

CARACTERÍSTICA DE EXCITABILIDAD
DEL
«LEPTODACTYLUS OCELLATUS» (L.) GIR.
Y DEL
«BUFO MARINUS» (L.) SCHNEID.

POR LOS DOCTORES
JUAN GUGLIELMETTI Y GUIDO PACELLA

TRABAJO DEL LABORATORIO DE FISIOLÓGIA DE LA FACULTAD DE VETERINARIA DE LA PLATA
Y DEL LABORATORIO DE FÍSICA DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE BUENOS AIRES
PRESENTADO AL CONGRESO MÉDICO REUNIDO EN RIO DE JANEIRO
EL 13 OCTUBRE DE 1918

En condiciones normales cada vez que se excita un músculo o su nervio motor, el resultado siempre es el mismo: el músculo responde por su función propia, es decir, por una contracción.

Cuando el estímulo cae directamente sobre el músculo, la excitación llámase directa por oposición a la indirecta que es la que alcanza el órgano por intermedio de su nervio motor.

Pero para que esta respuesta se efectúe es necesario llenar ciertas condiciones experimentales sin las cuales no tiene lugar.

Esas condiciones son inherentes al estímulo empleado, y como éste actúa en función de dos factores, calidad e intensidad, es indispensable elegir el agente excitante y poderlo graduar a voluntad de manera de aproximarse du-

616 11 1921

rante la experiencia, en todo lo posible, a aquellas condiciones que determinan el fenómeno en el ser vivo.

Los dos factores, calidad y cantidad, de un agente excitante, tienen relativa importancia cuando sólo se desea poner en evidencia el fenómeno; así, haciendo actuar estímulos de diversa naturaleza, químicos, térmicos, mecánicos, eléctricos, etc., y de una intensidad media es dable observar el fenómeno de la contracción.

Pero cuando se trate de analizar detalles de la función muscular en sí, relaciones entre ella y el excitante o entre la manera de comportarse de los diversos tipos musculares, entonces es necesario aproximarse en lo posible a las condiciones vitales del fenómeno y en este caso particular, utilizar un estímulo que por su naturaleza y por su intensidad se aproxime más al estímulo normal de los elementos musculares que no es otro que el excitante nervioso.

Los estímulos eléctricos por su delicadeza y por la facilidad de su medición llenan como ningún otro estas necesidades.

No estará demás recordar que cada músculo responde a cada excitación con una sacudida y que cuando aquéllas se suceden a intervalos cortos de tiempo éstas se superponen unas a otras dando lugar al fenómeno de la *sumación de los estímulos*: fenómeno que se observa claramente en las diversas formas del tétano muscular.

Las sacudidas no tienen siempre la misma forma y ellas dependen más que del estímulo, de la naturaleza del músculo excitado. Así, por ejemplo, los músculos lisos responden con una contracción lenta y arrastrada, por oposición a los estriados en los cuales la respuesta es rápida.

La intensidad del estímulo es un factor importantísimo desde que la respuesta muscular está, dentro de ciertos límites, íntimamente ligada a él.

Si se estimula rítmicamente un músculo, por ejemplo, con corrientes inducidas de apertura, se observa que el órgano empieza a responder con una contracción cuando la intensidad del excitante alcanza cierto valor, esa respuesta, que es la más pequeña contracción perceptible, se

denomina *umbral de excitación* y la intensidad del estímulo capaz de provocarla, *estímulo mínimo*. Aumentando lentamente el valor del excitante se ve que el músculo responde con contracciones cada vez mayores y que el vértice de esas contracciones, creciendo en altura, da lugar al fenómeno de la *escala*. Pero se llega a un punto en el que, apesar del aumento creciente del excitante, la sacudida no aumenta; esa mayor contracción dada por el músculo denomínase *maximal* y el estímulo capaz de determinarla, *máximo*.

Se infiere de esta relación entre altura de la contracción e intensidad del estímulo, que estos últimos pueden ser eficaces o no y que entre los primeros hay una serie de grados que permite clasificarlos en: mínimos, medios, máximos y ultra máximos.

Es precisamente esta relación entre intensidad del estímulo y amplitud de la contracción la que ha hecho suponer la existencia de un vínculo matemático entre estos dos factores.

Cuando se trató de relacionar la intensidad del agente excitante con la amplitud de la respuesta muscular, fué fácil constatar que no se verifica una verdadera proporcionalidad entre los dos factores y que esto es debido a la dificultad que existe para medir las variaciones de amplitud de la contracción la cual se modifica por múltiples causas. Para evitar este inconveniente en vez de buscar la relación entre el crecimiento del excitante y el aumento en la amplitud de la respuesta muscular, se halló más factible buscar la relación existente entre la intensidad de la corriente utilizada como estímulo y una contracción siempre igual y de fácil apreciación, usándose con este fin, el umbral de la contracción.

Investigar como debe variar la intensidad de un excitante de forma dada para producir el umbral como respuesta muscular, es estudiar la ley de la excitación.

NOTA HISTÓRICA. — Du Bois Reymond, en una serie de trabajos efectuados sobre el gastrocnemio de rana (1845-1849)

fué el primero que trató de dar una fórmula matemática, ligando el umbral de excitación con la intensidad de la corriente empleada. Esta fórmula, es conocida con el nombre de Ley Du Bois Reymond y se basa en cuatro experiencias fundamentales que expondremos brevemente.

1ª *experiencia*. — Si con una intensidad suficiente se cierra o se abre bruscamente el circuito, se tendrá en cada caso, una sacudida muscular. Durante el pasaje de la corriente no se observa excitación.

2ª *experiencia*. — Si en lugar de cerrar o abrir bruscamente el circuito, aumentamos o disminuimos la corriente de una manera progresiva, se puede sobrepasar la intensidad empleada en la primera experiencia sin llegar a producir repuesta alguna. En esta forma, se comprueba que la intensidad necesaria para dar el umbral, aumenta tanto más cuanto más lentamente se establece la corriente, hasta llegar a un límite de lentitud, pasado el cual ya no se obtiene contracción sea cual fuere la intensidad empleada.

3ª *experiencia*. — Si durante el tiempo de pasaje de una corriente constante aumentamos o disminuimos bruscamente su intensidad, la respuesta muscular es análoga a la que se obtendría si la intensidad inicial fuese igual 0.

4ª *experiencia*. — Si se determina la intensidad mínima que es capaz de dar el umbral para un cierre brusco y luego se modifica la duración del período constante, haciendo pasar la corriente durante tiempos variables se observa que la intensidad necesaria para dar el umbral es siempre la misma.

Du Bois Reymond hizo pasar corrientes de duración variable comprendidas entre 5/1000 de segundo y varios segundos. En estas condiciones observa que, para un cierre brusco, el umbral de contracción se obtiene con la misma intensidad sea cual fuere la duración del período constante.

Du Bois Reymond resumió sus resultados en la siguiente fórmula: $\epsilon = f\left(\frac{di}{dt}\right)$ en la cual ϵ es la excitación ele-

mental; f , una función indeterminada que varía con cada tejido; di , la diferencial de la intensidad empleada; dt , la diferencial del tiempo; dándonos su cociente la derivada de la intensidad con relación al tiempo, o lo que es lo mismo, la velocidad de variación de la corriente que se considera.

Se ve que en la fórmula de Du Bois Reymond, la cantidad de electricidad (Q) no se tiene en cuenta como elemento de excitación, y por otra parte que no habiendo determinado el valor de (f) su fórmula resulta más bien un símbolo, puesto que no es posible calcular el valor de ϵ .

Las conclusiones a que llegó Du Bois Reymond, en toda una serie de trabajos efectuados desde 1845 a 1849 y confirmados por Bernstein en 1862 fueron universalmente aceptadas y generalizadas para todos los músculos, estriados y lisos.

Fick, en 1863, estudiando la excitabilidad en los músculos lentos como son los de las valvas de la Anodonta (almeja de río) observa la inaplicabilidad de la ley de Du Bois Reymond; desde que no es suficiente establecer una variación brusca de la intensidad sino que es indispensable que la duración de pasaje de la corriente alcance cierto valor para que la contracción se efectúe.

Estudia entonces la excitabilidad de los músculos lisos y comprueba que, para obtener el umbral, trabajando con tiempos pequeños, hay que aumentar la intensidad a medida que se disminuye el tiempo; pero, si se aumenta progresivamente la duración de la corriente, llega un momento durante el cual la intensidad ya no disminuye, sea cual fuere la duración del estímulo. Los músculos lentos presentan por lo tanto dos fases; una para tiempos pequeños, en la que no siguen la Ley de Du Bois Reymond y otra para tiempos mayores, en la cual esta ley se cumple.

Fick, repite las experiencias de Du Bois Reymond en el gastrocnemio de rana haciendo interrupciones con una llave de mano y comprueba la exactitud de sus conclusiones. Construye entonces un aparato que permite ob-

tener corrientes de duración más breve y nota que el gastrocnemio de la rana sigue la Ley de Du Bois Reymond para tiempos mayores de $5/1000$ de segundo; pero para obtener el umbral de excitación con tiempos menores la intensidad debe ser aumentada a medida que se disminuye el tiempo.

Fick concluye diciendo que los músculos estriados y lisos siguen una misma ley general. Ambos presentan una faz en la cual no concuerdan con la Ley Du Bois Reymond y otra en la que la siguen. La diferencia está en que la duración del período en el cual el músculo estriado no sigue la Ley de Du Bois Reymond es más corto que el del músculo liso.

Neumann en 1865 observa que en los músculos degenerados las corrientes inducidas de apertura son menos eficaces que una corriente continua de la misma intensidad y atribuye el hecho a que las corrientes farádicas duran un tiempo muy breve.

Brücke (1867) en músculos curarizados nota que para que haya respuesta muscular no basta la variación de la intensidad de la corriente sino que ésta debe durar un cierto tiempo.

En 1870 Engelmann, trabajando sobre el músculo liso del uréter del conejo confirma los resultados de Fick. Estudia después la excitabilidad del gastrocnemio de la rana construyendo un aparato que le permitía obtener corrientes cuya duración eran menores de $5/1000$ de segundo y demuestra con él que Fick tenía razón.

Ideó más tarde una experiencia elegante, que llamó mucho la atención de los fisiólogos porque por ella se demostraba que cada clase de músculo poseía una excitabilidad propia.

La experiencia consistía en lo siguiente: colocaba sobre un porta objeto una gota de agua con infusorios y la observaba al microscopio. En estas condiciones si se hace pasar una corriente de intensidad constante pero a la que se podía dar duraciones variables se observa: con corrientes de corta duración sólo se contraen los músculos estria-

dos de las patas de los articulados; si la duración del período variable de la corriente es de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ de segundo se ven contracciones en los músculos lisos del tubo intestinal pero con tiempos mayores sólo se observan movimientos en las amibas. De todo lo anterior Engelmann saca en consecuencia que existe una relación entre la intensidad y la duración del excitante eléctrico, y que para una misma intensidad el tiempo debe ser mayor o menor según los tejidos.

Para Engelmann ese tiempo sería una propiedad fisiológica de los tejidos y por eso le dió el nombre de *tiempo fisiológico* queriendo significar así que hay relación estrecha entre la duración de la contracción de un músculo y el tiempo fisiológico que lo caracteriza. Un músculo de contracción lenta tendría un tiempo fisiológico grande por oposición al de contracción rápida que es un músculo de tiempo fisiológico breve y sobre este se encontraría más rápidamente la Ley de Du Bois Reymond.

El paralelismo entre la rapidez de la contracción y el valor del tiempo fisiológico explica porqué Du Bois Reymond, que sólo trabajó con músculos rápidos y con un aparato que no le permitía obtener corrientes inferiores a $\frac{5}{1000}$ de segundo de duración, no pudiese observar el fenómeno que Fick y Engelmann demostraron experimentando con músculos de contracción más lenta.

Si bien es cierto que Engelmann puso en evidencia la existencia de un tiempo fisiológico, no pudo sin embargo dar su medida ni expresar una ley que pusiera en claro el rol de este tiempo.

Posteriormente una serie de trabajos se efectuaron sobre la excitabilidad pero ninguno de ellos llegó a dar luz sobre el complejo fenómeno de la excitación del sistema neuro muscular; recordaremos entre estos a Von Kleisch (1877), Von Kries (1880), Boudet (1884), Chauveau, D'Arsonval (1889), Grützner (1891), Grützner y Schott-Bürker (1891-97), Marés (1893), Zanietowski y Cybulski (1894), Du Bois de Berna (1891) Wertheim-Salomonsen (1891).

De todos estos trabajos sólo se alcanzaba a inferir que

las conclusiones a que llegó Du Bois Reymond eran exactas en general y que los músculos del organismo por el hecho de estar fuera o dentro de dicha ley podían dividirse bajo este punto de vista en: músculos rápidos que siguen la ley y músculos lentos que no la siguen, para duraciones de corrientes inferiores a cierto valor pero caen dentro de ellas con tiempos más largos.

Hoorweg de Utrech en 1898 trabajando con condensadores consigue establecer una ley que pasaremos a analizar por la repercusión que ella tuvo, sobre todo después de que Lopicque puso en evidencia su similitud con la de Weiss.

Antes de ocuparnos de esta ley diremos dos palabras sobre condensadores.

Si se unen las armaduras de un condensador con una fuente de electricidad galvánica, el condensador se carga adquiriendo el mismo voltaje que la fuente. Si en estas condiciones se lo descarga a través de un conductor cualquiera, se habrá movilizadado una cantidad de electricidad fácil de calcular que es dada por la fórmula $Q = CV$, donde (Q) es la cantidad de electricidad, (C) la capacidad del condensador y (V) el voltaje de la carga.

El tiempo que dura esta descarga puede hacerse oscilar desde 10^{-6} a 10^{-1} de segundo dependiendo la duración de dos factores; de la capacidad (C) del condensador que se considera y de la resistencia (R) del circuito de descarga.

Con respecto a la resistencia la proporcionalidad es directa, es decir que si descargamos a un mismo condensador en dos circuitos (X) y (Z) y la resistencia del circuito (X) es doble que la de (Z) la duración de la descarga en este circuito (Z) durará la mitad del tiempo que dura cuando la descarga se hace en el circuito (X).

Por otra parte, si consideramos una serie de condensadores de capacidades diversas, cargados todos al mismo potencial, la cantidad de electricidad almacenada en cada uno de ellos es dada por $Q = CV$ y si se descargan sucesivamente en un mismo circuito de resistencia, (R) cons-

tante, la duración de la descarga varía prácticamente (1) en razón directa de la capacidad del condensador.

Al comienzo de la descarga, suponiendo la self despreciable, la intensidad sube bruscamente desde cero a un máximo que es dado por la ley de Ohm, $I = \frac{E}{R}$, es decir que en un mismo circuito si la serie de condensadores ha sido cargada con un mismo voltaje (E) este máximo será el mismo, puesto que de la fórmula $I = \frac{E}{R}$, (E) y (R) son iguales.

Desde este máximo la intensidad desciende asintóticamente hacia el cero siguiendo una ley logarítmica y la inclinación de esta curva es tanto menor cuanto mayor sea la capacidad del condensador que se descarga.

Según la Ley de Du Bois Reymond, la eficacia de la descarga de un condensador sería tanto mayor cuanto menor fuese su capacidad, puesto que un condensador pequeño se descarga en un tiempo menor que otro de mayor capacidad, y como se supone que ambos han sido cargados con un mismo voltaje la variación de intensidad producida por la descarga del condensador menor es más rápida que la dada por el más grande.

Sin embargo ya Cibulski y Zanietowski en 1894 habían comprobado que precisamente se verifica lo contrario, esto es, que la excitación dentro de ciertos límites es proporcional a la capacidad.

Si se aumenta progresivamente la capacidad llega un momento en el cual el umbral se obtiene con el mismo voltaje, quiere decir entonces que a partir de este instante se cae dentro de la Ley Du Bois Reymond, (ver fig. 1).

Hoorweg estudia la excitabilidad de los músculos en el hombre y encuentra que ellos presentan las dos fases

(1) Teóricamente la duración de la descarga es infinita tendiendo asintóticamente a cero siguiendo la ley:

$$i = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{Rt}{C}}$$

descriptas por Fick y Engelmann para los músculos lisos y estriados de los animales. Pero además este autor encuentra que existe una relación entre el voltaje de carga

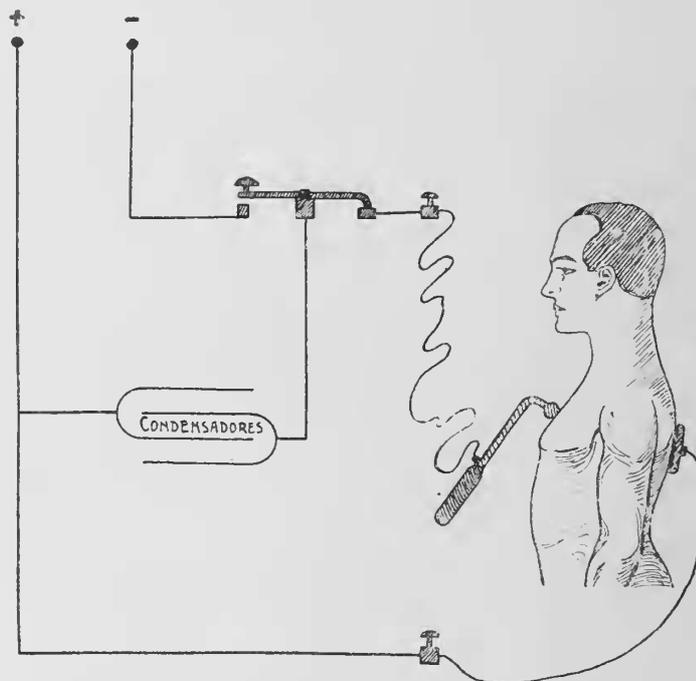


Figura 1.—Dispositivo de Hoorweg.

y la capacidad utilizada que se necesita para dar el umbral de excitación.

Hoorweg dió la fórmula siguiente, en función del voltaje y que lleva su nombre $V = \frac{b}{C} + a R$. En esta fórmula (V) es el voltaje de carga, (C) la capacidad y (a) y (b) dos constantes que varían con cada tejido.

La ley de Hoorweg puede expresarse en función de la cantidad de electricidad, para lo cual basta multiplicar por (C) la fórmula anterior obteniéndose: $CV = a C + b R$ y sabiendo que (CV) es igual a (Q) se tiene $Q = a C + b R$.

En 1901 Weiss publica los resultados de sus experiencias hechas con corriente continua sobre el gastrocnemio de la rana, utilizando un aparato especial que denomina "reótomo balístico". La importancia de sus conclusiones hacen necesario la descripción del dispositivo. (Fig. 2).

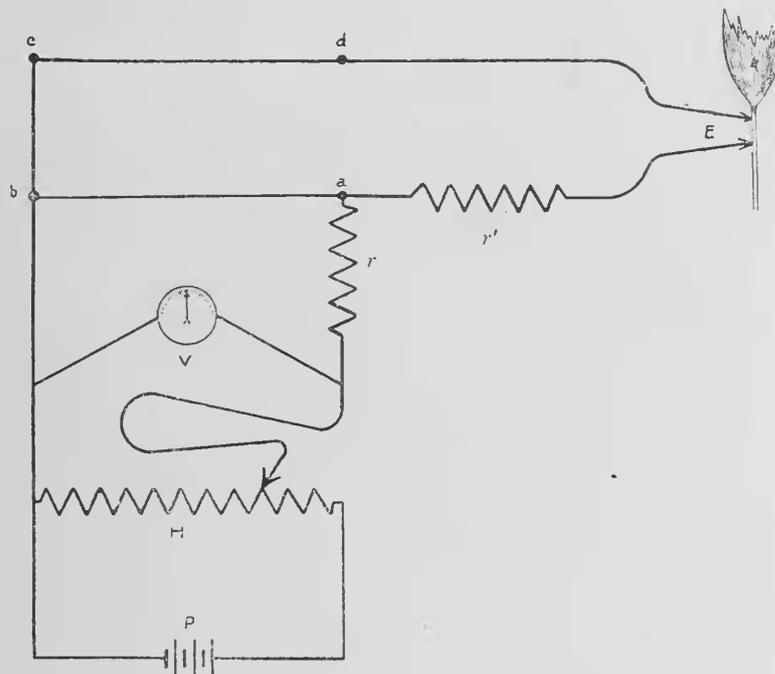


Figura 2.

(*P*) es la fuente de energía eléctrica, (*H*) es un reductor de potencial, (*V*) un voltmetro, (*r*) y (*r'*) dos resistencias una de 10 *Ohms* (*r*) y la otra (*r'*) de 2×10^5 a 3×10^5 *Ohms* con el objeto de hacer despreciable la variación de resistencia que se origina por la interposición del nervio o del músculo a nivel de los electrodos (*E*). Estas resistencias carecen de self y de capacidad. Los dos hilos, (*ab*) y (*cd*) están destinados a ser cortados por una bala cuya velocidad es constante y conocida.

Observando en la esquema se comprende que prácticamente toda la corriente pasará por el corto circuito (*ab*)

por cuanto la resistencia de éste es nula comparada con la del circuito de utilización que es siempre superior a 200.000 *Ohms* puesto que en éste se ha intercalado la resistencia (r'). Si se corta (ab) la corriente seguirá la vía a, E, d, c, b , pasando en su totalidad por los electrodos (E) si luego se corta (cd) la corriente queda interrumpida; es decir, que el tiempo durante el cual ha pasado es el mismo que medió entre la sección de (ab) y de (cd).

Separando más o menos los hilos destinados a ser cortados se varía el tiempo a voluntad. En el reótomo balístico de Weiss la velocidad de la bala era tal que para un centímetro de separación de los hilos la corriente duraba 0,000077 de segundo.

Con estos medios Weiss comprueba que, cuando las excitaciones eléctricas tienen la misma duración se necesita la misma cantidad de electricidad para llegar al umbral, pero si se varía el tiempo también variará la cantidad y en este caso para llegar al umbral de la excitación hay que poner en juego una cierta cantidad de electricidad constante más una cantidad variable proporcional a la duración de pasaje de la corriente. Weiss expresó esta ley por $Q = a + bt$ donde (Q) es la cantidad de electricidad necesaria para dar el umbral; (t) el tiempo que dura la corriente, (a) y (b) dos constantes.

Sabiendo que $Q = it$ la Ley de Weiss puede enunciarse en función de la intensidad por $i = \frac{a}{t} + b$.

Vemos que Weiss como Hoorweg, Engelmann y Fick, establecen la necesidad de un cierto tiempo de pasaje de la corriente para que la excitación se produzca.

A Lopicque se debe el mérito de haber hecho notar la semejanza de las fórmulas de Hoorweg y de Weiss, tanto que él las designó con el nombre de ley de Hoorweg-Weiss.

En efecto si se superponen ambas leyes se tiene:

$$\text{Ley de Weiss } q = a + bt$$

$$\text{Ley de Hoorweg } q = aC + bR.$$

Se ve que sólo difieren en el significado de las constantes es decir, que la constante (b) de Weiss corresponde a la constante (a) de Hoorweg y viceversa.

Teniendo en cuenta la resistencia (R) del circuito de descarga y llamando en la ley de Hoorweg (a) a la constante (b) y (b) a la constante (a) , tendremos:

$$\begin{array}{ll} \text{Ley de Weiss} & q = a + bt \\ \text{Ley de Hoorweg} & q = a + bCR \end{array}$$

pero hemos visto que el tiempo que dura la descarga de un condensador varía con su capacidad (C) y la resistencia (R) del circuito de utilización; por lo tanto (CR) es el tiempo que dura la descarga del condensador que se considera. Queda así demostrada la semejanza de las fórmulas de Hoorweg y Weiss.

El mérito de Weiss ha sido poner en evidencia la necesidad de un cierto tiempo para que la excitación se produzca, tiempo que implícitamente contenido en la fórmula de Hoorweg no fué visto por este autor.

Lapicque en una serie de trabajos que inició en 1903, llega a dar una fórmula práctica para determinar la característica de excitabilidad y a poner de relieve que lo que singulariza a esta excitabilidad es un tiempo.

Considerando la fórmula de Weiss se tiene: $q = a + bt$.

Si (q) es una cantidad de electricidad (a) tiene también que ser una cantidad de electricidad, lo mismo que (bt) , puesto que sólo pueden ser sumados números semejantes.

Ahora bien, si (bt) es una cantidad de electricidad (b) es una intensidad porque sabemos que una intensidad multiplicada por un tiempo da una cantidad $(Q = it)$.

Por lo tanto, en la fórmula de Weiss, (a) es una cantidad fija de electricidad, (b) una intensidad también fija que al ser multiplicada por el tiempo que dura la descarga, da una cantidad variable proporcional a él.

Para determinar la fórmula de excitación de un músculo dado, necesitaremos en todos los casos encontrar las dos constantes (a) y (b) .

Pero se observa que modificando las condiciones de la experiencia, sobre la misma preparación, se encuentran en cada caso valores distintos para ambas constantes. Así, suponiendo haber hecho cuatro determinaciones en un mismo nervio, variando por ejemplo la resistencia, se tendrán los valores:

$$(a) \text{ y } (b); (a') \text{ y } (b'); (a'') \text{ y } (b''); (a''') \text{ y } (b''').$$

pero si establecemos la relación de estos valores veremos que esta relación es uniforme, es decir que $\left(\frac{a}{b}\right) = \left(\frac{a'}{b'}\right) = \left(\frac{a''}{b''}\right) = \left(\frac{a'''}{b'''}\right) = \text{constante}$.

Se demuestra así que lo que caracteriza al nervio o al músculo examinado es esta relación $\left(\frac{a}{b}\right)$ que no varía sino bajo la acción de factores conocidos.

¿Cuál es el significado de esta constante $\left(\frac{a}{b}\right)$? Hemos visto que (a) era una cantidad de electricidad y (b) una intensidad luego su cociente es un tiempo, puesto que

$$\left(\frac{Q}{I}\right) = t$$

Por lo tanto lo que caracteriza al tejido estudiado es un tiempo.

Cada sistema neuro muscular tiene su característica de excitabilidad expresada por una constante de tiempo que es una propiedad fisiológica independiente de las condiciones experimentales. Este tiempo, pequeño para los músculos rápidos, es mayor para los lentos; es decir que es un factor inverso de la velocidad de excitación.

Para determinar las constantes (a) y (b) por el método de Weiss bastaría hacer dos determinaciones obteniéndose:

$$\begin{aligned} q &= a + bt \\ q' &= a + b't \end{aligned}$$

Se tiene así una ecuación de primer grado a dos incógnitas de donde es fácil deducir los valores de (a) y de (b) .

Lapicque demostró que un músculo y su nervio motor tienen el mismo tiempo de excitación es decir, que el valor de la relación $\left(\frac{a}{b}\right)$ es una constante para ambos. Esto lo expresa diciendo que hay isocronismo entre ellos. Es la ley del isocronismo del músculo y de su nervio motor.

Lapicque transformando la fórmula de Weiss, eliminó la necesidad de la doble determinación para obtener las constantes (a) y (b) , utilizando para esto el cociente $\left(\frac{a}{b}\right)$ al cual llamó (τ) (*cronaxia*). Siendo la cronaxia el valor de $\left(\frac{a}{b}\right)$ es claro que ella representa el tiempo característico del tejido que se estudia.

Para llegar a este resultado hizo sufrir a la fórmula de Weiss la siguiente transformación algebraica:

Sabemos que la Ley de Weiss, es

$$Q = a + bt$$

Dividiendo por (t) se tiene $(q = it)$

$$i = \frac{a}{t} + b$$

si se divide ambos miembros de la ecuación por (b) se tendrá

$$\frac{i}{b} = \frac{a}{tb} + \frac{b}{b}$$

y simplificando se encuentra

$$\frac{i}{b} = \frac{a}{tb} + 1.$$

Pero hemos visto que a $\left(\frac{a}{b}\right)$ Lopicque denomina (τ) , luego reemplazando $\left(\frac{a}{b}\right)$ por τ se tiene

$$\frac{i}{b} = \frac{\tau}{t} + 1.$$

y pasando (b) al segundo miembro resulta

$$i = b \left(\frac{\tau}{t} + 1 \right)$$

que es la fórmula de Lopicque en la cual se tienen solo dos constantes; una (τ) que solo varía con la temperatura y representa la característica de excitación del tejido y la otra (b) que depende de las condiciones experimentales.

Si tomamos a $t = \infty$ se tendrá

$$i = b \left(\frac{\tau}{\infty} + 1 \right)$$

o sea simplificando $i = b$.

Es decir que cuando obtenemos la respuesta mínima en un tejido, usando una corriente de gran duración la intensidad necesaria para dar el umbral tiene el mismo valor numérico que la constante (b) . Lopicque ha dado a esta constante (b) el nombre de umbral fundamental o *reobase*. Por lo anterior se comprende fácilmente que para obtener la reobase bastará buscar el umbral de excitación con una corriente suficientemente larga.

Si la duración del pasaje de la corriente es igual al de la cronaxia se tiene

$$i = b(1 + 1) = 2b$$

es decir que la intensidad necesaria para dar el umbral tendrá que ser igual a dos veces el valor de la constante (b) o reobase.

Si se aumenta progresivamente el tiempo y se toma como metro el valor de la cronaxia, se ve que a partir de $t = 10\tau$ el valor de (b) es prácticamente constante.

En efecto, haciendo $t = 10\tau$ se tiene

$$i = b \left(\frac{\tau}{10\tau} + 1 \right) = 1,10 b$$

y para $t = 100\tau$ se tendrá

$$i = b \left(\frac{\tau}{100\tau} + 1 \right) = 1,01 b$$

es decir, que para tiempos que varían entre 10τ y 100τ el valor de b va de 1,10 al 1,01; variación menor que el error experimental.

Surge de esto que, una corriente que dure más de 10 veces el valor de la cronaxia, puede ser considerada prácticamente como infinita para el músculo o nervio que se estudia.

Por todo lo anterior se ve claramente que es posible encontrar con sólo dos determinaciones la característica de excitabilidad de un tejido basándose en la fórmula de Lapicque.

En efecto, para encontrar (b) bastará, para los músculos rápidos, buscar la intensidad que da el umbral con un cierre hecho a mano.

Obtenida así la reobase se encontrará la cronaxia tomando una intensidad igual al doble de esta reobase y aumentando progresivamente el tiempo hasta obtener el umbral. El valor numérico de este tiempo (t) es el mismo que el de la cronaxia.

En efecto, matemáticamente se demuestra tomando $i = 2b$.

$$2b = \left[b \left(\frac{\tau}{t} + 1 \right) \right]$$

Simplificando $2b = b \frac{\tau}{t} + b$

Pasando (b) al primer término se tiene $b = b \frac{\tau}{t}$

y transformando $1 = \frac{\tau}{t}$ o sea $t = \tau$.

Se ve así que buscando dos umbrales, uno de intensidad (b) y el otro de duración (τ), se obtiene de una manera sencilla las dos constantes necesarias para determinar la característica de excitabilidad del tejido con el cual se trabaja.

Si se utiliza la corriente galvánica es de imprescindible necesidad un reótomo, pero el valor de la cronaxia, puede ser determinado igualmente con ayuda de los condensadores.

Hemos visto que la duración de la descarga de un condensador es proporcional a la resistencia del circuito (R) y a su capacidad (C); sabemos también que la curva de variación de la intensidad de la descarga tiende asintóticamente a cero, de modo que siempre habrá que introducir un factor de corrección puesto que la última parte de esta descarga es fisiológicamente inactiva. Lapique ha estudiado a fondo el punto y demostrado que se puede tomar como equivalente de la cronaxia a $0,37 RC$; donde (R) es la resistencia del circuito, (C) su capacidad y $0,37$ el factor de corrección.

Para que la resistencia permanezca prácticamente constante Lapique ideó el dispositivo siguiente: (ver fig. 3 en la otra página).

Al músculo o nervio (m) teniendo en serie la resistencia (R') (que es grande con relación a la propia del tejido) se encuentra *shuntado* sobre una resistencia (r) de $3.000 Ohms$. Hay además una resistencia (R) de $7.000 Ohms$ que está en serie sobre el circuito principal. En esta forma se puede considerar que la resistencia total del circuito queda constante, lo cual hace que la duración de la descarga pueda ser referida solo a la capacidad del condensador.

Por otra parte es fácil, intercalando alternativamente las resistencias R y R' , determinar la resistencia de (m)

teniendo en cuenta el voltaje necesario para dar el umbral en ambos casos.

Para esto basta ver con un cierre hecho a mano qué voltaje se necesita para obtener el umbral de contracción interponiendo sólo la resistencia (R).

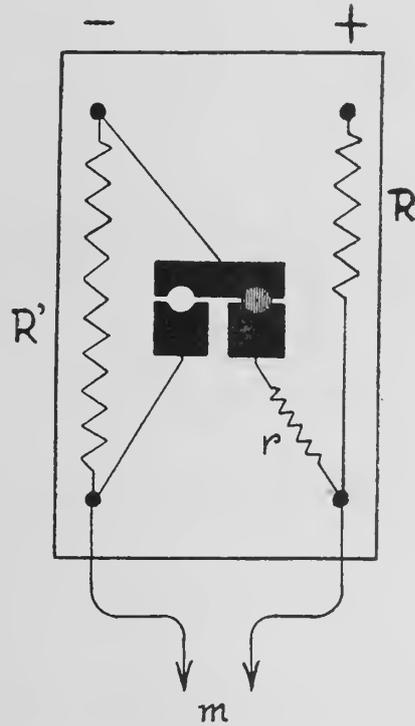


Figura 3.

Sea este voltaje igual a (V).

Se tendrá por consiguiente que

$$V = R + m. \quad (1)$$

(1) Se sabe por la ley de Ohm que $\frac{V}{I} = R$ pero, en este caso particular, se puede referir directamente el voltaje a la resistencia, por cuanto la intensidad que da el umbral es la misma en ambas determinaciones pues se supone que las condiciones biológicas del tejido que se estudia hayan permanecido constantes durante la experiencia.

donde (V) es el voltaje que dió el umbral; (R) una resistencia conocida y (m) la resistencia del músculo que se desea determinar. Entonces se interpone la otra resistencia (R'), para lo cual bastará sacar las dos clavijas, y se ve de nuevo con qué voltaje se encuentra el umbral. Se comprende que en este caso el voltaje (V') tendrá que ser necesariamente mayor pues en el circuito ha sido colocada en serie una nueva resistencia (R').

La segunda determinación dará:

$$V' = R + m + R'$$

donde (V'), (R) y (R') son elementos conocidos.

Si se relacionan los resultados de las dos determinaciones se tiene:

$$\frac{V}{R + m} = \frac{V'}{R + m + R'}$$

de donde se puede obtener por una transformación algebraica sencilla, que

$$m = R' \left(\frac{V}{V' - V} \right) - R$$

llegán lose así a una fórmula que nos permite conocer rápidamente el valor de la resistencia (m) del músculo que se estudia.

Para determinar la cronaxia por medio de los condensadores basta buscar la reobase con corriente continua o con un condensador suficientemente grande (30-50 μF); duplicar este voltaje y buscar con qué capacidad se encuentra el umbral. Conociendo la resistencia del circuito de descarga se aplica la fórmula $\tau = 0,37 RC$.

Acabamos de ver que por el método de Lapique, sea con corriente continua o con condensadores, la técnica mediante la cual se encuentra la característica de excitabilidad, queda simplificada de una manera notable.

Sobre la determinación de la característica de excitabilidad por medio de condensadores; Cluzet ha publicado una serie de trabajos en los cuales toma como índice la descarga que utiliza el mínimo de energía.

Keith Lucas sigue a Waller en sus investigaciones y utiliza el mismo principio cuando trabaja con condensadores, pero cuando lo hace con corriente continua, toma como equivalente de la característica de excitabilidad al tiempo que dura el excitante eléctrico cuando el voltaje es doble del que da el umbral con una corriente de duración infinita.

Lucas, para encontrar esta característica busca los voltajes que dan el umbral para una serie de tiempos elegidos arbitrariamente y establece así una curva tomando el tiempo en abcisas y el voltaje en ordenadas. Sobre esta curva elige el punto correspondiente al doble del voltaje inicial y refiriéndole a la abcisa lee fácilmente sobre ésta el tiempo que caracteriza al tejido estudiado.

PARTE EXPERIMENTAL.

Nuestras experiencias se efectuaron sobre *Leptodactylus ocellatus* (Lin.) Gir. y el *Bufo Marinus* (L.) Schneid. Por el especial comportamiento que el primero de estos animales presenta hacia el fenómeno de la curarización, nos creemos obligados a ocuparnos con cierto detalle de la técnica seguida y de los controles establecidos en la determinación de la característica de excitabilidad.

DISPOSITIVO PARA CORRIENTE CONTINUA. — MATERIAL UTILIZADO.

Como fuente de energía eléctrica empleamos pilas secas, constantemente controladas por medio de un galvanómetro. Las variaciones de voltaje se obtenían con la ayuda de un reductor de potencial de ochocientas espiras.

El aparato que nos permitió obtener corrientes breves y de duración variable es el reótomo elástico de Lucas (*Lucas Contact Breaker*), construido por la *Cambridge Institut* y que se compone esencialmente de una lámina elástica que se tiende y que al ser librada, abre sucesivamente dos llaves una de las cuales es fija y la otra móvil a lo largo de un arco graduado en divisiones, que van de cero a ciento ochenta. Un nonius, colocado en la parte móvil del aparato, permite hacer cómodamente lecturas de $1/10$ de división.

En la esquema siguiente se puede ver el dispositivo que hemos utilizado para la determinación de cronaxia con corriente continua; (ver fig. 4).

(*F*) es la fuente de electricidad constituida por pilas secas; (*P*) un reductor de potencial; (*L*) el contacto fijo del reótomo (*R*) y (*L'*) el contacto móvil; (*N*) el nonius; (*S*) la

lámina elástica que se tiende fijándola con el gancho (K) y que al ser librada abre sucesivamente las llaves (L) y (L'); (a) y (a') dos conductores que unen la llave del reótomo con el conmutador; (C) el que a su vez permite enviar alternativamente la corriente o al galvanómetro (G) o a los electrodos (E); (r) es una resistencia de 50.000 a 220.000 Ohms constituida por un lápiz de grafito sin self ni capacidad y que se coloca en serie en el circuito de los electrodos con el objeto de hacer despreciable la resistencia del tejido. Esta resistencia no se colocaba cuando se hacía la excitación directa del músculo para no tener que elevar demasiado el voltaje de la fuente.

La importancia del reótomo reside especialmente en la disposición de sus dos llaves, cuyo rol no es otro que el de los dos hilos de plomo (ab) y (cd) del dispositivo de Weiss descrito en páginas anteriores, es decir ellas permiten el rápido cierre y apertura del circuito sobre el cual están intercaladas.

Cuando las llaves (L) y (L') están en su posición de cierre, la corriente sólo atraviesa el corto circuito comprendido entre el reductor de potencial (P) y la llave (L); al ser librado el elástico (S) abre primero la llave (L) y entonces la corriente pasando por (a) y (a') [(L') está aún cerrada] alcanza al órgano que se desea excitar o al galvanómetro según la posición del conmutador (C). Pero como el elástico en su movimiento abre también (L'); interrumpe en ese instante la corriente que había establecido al abrir (L). Se comprende fácilmente que el tiempo que transcurre entre las aperturas de las llaves será tanto mayor cuanto más alejadas se encuentren y que la duración de la corriente que pasa por (E), es igual a la que media entre la apertura de estas llaves.

Calibración del reótomo. — La calibración del aparato es necesaria desde que es indispensable conocer los tiempos correspondientes a las distintas posiciones de la llave (L') que es móvil, con relación a (L) que es fija.

El reótomo, por nosotros utilizado, había sido calibrado en 1915 por los doctores Gans y Simons en la Escuela

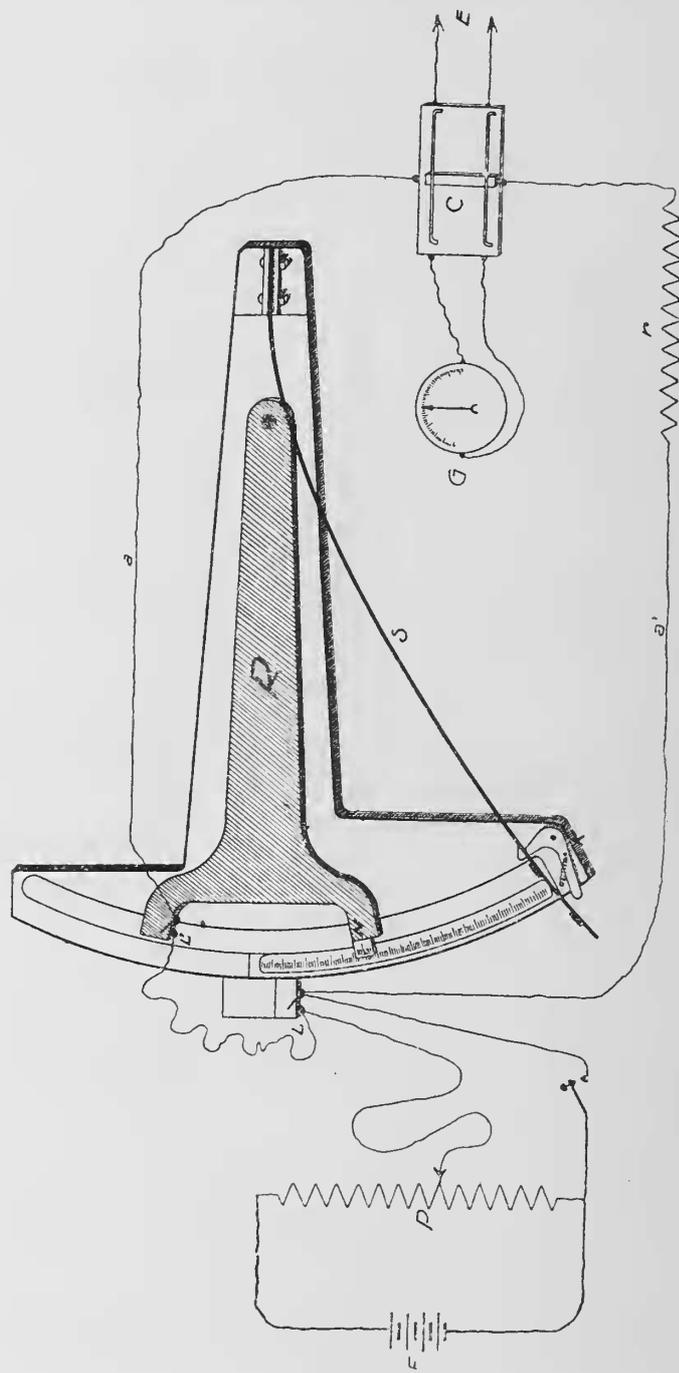


Figura 4.

Superior de Ciencias Físicas de La Plata, por medio de un oscilógrafo obteniéndose los siguientes valores:

<u>Distancia de las llaves</u>	<u>Intervalos en segundos</u>
180°	0,03627
120°	0,02085
60°	0,00965
30	0,00456
10°	0,00146

Antes de comenzar nuestras investigaciones en Septiembre de 1917, el aparato fué de nuevo calibrado en el mismo Instituto por el doctor Héctor Isnardi, atención que obliga nuestro agradecimiento, siguiendo el método del galvanómetro balístico descrito por Lopicque en 1905 que se funda en lo siguiente: se sabe que la elongación de un galvanómetro balístico es proporcional dentro de ciertos límites a la cantidad (Q) de electricidad que se descarga sobre él. La intensidad (I) de la corriente con la cual se hace la descarga es fácil conocerla haciendo directamente la lectura sobre un amperímetro, o bien, teniendo en cuenta el voltaje de la fuente y la resistencia total del circuito sobre el cual se opera. Dividiendo entonces la cantidad de electricidad leída en el galvanómetro por la intensidad con la cual se trabaja, lógicamente se obtendrá el tiempo (t) que ha durado la corriente que se considera; desde que si $Q = It$ se tendrá que $t = \frac{Q}{I}$

La constante del galvanómetro conocida y controlada antes y después de la calibración del aparato por una inducción mutua se mostró invariable.

El coeficiente de la inducción mutua fué a su vez controlado, con una inducción tipo en la cual se conocían los elementos constituyentes, en forma tal que se podía calcular su inducción por la fórmula $4\pi nNAS$; donde (n) es el número de espiras del primario por centímetro; (N) el número total de vueltas del secundario; (A) el área de la sección transversal del primario y (S) la corriente que atraviesa el primario expresadas en unidades electro-magnéticas.

Por este procedimiento con el doctor Isnardi obtuvimos los siguientes valores:

<u>Distancia de las llaves</u>	<u>Intervalos en segundos</u>
170°	0,033960
140°	0,025280
110°	0,019150
80°	0,013820
40°	0,006809
10°	0,001688

Si colocamos la graduación del aparato en ordenada y los tiempos en abscisas, se ve claramente que los valores obtenidos por ambos métodos concuerdan estrechamente; (ver fig. 5).

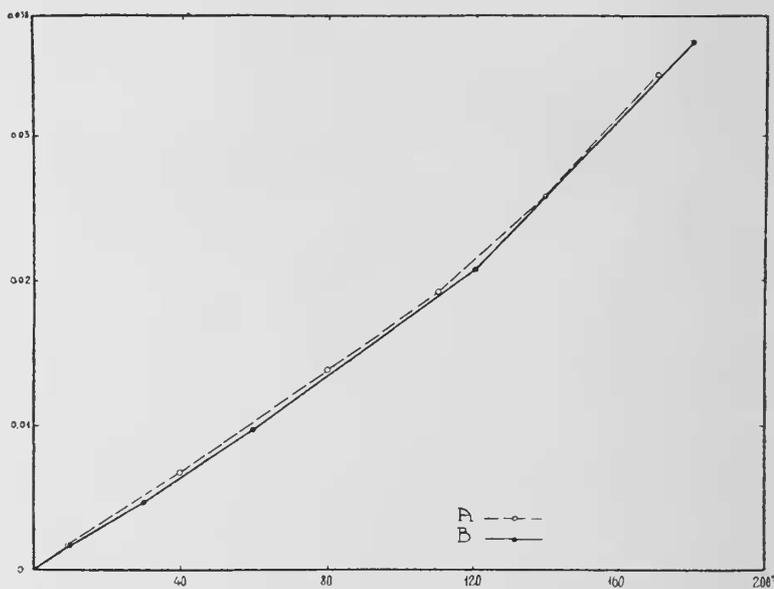


Figura 5.—Curvas de calibración del reótomó elástico.
A Curva obtenida con el galvanómetro balístico; B Curva obtenida con el oscilógrafo.

Después de haber trabajado cerca de cinco meses, el reótomo se vuelve a calibrar y se comprueba que la variación debida a la acción hereditaria sobre el elástico no era mayor de un cinco por mil.

TECNICA.

Para buscar la característica de excitabilidad del gastrocnemio de nuestros batracios, por el método de Lapique, procedimos en todos los casos de la manera siguiente:

Excitabilidad investigada al través del nervio.— En un animal, con su médula destruída, se investiga el ciático teniendo cuidado de evitar todo tironeamiento del nervio y su contacto con instrumentos metálicos conservando siempre intactos los vasos satélites. Se carga al nervio sobre un electrodo de Lapique para ciático de rana, previamente clorurado por la corriente eléctrica, asegurando el contacto entre el electrodo y nervio por medio de una pasta de kaolín en Ringer. Se pone en descubierta el tendón del gastrocnemio y se le une a una palanca miográfica cuya amplificación era igual a 20, notándose en esta forma fácilmente el umbral de la contracción. El músculo en ningún caso fué sobrecargado, efectuándose la contrapresión con un elástico muy débil.

En estas condiciones aumentando progresivamente la intensidad por medio del reductor de potencial se buscaba el umbral de contracción con un cierre hecho a mano y mandando la corriente por medio del conmutador (*C*) al galvanómetro se leía la intensidad que era necesaria para llegar al umbral. Se esperaba que este umbral reobásico fuera constante obtenido lo cual, por medio del reductor

de potencial, se elevaba la intensidad dada por el galvanómetro al doble; cerrada la llave (*L*) del reótomo en corto circuito se hacía que el conmutador enviara la corriente eléctrica a los electrodos.

Partiendo de cero se iba librando el elástico y las llaves se alejaban de décimo en décimo de división, hasta obtener una respuesta muscular mínima. Se anotaba la distancia de las llaves que habían dado el umbral para una intensidad doble de la que se necesitó con corriente infinita y refiriendo esta distancia al gráfico de calibración del aparato se leía el tiempo que había durado el pasaje de la corriente; la que sabemos es numéricamente igual a la cronaxia puesto que hemos visto en páginas anteriores que $\tau = t$ cuando $i = 2b$.

Encontrada la cronaxia se volvía a buscar la reobase en la misma forma indicada al iniciar la experiencia y si esta determinación no concordaba con la primera, es decir, si la reobase no había permanecido constante, el resultado era desechado.

En todos los casos se operó con corriente descendente.

Cuando se busca el umbral de respuesta tanto a mano como con el reótomo, es prudente esperar entre una y otra excitación unos veinte segundos, pues si no se procede así se corre el peligro de ver aparecer la respuesta con intensidades menores que las reales.

Dado que la cronaxia varía con la temperatura, siempre ésta era cuidadosamente anotada utilizándose un termómetro que permitía apreciar variaciones de un décimo de grado.

En esta forma se hicieron alrededor de cien determinaciones de cronaxia de las cuales transcribimos a continuación dos resultados, uno de rana y otro de sapo, elegidos entre aquellos que representan los valores medianos de cronaxia.

Experiencia N° 25.

RANA (*Leptodactylus Ocellatus*)

Temperatura ambiente 21° C.

Hora	β unidades arbitrarias	τ en segundos
10,40	19	0,00026
11,20	16	0,00029
11,30	15	0,00027
11,40	15	0,00027
11,50	16	0,00026
12,05	15	0,00027

β = Reobase del nervio τ = Cronaxia del nervio

Experiencia N° 38.

SAPO (*Bufo Marinus*)

Temperatura ambiente 21° C.

Hora	β en unidades arbitrarias	τ en segundos
8,20	4 $\frac{1}{4}$	0,00036
8,35	3 $\frac{3}{4}$	0,00041
8,55	3	0,00040
9,20	3	0,00040

β = Reobase del nervio τ = Cronaxia del nervio

Con este método hemos trabajado en lacuatro estaciones del año, con temperaturas que oscilaron entre 11° y 26°. La cronaxia de la rana para estas temperaturas varía entre 0,00015 (*exp. núm. 75*) y 0,00040 de segundo (*exp. núms. 37 y 41*) siendo su valor medio de 0,00028 para una temperatura ambiente de 15 a 18°.

En las mismas condiciones la cronaxia para el sapo varía entre 0,0006 (*exp. núms. 39 y 85*) y 0,00050 de segundo (*exp. núm. 1*), siendo la mediana 0,00036 de segundo.

Tanto en el *Leptodactylus* como en el *Bufo* los valores habituales no se separan mayormente del valor medio.

Excitabilidad investigada directamente sobre el músculo.— Por este mismo método se determinó la cronaxia del músculo para lo cual se cloruraron electrolíticamente dos alambres de plata de 2/10 de mm. de diámetro y con ellos se pinchó el músculo. En esta forma pudimos comprobar que la cronaxia del gastronemio tomada sobre él directamente o por intermedio del ciático es sensiblemente la misma, hecho ya descrito por Lopicque con el nombre de isocronismo del músculo y de su nervio motor.

Transcribimos a continuación dos experiencias en este sentido:

Experiencia N° 33.

SAPO (*Bufo Marinus*)
Temperatura ambiente 21° C.

Hora	βn en unidades arbitrarias	τn en segundos	βm en unidades arbitrarias	τm en segundos
3,35	11	0,00040	3 1/2	0,00040
3,50	11	0,00036	3 1/2	0,00034
4,15	7 1/2	0,00044	3 1/2	0,00040
4,25	7 1/2	0,00038	3 1/2	0,00042
βn — Reobase del nervio		τn — Cronaxia del nervio		
βm — Reobase del músculo		τm — Cronaxia del músculo		

Experiencia N° 42.

RANA (*Leptodactylus Ocellatus*)
 Temperatura ambiente 25° C.

Hora	βn en unidades arbitrarias	τn en segundos	βm en unidades arbitrarias	τm en segundos
4	15	0,00023	4	0,00027
4,20	13	0,00021	$4 \frac{1}{2}$	0,00024
4,40	$11 \frac{1}{2}$	0,00021	5	0,00024
4,50	$11 \frac{1}{2}$	0,00021	4	0,00028

βn — Reobase del nervio τn — Cronaxia del nervio
 βm — Reobase del músculo τm — Cronaxia del músculo

Excitando directamente al músculo se obtiene en general una cronaxia mayor para el sapo que para la rana, guardando la misma relación que hemos enunciado en los valores obtenidos a través del nervio.

INVESTIGACIONES EFECTUADAS CON EL MÉTODO DE LUCAS.

Excitabilidad investigada al través del nervio. — Hemos visto que para determinar la característica de excitabilidad de un tejido por el metodo de Lucas, basta anotar en ordenadas las intensidades que dan el umbral con una serie de pasajes de corriente cuya duración se ha elegido arbitrariamente y colocar el tiempo que duró la corriente en abcisas. Se establece así una curva sobre la cual se busca el punto que corresponde al doble de la intensidad, tomando como unidad el punto donde esta curva comienza a subir de una manera franca. Desde el punto que corresponde al doble de la intensidad se baja una perpendicular a la abcisa leyéndose sobre ella un tiempo que corresponde numéricamente a la característica de excitabilidad buscada. Si se analizan las bases de este método

se ve que fundamentalmente es lo mismo que hace Lapicque, con la diferencia de que el método de Lucas establece la curva permitiendo seguir sobre ésta las variaciones de excitabilidad que experimenta el tejido al ser excitado con tiempos diferentes. Con este procedimiento una vez obtenida la curva es fácil determinar la mayor o menor excitabilidad de un tejido por la rapidez de ascenso de esa curva.

En esta forma por ejemplo se obtuvieron los siguientes resultados:

Experiencia N^o 78.

RANA (*Leptodactylus Ocellatus*)

Temperatura ambiente 14,3° C.

Excitación del nervio ciático

Tiempo en segundos	Intensidad en unidades arbitrarias
∞	
0,034	5
0,025	5
0,021	5
0,015	5
∞	5
0,010	5
0,008	5
0,0045	5
0,0030	5 1/4
∞	5 1/4
0,0017	5 1/2
0,00076	6 1/2
0,0006	6 1/2
0,00045	8
0,00030	9 1/2
0,00015	12
∞	5 1/4

Estableciendo la curva respectiva se tiene

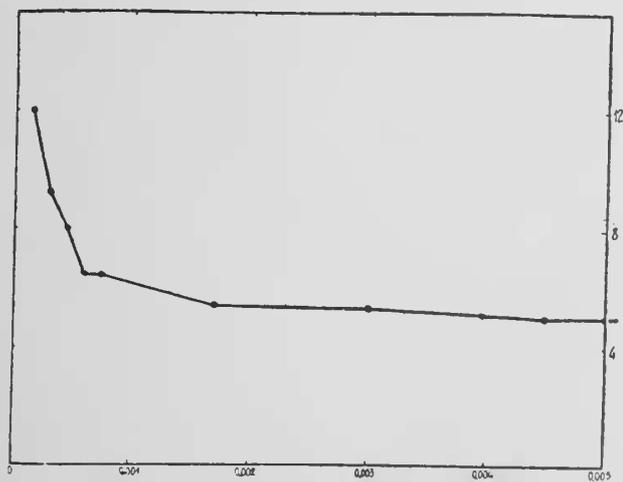


Figura 6.

Experiencia N° 55 a)

SAPO (*Bufo Marinus*)

Temperatura ambiente 20° C.

Excitación del nervio ciático

Tiempo en segundos	Intensidad en unidades arbitrarias
∞	14
0,034	14
0,025	14
0,021	14
0,015	14
∞	14
0,010	14
0,008	14
0,003	16
0,0025	18
0,0017	21
∞	14 1/4
0,00076	24
0,00060	25
0,00045	26 1/2
0,00030	29
0,00015	40
∞	14 1/4

Curva de la Exp. número 55

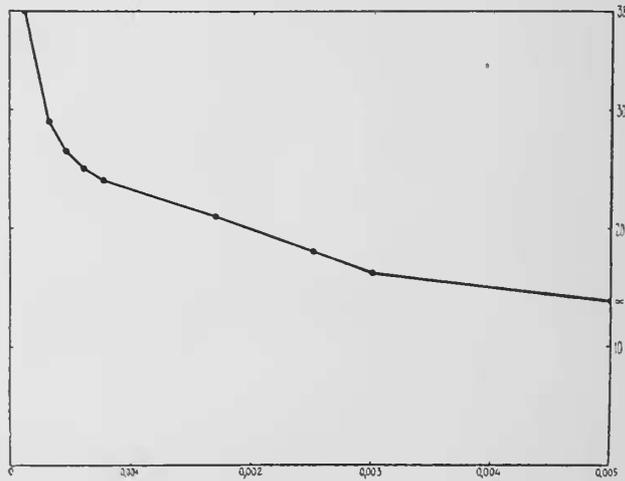


Figura 7.

Vemos que los resultados obtenidos con esta técnica concuerdan con los establecidos por el método de Lapique, es decir que la excitabilidad de la rana es mayor que la del sapo.

Excitabilidad investigada sobre el músculo. — Con el objeto de establecer la característica de excitabilidad directamente sobre los músculos hemos hecho una serie de experiencias utilizando el mismo dispositivo de excitación empleado para el nervio salvo la resistencia (*r*) que no fué intercalada.

Al batracio cuya médula había sido destruída se le aislaba el músculo a estudiar teniendo cuidado de operar con el animal sumergido en Ringer.

Para aislar el gastrocnemio se cortaba el tendón terminal disecándose con cuidado el músculo a manera de conservar la inserción central unida al hueso, para lo cual se seccionaba éste. Con el sartorio hemos procedido en forma análoga; es decir, que su extremidad tibial era desinsertada conservando la pélvica unida al hueso a cuyo efecto la sección era hecha sobre el hueso mismo.

Una vez aislado el músculo se colocaba en el electrodo impolarizable de Lucas.

Este electrodo se compone de dos tubos (*a*) y (*b*), de forma especial, que se unen por medio de un anillo de goma (*g*) que asegura un cierre hermético. Los tubos (*a*) y (*b*) se llenan de Ringer (*r*) teniendo cuidado de que entre ambos quede un espacio libre (*c*) y que servirá de cámara húmeda. El músculo (*m*) en cuyo extremo terminal hay un ligero peso (*p*), constituido por un pedazo de vidrio (varilla) se une por medio de un hilo (*h*) a un soporte (*s*) que puede ser levantado y descendido con facilidad. En los extremos (*j*) y (*k*) hay dos filtros de porcelana que se llenan con una solución de sulfato de zinc y dentro de los cuales se coloca como cuerpo conductor una barca de zinc perfectamente amalgamado. El tubo (*a*) termina en su parte inferior por una extremidad más o menos estrecha según el tamaño del músculo.

En este electrodo el filtro (*j*) está en comunicación con el polo negativo y el filtro (*k*) con el polo positivo. Se

comprende fácilmente que al establecer la corriente la mayor densidad se encontrará en el punto más estrecho del circuito, que en nuestro caso es la parte inferior del tubo (a) y si a este tubo lo hacemos actuar como catodo, la excitación del músculo se hará al nivel del punto es-

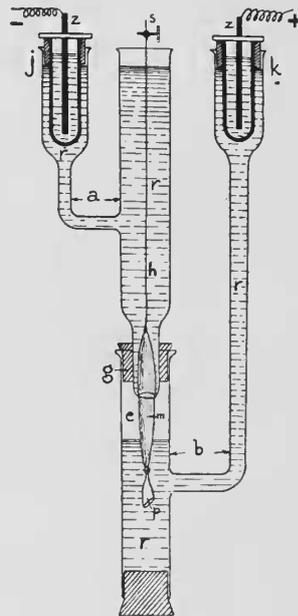


Figura 8.

trechado, puesto que sabemos que en un músculo normal el polo activo es el negativo. Se comprende asimismo que si se deja fijo el electrodo y se sube o baja más o menos el soporte (s), al cual está unido el músculo (m), es posible excitar este músculo sólo en el punto que se desee.

El Ringer empleado en las determinaciones que analizaremos a continuación estaba compuesto por

Na Cl.....	6,5	‰
K Cl.....	0,20	„
Ca Cl ₂	0,19	„
Na HCO ₃	0,20	„

en esta forma efectuamos una serie de experiencias de las cuales entresacamos las siguientes:

Experiencia N° 43.

RANA (*Leptodatylyus Ocellatus*)

Temperatura ambiente 23° C.

Gastrocnemio en electrodo de Lucas

Tiempo en segundos	Intensidad en unidades arbitrarias
∞	6
0,034	6
0,025	6
0,021	6
0,015	6
∞	6
0,010	6
0,008	6
0,0045	6
0,0040	6 1/2
0,0030	3 1/2
0,0025	7
∞	6 1/4
0,0017	7 1/2
0,0013	8
0,0010	8 1/2
0,00076	9 1/4
∞	6 1/2
0,00060	10
0,00045	11
0,00038	13
0,00015	30
∞	6 1/2

siendo su curva correspondiente

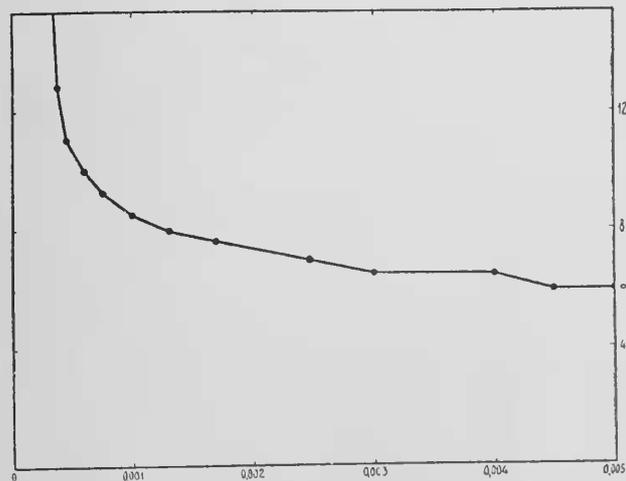


Figura 9

Experiencia N° 52.

SAPO (*Bufo Marinus*)

Temperatura ambiente 18° C.

Gastrocnemio de electrodo de Lucas

Tiempo en segundos	Intensidad en unidades arbitrarias
∞	18
0,034	18
0,025	18
0,021	18
0,015	18
∞	18
0,010	18
0,008	18
0,0045	19
0,0030	21
∞	18 ¹ / ₄
0,0025	24
0,0017	28
0,00076	32
0,00060	34
0,00045	36
0,00030	44
∞	19

Poniendo estos valores en coordenadas se obtiene

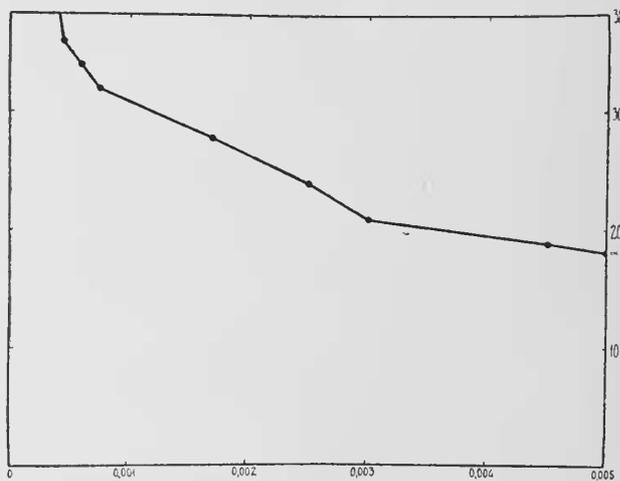


Figura 10.

Experimentado con el sartorio los resultados son concordantes:

Experiencia N° 72.

RANA (*Leptodactylus Ocellatus*)
Temperatura del Ringer 17° C.

Sartorio en electrodo de Lucas

Excitación de la región mediana

Tiempo en segundos	Intensidad en unidades arbitrarias	Tiempo en segundos	Intensidad en unidades arbitrarias
∞	11 1/2	0,0017	11 1/2
0,034	11 1/2	∞	11 1/2
0,025	11 1/2	0,001	11 1/2
0,021	11 1/2	0,00076	12 1/4
0,015	11 1/2	0,00060	13
∞	11 1/2	0,00045	14 1/4
0,010	11 1/2	0,00030	16 3/4
0,008	11 1/2	0,00015	23
0,0045	11 1/2	∞	12
0,0030	11 1/2		

Curva de la experiencia número 72

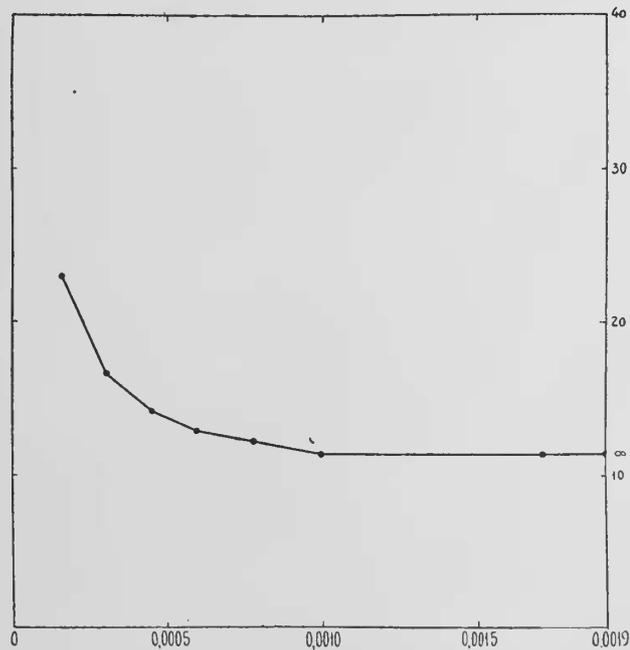


Figura 11.

Experiencia N° 73.

SAPO (*Bufo Marinus*)
Temperatura del Ringer 17° C.

Sartorio en electrodo de Lucas		Excitación de la región mediana	
Tiempo en segundos		Intensidad en unidades arbitrarias	
∞		6 1/2	
0,034		6 1/2	
0,025		6 1/2	
0,021		6 1/2	
0,015		6 1/2	
∞		6 1/2	
0,010		6 1/2	
0,008		6 1/2	
0,0045		6 1/2	
0,0030		6 1/2	
∞		6 1/2	
0,0017		7	
0,00076		8	
0,00045		11	
0,00030		13	
0,00015		20	
∞		6 1/2	

Curva de la exp. número 73

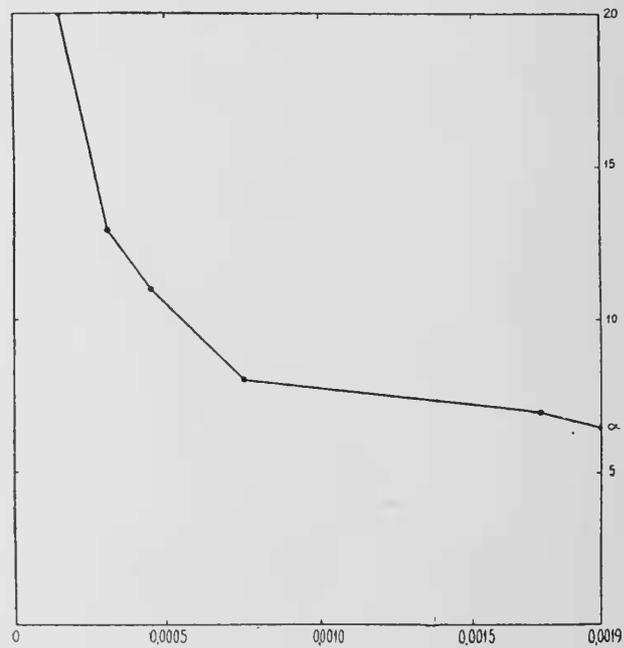


Figura 12.

Se toma la región mediana del sartorio por ser ella la que contiene nervios y terminaciones nerviosas, dando por lo tanto características de excitabilidad del mismo orden del gastronemio, el cual también contiene nervios.

Con esta técnica vemos de nuevo que los músculos de rana son ligeramente más rápidos que los de sapo.

RESULTADOS OBTENIDOS CON CONDENSADORES POR LA TÉCNICA DE LAPICQUE.

La caja de condensadores que hemos utilizado se compone de una serie de capacidades variables que van desde 1/100 de microfarad hasta un microfarad, pudiéndose colocar todas las capacidades intermedias.

El control de la caja fué hecho con un galvanómetro balístico cuya constante conocida y controlada no varió durante la experiencia. No todas las capacidades eran exactas pero en ningún caso el error fué mayor del 5 100. Además, en los valores que daremos más tarde se ha tenido en cuenta el error de cada capacidad y se ha hecho la corrección.

Se utilizó también el shunt de Lopicque cuyas resistencias fueron medidas antes de iniciar y después de terminar nuestras investigaciones, habiendo permanecido constantes.

El dispositivo empleado responde al esquema siguiente: (ver fig. 5).

(*F*) es la fuente de electricidad constituída por acumuladores; (*p*) es un reductor de potencial; (*v*) un vólmetro; (*h*) y (*h'*) los topes de carga de la caja (*C*); (*a*) y (*a'*) los de descarga; (*S*) es el shunt de Lopicque compuesto por las tres resistencias (*b*), (*c*) y (*d*) de 7.000 (*b*), 3.000 (*c*) y 10.000 (*d*) *Ohms* de resistencia; (*e*) y (*e'*) son los electrodos colocados en derivación sobre la resistencia (*c*) y en serie sobre la (*d*). La carga y descarga se hacía a la ayuda de un *relais*.

Se ve por esta esquema que la descarga de los condensadores se hace al través de las resistencias (b) y (c) de 7.000 y 3.000 *Ohms*, puestas en serie y de una manera indirecta sobre el circuito de los electrodos.

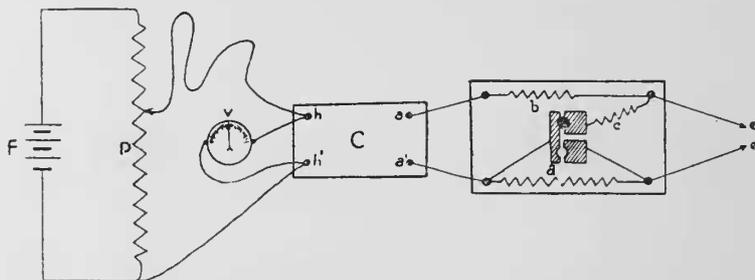


Figura 13.

Sobre la resistencia (c) de 3.000 *Ohms* se hace en efecto una derivación que va a los electrodos (e) y (e') teniendo este circuito en serie una nueva resistencia (d) de 10.000 *Ohms*. Se ve así que la resistencia total del circuito derivado que contiene los electrodos y el tejido a estudiarse tendrá siempre mayor resistencia que el circuito a, b, c, a' que hemos visto es de 10.000 *Ohms* (7.000 + 3.000) puesto que el circuito de los electrodos contiene una resistencia de 10.000 *Ohms* más la resistencia de los electrodos y del nervio o músculo que se estudia.

De esta manera la resistencia total del circuito de utilización permanece prácticamente constante siendo un poco menor que la del circuito a, b, c, a' lo cual puede demostrarse fácilmente teniendo en cuenta la resistencia del circuito e, e' d' y haciendo la suma de las conductibilidades de ambos circuitos.

La ventaja del shunt de Lapicque reside justamente en que se puede en la práctica considerar como constante la resistencia del circuito a, b, c, a' aunque la resistencia del tejido colocado en (e) (e') varíe dentro de límites bastante amplios.

En esta forma se evita tener que determinar en cada caso la resistencia del nervio o músculo colocado en (e)

(e') tomándose como resistencia total la del circuito a, b, c, a' desechándose el error que existe por la presencia del circuito derivado, por cuanto este error nunca llega a ser del 5 % aproximación perfectamente tolerada en investigaciones biológicas.

En páginas anteriores hemos visto que la duración de la descarga de un condensador es tanto mayor cuanto mayor es su capacidad, es decir que si se mantienen constantes las demás condiciones, la descarga de un condensador de dos micrafarad durará prácticamente (1) el doble de lo que dura la descarga de otro condensador de un microfarad.

Por otra parte sabemos que si descargamos a un mismo condensador, mantenido en las mismas condiciones, sucesivamente en dos circuitos uno de resistencia (R) y el otro de resistencia igual a ($2R$) la duración de la descarga en este último circuito será doble de la del primero. Por lo anterior se puede deducir que si se multiplica la resistencia del circuito de utilización por la capacidad empleada tendremos en todos los casos un medio para determinar cuanto ha durado prácticamente la descarga de un condensador.

Vimos igualmente que Lopicque ha demostrado la similitud de (RC) de la fórmula de Hoorweg con (t) de la fórmula de Weiss y también que basta multiplicar (RC) por 0,37 para obtener el tiempo útil de la descarga de un condensador, es decir el tiempo durante el cual esta descarga es eficaz como elemento de excitación neuro muscular.

Siendo así, para determinar la cronaxia por medio de los condensadores, bastará buscar el voltaje reobásico que da el umbral para una corriente continua de duración infinita, duplicar este voltaje y buscar con qué capacidad aparece el umbral de contracción.

Multiplicando esta capacidad por la resistencia del circuito, que hemos visto puede ser considerada prácticamente

(1) Teóricamente la duración de la descarga es infinita.

igual al circuito a, b, c, a' , y por el factor 0,37 que representa el tiempo útil de la descarga, se obtendrá el valor de la cronaxia expresada en segundos.

Siguiendo este método y excitando el gastronémio por medio del nervio ciático puesto en un electrodo de Lapique clorurado electrolíticamente hemos obtenido los resultados siguientes:

Experiencia N° 28 C.

SAPO (*Bufo Marinus*)

Temperatura 22° C.

Excitabilidad investigada al través del ciático. — Electrodo de Lapique.
— Corriente descendente.

Hora	β en unidades arbitrarias	τ en $\left(\frac{\mu \text{ Farad}}{100}\right)$	τ en segundos
9,10	Se coloca el electrodo		
9,20	42	10	0,00037
9,30	44	10	0,00037
9,40	45	10	0,00037

Experiencia N° 29 C.

RANA (*Leptodactylus Ocellatus*)

Temperatura 22° C.

Excitabilidad investigada al través del ciático. — Electrodo de Lapique.
— Corriente descendente.

Hora	β en unidades arbitrarias	τ en $\left(\frac{\mu \text{ Farad}}{100}\right)$	τ en segundos
9,55	Se coloca el electrodo		
10	33	7	0,00026
10,10	32	7	0,00026
10,20	34	7	0,00026
11	30	8	0,0003

CONCLUSIONES

Por todo lo anterior creemos estar autorizados para llegar a las siguientes conclusiones:

1) La cronaxia del *Leptodactylus Ocellatus* (Lin) Gir es netamente menor que la del *Bufo Marinus* (L.) Schneid.

2) El valor medio de la cronaxia del *Leptodactylus Ocellatus* es de 0,00028 de segundo para una temperatura de 15° a 18°C.

3) Para las mismas temperaturas la cronaxia del *Bufo Marinus* oscila alrededor de 0,00036 de segundo.

4) En ambos anuros los valores habituales no se apartan mayormente del valor medio.

La Plata, Noviembre 1° de 1918.



BIBLIOGRAFÍA ¹

- Adrian E. D., and Keith Lucas.**—On the summation of propagated disturbances in nerve and muscle, (J. Ph., 1912, pág. 68).
- Adrian E. D.**—On the conduction of subnormal disturbances in normal nerve. (J. Ph., 1912-13, pág. 389).—The relation between the size of the propagated disturbance and the rate of conduction in nerve. (J. Ph., 1914, pág. 53).—The all-or-none principle in nerve. (J. Ph., 1914, pág. 460).—The temperature coefficient of the refractory period in nerve. (J. Ph. 1914, pág. 453).—The recovery of conductivity and of excitability in nerve. (J. Ph. 1916, pág. 345).
- Aubertein A.**—Sur divers aspects de la décharge d'un condensateur. (C. R. A. S., 1912, CLIV, pág. 874).
- Babonneix L.**—Recherches sur l'excitabilité électrique des muscles. (C. R. S. B.), 1910, I, pág. 246).
- Bancroft F. W.**—The electrical stimulation of muscle, as dependent upon the relative concentration of the calcium ions. (J. Ph., 1909-10, pág. 1).—The influence of the relative concentration of calcium ions on the reversal of the polar effects of the galvanic currents in paramecium. (J. Ph., 1906, pág. 444).
- Basler A.**—Über den Einfluss der Reizstärke auf die tetanuskurve des Froschsartorius. (A. f. g. Ph., 1904, CV, pág. 344).—Ueber den Einfluss der Reizstärke und der Belastung auf die Muskelcurve. (A. f. g. Ph., 1904, CII, pág. 254).
- Bazett H. C.**—Observations on the refractory period of the sartorius of the frogs. (J. Ph., 1907-8, pág. 414).
- Beaunis H. e Aducco V.**—Elementi di Fisiologie Umana (U. T. E. Torinese, 1905, II, pág. 193).
- Berstein J.**—Vorläufige Mitteilung über einen neuen Reizapparat für Nerv. und Muskeln. (A. f. A. und Ph., 1862).—Electrobiologie (Braunschweig 1912).
- Bordier H.**—Etude graphique de la contraction musculaire produite par l'étincelle électrique. (A. E. M., 1894, pág. 513).
- Boruttai H.**—Zur Geschichte und Kritik der neueren bioelektrischen Theorien. (A. f. g. Ph., 1904, CV, pág. 427).—Die allgemeinen Gesetze der elektrischen Erregung. (Z. f. Ph., 1912, pág. 93).
- Boruttai und Fröhlich.**—Über die Veränderungen der Erregungswelle durch Schädigung des Nerven. (A. f. g. Ph., 1904, CV, pág. 444)

(1) Para las abreviaciones consúltese la página. 61

- Bottazzi.**—Ueber die Wirkung des Veratrins und anderer Stoffe auf die quergestreifte atriale und glatte Muskulatur. (A. f. g. Ph., 1901 pág. 377).
- Bourguignon G.**—La notion de vitesse d'excitabilité en physiologie et pathologie nerveuses. (B. O. S. F. E. R., 1912, pág. 521).—Les procédés modernes d'électro-diagnostic des nerfs moteurs et des muscles. (J. R. E., 1914-15, pág. 516).—Caractéristique d'excitabilité des nerfs et des muscles de l'homme avec les décharges de condensateurs, par la détermination du produit R C. par la plus petite capacité donnant le seuil avec le voltage rheobasique. (C. R. A. S., 1916, CLXII, pág. 262).—Procédé de détermination de la chronaxie chez l'homme à l'aide des décharges de condensateurs—classification des muscles du membre supérieur par la chronaxie suivant leurs origines radiculaires. (C. R. A. S., 1916, CLXIII, pág. 68).—Procédé de détermination de la chronaxie chez l'homme à l'aide de décharges de condensateurs (Technique). (C. R. S. B., 1916, pág. 637).—Mesure de la résistance par les décharges de condensateurs, au moyen d'un milliamperimètre sensible employé comme galvanomètre balistique. (C. R. S. B., 1916, pág. 584).—Détermination de la chronaxie chez l'homme à l'aide de décharges de condensateurs—Chronaxie normale des nerfs et des muscles en membre supérieur de l'homme. (C. R. S. B., 1916, pág. 641).
- Bourguignon G. et Barré A.**—Essai de détermination de la chronaxie à travers la peau chez l'homme. (C. R. S. B., 1914, II, pág. 486).
- Bourguignon et Laugier.**—Vitesse d'excitabilité et courant induit. (C. R. S. B.), 1912, I, pág. 416). (C. R. S. B.), 1912, I, 376).
- Bourguignon et Lucas.**—Classification des muscles du membre supérieur de l'homme suivant leur systématisation radiculaire par le rapport des quantités donnant le seuil avec les deux ondes isolées du courant induit (indice de vitesse d'excitabilité). (C. R. A. S. 1916, CLXIII, pág. 446).
- Braeuning H.**—Zur Kenntniss der Wirkung chemischer Reize. (A. f. g. Ph., 1904, CII, pág. 163).
- Bramwell, Crighton and Keith Lucas.**—On the relation of the refractory period to the propagated disturbance in nerve. (J. Ph., 1911, pág. 495).
- Branly E.**—Conductibilité des radioconducteurs ou conductibilité électrique discontinue. Assimilation à la conductibilité nerveuse. (A. E. M., 1898, VI, pág. 45).
- Broca A.**—Appareil pour réaliser des décharges de condensateur constantes avec des fréquences variables. (A. I. B., 1901, XXXVI, pág. 64)
- Brooks C.**—On conduction and contraction in skeletal muscle in water-rigor. (A. J. Ph., 1906, XVII, pág. 218).—Equilibrium in salts perfusing solution. (J. Ph., 1914, pág. LXI).
- Brücke.**—Ueber die Reizung der Bewegungsnerven durch elektrische

- Strom. (Sitzungsberichte der Wiener Ak. 1868).—Ueber den einfluss der Stromesdauer auf die elektrische Erregung der Muskeln. (Sitzungsberichte der Wiener Ak., 1867).
- Brünings W.**—Zur osmotischen Theorie der Zellektrizität. (A. f. g Ph., 1907, CXVII, pág. 409).
- Burridge W.**—Note on summation. (J. Ph., 1913-14, pág. XXXI).
- Bürker.**—Ueber die Erregung und physiologische Wirkung schnell und langsam verlaufender magnetelektrischer Ströme. (Dissert, Turbingen, 1897).
- Camis Mario.**—Sobre la resistencia del *Leptodactylus ocellatus* (rana argentina) hacia el curare y sobre otros puntos de la fisiología general de los músculos. (Revist de la F. de A. y Veter. (La Plata), 1915, (2^e época), núm. 2, pág. 27).
- Cardot H. et Laugier H.**—Localisation des excitations de fermeture dans le methode dite unipolaire. (J. Ph. P. G., 1912, XIV, pág. 476).—Relation entre l'intensité liminaire, et le durée du pasage du courant, pour l'obtention de le secousse d'ouverture. (C. R. S. B., 1912, I, pág. 230).—Efficacité des courants a croissance ou décroissance exponentielle (J. Ph. P. G., 1913, XV, pág. 1134).—Influence de l'écartement des électrodes dans les mesures d'excitabilité (C. R. S. B., 1914, I, pág. 539).—Variations des paramètres caractéristiques de l'excitabilité des nerfs sous l'influence de l'électrotonus. (C. R. S. B., 1914, I, pág. 249).
- Cardot H.**—Modifications de l'excitabilité nerveuse par action du gaz carbonique au niveau des électrodes. (C. R. S. B.), 1912, I, pág. 500).—Variations des paramètres de l'excitabilité nerveuse en fonction de l'écartement des électrodes. (C. R. S. B., 1914, II, pág. 276).
- Carlson A. J.**—Further evidence of the fluidity of the conducting substance in nerve. (A. J. Ph., 1905, pág. 351).—Further evidence of the direct relation between the rate of conduction in a motor nerve and the rapidity of contraction in muscle. (A. J. Ph., 1906, pág. 136).—The effects of stretching the nerve on the rate of conduction of nervous impulse. (A. J. Ph., 1910-11, pág. 323).
- Charpentier A.**—Oscillations nerveuses, leur frequence. (C. R. A. S., 1899, CXXIX, pág. 38).—Oscillations nerveuses a la suite des excitations unipolaires; methode pour la mesure de leur vitesse de propagation. (C. R. A. S., 1899, CXXVIII, pág. 1473).—Vitesse de propagation des oscillations nerveuses produites par excitations unipolaires. (C. R. A. S., 1899, CXXVIII, pág. 1603).—Transmission nerveuse: d'une excitation électrique instantanée. (C. R. A. S., 1901, CXXXII, pág. 426).—Mesure directe de la longueur d'onde dans le nerf a la suite d'excitations électriques brèves. (C. R. A. S., 1901, CXXXII, pág. 1070).—Conduction nerveuse et conduction musculaire des excitations électriques. (C. R. A. S., 1901, CXXXII, pág. 794).—Nouveaux caractères de l'excitation électrique breve transmise par le nerf. (C. R. A. S., 1901, CXXXII, pág. 639).

- Clendon Mc.**—The increased permeability of striated muscle to ions during contraction. (A. J. Ph., 1911-12, pág. 302).
- Cluzet J.**—Sur la loi d'excitation des nerfs et des muscles. (A. E. M., 1902, X, pág. 15).—Sur la loi d'excitation des nerfs á l'état pathologique. (A. E. M., 1902, X, pág. 201).—Etude comparative des manifestations electrotoniques des nerfs et de l'inversion de la loi des secousses. (J. Ph. P. G., 1903, V, pág. 481); bis (An. E., 1903, VI, pág. 661).—Sur l'excitation des nerfs par décharges de condensateurs. (C. R. A. S.,) 1903, CXXXVII; pág. 670) (An. E. 1903, VI, pág. 697); (C. R. A. S., 1904, CXXXVIII, pág. 173).—Loi d'excitation par décharges de condensateurs. (A. E. M.), 1904, XII, pág. 810); (C. R. S. B.), 1905, I, pág. 161); (An. E. 1905, VIII, pág. 289); (An. E., 1905, VIII, pág. 441); (An. E., 1905, VIII, pág. 595).—Sur l'excitation des nerfs par le minimum d'énergie. (C. R. A. S.), 1905, CXL, página 1116; (Bull. Soc. Hist. Natur.—Toulouse) 1905, XXXIX, II, III. —Sur l'excitation des nerfs par le minimum de énergie; application á l'electrodiagnostic. (C. R. A. S., 1905, CXL, pág. 116).—La loi d'excitation des nerfs. (An. E., 1906, IX, pág. 505).—Sur l'excitation, par décharges de condensateurs (C. R. S. B., 1907, I, pág. 1038; I, pág. 796; I, pág. 929).—Sur la détermination au moyen des condensateurs de la formule d'excitation d'un nerf ou d'un muscle (C. R. S. B., 1907, I, p. 300).—Sur l'excitation des nerfs au moyen d'ondes de longue durée. (An. E., 1908, XI, página 44); (C. R. S. B., 1908 I, pág. 41); (J. Ph. P. G., 1908, X, pág. 392).—Electrodiagnostic au moyen d'un condensateur á capacité réglable. Procédés de mesure de la caractéristique d'excitabilité. (C. R. S. B., 1913, I, página 1293).
- Cybulski N.**—Les courants électriques dans les muscles altérés et non altérés et leur origine. (A. I. Ph., 1912, XI, pág. 418).
- Cushing H.**—Differences entre l'irritabilité des nerfs et celles des muscles. (A. I. B., 1902, pág. 63).
- Dale H. H.**—The effect of small variations in concentration of Ringer's solutions on the response of isolated plain muscle. (J. Ph., 1913, pág. XIX).
- Danilewsky B.**—Weitere Untersuchungen über die unipolare elektrokinetische Reizung der Nerven. (A. f. g. Ph., 1905, CVII, p. 452).
- D'Arsonval A.**—Analogies hydrauliques de la charge des condensateurs (A. E. M., 1896, IV, pág. 45).—Procédé pratique pour doser les courants d'induction et changer la forme de l'excitation électrique. (A. Ph., 1891, p. 585).—Relations entre la forme de l'excitation électrique et la réaction neuromusculaire. (A. Ph., 1889, pág. 246).
- Devaux-Charbonnel.**—Mesure de temps très courts par le décharge d'un condensateur. (C. R. A. S.), 1906, CXLII, pág. 1080).
- Ditter R.**—Über die Begegnung zweier Erregungswellen in der Skelettmuskelfaser. (A. f. g. Ph., 1913, CL, pág. 262).
- Ditter und Satake.**—Über den Parallelismus von Aktionsstrom und

- Erregung des Nerven bei Cinchonaminvergiftung. (A. f. g. Ph., 1912, CXLIV pág. 229).
- Doniselli C.**—Ueber Unterschiede in der Wirkung mechanischer und elektrischer Reize. (A. f. g. Ph., 1903, XCVI, pág. 624).
- Doumer E.**—Note sur l'excitation des nerfs et des muscles par les décharges de condensateurs. (An. E., 1910, XIII, pág. 217).
- Dubois.**—(Berne) Sur l'action physiologique du courant galvanique dans sa période d'état variable de fermeture. (A. E. M., 1898, VI, pág. 1). (A. Ph., 1897, pág. 746).—Resistence du corps humain dans la période d'état variable du courant galvanique. (An. E., 1899, II, pág. 141).—La loi de Du Bois-Reymond et les mesures en électrologie. (An. E., 1900, III, pág. 676).—Recherches sur l'action physiologique des courants et decharges électriques. (Ann. des. Sc. Phisiq. et nat. de Geneve., 1891, pág. I)
- Du Bois Reymond.**—Vom Swankungsrheocord einer Vorrichtung zum Erweise des allgemeinen Gesetzes der Nervenregung durch den Strom. (Gesamten Abhaadlugen, I, pág. 198).—Von dem allgemeinen Gesetze der Nervenregung durch den elektrischen Strom. (Untersuchungen über Thierische Elektrizitat 1848).
- Ellison F. O. B.**—The relation between the injury and action currents of frog's nerve. (J. Ph. 1911, fas., 2, pág. I).
- Engelmann T. W.**—Beitrage zur allgemeinen Muskeln und Nervenphysiologie. (A. f. g. Ph., 1870, III).
- Euken und Miura.**—Zur Nernst'schen Theorie der elektrischen Nervenreizung. (A. f. g. Ph., 1911, CXL, pág. 593).
- Fano G.**—Sulla trassmissione di eccitamenti per vie umorali e nervose (A. F., 1913, XI, 203).
- Fick.**—Untersuchungen über elektrische Nervenreizung. (Braunschweig 1864). -- Beitrage zur vergleichende Physiologie des irritabelen Substanzen. (Braunschweig, 1863).
- Filon Genevieve.**—Variation de la vitesse d'excitabilité musculaire avec la temperature. (J. Ph. P. G., 1911, XIII, pag. 19).
- Filon et Weill.**—Influence de la temperature sur l'addition latente. (C. R. S. B., 1910, I, pág. 1017).
- Fischer H.**—Zur Physiologie der quergestreiften Muskeln der Säugetiére. (A. f. g. Ph., 1908, CXXV, pág. 541).
- François M.**—Volmètre-milligrammètre pour lecture directe et sans calcul de la valeur des décharges de condensateurs. (A. E. M., 1909, XVII, pág. 565).
- François-Franck.**—Excitation par décharges d'induction. (C. R. S. B. 1912, I, pág. 77).
- Ganter C.**—Über den Temperaturkoeffizienten der Erregungsleitung im motorischen Froschnerven. (A. f. g. Ph., 1912, CXLVI, pág. 185).
- Gildemeister M.**—Die Einheitlichkeit der elektrischen Reizgesetze. (A. f. g. Ph., 1911, CXL, pág. 609).—Induktionsströme als Reize. (A. f. g. Ph., 1910, CXXXI, pág. 601).—Über die im tierischen Kör-

- per bei elektrisches Durchströmung entstehenden Gegenkräfte. (A. f. g. Ph., 1912, CXLIX, pag. 389).—Über Interferenzen zwischen zwei schwachen Reizen. (A. f. g. Ph., 1908, CXXIV, pag. 447).
—Untersuchungen über indirekte Muskelregung und Bemerkungen zur Theorie derselben. (A. f. g. Ph., 1904, CI, pag. 203).
- Goldborough Mayer A.**—Further studies of nerve conduction in Cassiopea. (A. J. Ph., 1917, pag. 469).—Formula for rate of nerve conduction in sea water. (A. J. Ph., 1917, pag. 591).
- Gotch F.**—The delay of the electrical response of nerve to a second stimulus. (J. Ph., 1910, pag. 250).
- Grandis V.**—La fonction des nerfs soumis a l'action indirecte du courant électrique. (A. I. B., 1902, pag. 313).
- Gruber Gh.**—The blocking of nerve impulses in the frog. (A. J. Ph., 1912-13, pag. 413).
- Grutzner.**—Ueber die Reizwirkung Stohrserschen Maschine auf Nerv und Muskeln. (A. f. g. Ph., 1891).
- Härtl J.**—Ueber den Einfluss von Wasser und anisotonischen Kochsalzlösungen auf die Grundfunctionen des quergestreiften Muskelsubstanz und der motorischen Nerven. (A. f. A. und. Ph., 1904, pag. 65).
- Hedon et Fleig.**—Sur l'entretien de l'irritabilité de certains organes séparés du corps, par immersion dans un liquide nutritif artificiel. (C. R. A. S., 1903, CXXXVII, pag. 217).
- Hermann L.**—Untersuchungen über indirekte Muskelreizung durch abgebrochene Kondensatorentladungen. (A. f. g. Ph., 1909, CXXXVII, pag. 172).
- Hertlizka A.**—Sui liquidi atti a conservare la funzione dei tesute sopravvivenenti. (A. F., 1909, VI, pag. 369); (A. F., 1910, VIII, pag. 249); (A. F., 1910, VIII, pag. 537); (A. F., 1910, VIII, pag. 571); (A. F., 1912, X, pag. 221); (A. F., 1912, X, pag. 261).
- Herrick J. C.**—The influence on changes in temperature upon nervous conductivity as studied by the galvanometric method. (A. J. Ph., 1900, pag. 301).
- Herzen A.**—Ist die negative Schwankung ein unfehlbares Zeichen der physiologischen Nerventhätigkeit? (Z. f. Ph. XII, 1899, pag. 455).
- Hill A. V.**—The effects of frequency of excitation upon the relation between mechanical and thermal response in muscle. (J. Ph., 1913, pag. VII).—A new mathematical treatment of changes of ionic concentration in muscle and nerve under the action of electric currents, with a theory as to their mode of excitation. (J. Ph., 1910, pag. 190).
- Höber und Waldenberg.**—Über den Einfluss von Salzen starker organischer Basen auf den Ruhestrom und die Erregbarkeit von Froschmuskeln. (A. f. g. Ph., 1909, CXXXVI, pag. 331).
- Höber R.**—Beiträge zur physikalischen Chemie der Erregung und der Narkose. (A. f. g. Ph., 1907, CXX, pag. 492).

- Hofmann und Blaas.**—Untersuchungen über die mechanische Reizbarkeit der quergestreiften Skelettmuskeln. (A. f. g. Ph., 1908 CXXV, pág. 137).
- Hoorweg J. L.**—Sur l'excitation électrique des nerfs (A. I. B., 1902, XXXVII, pág. 457); (J. Ph. P. G., 1903, V, pág. 625).—Sur la loi d'excitation électrique des nerfs et des muscles. (A. E. M. 1908, XVI, pág. 729).—Sur la loi générale de l'excitation électrique. (An. E., 1908, XI, página 753).—Recherches sur l'excitation électrique des nerfs. (Arch. du Musée Teyler, T. VII, pág. 298).—Ueber die elektrische Nervenerregung. (Pflüger's Archiv, T. LII, página 87).—Sur l'action physiologique de la fermeture d'un courant galvanique. (A. Ph., 1898, pág. 269).—Über das allgemeine Gesetz der Erregung. (A. f. g. Ph. 1910, CXXXIII, pág. 161).—Über das allgemeine Gesetz der elektrischen Erregung. (A. f. g. Ph. 1908, CXXIV, página 511).—Über die elektrische Erregung des Muskeln. (A. f. g. Ph., 1904, p. 113).—Über die elektrische Erregung der Nerven und der Muskeln. (A. f. g. Ph., 1905, CX, pág. 91). (A. f. g. Ph., 1906, CXIV, pág. 216).—Über die elektrische Erregung durch Wechselströme. (A. f. g. Ph., 1907, CXIX, pág. 404).
- Huet E.**—De l'excitabilité galvanique des nerfs et des muscles. (A. E. M. 1895, III, pág. 473).—A propos du rôle des courants de polarisation dans la production des secousses d'ouverture. (A. E. M. 1896, IV, pág. 110).—Les troubles de l'excitabilité électrique des nerfs et des muscles, (J. R. E., 1914-15, pág. 676).—Le voltmètre doit-il être substitué au milliampèremètre dans l'exploration de l'excitabilité galvanique des nerfs et des muscles. (A. E. M., 1900, pág. 433).
- Jenkins and Carlson.**—The rate of nervous impulse in certain molluscs. (A. J. Ph., 1903, pág. 251).
- Joseph R. and Melzer J.**—Contribution to our knowledge of the action of sodium and calcium upon the direct and indirect irritability of the muscles of the frog. (A. J. Ph., 1911-12, pág. I).
- Joteyko Mlle. J.**—De la réaction motrice différentielle du muscle et du nerf. (A. I. B., 1901, XXXVI, pág. 59).—Sur une différence qualitative entre les effets excito-moteurs des courants induits de fermeture et d'ouverture. (C. R. A. S., 1902, CXXXIV, página 1375).—L'excitation des muscles et des nerfs par les courants faradiques de fermeture et d'ouverture. (An. E., 1902, V, pág. 373).—Sur l'excitabilité des différents muscles. (An. E., 1906, IX, págs. 577, 658 et 726).—Les bases physiologiques de l'électrodiagnostic. (A. E. M., 1907, XV, pág. 776).
- Keith-Lucas.**—On the conducted disturbance in muscle. (J. Ph., 1906, página 51).—On the optimal electric stimuli of normal and curarised muscle. (J. Ph., 1906, pág. 372).—On the optimal electric stimuli of muscle and nerve. (J. Ph., 1906-7, página 103).—The analysis of complex excitable tissues by their response to electric currents of short duration. (J. Ph., 1906-7, pág. 310).—The excitable substances

in amphybian muscle. (J. Ph., 1907-8, página 113).—On the rate of variation of the exciting currents as a factor in electric excitation. (J. Ph., 1907-8, pág. 253).—Temperature and excitability. (J. Ph., 1907-8, pág. 334).—The temperature coefficient of the rate of conduction in nerve. (J. Ph., 1908, pág. 112).—On the rate of development of the excitatory process in muscle and nerve. (J. Ph., 1908, página 459).—Nernst's theory of electric excitation applied to the excitable substance of myoneural junction. (J. Ph., 1908, pág. XXX).—On the relation between the electric disturbance in muscle and the propagation of the excited state. (J. Ph., 1909-10, pág. 207).—On the refractory period of muscle and nerve. (J. Ph., 1909-10, página 331).—Quantitative researches on the summation of inadequate stimuli in muscle and nerve, with observations on the time-factor in electric excitation. (J. Ph., 1909-10, pág. 461).—An analysis of changes and differences in the excitatory process of nerves and muscles based on the physical theory of excitation. (J. Ph., 1910, pág. 225).—On the recovery of muscle and nerve after the passage of a propagated disturbance. (J. Ph., 1910, pág. 363).—The process of excitation in nerve and muscle. Proceedings of the Royal Society, 1912, vol. LXXXV, pág. 495).—The effects of alcohol on the excitation, conduction and recovery process in nerve. (J. Ph., 1913, página 470).—Electrodes for preventing current-spread in the stimulation of nerve, (J. Ph., 1913, pág. XXXII).

Langley J. N.—On the stimulation and paralysis of nerve—cells and of nerve ending. (J. Ph., 1901, pág. 69).—The action of salts on the neural and non neural region of muscle. (J. Ph., 1911, pág. XXIV).—A preparation for demonstrating the polar stimulation of muscle by the galvanic current. (J. Ph., 1911, pág. XXVII).

Lapicque L.—Sur le grandeur des temps a considérer pour les phénomènes d'excitation. Comparaison de la Grenouille a quelques Invertébrés marins. (Trav. Lab. Soc. sc. Arcachon, 1905, VIII, página 90).—Pouvoir d'excitation du régime permanent du courant électrique sur le nerf moteur (VI Congr. intern. Physiol. Bruxelles). (A. I. Ph. 1905, II, pág. 118).—Observation a propos de la communication de M. Weiss. (C. R. S. B., 1905, II, pág. 128).—Variation systématique de la loi d'excitation électrique avec la température (VI Congr. intern. Physiol. Bruxelles). (A. I. Ph., 1905, II, pág. 119).—Sur l'excitation des nerfs par les ondes électriques très brèves. (C. R. S. B., 1905, LVIII, pág. 314); (C. R. A. S., 1905, CXL, página 537).—Comparation de l'excitabilité du muscle a celle de son nerf moteur. (C. R. S. B., 1906, I, pág. 898).—The Electrical Excitation of nerves and muscles (Brit med. Ass). (B. M. Journ., 1906, II, pág. 1800).—Sur l'excitation par décharges de condensateurs. (C. R. S. B., 1907, I, pág. 931). (C. R. S. B., 1907, I, pág. 1040). (Détermination directe de la durée et de la quantité utiles). (C. R. S. B., 1907, I, pág. 701).—Polarisation

sation de membrane dans les électrolytes du milieu physiologique reproduisant la loi d'excitation électrique des nerfs. (C. R. S. B., 1907, II, pag. 37).—A propos de la note de M. Cluzet sur l'excitation par décharges de condensateurs. Importance de la vérification des formules par le comparation avec le courant constant. (C. R. S. B., 1907, I, página 797).—Plan d'une théorie physique du fonctionnement des centres nerveux. (C. R. S. B., 1907, LXIII, página 787).—Première approximation d'une loi nouvelle de l'excitation électrique basée sur une conception physique du phénomène. (C. R. S. B., 1907, I, pag. 615).—Les théories récentes de l'excitation électrique, et les décharges de condensateurs. (C. R. S. B., 1907, I, página 664).—Considérations préalables sur la nature du phénomène par lequel l'électricité excite les nerfs. (J. Ph. P. G., 1907, IX, página 565).—Recherches quantitatives sur l'excitation électrique des nerfs traitée comme une polarisation. (J. Ph. P. G., 1907, IX, pag. 620).—Sur la théorie de l'excitation électrique. (C. R. A. S., 1908, CXLVI, pag. 1054). (J. Ph. P. G., 1908, X, pag. 601).—Électrodes au chlorure d'argent. (C. R. S. B., 1908, II, pag. 213).—Expérience montrant qu'il n'y a pas une durée-limite pour l'excitation. (J. Ph. P. G., 1908, X, pag. 624).—Excitation par double condensateur. (C. R. S. B., 1908, LXIV, pag. 336).—Orthorhéonome à volant. Excitabilité des nerfs différents pour des ondes électriques lentes et rapides. (C. R. S. B., 1908, LXIV, pag. 6).—Définition expérimentale de l'excitabilité. (C. R. S. B., 1909, LXVII, pag. 280).—Théorie de l'excitation électrique précisée par l'étude de la diffusion au moyen d'un modèle hydraulique. (C. R. A. S., 1909, CXLIX, pag. 871).—Réponse à M. Weiss. (C. R. S. B., 1907, I, pag. 118).—Modèle hydraulique de la polarisation pour la théorie de l'excitation électrique. (A. I. Ph., 1910, X, pag. 23).—Détermination de la chronaxie par les décharges des condensateurs. (C. R. S. B., 1910, I, pag. 797).—Excitateur pour le sciatique de la grenouille. (C. R. S. B., 1910, LXVIII, pag. 57).—A propos d'une réclamation de M. G. Weiss. (C. R. S. B., 1910, I, pag. 724).—Principe pour une théorie du fonctionnement nerveux élémentaire. (Rev. G. Sc., 1910, XXI, página 103).—Sur la résistance du circuit dans les mesures d'excitabilité. (J. Ph. P. G., 1911, XIII, pag. 42).—Excitabilité des nerfs itératifs, Théorie de leur fonctionnement. (C. R. A. S., 1912, CLV, pag. 70).—Sur l'isobolisme de la fibre musculaire striée. (C. R. S. B., 1913, II, pag. 35).—Techniques nouvelles pour l'électrodiagnostic (C. R. A. S., 1915, CLXI, pag. 643).—Conditions physiques de l'excitation électrique. (J. Ph. P. G., 1909, pag. 1009).

Lapicque L. et Boigley M.—Recherches sur l'excitabilité des vasomoteurs. (C. R. S. B., 1912, I, pag. 367).

Lapicque L. et Cardot H.—Actions polaires antagonistes dans l'excitation électrique du cœur de l'escargot. (C. R. S. B., 1909, LXVII, pag. 115).

- Lapicque et Fauré-Fremiet.** — Mesure de l'excitabilité électrique de la vorticelle. (C. R. S. B., 1913, I, pag. 1194).
- Lapicque L., M. et Filon G.** — Variation de la vitesse d'excitabilité avec la température. (C. R. S. B., 1910, LXVIII, pag. 925).
- Lapicque L. et Laugier H.** — Modifications dans l'excitabilité du nerf par une striction progressive. (C. R. S. B., 1910, LXIX, pag. 46).
- Lapicque L. et Mme. L.** — Recherches sur la loi d'excitation électrique. (J. Ph. P. G., 1903, V, pag. 843 et 991). — Sur la loi d'excitation électrique chez quelques invertébrés. (C. R. A. S., 1903, CXXXVI, pag. 1147). — Expression nouvelle de la loi d'excitation électrique. (C. R. A. S., 1903, CXXXVI, pag. 1477). — Sur la forme de la loi d'excitation électrique exprimée par la quantité. (C. R. S. B., 1905, LVIII, pag. 668). — Durée des processus d'excitation pour différentes muscles. (C. R. A. S., 1905, CXL, pag. 801); (C. R. S. B., 1905, LVIII, pag. 501). — Sur la loi d'excitation, électrique en fonction de la durée utile des décharges des condensateurs. (C. R. S. B., 1905, LIX, pag. 63). — Variations de l'excitabilité du muscle dans la curarisation. (C. R. S. B., 1906, I, pag. 991). (A. E. M., 1906, pag. 889). — Influence d'une variation locale de température sur l'excitabilité du nerf-moteur. (C. R. S. B., 1907, I, pag. 37). — Sur le mécanisme de la curarisation. (C. R. S. B., 1908, LXV., página 733). — Excitation par double condensateur. Influence de la température et de la vitesse propre du nerf-excit. (C. R. S. B., 1908, LXIV, pag. 589). — Excitabilité électrique de l'estomac de la grenouille. (C. R. S. B., 1909, LXVII, pag. 283). — Quelques chronaxies. chez des mollusques et crustacés marins. (C. R. S. B., 1910, LXIX, página 278). — Action du curare sur les muscles d'animaux divers. (C. R. S. B., 1910, LXVIII, pag. 1007). — L'addition latente et ses rapports avec le paramètre chronologique de l'excitabilité. (C. R. A. S., 1910, CL, pag. 796). — L'addition latente en fonction de la fréquence et du nombre des excitations. (C. R. S. B., 1912, I, pag. 797). — Mesure analytique de l'excitabilité réflexe. (C. R. S. B., 1912, I, pag. 871). — Action locale de la strychnine sur les nerfs; hétérochronismes non curarisants; poison pseudo-curarisants. (C. R. S. B., 1913, I, pag. 1012). — Modifications de l'excitabilité des nerfs par les sels qui précipitent le calcium. (C. R. S. B., 1914, I, pag. 230). — Variation de loi d'excitation électrique pour les muscles de la grenouille suivant la rapidité de la contraction. (C. R. S. B., 1903, pag. 445). — Expression nouvelle de la loi d'excitation électrique. (C. R. S. B., 1903, página 753).
- Lapicque L. Mme. L. et Legendre.** — Changement d'excitabilité des nerfs conditionné par une alteration de leur gaine de myéline. (C. R. A. S., 1914, CLVIII, pag. 803).
- Lapicque et Meyerson.** — Recherches sur l'excitabilité du pneumogastrique; première approximation de la chronaxie des fibres d'arrêt du coeur. (C. R. S. B., 1912, I, pag. 63).

- Lapicque L. et Petetin I.**—Nouvelles recherches sur un modèle de la polarisation en vue de la théorie Physique de l'excitation. (J. Ph. P. G., 1910, XII, pag. 696).
- Lapicque M. et Veil C.**—Vitesse musculaire mesurées par la chronaxie dans les différents cavités du coeur et les faisceaux de passage. (C. R. A. S., 1916, CLXIII, pag. 103).
- Lapicque M. et Weill Jeanne.**—Emploi de bobine d'induction pour la comparaison des vitesses d'excitabilité. (C. R. S. B., 1909, LXVI, pag. 355).
- Lapicque M. et Weill J.**—Influence de la durée de l'excitation sur le phénomène de la contracture. (C. R. S. B., 1912, II, pag. 78).
- Lapicque M.**—Recherches sur l'excitabilité électrique de différents muscles de vertébrés et d'invertébrés. (An E., 1905, VIII, pags. 116, 325, 417, 577).—Action de la strychnine sur l'excitabilité du nerf moteur. (C. R. S. B., 1907, pag. 1062).—Durée utile des décharges de condensateurs; expériences sur l'escargot. (C. R. A. S., 1911, CLIII, pag. 125).
- Lasareff P.**—Ionentheorie der Nerven und Muskelreizung. (A. f. g. Ph., 1910, CXXXV, pag. 196).
- Laugier H.**—Influence de la concentration saline sur l'excitabilité musculaire et nerveuse. (J. Ph. P. G., 1910, XII, pag. 26); (C. R. S. B., 1910, I, pag. 63).—Vitesse d'excitabilité et courants induits. (Thèse, Paris, 1913).
- Leduc S.**—Rapport entre la variation d'excitation des nerfs, et la variation de densité des courants excitateurs à différents potentiels. (A. E. M., 1900, VIII, pag. 100).—Modifications de l'excitabilité de nerfs et des muscles par les courants continus. (A. E. M., 1900, VIII, pag. 49).
- Lillie R. F.**—The condition determining the rate of conduction in irritable tissues and especially in nerve. (A. J. Ph., 1914, pag. 414).
- Machado V.**—L'identité entre les lois de Pflüger et celles de Brenner. (A. E. M., 1904, XII, pag. 83).
- Makato Ishihara.**—Über die Zuckungssummutation durch zwei Reize von verschiedener Intensität. (A. f. g. Ph., 1911, CXLI, pag. 427).
- Mares Fr.**—Sur les relations entre l'excitant électrique et la réaction neuromusculaire. (Ac. Bohème de Sc., Prague 1893).—Anderungen der Reaktionsweise des Nerven auf die Poledes galvanischen Stromes. (A. f. g. Ph., 1913, CL, pag. 425).
- Mathews A. P.**—The nature of chemical and electrical stimulation. (A. J. Ph., 1904, pag. 455), (A. J. Ph., 1905, pag. 203).
- Meek and Leaper.**—Effects of pressure on conductivity in nerve and muscle. (A. J. Ph., 1910-11, pag. 308).
- Mendelssohn M.** (Varsovia).—Etude sur l'excitation latente du muscle chez la grenouille et chez l'homme dans l'état sane et dans les maladies. (C. R. A. S., 1879, LXXXIX, pag. 367).

- Mines G. R.**—On the spontaneous rhythmic movements of the frog's sartorius immersed in saline solution. (J. Ph., 1908, pág. XXXV).—On the spontaneous movements of amphibian skeletal muscle in saline solution; with observations on the influence of potassium and calcium chlorides on muscular excitability. (J. Ph., 1908, pág. 408).—Note on the survival of an excised muscle under aseptic conditions. (J. Ph., 1910, pág. XVII).—On the summation of contractions. (J. Ph., 1913, pág. I).—On the replacement of calcium in certain neuro-muscular mechanisms by allied substances. (J. Ph., 1911, pág. 251).—Functional analysis by the action of electrolytes. (J. Ph., 1912, pág. XXI).
- Moczutkosky**—Electrodes impolarisables. (A. E. M., 1900, VIII, p. 563).
- Nernst W.** Zur theorie des elektrischen Reizes. (A. f. g. Ph., 1908, CXXII, pág. 275).
- Pari A. G.**—Sur le rapport entre l'intensité du stimulus et la hauteur de la contraction reflexe. (A. I. B., 1906, XLVI, pág. 220).
- Piper H.**—Über die Leitungsgeschwindigkeit in den markhaltigen menschlichen Nerven. (A. f. g. Ph., 1908, CXXIV, pág. 591).—Weitere Mitteilungen über die Geschwindigkeit der Erregungsleitung im markhaltigen menschlichen Nerven. (A. f. g. Ph., 1909, CXXVII, pág. 474).
- Polimanti O.**—Influence des substances albumineuses sur l'excitabilité musculaire. (A. I. B., 1907, XLVII, pág. 49).
- Radzikowski C.**—Actionsström ohne Action. (Z. f. Ph. XV, 1901, pág. 273).
- Reiss E.**—Die elektrische Reizung mit Wechselströmen. (A. f. g. Ph. 1907, CXVII, pág. 578). (1)
- Row R.**—On some effects of the constituents of Ringer's circulating fluid on skeletal muscular contractions in *rana exadactyla*. (J. Ph., 1903, pág. 440).
- Samojloff A.**—Über die Latenz der elektrischen Reaktion des Froschherzmuskels bei doppelreizen. (A. f. g. Ph., 1912, CXLVII, p. 249).—Über die Verspätung des zweiten Aktionsstromes bei Doppelreizungen des quergestreiften Muskels. (A. f. g. Ph., 1912, CXLIII, página 453).—Weitere Beiträge zur Elektrophysiologie des Herzens. (A. f. g. Ph., 1910, CXXXV, pág. 417).—Aktionsströme bei summierten Muskelzuckungen. (A. f. A. und Ph., 1908, pág. I).
- Schott J.**—Eintrag zur Elektrischen Reizung des quergestreiften Muskel von seinen Nerven aus. (A. f. g. Ph., 1891).
- Schwarz C.**—Über die Beziehung der Kontraktilität zur Erregungsleitung im quergestreiften Froschmuskel. (A. f. g. Ph., 1907, CXIX pág. 77).

(1) Renauld H. Influence de la pression osmotique sur l'excitabilité du nerf et muscle. (A. I. Ph., 1910, pág., 101).

- Sherrington and Sowton.**—Observations on reflex responses to single break-shock. (*J. Ph.*, 1915, pág. 331).
- Siciliano L. et Vinaj A.**—Studi sulla eccitabilità elettrica dei muscoli. (*A. F.*, 1913, pág. 52).
- Snyder Ch.**—The temperature coefficient of the velocity of nerve conduction. (*A. J. Ph.*, 1908, pág. 179).—A comparative study of the temperature coefficients of the velocities of various physiological actions. (*A. J. Ph.*, 1908, pág. 309).
- Spadolini I.**—Le azioni antagonistiche nei sistemi autonomi. (*A. F.* 1917, XV, pág. 1).
- Steinach E.**—Über summation einzeln unwirksamer adäquater Reize. (*A. f. g. Ph.*, CXXV, 1908, pág. 347).—Die summation einzeln unwirksamer Reize als allgemeine Lebenserscheinung. (*A. f. g. Ph.*, 1908, CXXV, pág. 239). (*A. f. g. Ph.*, 1908, CXXV, pág. 290).
- Stewart C.**—Mammalian smooth muscle. (*A. J. Ph.*, 1901, pág. 185).
- Sutherland W.**—A molecular theory of the electric properties of nerve. (*A. J. Ph.*, 1906, pág. 297).—The nature of the propagation of nerve impulse. (*A. J. Ph.* 1905, página 112).—The nature of chemical and electrical stimulation. (*A. J. Ph.*, 1906, pág. 266).—The nature of the conduction of nerve impulse. (*A. J. Ph.*, 1908-9, pág. 115).
- Tait J.**—The relation between refractory phase and electrical change. (*J. Ph.*, 1910, pág. XXXVII).
- Tedeschi V.**—Nuevas interpretaciones de los fenómenos de excitabilidad eléctrica neuro-muscular. (*P. M. A.*, 1917, 10 Octubre).
- Tschagowetz W. J.**—Über die erregende Wirkung des elektrischen Stromes auf das lebende Gewebe vom physiko-chemischen Standpunkt aus betrachtet. (*A. f. g. Ph.*, 1908, CXXV, pág. 401).
- Von Kleisch.*—Untersuchung über die Gesetze der Nervenregung des Rheonom. (Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1877).
- Von Kries.*—Ueber die Abhängigkeit der Erregung. (Vorgänge von dem zeitlichen Verlaufe der zur Reizung dienenden Elektricitäts-Bewegungen).
- Waller A.**—The characteristic of nerve. (Proceeding of the Royal Soc. 1900, pág. 207). — Demonstration of the contractility of nerve fiddlestrings and the other strings. (*J. Ph.*, 1908, pág. XVIII).
- Wedensky N. E.**—Die Erregung Hemmung und Narkose. (*A. f. g. Ph.*, 1903, C, pág. I).
- Weill J.**—Action de la solanine, de l'aconitine et de la delphinine sur l'excitabilité nerveuse et musculaire. (*C. R. S. B.*, 1913, I, pág. 1014).
- Weiss G.** Le choix d'un système de mesures dans l'étude de la contraction musculaire. (*A. E. M.*, 1898, VI, pág. 89).—L'excitation électrique. (*A. E. M.*, 1898, VI, pág. 50).—Excitation électrique produite par deux ondes inverses l'une de l'autre. (*C. R. A. S.*, 1901, CXXXIII, pág. 249).—La loi d'excitation électrique des nerfs. (*C. R. A. S.*, 1901, CXXXII, pág. 1143).—Recherches sur les constantes

- physiques qui interviennent dans l'excitation électrique du nerf. (C. R. A. S., 1901, CXXXII, pag. 1068). — Excitations des nerfs et des muscles par des ondes de très courte durée. (C. R. A. S., 1901, CXXXII, pag. 999). — Sur la possibilité de rendre comparables entre eux les appareils servant à l'excitation électrique. (A. I. B., 1901, XXXV, pag. 413). — Rôle de la quantité d'électricité dans l'excitation électrique des nerfs et des muscles. (A. I. B., 1901, XXXVI, pag. 55). — Superposition de deux excitations électriques successives en un même point d'un nerf. (A. I. B., 1901, XXXVI, pag. 193). — Excitation électrique du nerf par deux ondes très courtes de sens inverse. (J. Ph. P. G., 1902, pag. 820). — A propos de l'article de M. Hooweg. Sur l'excitation électrique des nerfs. (A. I. B., 1902, XXXVIII, pag. 172). — La conductibilité et l'excitabilité des nerfs. (J. Ph. P. G., 1903, V, pag. 1). — Sur l'excitation électrique des nerfs. (J. Ph. P. G., 1903, V, pag. 238). — Réponse à la note de M. Hooweg. (J. Ph. P. G., 1903, V, pag. 629). — Influence des variations de température et des actions mécaniques sur l'excitabilité et la conductibilité du nerf. (J. Ph. P. G., 1903, V, pag. 31). — A propos de l'excitation électrique des nerfs et des muscles. (C. R. S. B., 1905, LIX, pag. 126). — Réponse à M. Lapique. (C. R. S. B., 1907, II, pag. 66). — A propos de la note de L. Lapique. (C. R. S. B., 1907, II, pag. 5). — A propos de la communication de M. Lapique. (C. R. S. B., 1907, I, pag. 618); (C. R. S. B., 1909, I, pag. 66, et 119). — A propos de l'excitation électrique. (C. R. S. B., 1910, I, pag. 575). — A propos du procès verbal de la dernière séance. (C. R. S. B., 1910, I, pag. 732).
- Weiss et Carvalho.** — Influence de l'intensité et de la fréquence des excitations sur la production du tétanos physiologique. (J. Ph. P. G., 1899, pag. 443).
- Wertheim Salomonson.** — Die effectgrösse als Function der Reizgrösse. (A. f. g. Ph., 1903, C, pag. 455). — Ueber den Reizwerth sinusoidaler Ströme von hoher Frequenz. (A. f. g. Ph., 1905, CVI, pag. 120). — Ueber anfangs und Endzuckung bei Reizung mittelst frequenter Wechselströme. (A. f. g. Ph., 1904, CIII, pag. 124). — Une nouvelle loi concernant le rapport entre l'excitation et l'effect produit. (An. E., 1902, V, pag. 637). — Over het gebruik der condensatoren in elektrodiagnostiek. (Med. Tijdschrift voor Geneeskunde 1891, pag. 339). — Le coefficient de la contraction musculaire et le coefficient de polarité. (An. E., 1908, XI, pag. 396).
- Wilke und Atzler.** — Versuche die Reizwellen im Nerven durch Interferenz sichtbar zu machen. (A. f. g. Ph., 1911, CXLII, pag. 372).
- Woolley J.** — The temperature coefficient of the rate of conduction and of the latent period in muscle. (J. Ph., 1908, pag. 122).
- Woodworth R.** — Studies in "the contraction" of smooth muscle. (A. J. Ph., 1900, pag. 26).
- Zanietowski M. (Cracovie).** — Contribution à l'étude des réactions

anormales observés par la méthode des décharges. (An. E. 1905, pág. 14).— Sur les lois modernes d'excitation dans leur rapport avec mes expériences antérieures et récentes. (C. R. S. B., 1906, LX, pág. 117).— Sur l'analogie et l'identité des lois modernes de l'excitation avec mes expériences cliniques antérieures. (An. E., 1906, IX, pág. 145).— L'avenir de la méthode des décharges en électromédecine dans son rapport avec mes expériences cliniques. (An. E., 1907, X, pág. 27).— Sur l'état actuel de l'utilisation de la décharge des condensateurs. (A. E. M., 1908, XVI, pág. 737).— Sur le rapport de ma loi des décharges avec les lois modernes de l'excitation et avec les données cliniques. (An. E., 1910, XIII, página 91).— L'avenir de la méthode des décharges et sa systématisation. (An. E., 1910, XIII, pág. 607).

Zanietowski und Cybulski.— Ueber Anwendung des Condensators zur Reizung der Nerven. (A. f. g. Ph., 1894, pag. 45).

- An. E. —Annales d'électrobiologie et de radiologie
- (A. E. M.)—Archives d'électricité médicale.
- (A. I. B.)—Archives Italiennes de Biologie.
- (A. I. Ph.)—Archives internationales de Physiologie.
- (A. J. Ph.)—The American Journal of Physiology (Boston).
- (A. F.)—Archivio di Fisiologia (Fano).
- (A. Ph.)—Archives de Physiologie normal et pathologique.
- (A. f. g. Ph.)—Archiv für die gesammte Physiologie.
- (A. f. A. und Ph.)—Archiv für Anatomie und Physiologie.
- (B. O. S. F. E. R.)—Bulletin officiel de la société Française d'Electrothérapie et Radiologie.
- (C. R. A. S.)—Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
- (C. R. S. B.)—Comptes rendus hebdomadaires des séances de la Société de Biologie
- (Z. f. Ph.)—Zentralblatt für Physiologie.
- (J. Ph. P. G.)—Journal de Physiologie et de Pathologie générale.
- (J. R. E.)—Journal de radiologie et d'électrologie.
- (J. Ph.)—The Journal of Physiology (London).
- (P. M. A.)—Prensa médica Argentina.