

---

---

# SOBRE UNA CONTRACCION RITMICA

hallada en el músculo gastronemio de la rana  
durante un tétanos perfecto.

## CONTRACCION PROSTENICA

Estudio inicial. — Por J. Hernando Ordóñez.

Preparador del Laboratorio de Fisiología.

*Trabajo premiado en el concurso de vacaciones abierto por la  
Facultad de Medicina.*

En las vacaciones de 1930 a 1931, me adiestraba en los trabajos prácticos del Laboratorio de Fisiología. Entre las gráficas que tomé entonces está la que se ve representada en la figura 1 (gráfica número 1, enero 15 de 1931). Como lo que me proponía era únicamente ponerme práctico en el manejo de los aparatos, desprecié un fenómeno que se presentó a mi vista y seguí tomando gráficas, ya en unas condiciones, ya en otras, sin haberseme ocurrido siquiera apuntar el dispositivo experimental con que tal fenómeno apareció y me limité únicamente a comentarlo. En efecto, en mis anotaciones personales encuentro lo siguiente sobre este asunto:

“ . . . Pero hubo un fenómeno muy curioso que me ha preocupado: fue el que obtuve con un tétanos perfecto excitando directamente el músculo. El miograma del tétanos cuando se excita el nervio es una línea perfectamente regular; pero al excitar el músculo directamente sucedió lo siguiente: En un principio los dos trazados son en todo semejantes, pero cuando la aguja inscriptora empieza a descender aparecen, a intervalos iguales de tiempo, ascensos y descensos bastante parecidos al trazado del corazón de rana obtenido con las pinzas cardiográficas de Marey. Esta ritmicidad y analogía con el corazón, se me ocurre interpretarla así: que todo músculo (generalizando sin saber por qué), sometido a una corriente inducida, interrumpida cierto número de veces por segundo, adquiere la propiedad de contraerse rítmicamente”.

“Otra cosa que me llamó la atención, y que aumenta la analogía con el ritmo cardíaco, es que tiene períodos de reposo y el músculo

no se fatiga. Impresionado por esta analogía, y por puro capricho, me he formado esta idea: que el corazón está constantemente en tonus por una corriente análoga a la de mi experimento, y que ésta es la causa, o una de las causas del ritmo cardíaco”.

“Como experimentos que comprueben esto, o lo refuten, habría que hacer los siguientes: 1.º Montar los aparatos necesarios para tomar la gráfica anterior y agregar además un carrete, un excitador y una señal eléctrica; hecho esto, con la corriente del carrete A obtener el estado de contracción rítmica del músculo; luégo, con la corriente del carrete B excitarlo en diferentes fases de contracción para ver si sigue la ley de la inexcitabilidad periódica del corazón . . . (Enero 22 de 1931)”.

Esta cita la he hecho únicamente por curiosidad y para dar a conocer la sensación íntima que me produjo el hallazgo de este fenómeno. Como se ve, no le di importancia a las condiciones experimentales, porque creí muy fácil volverlo a encontrar. Después quise verificar el experimento que había escrito, pero no apareció el fenómeno que iba a estudiar; lo mismo hice dos, tres, cuatro veces, con el mismo resultado siempre. Poco a poco me fui formando el concepto de que no era tan sencillo lo que me proponía, concepto que se ha ido acentuando más y más a medida que adelanto este estudio.

Desde luego que no atribuyo importancia capital a este asunto, aunque puede tenerla; he querido únicamente hacer este estudio para satisfacer mi curiosidad personal. Hago esta aclaración porque puede ser necesaria.

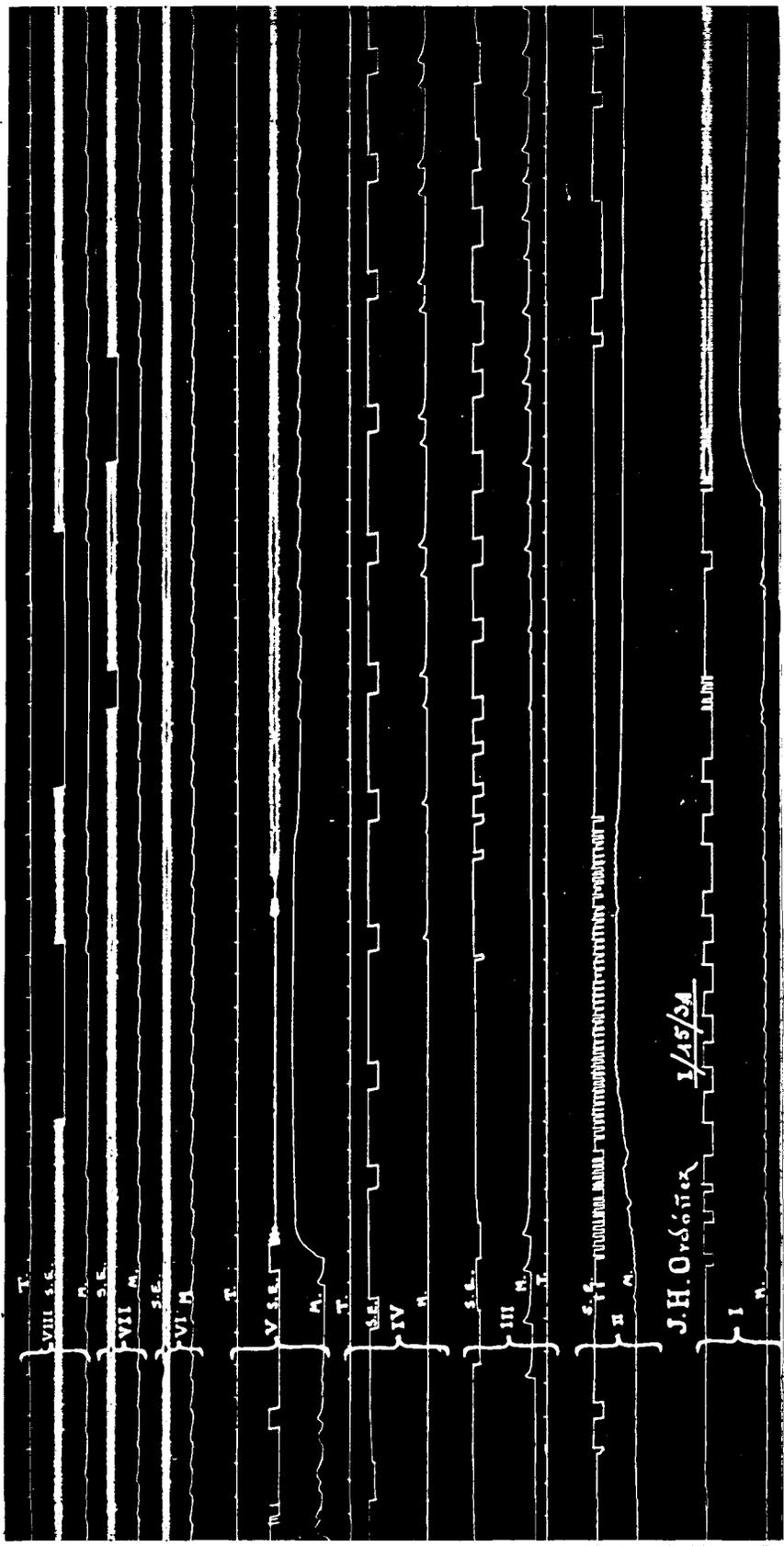
### FENOMENO

Véase la gráfica número 1. (Figura 1), cuyas condiciones experimentales son las siguientes:

Rana: recuerdo que el lote de ranas en que hacía estos experimentos había permanecido alrededor de dos meses en agua estancada; no recuerdo si ésta era la primera gráfica que se le tomaba. Descerebrada. Ciático descubierto; no recuerdo si estaba seccionado (1). Músculo humedecido con Ringer añejo o con agua. Miógrafo de Marey. Peso: no recuerdo. Carrete de Du Bois Raymond, modelo medio de Boullitte. Corriente inducida débil. Excitador de ganchos, modelo Ver-

---

(1) Estos datos dudosos se deben a que no están descritos en las anotaciones personales.



Gráfica No. 1. Figura primera.

din. Excitación sobre el nervio ciático en I y todo lo demás cogiendo el músculo entre los ganchos del excitador. Cronógrafo de Jaquet en segundos.

Para abreviar las descripciones, representaré por números romanos las líneas del trazado de cada gráfica, abarcando en cada número la descripción de la señal eléctrica de Marcel-Deprez y la del músculo, sin tener en cuenta para esta numeración la inscripción del tiempo y empezando a contar de abajo para arriba. De este modo en la figura 1 podemos contar hasta VIII, en tanto que en la figura 2, sólo hasta IV.

Según esta nomenclatura, tenemos en la figura 1: I fue tomado excitando el ciático. Las respuestas son las ordinarias. Del II en adelante, toda la gráfica fue obtenida excitando directamente el músculo; se nota que se adelanta siempre la respuesta muscular a la excitación porque las plumillas no estaban bien alineadas; aquí se observan fenómenos de adición latente seguidos de ligera contractura porque la línea del miograma no baja a su nivel primitivo. En III se ven respuestas mucho más intensas que las que se veían en II; las excitaciones se hacen de una manera casi rítmica, alrededor de 60 por minuto. En IV se observa lo mismo que en III.

En V se presenta lo interesante: primero se ven unas excitaciones irregulares con respuestas que no corresponden a las excitaciones; se nota como cierta rebeldía del músculo; después viene un tétanos en el cual la plumilla del músculo subió hasta encontrar la señal eléctrica, que estaba a su derecha; así duró 13 segundos, luego bajó la línea ligeramente durante 3 segundos y fue entonces cuando apareció la contracción rítmica, con un ritmo inicial de 60 contracciones por minuto. En VI, este ritmo se hace de 72 por minuto. En VIII, al final, ya no es sino de 42. Desde que empezó el tétanos en V no se interrumpió sino en VII y VIII y únicamente las interrupciones que aparecen en la gráfica.

La altura de las sacudidas musculares antes del tétanos (medida en la gráfica original) es de 0,002 m.; la altura del tétanos es de 0,008 m.; después baja la línea del trazado 0,002 m.; la altura de las primeras contracciones rítmicas sobreañadidas es de 0,001 m. La línea de descenso consta de dos partes: en la primera tiene una oblicuidad bastante aproximada a la de la línea de ascenso; la segunda parte se aproxima mucho a la horizontal, sin llegar a serlo en las primeras contracciones; esta apreciación de si es o no horizontal, es bastante

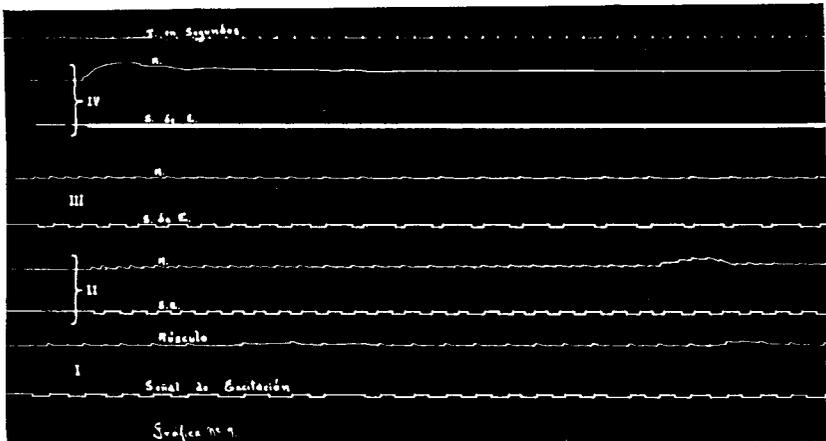
difícil; en algunas partes la he visto horizontal, en otras he visto siempre un ángulo, aunque es un ángulo extremadamente agudo, cuyo vértice mira hacia la derecha. Sea horizontal o no, es lo cierto que desciende muy lentamente. A medida que el músculo se fatiga las líneas de ascenso y de descenso se van haciendo más oblicuas y la amplitud disminuye al mismo tiempo (de 0,001 m. baja a 0,0005 m.)

Esta contracción rítmica sobreañadida, tan particular, es la que me propongo estudiar.

### ESTUDIO EXPERIMENTAL

Las gráficas 2 a 7 las tomé con el objeto de estudiar si el músculo durante la contracción rítmica sobreañadida seguía la ley de inexcitabilidad periódica. Este estudio fracasó totalmente, porque tropecé con el inconveniente decisivo de no encontrar tal contracción. En vista de este fracaso resolví, como era natural, buscar primero las condiciones que la hacían aparecer.

Gráfica 9 (Figura 2). Rana: se le había tomado la gráfica 8. Ciá-

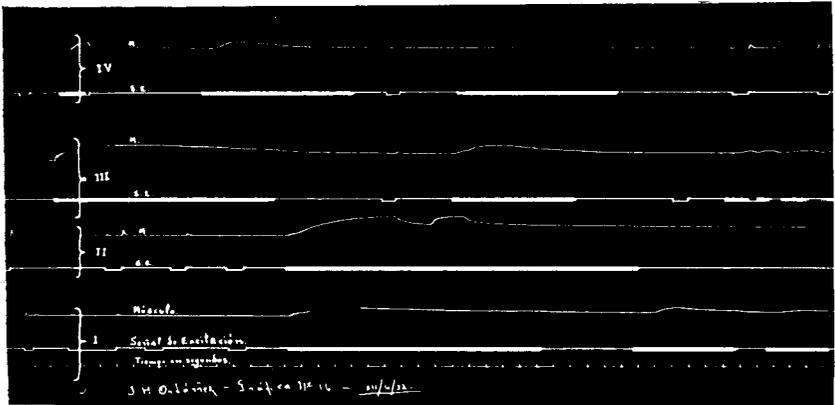


Gráfica No. 9. Figura segunda.

tico no descubierto. Líquido de Tyrode. Peso: 5 gramos. Excitación directa del músculo. No hay nada de particular. El objeto de esta gráfica fue estudiar el papel que pudieran tener las excitaciones rítmicas previas que aparecen en III y IV de la gráfica 1 (Figura 1). Como se ve, en estas condiciones no tiene papel ninguno. Las gráficas 8, 10, 11, 12 y 13 las tomé con el mismo objeto, variando el peso y la intensidad de la excitación. Registran los mismos resultados.

En vista de esto resolví no insistir más sobre esta posible causa y pasar a estudiar otras. De estos trazados puedo sacar la siguiente conclusión: *La ritmicidad previa de las excitaciones no es la única causa del fenómeno* (1). No puedo excluirla del todo porque puede suceder que asociada con otras tenga algún papel. Es poco probable pero es posible.

Gráfica 16 (Figura 3). Rana recién puesta. Descerebrada. Ciático



Gráfica No. 16. Figura tercera.

intacto. Peso: 8 gramos. Excitación directa del músculo. Cada tétanos es aplicado con la intensidad que tenía la corriente en las dos sacudidas inmediatamente anteriores. Esta gráfica la tomé con el fin de estudiar la acción de la intensidad de la corriente. No la describo, mejor es leerla en la figura 3. De particular no hay sino el tétanos en II, donde se ven dos contracciones sobreañadidas que no pude ver a qué correspondieron en la rana; seguramente corresponden a la contracción de músculos distintos al gastronemiano. Pero por qué se contrajeron estos músculos en este momento preciso? De dónde provino la excitación? Origen eléctrico, medular o cerebral? La rana estaba descerebrada; el músculo no estaba fatigado; es lo más probable, si no es seguro, que sea un movimiento reflejo producido por la excitación misma.

Pero para explicarlo de este modo habría que recurrir a una hi-

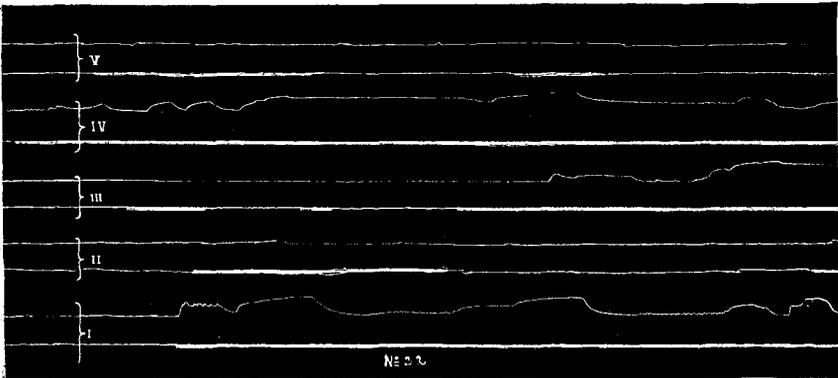
(1) Siempre que diga fenómeno me refiero es a esta nueva modalidad de contracción que he encontrado.

pótesis, la cual sería que al excitar un músculo se irradia una cierta cantidad de excitación por su nervio en sentido centripeto, la cual al llegar a la medula la excita y esta excitación se irradia y va a excitar al mismo músculo y a los otros músculos inervados por la región medular excitada. Pero por qué no vienen estos movimientos asociados desde el principio del tétanos? Tal vez porque la corriente era muy débil (inferior al umbral) y tenía que haber en el músculo fenómenos de adición latente, como lo atestigua el trazado progresivamente ascendente del miograma; esto parece ser comprobado por lo que se ve en la gráfica 48 (figura 9), III, donde los movimientos asociados aparecen desde el principio del tétanos y la excitación es más intensa.

Examinando con más cuidado, vemos que estos movimientos asociados empiezan por un descenso; éste no puede ser producido sino por relajación del gastronemio o por contracción de otros músculos que hagan acercarse el miembro del animal al miógrafo. Relajación no puede ser, luego tiene que ser movimientos globales asociados de la rana.

Las gráficas 17 a 21 las tomé con el mismo fin y obtuve los mismos resultados. Conclusión: Parece que la causa del fenómeno no esté en la intensidad de la corriente, aunque este asunto mere ser más estudiado.

Gráfica 22 (Figura 4). Rana recién puesta. Descerebrada. Ciático intacto. Sin líquido. Peso: 8 gramos. Corriente inducida. Excitador:

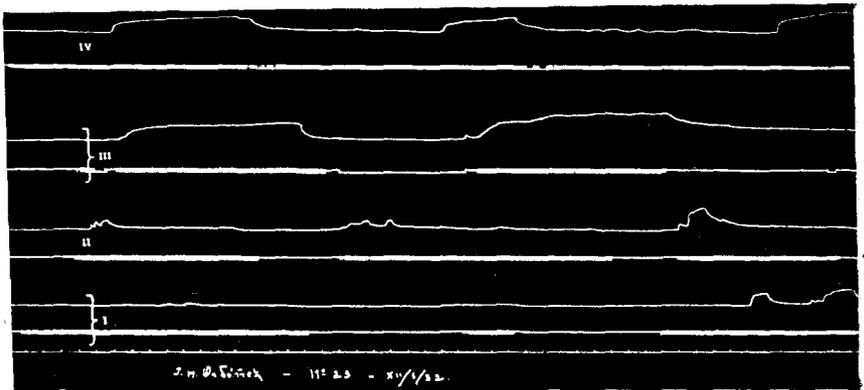


Gráfica No. 22. Figura cuarta.

agujas de platino móviles con un centímetro de separación. Excitación sobre la superficie del gastronemio.

Esta gráfica la tomé con el fin de estudiar si era cierta esta otra hipótesis: que el músculo al contraerse perdiera el contacto con uno de los ganchos del excitador y por consiguiente dejara de ser excitado y viniera su relajación; que luégo, como consecuencia de este alargamiento, alcanzara de nuevo el contacto perdido y volviera a ser excitado y que de este modo se engendrara la contracción rítmica, por excitaciones rítmicas. Utilicé las agujas de platino porque con ellas es más fácil que pierda un contacto. Cuando al contraerse el músculo lo pierde, se obtiene la línea ondulada que se ve en II; cuando las agujas se aproximan bastante al músculo, entonces se tiene una línea recta. Como se ve en la gráfica, es forzoso concluir que se trata de dos fenómenos distintos. Luego *la hipótesis de la pérdida de contacto no es verdadera.*

Gráfica 23 (Figura 5). Rana: la de la gráfica anterior. Excitador agujas de platino móviles. Excitación sobre el músculo. Líquido de



Gráfica No. 23. Figura quinta.

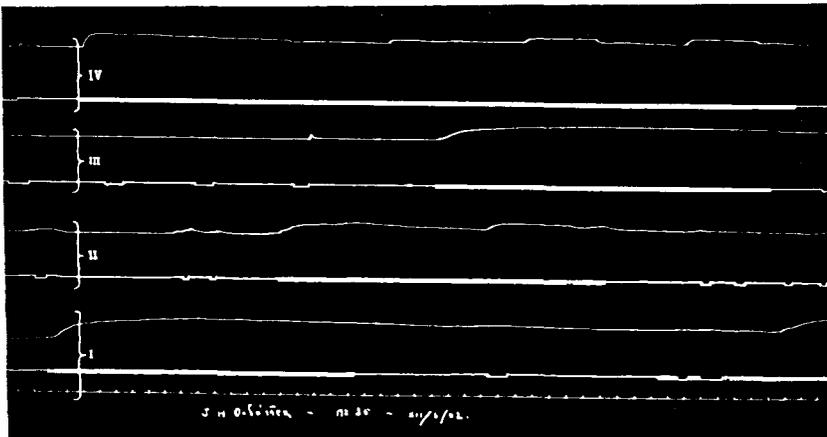
Tyrode. Ciático descubierto. Miógrafo de Marey. Tiempo en segundos.

En esta gráfica vemos algunos fenómenos interesantes: en el tercer tétanos, en I, la respuesta muscular empieza cinco segundos después de empezada la excitación; esto se debe a que sólo en este momento toman contacto las pinzas con el músculo. En II se ven contracciones sobreañadidas al tétanos. En III y IV fueron *con cesión pre-*  
Revista de la Facultad de Medicina.

*via del ciático* y a pesar de no haber cambiado ninguna otra condición del experimento, observamos que dichas contracciones sobreañadidas o parásitas han desaparecido por completo, pues las ondas que se ven son producidas por cambios voluntarios de la posición de las pinzas excitadoras sobre el músculo. Como la diferencia entre las causas es la causa de la diferencia en los efectos, debemos concluir que en este experimento la causa de las contracciones parásitas está en la integridad del nervio ciático. Ahora bien, como éste no puede por sí solo hacer contraer el músculo, la causa debe estar en la medula o en el cerebro. Aunque éste estaba destruído, no lo podemos descartar de una manera absoluta, porque podría suceder, aunque el hecho es muy poco probable, que no se hubieran destruído las células cerebrales y las fibras nerviosas correspondientes a estos músculos, que se hubieran escapado venturosamente al proceso de destrucción que se efectúa en el momento de descerebrar el animal. Esta hipótesis, por su verosimilitud ínfima, la podemos descartar sin temor a incurrir en falta ninguna, y así podemos decir que *las contracciones parásitas son de origen medular*.

Gráfica 25 (Figura 6). Rana: la misma de la gráfica 22. Excitador: agujas de platino móviles en I y II; en III y IV excitador de ganchos. Corriente farádica. Excitación sobre el músculo. Ciático seccionado. Líquido de Tyrode.

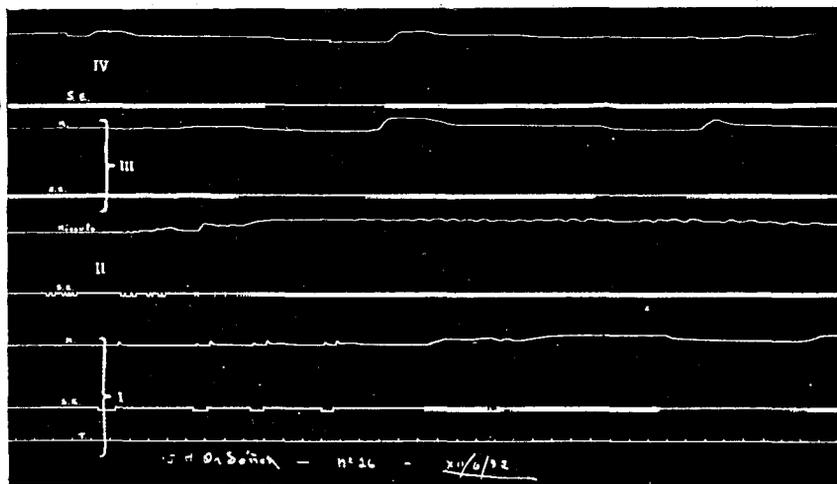
En esta gráfica anotamos en IV, un tétanos con el carrete en 6;



Gráfica No. 25. Figura sexta.

durante el tétanos se ven depresiones y ascensos en el miograma; éstos corresponden a movimientos del inducido; cuando éste setiera, hay descenso, cuando se acerca al inductor, hay ascenso. Señalo este hecho porque demuestra claramente que durante el tétanos, cuando la corriente no es fuerte, pueden haber contracciones sobreañadidas en el músculo, sin que en ello intervengan los centros medulares, porque sabemos que el ciático estaba seccionado en este caso.

Gráfica 26 (Figura 7). Rana: la misma de las gráficas 22, 23, 24



Gráfica No. 26. Figura séptima.

y 25. Excitador: pinzas de ganchos. Corriente farádica. Excitación directa del músculo. Ciático seccionado. Líquido de Tyrode. Peso: 8 gramos. Tiempo en segundos.

En esta gráfica, en II, anotamos un grupo de excitaciones con el carrete inducido en 8, otro en 6 y un tétanos en 6. Durante este tétanos vemos una *contracción sobreañadida rítmica*, bastante semejante a la que vimos en V, de la figura 1. Se asemeja a ella por su frecuencia; en que está precedida de una línea recta en el miograma; en que su ritmo se va haciendo cada vez más lento; en que el tétanos está precedido de excitaciones desordenadas; en que las sacudidas sobreañadidas son de poca amplitud, la cual es aproximadamente igual para todas, en lo cual se diferencian de otras contracciones parásitas producidas probablemente por reflejos de defensa; se asemeja también

Revista de la Facultad de Medicina.

en que la línea del miograma no baja durante el tétanos ni después de suprimida la excitación, lo cual demuestra que había *contractura post-tetánica*. Todos estos rasgos me permiten, sin forzar los hechos, establecer un paralelo entre el fenómeno inscrito en la gráfica 1 y el representado en la presente gráfica.

Establezco únicamente relación de semejanza entre los dos fenómenos, porque hay algunos detalles que impiden hacer relación de identidad. Tales detalles son: el período de reposo es más corto (en la gráfica 26) entre una contracción y otra; la línea de descenso de cada contracción sobreañadida se demora un poco más en aparecer y es más brusca; el ritmo no es tan perfecto como en la figura 1; esta contracción desapareció a los 25 segundos después, de haber empezado, en tanto que en la gráfica 1 duró alrededor de 4 minutos, sin que se vieran muestras de que iba a desaparecer. Como se ve, todas son diferencias de grado, que en nada pueden alterar la relación que antes he establecido.

Para terminar las anotaciones de esta gráfica debo llamar la atención sobre el hecho de que III y IV fueron tomados en las mismas condiciones, sin variar ningún detalle de los que había en II, y que el primer tétanos que aparece III es continuación del que se ve al terminar en II. Por consiguiente la contracción sobreañadida desapareció por causas intrínsecas, que aún no he podido precisar.

Qué concluir ante estos hechos? Que en las condiciones de este experimento tienen que estar alguna o algunas de las causas de la contracción rítmica sobreañadida, pero que no están todas o son defectuosas las que hay. Ahora bien, cuáles son estas causas y en qué consiste su defecto? Hé aquí el problema. Recordemos los factores que tienen alguna probabilidad de jugar algún papel: el estado de fatiga en que estaba el músculo, la sección del ciático, la poca intensidad de la corriente excitadora, la relativa frecuencia de las interrupciones, el poco peso en el miógrafo.

Gráficas 27 a 30. (Esta es de excitación del cabo periférico del ciático, que muy pronto se hizo inexcitable). Para estas gráficas seccioné desde un principio el ciático, creyendo que ésta fuera la causa; excité directamente el músculo y procuré seguir las condiciones experimentales de las gráficas 22 a 26. En ningún momento observé nada digno de mención.

Gráfica 31. Rana recién puesta. Descerebrada. Ciático descubierto.

Peso: 12,50 gramos. Excitaciones del ciático; en IV excitaciones y tétanos en el músculo directamente. Respuestas: las de siempre.

Gráfica 32. Rana: la anterior. Sección del ciático. Corrientes de excitación débiles, en el músculo directamente. Respuestas: las de siempre.

Gráfica 33. Dispositivo experimental de la anterior. Excitación directa del músculo. Tétanos con excitaciones débiles y muy prolongadas. Respuestas: las ordinarias.

Gráfica 34. Registra los mismos fenómenos de la anterior.

Gráfica 35. Rana recién cogida. Peso: 8 gramos. Excitador de ganchos. En I excitaciones del ciático; se ven movimientos generalizados de la rana que se traducen en la gráfica. En II, III y IV, excitaciones directas del músculo. En III, durante un tétanos, *seccioné el ciático* y al mismo tiempo *hubo un ascenso en el trazado*. En IV observé en los músculos del miembro como una especie de ondas contráctiles, de ritmo lento, muy tenues y que no alcanzaron a registrarse en la gráfica; no son acortamientos del músculo sino más bien como ascensos y depresiones en su superficie, que avanzan hacia su extremidad distal y que se suceden unas a otras.

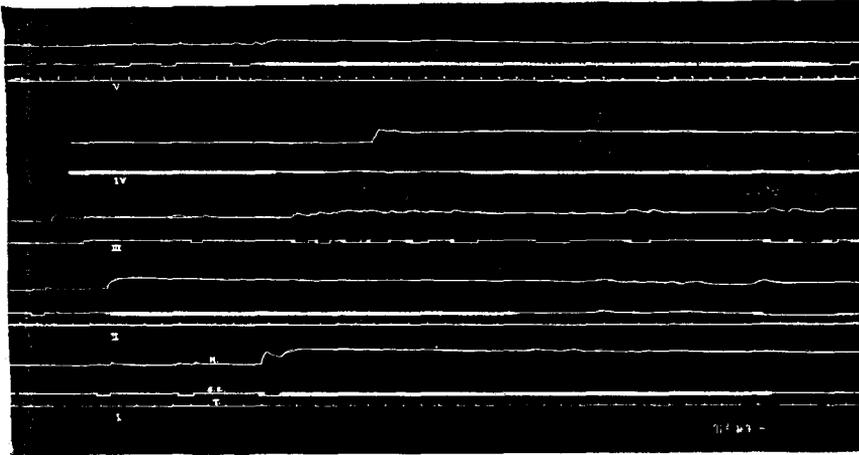
Gráfica 36. Condiciones experimentales de la anterior. Excitaciones directas del músculo con corrientes débiles. No obtuve nada de particular.

Gráficas 37 a 45. Continué los ensayos variando las intensidades, el peso, seccionando el ciático, variando el punto de aplicación de la excitación sobre el músculo, etc.; pero todas las respuestas son como las observadas ordinariamente.

Gráfica 46. Rana recién puesta. Insuficientemente descerebrada. Excitador de ganchos. Corriente inducida. Ciático intacto. Líquido de Ringer recién preparado. Peso: 5 gramos. En V sección del ciático. Excitaciones directas del músculo.

No hay nada digno de anotar.

Gráfica 47 (Figura 8). Condiciones experimentales de la anterior. Toda esta gráfica fue tomada estando el inducido del carrete en 6. En la parte media del tétanos en I se ven cuatro *contracciones rítmicas sobreañadidas*, que difieren sin embargo bastante del fenómeno que he señalado en la gráfica 1, pero tienen también algunas analogías con él, como son: aparición durante un tétanos; aparecen 15 segundos después de empezada la contracción tetánica; los espacios que separan una contracción de otra son aproximadamente iguales, y las



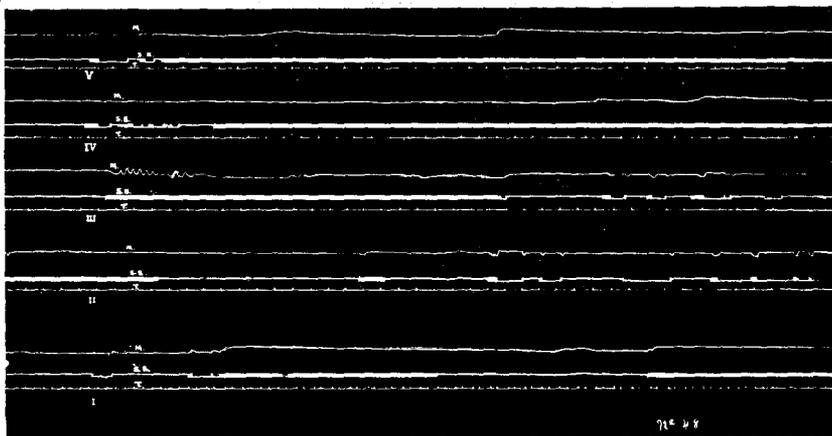
Gráfica No. 47. Figura octava.

sacudidas son de pequeña amplitud. Como se ve, en la gráfica 26 (Figura 7), apareció más semejante con la gráfica 1, pero los hechos que acabo de apuntar hacen pensar que se trata de un mismo fenómeno, bajo estados más o menos perfectos. La extrema lentitud y la poca amplitud con que aparecieron en este tétanos, podría hacer suponer que así habría terminado la gráfica 1 si se hubiera continuado por tiempo suficiente, pues, como ya he dicho, en aquella gráfica las contracciones se van haciendo cada vez más lentas y menos amplias. Luego prolongando este fenómeno con la imaginación, saltamos el abismo que separa a los dos fenómenos (gráficas 1 y 26, 1 y 47), y así pasamos de uno al otro sin notar la transición tan brusca que a primera vista se nos presenta. Ayudándonos, pues, de este artificio, podemos ahora decir que el fenómeno que empezó en la gráfica 1 se hizo notorio en la gráfica 26 y terminó en la gráfica 47.

En I y II de esta gráfica observé contracciones de otros músculos. En todos los tétanos se observa contractura post-tetánica.

Gráfica 48 (Figura 9). Condiciones experimentales de la anterior. Peso: 8 gramos. Excitación directa del músculo y el inducido del carrete en 6 durante toda la gráfica.

En I no se nota sino la débil amplitud de las respuestas y la presencia de contractura post-tetánica. En II se ven invertidas las sacudidas, pero esto se debe probablemente a movimientos globales de la rana porque sus miembros estaban fijados de modo que quedaran poco tensos y por lo tanto podía desalojarse de su posición.



Gráfica No. 48. Figura novena.

En III continúa la rana floja; se ven durante el tétanos *sacudidas rítmicas*, pero un poco diferentes a las registradas en la gráfica 1. En efecto: aparecen desde el principio del tétanos; son más amplias y más frecuentes; desaparecen de una manera brusca. Pero aparecen durante un tétanos, son rítmicas, se van haciendo cada vez más lentas y están precedidas de un descenso en el miograma. Ante este hecho cabe preguntar: es éste el mismo fenómeno registrado en la gráfica 1 o se trata de un fenómeno distinto? No lo sé. Más adelante vemos, en el mismo tétanos, 3 *contracciones rítmicas sobreañadidas*, las cuales sí tienen las características de la gráfica 1. Más adelante vemos las respuestas invertidas. Qué pasa aquí? Qué factor interviene para que se presenten estos fenómenos tan particulares? Parece que fueran movimientos voluntarios, pero por qué son rítmicos y por qué no aparecen sino durante un tétanos? Indudablemente la naturaleza tiene muchos secretos!

Para los trazados IV y V fijé la rana de tal manera que no pudiera desalojarse en ningún sentido. En IV se ve la fatiga del músculo; la línea del miograma no sube sino al cabo de 21 segundos; de esta parte en adelante se observan algunas ondulaciones en el miograma, que corresponden únicamente a contracciones del gastronemio, porque las contracciones de los otros músculos no pueden registrarse por el modo como está fijada la rana. Durante los tétanos de IV y V vi ondulaciones en el gastronemio y en los músculos de la piana, como los observados en la gráfica 35.

Gráfica 49. Rana y condiciones experimentales de la anterior. En el miograma no hay nada de particular. Únicamente anoto unas ondulaciones perceptibles por la vista, que he encontrado ya en otras ocasiones; en la superficie del músculo se ve que unas partes se deprimen y otras se hacen salientes; el músculo tiene ordinariamente de una a dos de estas ondas en diferentes lugares de su superficie; estas ondas progresan hacia la extremidad distal del músculo, pero algunas desaparecen en su trayecto; al mismo tiempo que unas ondas se destruyen nacen otras en la extremidad proximal, las cuales corren la misma suerte que sus antecesoras y así sucesivamente. Debo advertir que estas ondas duran solamente algunos segundos y que son muy poco perceptibles; para verlas hay que observar por algún tiempo el músculo; no se producen sino durante los tétanos y generalmente cuando el músculo ha entrado en fatiga. Qué significación tiene este fenómeno? Creo que forma parte del mismo fenómeno que vengo estudiando.

Termino aquí la exposición de los experimentos. Como se ve, de ellos no puede sacarse una conclusión general y precisa, pero sí ponen en la pista de una solución futura.

#### **DISCUSION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

*Causas de error.*—El músculo se va descontrayendo lentamente y aparece de una manera brusca una contracción, durante el tétanos, sin ninguna variación del excitante. Esto podría hacer pensar que al acortarse el músculo perdiera el contacto con uno de los ganchos del excitador y que luego, al decontraerse, ganando en longitud, volviera a tomar el contacto perdido y fuera por consiguiente excitado nuevamente. Así se tendría una excitación interrumpida rítmicamente y el músculo no haría sino responder a cada excitación. Esta hipótesis no es sostedible porque lo que se acorta el músculo en cada contracción es una fracción insignificante. En efecto, en la gráfica original la altura de cada contracción rítmica es de 0,001 m. para las primeras y de 0,0005 m. para las últimas; ahora bien, como la palanca del miógrafo amplifica cuatro veces los movimientos, tenemos que el acortamiento del músculo es de 0,00025 m. para las primeras contracciones y de 0,000125 para las últimas, cifra verdaderamente insignificante que no permite suponer que con un desalojamiento de esta magnitud pierda un contacto el músculo y deje de ser excitado.

No satisfecho con esta conclusión quise controlarla. Para realizar  
Revista de la Facultad de Medicina.

fácilmente la pérdida de contacto, utilicé el excitador de agujas de platino móviles, las cuales ponía en contacto con la superficie del músculo y al contraerse, perdía fácilmente un contacto a menos que se aproximaran más las agujas. En estas condiciones están tomadas las gráficas 5 y 22 (figura 4). En ésta, en II, se ve el trazo obtenido en estas condiciones. Cuando se permite que a cada contracción pierda un contacto el músculo, aparece una contracción rítmica totalmente diferente de la que venimos estudiando. Esta hipótesis debe ser, pues, abandonada.

Otra causa de error en contra de la individualidad propia del fenómeno puede ser el hecho de que las contracciones rítmicas sobreañadidas son voluntarias. Adelante veremos este asunto.

Otra causa de error sería esta: que el músculo tuviera poca potencia y que se dejara alargar por el peso; que como consecuencia del alargamiento la corriente que se engendra excitara al músculo y viniera así un aumento en la intensidad del excitante y una nueva contracción; después sería de nuevo alargado por el peso, nuevamente excitado y así sucesivamente. Esto sería en el caso de que se aceptara la teoría de D'Arsonval sobre el origen de la corriente eléctrica durante la contracción muscular, la cual, como se sabe, no está aceptada perfectamente. Sin embargo, no se puede descartar rotundamente esta hipótesis, si se confirmara la cual no sería una causa de error sino una explicación del fenómeno.

*Naturaleza del fenómeno.*—La primera objeción que se presenta contra su individualidad y existencia propia es la de que las contracciones sobreañadidas son de origen central y que el músculo no tiene ninguna propiedad nueva, como lo he dado a entender en el curso de la descripción. Al decir que sean de origen central, hay que precisar si es de origen medular o de origen cerebral de lo que se quiere hablar.

Desde luego, origen cerebral no puede ser, porque la rana estaba descerebrada, y ni aun suponiendo que no estuviera perfectamente descerebrada y que aún quedaran algunas funciones al cerebro, podríamos pensar que estas contracciones rítmicas, con un ritmo tan perfecto, fueran de origen cerebral, porque no se conoce hasta hoy ninguna función rítmica en el cerebro; por el contrario, vemos que es una característica de él emanar excitaciones irregulares cuando se lo irrita, como en el caso de la epilepsia jacksoniana, o cuando se excita directamente la corteza. Para admitir el origen cerebral del fenómeno,

habría que admitir o atribuir una propiedad nueva al cerebro, contraria a las que hasta hoy se conocen.

Por estos datos, y especialmente por estar descerebrada la rana, debemos concluir que *las contracciones sobreañadidas rítmicas no son voluntarias.*

Queda ahora la hipótesis de que sean de origen medular. Tendríamos que suponer que la medula, cuando el músculo está sometido a cierta excitación, adquiere la propiedad de enviarle rítmicamente excitaciones, las cuales producirían el fenómeno ya anotado. Esta hipótesis sería bastante verosímil en el caso de que el fenómeno no apareciera sino únicamente cuando el ciático estuviera intacto, pero los fenómenos registrados en las gráficas 26, 47 y 48 demuestran lo contrario, luego no puede tratarse de una excitación venida de la medula directamente al gastronemiano. Se dirá que podría haber acción de la medula sobre otros músculos distintos. Esto no podría suceder sino por un reflejo, cuyo centro y vía centrífuga aparecen claramente, porque algunos músculos del muslo no son inervados por el ciático; pero dónde está la vía centrípeta del reflejo? No existe, porque aparece es cuando el ciático está seccionado. Por consiguiente, la medula no es causa del fenómeno.

A primera vista esta conclusión parece lógica, pero si vemos lo que sucede en III, de la gráfica 48 (figura 9), vemos que no hay tal. En esta gráfica se registran ondas invertidas, las cuales no pueden deberse sino a desplazamientos de la rana, y estos desplazamientos no pueden ser producidos sino por contracción de otros grupos musculares, cuya contracción tendría que hacerse por vía refleja. El ciático estaba seccionado. No aparece la vía centrípeta y sin embargo la hay. Por consiguiente, no puede excluirse la medula como causa del fenómeno.

Conclusión: no se sabe si la medula sea o no la causa. O son de origen medular o son de origen muscular. Esto es evidente. Caemos pues aquí en dos teorías que por analogía con lo que sucede con el ritmo cardíaco, podemos llamar teoría neurógena y teoría miógena, a la cual se puede agregar una tercera o teoría mixta. Cuál de ellas es la verdadera? Aventurado sería decirlo desde ahora. En caso de que la medula fuera la causa del fenómeno, tendríamos el músculo sometido a dos excitaciones: unas, las del excitante primario, eléctricas, que producen el estado tetánico, y otras, de origen medular, menos

frecuentes que las anteriores, las cuales producen las contracciones rítmicas sobreañadidas.

Pero sean de origen medular o no, es interesante saber por qué obra de este modo la medula en este caso. Indudablemente habría que atribuirle o reconocerle una propiedad nueva, hasta hoy desconocida. Lo mismo sucede si pensamos que la causa reside en el músculo: tenemos que confesar que hallamos en él una propiedad nueva. Queda, pues, planteado este dilema: o es la medula o el músculo. (Si se quiere, puede añadirse que ambos factores).

*Causas probables del fenómeno.*—Debo aquí hacer mención especial de la opinión que solicité del doctor Carlos Trujillo Gutiérrez, profesor de Fisiología, a quien le mostré las gráficas 1, 26, 47 y 48. Amablemente emitió el siguiente concepto:

“Hecho: contracción muscular no sostenida, ritmada, podría llamarse faradización tremulante.

“Interpretaciones posibles:

“a) Por causa del excitante. Intensidad de la corriente muy débil o duración insuficiente.

“b) Por causa del animal. Cronaxia aumentada, hipoexcitabilidad muscular.

“Para comprobar si se trata de la causa a) repetir varios experimentos, en los cuales se midan diferentes intensidades y duraciones de la corriente.

“Si no se obtiene ningún resultado, buscar la causa b) disminuyendo la reserva de glucógeno por inanición o introduciendo iones de calcio o magnesio. Posición del animal”.

Hé aquí resumidas las causas que necesariamente tuvieron que intervenir en la aparición del fenómeno. Con la venia del maestro voy a permitirme ampliar, con los resultados de mis investigaciones, algunos de los puntos que con su rigurosa lógica trató.

Las primeras causas que se presentan son tres: las células piramidales de la corteza cerebral, las células radicales de los cuernos anteriores de la medula, o una propiedad especial del músculo. Ya las hemos estudiado al hablar de la naturaleza del fenómeno. Veamos ahora las otras causas que pueden influir.

a) *Causas que pueden residir en el excitante. Intensidad de la corriente.* En las gráficas que he tomado he ensayado todas las intensidades, desde la corriente que no produce respuesta ninguna, hasta la corriente fuerte que produce igual sacudida al cierre y a la aper-

tura del circuito. En estos ensayos he notado que la corriente debe ser débil, pero no demasiado, una corriente de intensidad vecina a la que produce sacudida muscular a la apertura del circuito únicamente. No obstante la importancia de este asunto, no figura en el protocolo de experiencias ninguna corriente de intensidad y voltaje conocidos, porque no he tenido aparatos para medirlos.

Otro factor que creo de gran importancia también es la *frecuencia de las excitaciones*, pues en la fig. 1 se ve que en el tétanos durante el cual aparece el fenómeno, las excitaciones son extremadamente frecuentes, en tanto que en las otras figuras se ve que es menor.

Puede suceder que tenga también algún papel el punto del músculo donde se coloca el excitador, ya sea en su extremidad proximal o en la distal (siempre que haya excitación longitudinal).

*b) Causas que pueden residir en el animal. Cronaxia aumentada.*— Es muy verosímil que el músculo en que operé en la gráfica 1 tuviera aumentada la cronaxia por el estado de fatiga en que estaba. Si esto sucediera, nos explicaríamos el fenómeno porque, estando aumentada la cronaxia y las excitaciones siendo muy frecuentes no podrían excitar el músculo por su duración insuficiente, sino después de que haya sucedido cierto número de ellas, las cuales, reunidas producirían la excitación por un simple fenómeno de adición latente. Esto está corroborado porque en la colección de gráficas que conservo hay dos trazados de tétanos con corriente que no produce respuesta ninguna por su débil intensidad, ni al cierre ni a la apertura del circuito. Pero si se aplica con esta corriente un tétanos se ve subir la línea del miograma, con esto de particular: hay un tiempo perdido bastante apreciable, la línea sube lentamente y la altura que alcanza es poca, lo cual indica claramente que el músculo ha sido excitado por la adición de las excitaciones, ya que no era excitado por cada una de ellas en particular.

Por otra parte, si llegara a ser cierta esa hipótesis, no sería extraño; sería un caso análogo a lo que sucede en la fibrilación auricular del corazón, donde la cronaxia elevada del haz de His defiende a los ventrículos de las excitaciones demasiado frecuentes que les vienen de las aurículas.

*Excitabilidad muscular.*—Sabemos que la excitabilidad muscular aumenta con las causas que favorecen la nutrición del músculo, a saber: aumento del aflujo sanguíneo, oxigenación mejor de la sangre, aumento de la temperatura (hasta cierto límite). Por el contrario, vemos la

excitabilidad disminuída cuando se reduce la circulación, cuando el músculo se fatiga, y bajo la acción de ciertas sustancias que no es el caso examinar ahora porque no se hallaban en los experimentos. Por consiguiente, en la rana en que apareció el fenómeno había hipoexcitabilidad muscular, porque esta rana estaba en un estado de nutrición defectuosa, de auto-intoxicación, porque había permanecido en agua estancada alrededor de dos meses y sabido es que en esas condiciones hay reabsorción por la piel de los productos de eliminación del animal, y que se hallan disueltos en el agua.

Se podría agregar además como causas del fenómeno, un trastorno de las glándulas endocríneas paratiroides y suprarrenales, pero es difícil por ahora encontrar datos que apoyen o rechacen esta hipótesis.

He notado también que para que aparezca el fenómeno se requiere cierto estado de fatiga del músculo y que haya *contractura post-tetánica*, como he convenido en llamar al estado del músculo cuando, después de un tétanos, la línea del miograma permanece al mismo nivel que había alcanzado durante el tétanos. En efecto, en las gráficas 1, 26, 47 y 48 en que aparece este fenómeno, vemos que el músculo estaba en estado de contractura pos-tetánica. Pero debo decir también que en algunas de las otras gráficas que poseo apareció dicho estado y no hubo contracciones rítmicas sobreañadidas.

En cuanto al estado de contractura post-tetánica he notado que no aparece desde un principio, sino que requiere un trabajo previo del músculo, ojalá un trabajo forzado. No es el momento de entrar en la explicación teórica de este estado.

### REPERCUSION POSIBLE DEL FENOMENO

a) *Sobre la fisiología del ritmo cardíaco.*—Esta parte, netamente teórica e hipotética, la describo porque hay algunos hechos que, si bien no están demostrados, me atraen por su verosimilitud. Por eso me atrevo a aventurar algunas ideas, presentándolas naturalmente como hipotéticas. Si no se confirman no hay nada perdido; si se confirman, tanto mejor.

Cuando hallé el fenómeno, una de las cosas que me llamó la atención fue la de que podría explicar la fisiología del ritmo cardíaco. Pues bien, aunque no tengo razones para demostrarlo, continúo creyendo esta hipótesis, porque creo que hay grande analogía entre los dos fenómenos (el que hoy presento y el ritmo cardíaco), que las condiciones que rigen para el uno deben ser casi las mismas que ri-

gen para el otro y que los dos no son sino simples variedades de un fenómeno más general, que se presenta en todos los músculos.

En efecto, todos los músculos lisos presentan contracciones rítmicas. Esto es de conocimiento primario. Pero donde aparece más nítida y más perfecta esta ritmicidad es en el músculo cardíaco. Faltaba señalar movimientos rítmicos en los músculos voluntarios; la presentación que hoy hago viene pues a llenar este vacío.

Veamos ahora algunos de los hechos que me han llevado a suponer la analogía de que acabo de hablar. La punta de corazón aislada (enervada) responde rítmicamente cuando se la excita por una corriente continua, o con un ritmo propio cuando lo es por corriente farádica de interrupciones frecuentes. Lo mismo sucedió en mi experimento, con la única diferencia de que fue en un músculo estriado de la vida de relación.

Las fibras ricas en sarcoplasma tienen cronaxia elevada; los músculos lisos y las fibras del haz de His son ricos en sarcoplasma; ya hemos visto (pág. 349) que el músculo en que apareció el fenómeno debía tener cronaxia aumentada. Por consiguiente vemos en todas las contracciones rítmicas un factor común: la cronaxia aumentada. Hemos visto también el papel que puede desempeñar este factor en la génesis de las contracciones rítmicas.

Basándome en estos datos y en algunos otros, he ideado una teoría para explicar la génesis del ritmo cardíaco. Pero como este es un tema muy extenso y complejo y, como lo tengo en estudio, dejo para más tarde desarrollarlo.

*b) Sobre la fisiología patológica de los temblores.*—En Clínica se presentan contracciones rítmicas en los músculos voluntarios. Tal es el caso del temblor en la enfermedad de Parkinson, de la esclerosis en placas, de la enfermedad de Basedow, de la parálisis general progresiva, del temblor en las emociones, etc., los cuales no son sino contracciones rítmicas, más o menos rápidas, influenciadas por estos o aquellos factores, en ciertos grupos musculares que normalmente están bajo el dominio de la voluntad.

Pero cualesquiera que ellas sean y cualesquiera que sean sus causas, hay un hecho muy claro y es que no se conoce su fisiopatología. Ahora me pregunto: no habrá alguna relación entre las causas que favorecen la aparición del fenómeno que hoy presento y las causas de estos movimientos rítmicos?

## CONCLUSIONES Y RESUMEN

Se trata de una contracción rítmica, sobreañadida a la contracción tetánica, hallada en el gastronemio de la rana, durante un tétanos obtenido con corriente farádica frecuente.

Este fenómeno no lo he visto relatado en la literatura científica. Provisionalmente, mientras se conoce su naturaleza íntima propongo que se lo llame *contracción prosténica* (de *προσθτος*, sobreañadido), por que con esta denominación no se predice nada sobre su naturaleza y se hace alusión a una de sus principales propiedades. Digo prosténica y no prostética por eufonía.

La ritmicidad previa de las excitaciones no es la única causa de la contracción prosténica.

Parece que su causa no esté en la intensidad de la corriente excitadora, aunque este asunto requiere más estudio.

Podría ser que la causa estuviera en una pérdida de contacto de uno de los electrodos excitadores al contraerse el músculo, pero esta hipótesis queda refutada.

Las contracciones sobreañadidas *no rítmicas* que aparecen durante algunos tétanos son de origen medular. Estas contracciones son irregulares, de desigual amplitud, muy lentas, aparecen y desaparecen bruscamente durante el tétanos y son muy escasas en número.

Si durante un tétanos se aumenta la intensidad de la corriente, sube la línea del miograma; si se disminuye, baja.

Esto demuestra que una de las causas de las contracciones sobreañadidas, durante el tétanos, es el aumento de la excitación.

En la gráfica 26 (fig. 7) apareció un fenómeno muy semejante a la contracción prosténica; entre los dos no hay sino diferencias de grado. Apareció en las siguientes condiciones: ciático seccionado, excitación débil, músculo fatigado, poco peso y excitaciones frecuentes.

En la gráfica 47 (fig. 8) aparecen cuatro contracciones rítmicas, sobreañadidas, durante un tétanos, en las siguientes condiciones: ciático seccionado, excitación débil, poco peso, excitaciones relativamente frecuentes, músculo poco trabajado. Este fenómeno no es sino un esbozo de la contracción prosténica.

En la gráfica 48 (fig. 9), tomada en las mismas condiciones de la anterior, aumentando el peso aparecen en III contracciones rítmicas sobreañadidas durante un tétanos, pero no son en todo iguales a las de la gráfica 1; en un tétanos en IV se ven primero dos contraccio-

nes y después tres, con un ritmo bastante frecuente y de muy poca amplitud.

En las gráficas 35, 47 (fig. 8), 48 (fig. 9) y 49, observé en el músculo ondulaciones rítmicas en su superficie, que marchan hacia la extremidad distal. Este fenómeno debe hacer parte de la contracción prosténica.

Las contracciones sobreañadidas durante el tétanos no son de origen cerebral. Su causa debe residir en una propiedad nueva de la médula o en una propiedad nueva del músculo. Esta propiedad es acondicionada por diferentes factores que aún no conozco bien.

Pueden ser causas de la contracción prosténica: 1.º corriente de intensidad vecina a la que produce respuesta muscular a la apertura del circuito únicamente; 2.º Excitaciones suficientemente frecuentes; 3.º Tal vez también el punto donde se excite el músculo; 4.º Cronaxia muscular aumentada; 5.º Hipoexcitabilidad muscular; 6.º Un trastorno de las suprarrenales o de las paratiroides; 7.º La contractura post-tetánica del músculo; 8.º La sección previa del ciático; 9.º Descerebración insuficiente; 10. Mucho peso en el miógrafo que haga alargar el músculo y engendrarse así una corriente que vaya a reforzar la de la excitación; 11. Disminución de las reservas de glucógeno; 12. Un desequilibrio iónico de Na, K y Ca, Mg.

*La contractura post-tetánica* es otro fenómeno que he hallado. Lo he llamado así porque este nombre es casi una descripción de él. Consiste en un estado particular del músculo, en que después de un tétanos, entra en contractura, y la línea del miograma permanece a la misma altura durante el tétanos indefinidamente, aunque el músculo deje de ser excitado. Como causa de este fenómeno, he encontrado hasta ahora que se debe a la fatiga previa del músculo.

Adelanto la hipótesis de que hay una relación estrecha entre la contracción prosténica y el ritmo cardíaco, por una parte, y con la fisiología patológica de los temblores que se presentan en clínica (esclerosis en placas, enfermedad de Parkinson, de Basedow, etc), por otra parte, como movimientos rítmicos que son todos. Creo firmemente que para todos rigen condiciones análogas y que al conocer íntimamente la naturaleza de uno se esclarece simultáneamente la naturaleza de los otros.

Bogotá, marzo de 1933.

Bogotá, septiembre 2 de 1933.

Señor Director de la "Revista de la Facultad de Medicina".—L. C.

En nombre del señor Rector tengo el gusto de dirigirme a usted para enviarle duplicado del Informe presentado por los señores Profesores Franco, Aparicio y Salgar, sobre el mérito del único estudio presentando al concurso "Trabajos de vacaciones" abierto por la Revista de la Facultad.

Me es grato felicitar a usted muy sinceramente por la iniciación de estos concursos que tienden a estimular la investigación y el estudio entre los alumnos de la Facultad, y que habrán de dar tan buenos resultados en un futuro próximo.

Soy de usted atento y seguro servidor,

*Jorge de Francisco,*  
Secretario.

-----  
Bogotá, septiembre 1.º de 1933.

Señor Rector de la Facultad de Medicina.—E. S. D.

En desempeño de la comisión que usted tuvo a bien confiarnos para estudiar los méritos del trabajo presentado por el alumno señor *Hernando Ordóñez*, en el concurso abierto por la "Revista de la Facultad", tenemos el honor de informar a usted lo siguiente:

El trabajo tiene por título *Sobre una contracción rítmica hallada en el músculo gastronemio de la rana durante un tétanos perfecto. Contracción prosténica. Estudio inicial.* Se apoya en la experimentación que el autor ha hecho en los animales y está acompañada de numerosos trazados gráficos obtenidos con los aparatos del Laboratorio de Fisiología de la Facultad.

Después del estudio y crítica de la contracción muscular, y de la discusión de todos los elementos que la constituyen, el autor entra a describir el fenómeno que él denomina "Contracción prosténica" y enuncia las diversas hipótesis que pueden formularse para explicarla.

A este estudio sigue una serie de consideraciones destinadas a hallar cierta analogía entre la contracción prosténica y la naturaleza de las contracciones, normales o patológicas, que se verifican en los músculos del organismo, ya sea de los de la vida de relación, ya de los de la vida orgánica, en especial del músculo cardíaco.

Las conclusiones a que llega el autor, en lo relativo al ritmo cardíaco y a algunos síndromes en los que el temblor es el signo do-  
Revista de la Facultad de Medicina.

minante, son, como él mismo lo señala, completamente hipotéticas y requieren una experimentación más prolongada y precisa. Van en contra de las teorías actualmente aceptadas por la ciencia, de modo que sólo un estudio más largo y minucioso podría darle fundamento.

Creemos, en vista del estudio que hemos hecho del trabajo presentado por el señor Ordóñez, que su autor tiene un espíritu de investigador y dotes de observación que deben estimularse, y que el trabajo en sí tiene mérito suficiente para hacerlo acreedor al premio ofrecido por la Revista en el concurso que, en buena hora inició para estimular la investigación científica entre los alumnos de la Facultad.

Somos de usted muy atentos seguros servidores,

*Roberto Franco F., Julio Aparicio, Abraham Salgar A.*

