

SÓBRE EL OSCILOGRAMA CATODICO DE LAS DESCARGAS RITMICAS DE CONDENSADORES EMPLEADAS PARA OBTENER LA CONTRACCION PROSTENICA(*)

Por el doctor *J. Hernando Ordóñez*

Asistente Extranjero de la Facultad de Medicina de París. Jefe de Trabajos Prácticos de Fisiología en la Facultad de Medicina. Profesor de Fisiología en el Instituto de Educación Física.

En varias publicaciones anteriores, aparecidas en esta Revista, lo mismo que en mi tesis de grado, he venido estudiando un fenómeno particular relativo a una nueva modalidad de contracción muscular encontrada en el músculo gastronemio de la rana.

El número de excitaciones necesarias para que un músculo liso o estriado entre en tétanos perfecto está en relación directa con la rapidez de su cotracción. Para hacer entrar en tétanos perfecto un músculo estriado se necesitan más excitaciones por segundo que para el caso de un músculo liso cuya contracción es, como se sabe, más lenta. En el caso concreto del músculo gastronemio de la rana, se obtiene tétanos perfecto con una excitación cuya frecuencia sea igual o superior a 30 ó 40 excitaciones por segundo, y tétanos imperfecto cuando dicha frecuencia es menor.

La modalidad nueva que he estudiado consiste en que, *con una excitación de frecuencia superior a 40 por segundo, el músculo no entra en tétanos perfecto sino en contracción rítmica*. A esta variedad de contracción es a la que he llamado *contracción prosténica* nombre arbitrario y provisional.

La causa de este fenómeno reside en la intensidad de la excitación, que ha de ser muy débil, por una parte, y en la excitación directa del músculo por otra. La corriente que empleé primitivamente fué la inducida, producida por el carrete de Du Bois Reymond, de una frecuencia aproximada de 100 choques de inducción por segundo, y de una intensidad tal, que un sólo choque aislado no produjera respuesta muscular, o de una intensidad vecina de este valor.

(*) Trabajo verificado en el Laboratorio de Fisiología del Instituto de Educación Física de la Universidad Nacional.

Esta variedad de contracción fué estudiada primero en la rana de Bogotá *Hyla wilsoni* y después en París, en el Laboratorio de Fisiología de la Sorbona del Profesor Lapique, en la *Rana esculenta*, en la cual también se presenta el fenómeno.

Después, por insinuación del profesor Lapique, empleé las descargas rítmicas de condensadores, según el dispositivo que lleva su nombre. Con este dispositivo se obtienen excitaciones de una regularidad perfecta, de una frecuencia perfectamente conocida, pues el ritmo lo da un electrodiapasón. Con esta excitación aparece igualmente el fenómeno tanto en la *Rana esculenta* como en la *Hyla wilsoni*. La frecuencia de las excitaciones ha sido dada en todos los casos por un diapasón a 100 V. D.

Por la construcción de estos aparatos se sabe que el ritmo es perfecto. Sin embargo la intensidad y la forma de las ondas producidas puede sufrir algunas pequeñas variaciones. Como fuera posible pensar que las contracciones rítmicas fueran producidas por irregularidades de la excitación, lo cual estaría de acuerdo con el hecho de que sólo las excitaciones de débil intensidad las producen, me ha llevado a estudiar más a fondo el problema, y los resultados de este estudio son el objeto de la presente comunicación.

Oscilógrafo catódico. Este aparato sirve para estudiar la forma y demás propiedades de las ondas eléctricas, observando directamente en una pantalla especial la imagen de dichas ondas. Por ser demasiado larga y compleja la descripción de este aparato me limito a la parte esencial, remitiendo al lector que le interese el asunto a los tratados especiales que hay sobre el particular y que pueden adquirirse en el comercio.

El principio consiste en la producción de una corriente de electrones, la cual va a chocar contra una pantalla que tiene la propiedad de hacerse fluorescente. Ahora bien, si esta corriente de electrones, de carga negativa, no es sometida a la acción de ningún campo magnético, la imagen que dará en la pantalla será un punto; si a los lados colocamos dos campos, uno positivo y otro negativo, será atraída por aquél, y en la pantalla veremos una línea; si en este momento invertimos el signo de los campos magnéticos, o sea que el positivo venga al lado opuesto, la corriente de electrones lo seguirá y trazará en la pantalla una línea pero en sentido opuesto. Si en lugar de dos campos tenemos cuatro, perpendiculares dos a dos, por ejemplo dos horizontales y dos verticales, al conectarlos simultáneamente tendremos en la pantalla una trayectoria compleja, la cual, de acuerdo con las especificaciones del aparato, da la imagen exacta de la onda, por un mecanismo que no alcanzo a explicar dentro de la extensión de la presente comunicación.

La ventaja enorme que tiene este tubo sobre los demás aparatos

tos es la supresión completa de las causas de error debidas a inercia, además de su extrema sensibilidad, que han hecho que hoy por hoy sea considerado este aparato como la última palabra en estas cuestiones.

Estudio Experimental. Por medio del miógrafo de Marey se ha registrado la contracción del gastronemio de la rana de la Sabana de Bogotá, *Hyla wilsoni*, en las siguientes condiciones: centros nerviosos destruidos; ciático seccionado en algunos experimentos, intacto en otros (no tiene importancia este factor); electrodos de cobre colocados uno en la región ventral o en el muslo y otro directamente en contacto con el gastronemio, cuya piel es respetada hasta donde es posible, para lo cual el tendón de Aquiles es ligado haciendo una pequeña incisión de la piel a su nivel. Excitación por medio del dispositivo de M. Lapicque, a 100 descargas por segundo. Para estudiar la forma de las ondas de la excitación se intercala en derivación un oscilógrafo de la marca R C A; en estas condiciones se puede controlar el momento en que el músculo presenta contracciones rítmicas y se observa al mismo tiempo en la pantalla del oscilógrafo la forma de las ondas, con el objeto de ver cuándo las ondas son irregulares, y sólo en este momento, el músculo se contrae rítmicamente, o si las contracciones rítmicas son independientes, es decir, no son producidas por irregularidades de las descargas excitadoras.

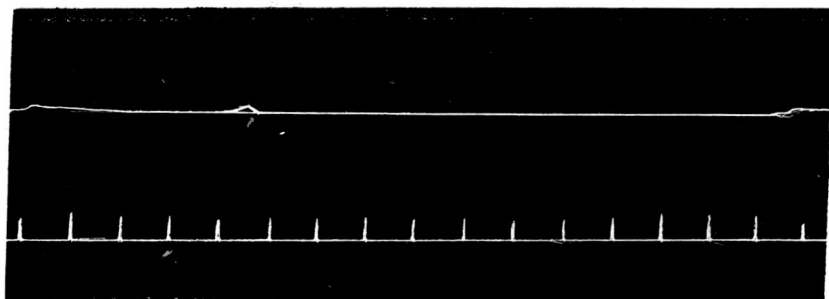


Figura 1.—Contracción del músculo gastronemio de la rana, excitado directamente por descargas rítmicas de condensadores (dispositivo de M. Lapicque), con 3 voltios de fuente, R y R' de 5.000 ohmios, diapasón a 100 V. D. con 0.050 de microfaradio. Tiempo en segundos. La excitación es permanente, empieza antes del trazado y termina después.

Resultados. En estas condiciones obtuve exactamente los mismos resultados que en París, descritos en mi comunicación anterior sobre el particular, los cuales pueden resumirse diciendo que

con descargas rítmicas de condensadores se obtiene más fácilmente contracción rítmica que con choques de inducción.

Tengo que agregar sin embargo una observación. Cuando se inician los experimentos por descargas las más débiles, como debe hacerse siempre, las primeras series de contracciones rítmicas que se obtienen son de muy corta duración y no vuelven a aparecer con esa misma intensidad; el músculo no responde más a esa excitación, salvo que se le deje descansar suficientemente. Para obtener pronto una nueva serie de contracciones rítmicas es necesario aumentar ligeramente la intensidad, es decir, aumentar la capacidad de los condensadores. La nueva serie que se obtiene es igualmente de corta duración, y para obtener otra es necesario aumentar nuevamente la intensidad, y así sucesivamente. Sin embargo este aumento no es indefinido, tiene su límite, o sea que hay un momento en que no es necesario aumentar más la intensidad; en este momento, con esta intensidad, es con la que se obtienen las series más

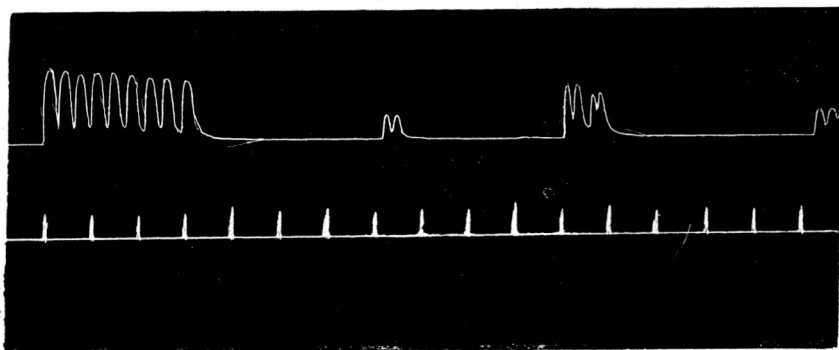


Figura 2.—Condiciones exactamente iguales a las de la figura anterior, en rana diferente.

largas y más típicas de contracción prostética. En fin, el músculo se fatiga al cabo de un tiempo más o menos largo, tiempo por lo demás muy variable, desde algunos minutos a varias horas, en mis experimentos; llegado a este estado de fatiga, si se aumenta la intensidad, aparece tétanos perfecto o tétanos acompañado de fibrilación (no se puede hablar aquí de tétanos imperfecto porque la frecuencia de las excitaciones es de 100 por segundo).

Por lo demás este aumento de la intensidad no tiene nada de particular puesto que con la fatiga aumenta la cronaxia muscular.

Por otras parte es posible como me ha sucedido en algunos experimentos, que desde el principio se encuentre la intensidad óptima de que he hablado anteriormente. Esta intensidad ha estado

comprendida entre 0.050 y 0.200 de microfaradio, algunas veces más, otras menos, teniendo como fuente un acumulador de 4 voltios o pilas de 3 voltios y siendo las dos resistencias R y R' de 5.000 ohmios, de las usadas en radio.

En el osciloscopio he controlado personalmente la forma de las ondas y he comparado con los trazados obtenidos en el cilindro registrador. Igualmente me han ayudado a este control los asistentes al laboratorio (1). No he tomado fotografías de las imágenes porque no me ha sido posible, por lo cual lamento no reproducirlas con los trazados de las figuras 1, 2 y 3, pero considero que no hacen falta, pues dada la poca frecuencia (100 por segundo) es posible examinar detenidamente en la pantalla onda por onda, las cuales aparecen con toda nitidez.

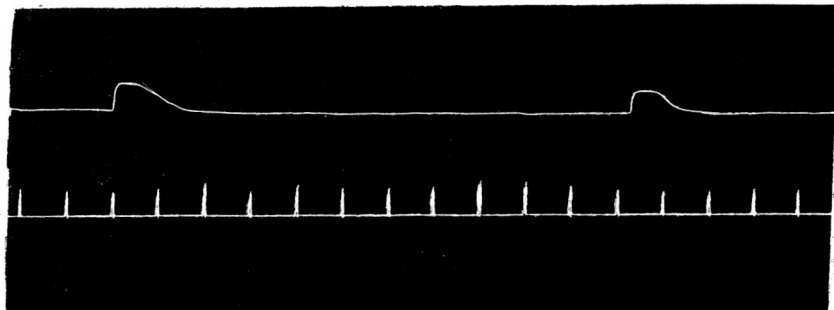


Figura 3.—Condiciones experimentales de los trazados anteriores, salvo la fuente de corriente que es un acumulador de 4 voltios y la intensidad de la excitación de que es de 0.092 de microfaradio.

La forma que han presentado tales ondas no difiere en nada de las descripciones clásicas, con la onda de descarga menos amplia y más larga que la onda de carga, pues, como dije antes, las dos resistencias R y R' del dispositivo de Lopicque son iguales. No comprobé si al doble, pues para ello habría que fotografiar la imagen y medir las dos ondas.

En estas condiciones, observando detenidamente la marcha de las ondas en el oscilógrafo, sincronizando perfectamente la frecuencia, acelerando algunas veces el paso de las ondas, deteniéndolas en otras ocasiones, amplificándolas o reduciendo su amplitud o duración, en ningún momento vi que hubiera irregularidades, u ondas parásitas, ni nada especial fuera de las ondas de carga y de descarga, con su forma conocida, perfecta y nítida, cuando el músculo es-

(1) Presento mi agradecimiento especialmente al señor Alfredo Tovar Mozo por su colaboración en el trabajo experimental.

taba en contracción rítmica. En esta forma queda plenamente demostrado que *no son las irregularidades de la corriente las que producen las contracciones rítmicas*. Las gráficas reproducidas en las figuras, 1, 2 y 3 han sido tomadas con ondas perfectamente normales, absolutamente iguales entre sí, sin que la una sea más amplia que la otra, o de diferente forma.

RESUMEN

Al lado de la sacudida muscular, del tétanos imperfecto y del tétanos perfecto hay otra variedad de contracción muscular caracterizada por sacudidas rítmicas y producida por excitaciones frecuentes (100 por segundo en la actual serie de experimentos) de intensidad débil y cuando el músculo es excitado directamente.

Se puede utilizar como excitación los choques de inducción producidos por el carrete de Du Bois Reymond o las descargas rítmicas de condensadores según el dispositivo de Lapique.

Las ondas de carga y de descarga producidas por este último sistema han sido estudiadas por medio del oscilógrafo catódico.

Las experiencias demuestran que cuando el músculo se contrae rítmicamente las ondas excitadoras son normales, lo cual permite concluir que las contracciones rítmicas presentadas por el músculo no son producidas por irregularidades de la corriente excitadora.

BIBLIOGRAFIA

RICHET CH.—Contribution á la Physiologie des centres nerveux et des muscles de l'écrevisse. *Arch. Physiol. Norm. et Path.* 6: 262-294, 1879.

RICHET CH.—De l'excitabilité rythmique des muscles et de leur comparaison avec le coeur. *C. R. Ac. Sc.* 89: 792, 1879.

ROMANES M.—*Phyl. Trans. Royal Soc.* I parte, p. 161, 1880 (Cit. por De Varigny).

H. DE VARIGNY.—Sur le tétanos rythmique chez les muscles d'invertébrés. *Arch. Physiol. Norm. et Path.* 7: 151-171, 1886.

SAMOJLOFF A. — Ueber den untermaximalen Tetanus der quergestreifter Muskeln. *Arch. f. Physiol.* 512-526, 1898.

BASTER A.—Ueber den Einfluss der Reizstarke auf die Tetanuscurve des Froshartorius. *Arch. ges. Physiol.* 105: 334-364, 1904.

SAMOJLOFF A.—Ueber die rhythmische Tätigkeit des quergestreiften Muskels. Nach Versuchen von Herrn P. M. Pheophilaktoff. *Arch. f. Physiol.* 145-161, 1907.

LAPICQUE L. — Dispositif pour les excitations rythmiques par décharges de condensateurs. *C. R. Soc. Biol.* 71: 727, 1911.

ORDOÑEZ J. H.—Sobre una contracción rítmica hallada en el músculo gastronemio de la rana durante un tétanos perfecto. Contracción prosténica. *Rev. Fac. Med.* 2: 331-354, 1933.

ORDOÑEZ J. H.—Contracción prosténica. II Su causa *Rev. Fac. Méd.* 3: 91-118, 1934.

ORDOÑEZ J. H.—Contracción proténica. III. Influencia de la intensidad de la excitación tetanizante. *Rev. Fac. Med.* 3: 277-287, 1934.

ORDOÑEZ J. H.—Fisiología general de la contracción prosténica. Tesis de grado. Bogotá. 1935.

ORDOÑEZ J. H.—Sobre la excitabilidad directa del músculo estriado por descargas rítmicas de condensadores. *Rev. Fac. Med.* 6: 463-469, 1938.

