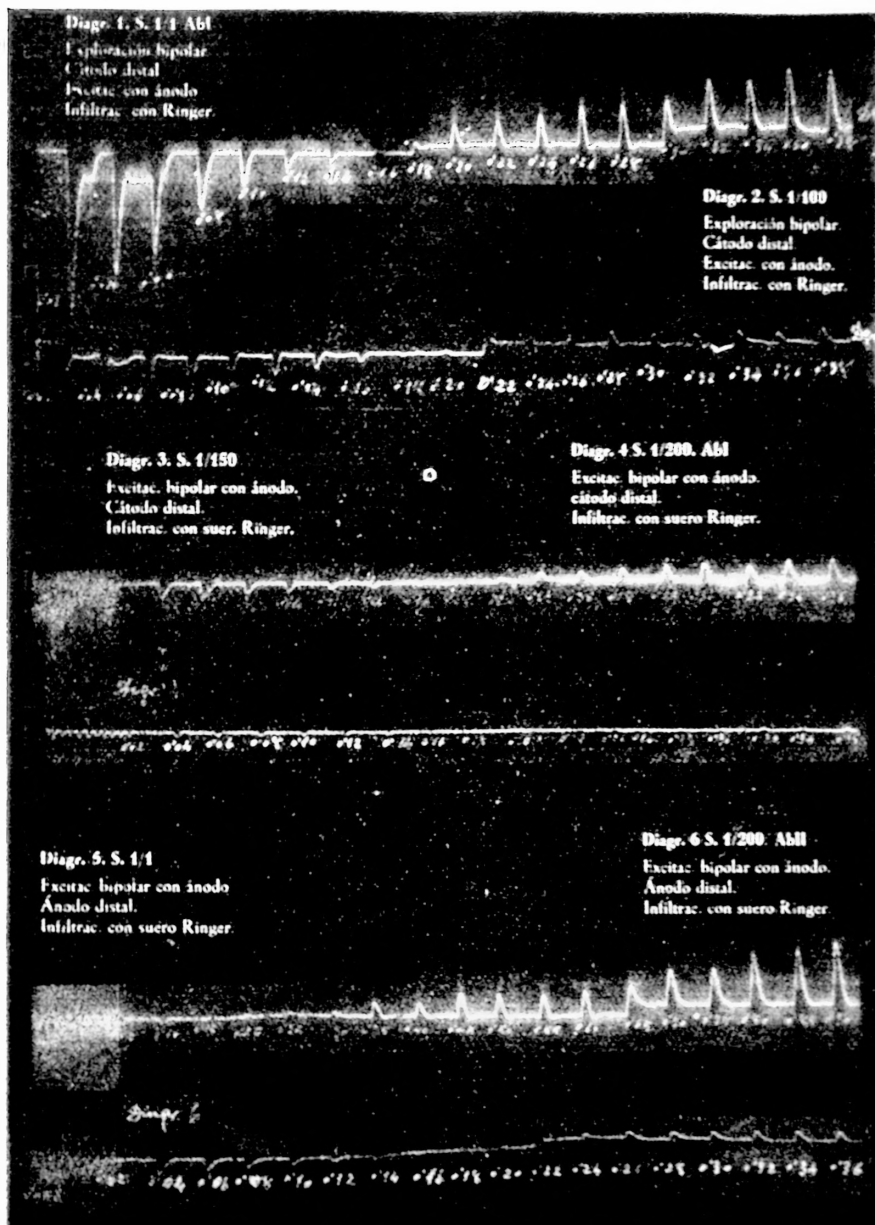
En el diagrama n.º 3 de este grupo, con perfusión de la cavidad abdominal por novocaína al 1 % en suero Ringer de rana, las desviaciones del galvanómetro son muy inferiores a las que se obtienen en los diagramas anteriores. Puede apreciarse, sin embargo, que existe proporcionalidad entre la amplitud de la desviación y la tensión empleada.

De estos resultados se deduce, que la desviación galvanométrica

del Polarógrafo permite observar gráficamente la conductibilidad del nervio explorado con excitación en cátodo y las variaciones que experimenta esta conductibilidad por acción de los fármacos. El suero Ringer facilita la conducción del impulso eléctrico por el nervio, la solución de nicotina, en bajos voltajes, aumenta la conducti-



lilidad y después la reduce, y, por último, la novocaína también la reduce. La relación entre la desviación del galvanómetro y el aumento de tensión es evidente en la perfusión con Ringer y novocaína y no existe en la perfusión con nicotina.



Los diagramas 4, 5 y 6 del grupo *A a II* han sido realizados también con exploración bipolar, excitación con cátodo distal, sensibilidad del galvanómetro 1/100 y tensiones entre 0'02 v. a 0'36 v.

El diagrama 4, con perfusión por Ringer de rana, demuestra que las desviaciones del galvanómetro son proporcionales a la tensión empleada y de menor amplitud que las obtenidas en el diagrama 1 con sensibilidad de 1/1, a pesar de que las tensiones empleadas en cada excitación de aquél son el doble que en éste.

Con la perfusión por acetilcolina al 1 por 10.000, diagrama n.º 5, las desviaciones son mayores que en diagrama anterior y proporcionales a la tensión.

En el diagrama núm. 5 hecho con novocaína al 1/4 % se observan desviaciones inferiores a las del diagrama 4 y superiores a las del núm. 3, no obstante, haberse realizado éste con sensibilidad cien veces mayor.

Estos resultados demuestran que la amplitud de la desviación del galvanómetro es proporcional a su sensibilidad, sin que intervenga ésta en la conducción del impulso por el nervio, por lo que la mayor sensibilidad permite una observación más clara de las variaciones del galvanómetro. También se aprecia que la acetilcolina facilita la conductibilidad del nervio y que los efectos de la novocaína son proporcionales a su concentración.

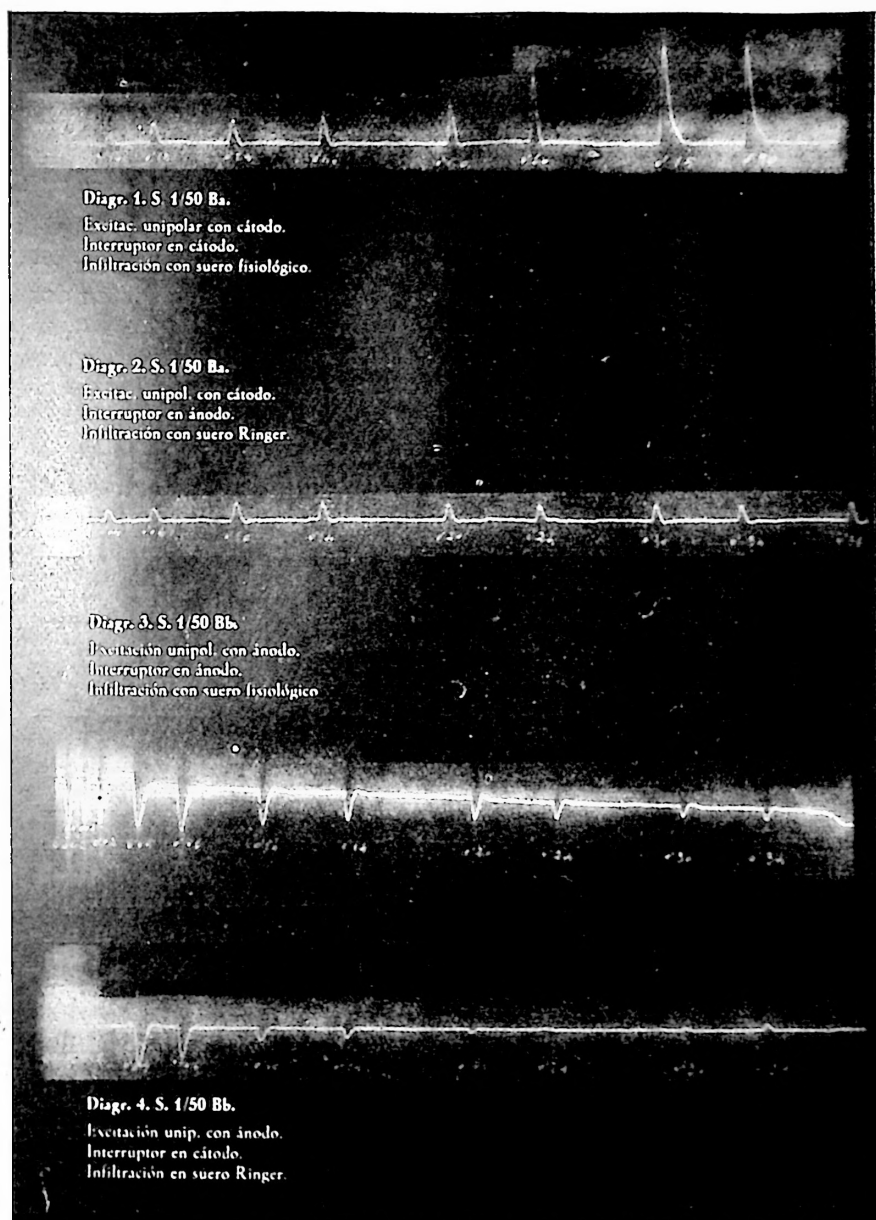
De las experiencias del grupo *Ab* con excitación por ánodo proximal y cátodo distal son el diagrama 1, con sensibilidad de 1/1; el diagrama 2, con sensibilidad de 1/100; el diagrama 3, con 1/150, y el diagrama 4 con 1/200. Los cuatro con tensiones de 0'02 v. a 0'36 v. ó 0'38 v. y perfusión con suero Ringer de rana.

El diagrama 1, demuestra que las desviaciones del galvanómetro son inversas hasta 0'16 v. y que éstas disminuyen de amplitud a medida que las tensiones aumentan. En 0'16 v. son ya positivas las desviaciones y desde aquí crecen proporcionalmente a las tensiones como cuando se realizan excitaciones con cátodo.

Los diagramas restantes ponen de manifiesto iguales fenómenos, pero las desviaciones son tanto menos amplias cuanto que la sensibilidad del galvanómetro es menor. Se aprecian algunas variaciones sobre las cifras de tensión en que las desviaciones negativas o positivas del galvanómetro son mínimas. Así, pues, en los diagramas 2, 3, 4 a 0'16 v. todavía la desviación es negativa, y en el diagrama 2 y 4 a 0'18 v. es negativa y positiva. En resumen, en estos ensayos las desviaciones del galvanómetro son negativas para los voltajes pequeños y positivas para los más altos, de los utilizados, en tanto que con voltajes medios entre 0'16 a 0'18 las desviaciones son mínimas, mixtas o nulas.

De estas pruebas se deduce:

1.º Que la excitación por ánodo proximal produce desviaciones inversas del galvanómetro, que disminuyen de amplitud a medida que aumenta la tensión hasta una cifra en que las desviaciones se hacen positivas, como en la excitación por cátodo.



2.º Que en voltajes medios la amplitud del galvanómetro es mínima.

3.º Que al disminuir la sensibilidad disminuye también las desviaciones del galvanómetro, sean éstas directas o inversas.

Los ensayos por excitación con ánodo distal están representadas en los diagramas 5 y 6 de este mismo grupo. En ambos diagramas se confirma lo expuesto anteriormente.

El diagrama 5 con tensiones iniciales de 0'005 v. tiene las desviaciones negativas de menor amplitud que el diagrama núm. 6, con tensiones iniciales de 0'002 v. Sin embargo, las desviaciones positivas son mayores en el diagrama 5 que en el 6, si bien no pueden ser tomadas en consideración por corresponder a distinta sensibilidad.

Las experiencias del grupo *Ba* con excitación unipolar con cátodo activo y ánodo indiferente se han hecho con interruptor en cátodo o en ánodo. La sensibilidad en los dos diagramas obtenidos es de 1/50 y la perfusión con suero fisiológico. Se diferencian en que el diagrama 1 está hecho con interruptor en el conductor del cátodo y voltaje desde 0'005 y el diagrama núm. 2 con interruptor en el ánodo y tensión inicial de 0'002 v.

En el diagrama 1 las desviaciones son más amplias que en el diagrama 2 por mayor tensión. Las desviaciones producidas con el interruptor en cátodo son más amplias que las del interruptor en ánodo, ya que la correspondiente a 0'25 v. del diagrama es más amplia que las de 0'30 v. 0'34 v. y 0'36 v. del diagrama 2.

Resulta de estas pruebas que cuando el interruptor está en cátodo, existe mayor amplitud de las desviaciones.

Los diagramas 3 y 4 corresponden a excitación con polo activo en ánodo y cátodo indiferente; en el 3, el interruptor se coloca en el ánodo y en el 4 en el cátodo.

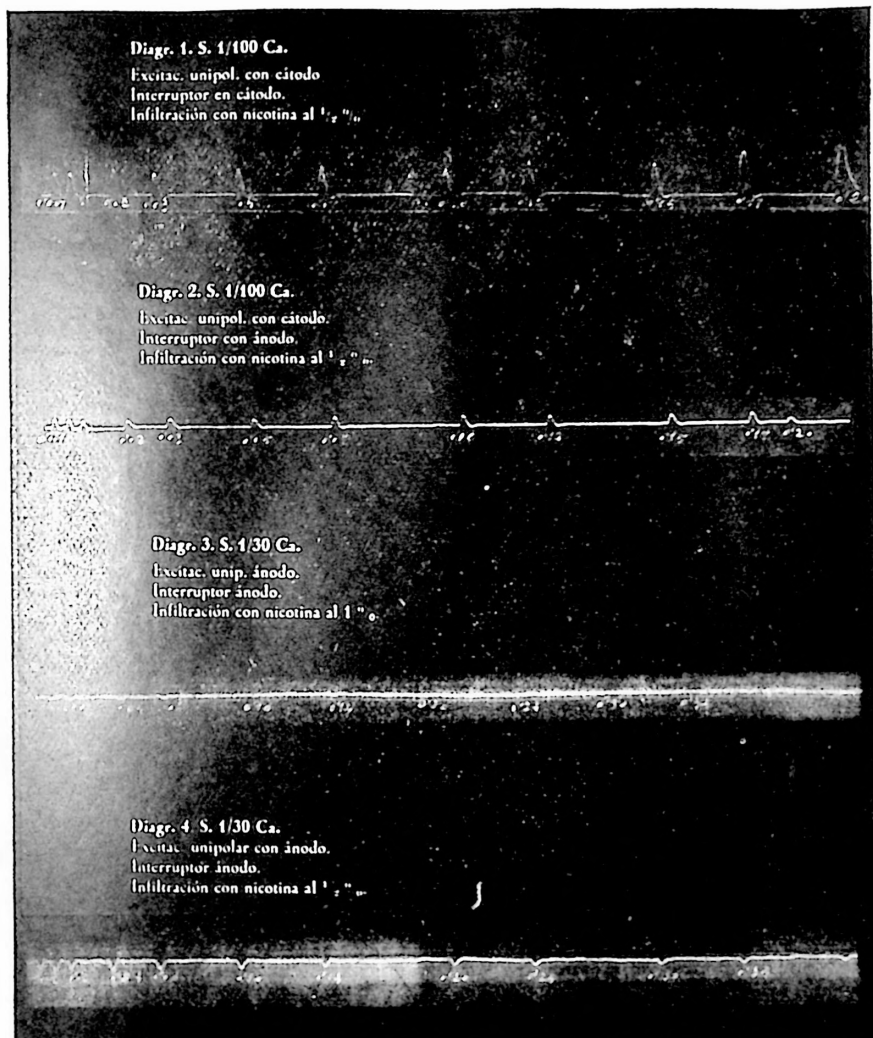
En el diagrama 3 se observa que en todas las tensiones empleadas desde 0'002 v. a 0'34 las desviaciones son negativas y disminuyen de amplitud en toda la experiencia a medida que aumentan los voltajes.

En el diagrama 4 se aprecia por comparación con el interior que aun con iguales tensiones las amplitudes del galvanómetro son menores. Estas disminuyen con el aumento de tensión hasta 0'24 v. y desde aquí se hacen positivas y aumentan con la tensión.

De estos ensayos se deduce cómo en la excitación bipolar y unipolar con ánodo las desviaciones son negativas, por lo que la conductibilidad del impulso por el nervio se hace en sentido inverso. Ahora bien, cuando el interruptor está en el cátodo, la desviación positiva se realiza con tensiones en que con el interruptor en ánodo todavía son negativas. En resumen, con el interruptor en cátodo la conduc-

tibilidad del impulso en el nervio se hace directa por tensiones que con el interruptor en ánodo aún es inversa.

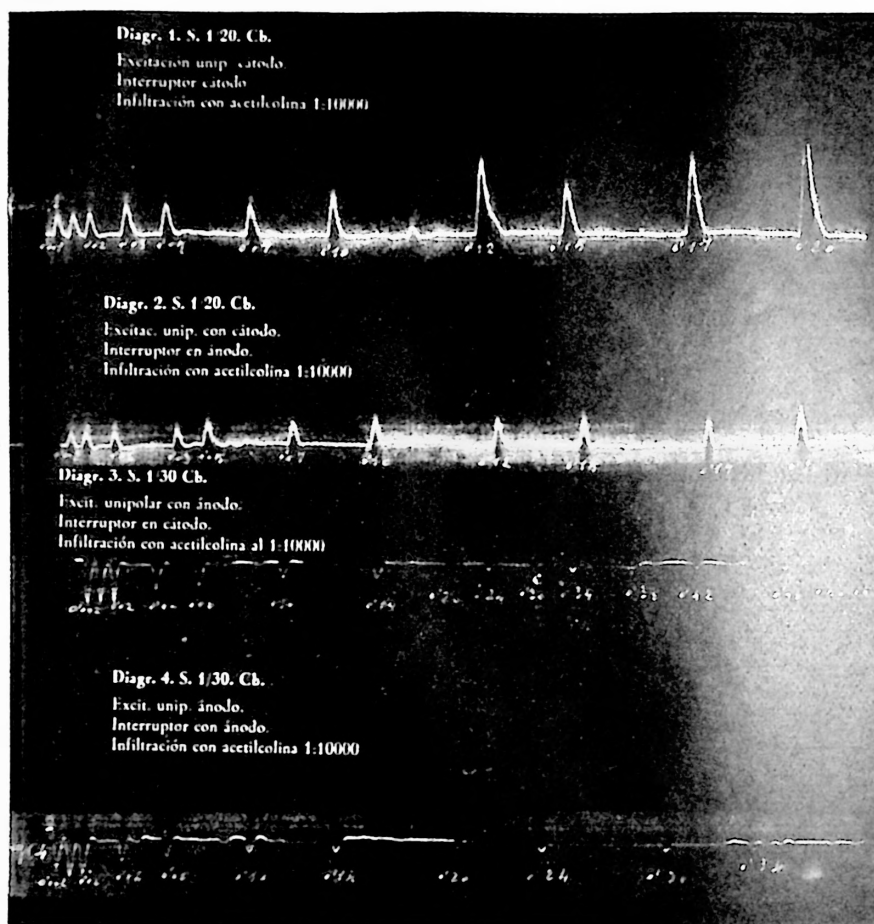
En las experiencias del grupo *Ca* los ensayos del diagrama 1 corresponden a excitación unipolar con cátodo e interruptor en cá-



todo y los del 2 con interruptor en ánodo. En ambas se ha utilizado la sensibilidad 1/100, voltaje inicial de 0'001 y perfusión con nicotina al 1/2 %.

En el diagrama 1 se observa que las desviaciones del galvanóme-

tro son más amplias que en el 2. La amplitud aumenta proporcionalmente a las tensiones en el diagrama 1, en tanto que en el diagrama 2 las desviaciones no experimentan variación con los potenciales, sino que incluso disminuyen, como sucede en 0'20 v.



En estas pruebas se aprecia que cuando se verifica la interrupción de corriente en el ánodo, disminuye la conductibilidad del nervio para el impulso eléctrico.

En las pruebas del diagrama 3 y 4, con excitación unipolar por ánodo e interruptor en ánodo, se pone bien de manifiesto la desviación negativa del galvanómetro por conductibilidad invertida del impulso nervioso y que la acción de la nicotina es proporcional a la concentración.

En el grupo de experiencia Cb, los diagramas 1 y 2 correspon-

den a excitación unipolar con cátodo como electrodo activo, las tensiones son iguales y en ambos se ha perfundido la cavidad abdominal con acetilcolina al 1 por 10.000. El diagrama 1 se ha obtenido con el interruptor colocado en el cátodo y el diagrama 2 en el ánodo.

Las desviaciones son más amplias en el diagrama 1 y se comportan en forma semejante al aumentar las tensiones; la desviación del diagrama 1, correspondiente a 0'12 v., no debe ser tomada en consideración por haberse producido movimiento extraño del galvanómetro.

Las pruebas con excitación unipolar por ánodo, con el interruptor intercalado en el cátodo o en el ánodo y el resto de las condiciones iguales, dan desviaciones negativas del galvanómetro con similar amplitud, como se comprueba en los diagramas núms. 3 y 4.

Los resultados obtenidos en las experiencias realizadas en las raíces nerviosas lumbares de la rana con el polarógrafo pueden resumirse en la forma siguiente:

- 1.º El galvanómetro se desvía en sentido positivo por la excitación con el cátodo en la exploración bipolar y unipolar.
- 2.º Estas desviaciones aumentan en amplitud proporcionalmente a las tensiones empleadas.
- 3.º En la exploración unipolar con cátodo activo y el interruptor colocado en el conductor del cátodo, las desviaciones son más amplias que cuando se coloca en el del ánodo.
- 4.º El galvanómetro se desvía en sentido negativo por la excitación con el ánodo en la exploración bipolar y unipolar.
- 5.º Estas desviaciones disminuyen de amplitud con el aumento de las tensiones hasta un voltaje entre 0'16-0'18 v. en que se hacen positivas y entonces crecen proporcionalmente a las tensiones.
- 6.º En la exploración unipolar con ánodo activo, si el interruptor se coloca en cátodo, las desviaciones se hacen positivas con tensiones 0'24 v., 0'30 v. y 0'34 v., en tanto que si el interruptor está en el ánodo continúan negativos.
- 7.º En las pruebas con fármacos se observa: a) La adición de acetilcolina al suero Ringer aumenta las desviaciones del galvanómetro; b) la nicotina produce los mismos efectos en las tensiones mínimas, pero al aumentar las tensiones disminuye la amplitud de las desviaciones; c) la novocaína reduce la amplitud en proporción a la concentración.

Discusión

En la fase de reposo de una célula se supone existe un equilibrio iónico, que por la actividad se modifica, dando lugar a polarización de los iones. Cuando por una célula o por un nervio pasa una corriente galvánica, se cree existe modificación en el equilibrio iónico, por lo que se produciría también polarización de los iones.

Esta polarización artificial, provocada por la corriente galvánica, incrementaría la polarización natural del nervio en la región del cátodo, en donde aumentarían los cationes en el momento del cierre del circuito; en el ánodo, la polarización por el paso de la corriente galvánica quedaría disminuida. La polarización puede observarse cuando, en un circuito de excitación con corriente galvánica, se intercala un galvanómetro en el conductor del cátodo. Se produce al cierre del circuito un paso de corriente por el nervio, que se caracteriza en el galvanómetro por una desviación rápida en sentido positivo.

Este fenómeno se registra en el polarógrafo, como hemos visto, en las exploraciones bipolares y unipolares, con cátodo activo, como una fuerza contraelectromotriz o de polarización, que sería semejante a la que aparece por la reducción de cationes u oxidación de aniones, cuando se investigan unos u otros con el polarógrafo.

En el cátodo se produciría una polarización de cationes y una corriente de polarización, tanto más intensa cuando más alto fuese el potencial eléctrico en el momento del cierre del circuito y, en consecuencia, las desviaciones del galvanómetro serían más altas cuanto más elevado sea el voltaje. Este fenómeno de polarización de cationes en el cátodo y por tanto la corriente de polarización sería menor en la exploración unipolar con cátodo activo cuando el interruptor está colocado en el ánodo, ya que las desviaciones del galvanómetro son menos amplias.

Si la excitación se hace en exploración bipolar y unipolar con el ánodo, el galvanómetro se desvía en sentido inverso, lo que se explicaría porque la corriente de polarización en este caso no sería provocada por la polarización de los cationes, sino por la de los aniones.

La disminución de la amplitud del galvanómetro, al aumentar las tensiones, o sea la disminución de la polarización de los aniones con el crecimiento de los potenciales, se verificaría porque tendría lugar a la vez una polarización de cationes en la zona del ánodo, originada por la acción de los aniones. Por esto la desviación sería cada vez menor, pero negativa en tanto hubiese polarización de aniones.

Una vez restablecido en el ánodo el equilibrio iónico, desaparecería en el nervio toda corriente de polarización artificial, y el galvanómetro no se desviaría a la excitación eléctrica. Como hemos observado en los polarogramas obtenidos por excitación de ánodo con exploración bipolar y unipolar, se registra en el polarógrafo la disminución de la amplitud y su anulación.

La aparición de desviaciones positivas, a partir de las posiciones de equilibrio del galvanómetro, por el aumento de los potenciales, podría explicarse porque se produciría en el ánodo un aumento de cationes y se comportaría la zona anódica como cátodo, ya que en los registros gráficos se obtienen los mismos fenómenos que cuando

la excitación se hace con el cátodo. Se originarían corrientes de polarización como en el cátodo.

Podrían contribuir en favor de la hipótesis de que estos fenómenos de polarización, en la zona del ánodo, del nervio, ocasionan las variaciones en la desviación del galvanómetro, los resultados obtenidos en los ensayos con exploración unipolar con ánodo activo, puesto que en éstos, con el interruptor en el cátodo, se obtienen desviaciones positivas con potenciales que con el interruptor en el ánodo son aún negativas. La corriente de polarización del cátodo sería más precoz con la interrupción en este polo y, en consecuencia, la desviación positiva del galvanómetro sucedería con potenciales inferiores.

La conductibilidad del impulso nervioso, observada por las desviaciones del galvanómetro, sería producida por los fenómenos de polarización en los electrodos y, en consecuencia, de la corriente extrapolar y electrotónica, que se aparta del electrodo positivo y se aproxima al negativo.

Las variaciones producidas en las desviaciones del galvanómetro, y por tanto en la conductibilidad del impulso nervioso por acción de los fármacos, serían debidas a alteraciones en la polarización natural del nervio, puestas de manifiesto por la polarización artificial. Esto se explica porque sus efectos se caracterizan por aumento de la amplitud en la desviación, como sucede con la acetilcolina, por la disminución, como con la novocaína, o por el aumento con pequeños voltajes e igualdad o disminución en los demás, como con la nicotina, persistiendo el sentido positivo de la desviación para la excitación por cátodo y negativo para la excitación por ánodo, como en las experiencias con suero Ringer de rana.

De los resultados obtenidos en estas experiencias y de los razonamientos anteriores se deducen las siguientes

Conclusiones

- 1.º La conductibilidad del impulso nervioso, ocasionado por la excitación eléctrica galvánica, puede ser registrado en el galvanómetro.
- 2.º La excitación por el cátodo da desviaciones positivas y por el ánodo desviaciones negativas con tensiones hasta 0'16 v. a 0'18 v. Tensiones superiores a éstas dan también desviaciones positivas por la excitación en ánodo.
- 3.º Las desviaciones positivas aumentan de amplitud proporcionalmente a las tensiones de excitación y las negativas disminuyen también al aumentar los potenciales.
- 4.º Las desviaciones positivas o negativas del galvanómetro deben ser provocadas por las corrientes de polarización, que tienen lugar en el cátodo y en el ánodo, durante la excitación eléctrica.

5.º Las modificaciones que se producen en las desviaciones del galvanómetro por la acción de los fármacos, acetilcolina, novocaina y nicotina, serían debidas a variaciones en la polarización natural de los nervios, puestas de manifiesto por la excitación eléctrica.

6.º El Polarógrafo con electrodos fijos tiene aplicaciones en el estudio de la excitación eléctrica y conductibilidad del impulso del nervio.

Agradecemos al Dr. Rodríguez Ortea su valiosa colaboración en la realización práctica de este trabajo.

Summary

The conductivity of the nervous impulse caused by the galvanic, electric excitation can be registered in the galvanometer.

Excitation by the kathode produces positive deviations and that by the anode negative deviations with tensions to 0.16 v.-0.18 v.

Tensions superior to the latter also produce positive deviations by excitation in anode.

The positive deviations increase in amplitude proportionally to the tensions of excitation and the negative ones diminish also on the increase of potentials.

The positive and negative deviations of the galvanometer must be provoked by the polarisation currents taking place in the kathode and the anode during electric excitation.

The modifications produced in the deviations of the galvanometer by the action of the drugs, acetylcholine, novocaine and nicotine, would be due to variations in the natural polarisation of the nerves, evidenced by electric excitation.

The Polarograph with fixed electrodes finds application in the study of electric excitations and the conductivity of the nerve impulse.

Bibliografía

1. Heyrovsky, J. y Shikata, M.: *Rec. Trav. Chim. Pays. Bas.*, **44**, 496 (1925).
2. Portillo Moya, R.: *Introducción a la teoría y práctica de la Polarografía*. C. S. I. C. (1945).
3. Santos Ruiz, A. y Lucas Gallego, J.: *R. esp. Fisiol.*, **1**, 203 (1945). Lucas Gallego: Tesis doctoral de Farmacia (1946).