

Dedicado a mis maestros los doctores
Auguste TOURNAY y Jean-Louis LERIQUE

VALOR CLINICO DEL ELECTRODIAGNOSTICO

— **Dr. Antonio López Zanón**
Jefe del Servicio de Neurología y
Electrodiagnóstico. Instituto de In-
vestigaciones Clínicas y Médicas
del Profesor C. Jiménez Díaz.
Madrid.

•

•

•

La semiología del sistema nervioso se ve enriquecida, día a día, por el empleo de los métodos de Electrodiagnóstico.^{11, 13} Estos se basan: a) en crear un potencial de acción artificial, despolarizando mediante estimulación eléctrica; b) en el examen de los potenciales de acción que ocurren naturalmente, o c) en la combinación de ambos procedimientos (estimulación-detección).

A) ELECTRODIAGNOSTICO DE ESTIMULACION.

Descansa en una propiedad de los tejidos, la excitabilidad, ésta no se encuentra sino en los elementos que poseen una cierta polarización,²³ la cual se suprime al estimular, creando, en suma, el equivalente de un potencial de acción. El nervio y el músculo tienen una membrana que, en neurofisiología, significa una carga interna negativa y otra externa positiva;^{23, 13} la despolarización determina que la carga externa se haga negativa, con lo que la membrana se suprime funcionalmente. Este fenómeno progresa, a lo largo del tejido excitado (cilindroeje), y da lugar a la contracción de las fibras musculares.

Los métodos de estimulación pueden consistir en el simple examen de la cualidad de respuesta muscular,¹⁰ o en tratar de establecer una constancia del tiempo de excitabilidad de una estructura dada.¹¹ En el segundo caso, hay que considerar dos parámetros: intensidad necesaria y tiempo que ésta debe durar, para obtener respuesta. Con estímulos de intensidad creciente, se obtiene una curva, en forma de hipérbola, una asíntota de ésta es la intensidad mínima necesaria para lograr respuesta en un tiempo muy largo (rheobase de LAPICQUE). Los anglosajones suelen practicar la toma de tales curvas de intensidad-duración.¹³ Los franceses se limitan a medir el tiempo que precisa una corriente, de intensidad doble a la de la rheobase, para producir respuesta (cronaxia de LAPICQUE). No voy a entrar a discutir el valor de estos métodos cuantitativos, únicamente diré que, para mí, el mejor modo de comprender el estado de un músculo es utilizar el método cualitativo. Podemos emplear los siguientes tipos de corrientes:

- a) Galvánica, corrientes continuas, prolongadas, de pila.
- b) Corrientes breves:
 - Farádica (de bobina inducida).
 - Rectangular (pistola de WEISS).
 - Descarga de condensadores (su primer fragmento).
 - Producida por estimuladores industriales (0,01 a 300 milisegundos).

Esquematisando, tenemos los siguientes tipos de respuestas:

A) Cuando nervio y músculo están intactos, hay una sacudida rápida al cierre catódico (galvánica) y una contracción intensa, y persistente, al estímulo farádico.

B) Reacción parcial de degeneración (lesión incompleta del nervio), en la cual hay una respuesta con mezcla de lentitud, al cierre catódico, y una disminución en la intensidad de la contracción, respuesta al estímulo farádico.

C) Reacción de degeneración total, en la que falta la respuesta al estímulo farádico, habiendo, en el estímulo galvánico, una contracción perezosa, lenta, vermiforme que, a veces, es más fuerte en el polo anódico que en el catódico.

C) Reacción de degeneración total, en la que falta la respuesta respuesta normal; una serie de estímulos farádicos pone de manifiesto la progresiva disminución en la intensidad de la respuesta.

E) Reacción miotónica, se caracteriza por respuesta pronta al estímulo galvánico, seguida de postcontracciones. El estímulo farádico determina una contracción bastante persistente.

F) Reacción tetánica, con respuesta normal a la farádica y contracción tetánica en la apertura o cierre catódicos.

La electroestimulación, al menos en su forma de examen cualitativo, tiene el mayor valor clínico, como complemento de la exploración neurológica y, siendo aplicable en cualquier medio y los aparatos poco complicados, "cuando más simples, mejor", está al alcance de cualquier médico. El valor de la cronaxia es ya viejo y ha resistido la acción del tiempo; sin duda, por su simpleza, esta técnica es superior a la de las curvas de intensidad-duración que, influídas por el coeficiente personal de quien las registre, quedan excluidas del empleo diario, como método standard, en la clínica.

B) ELECTROMIOGRAFIA.

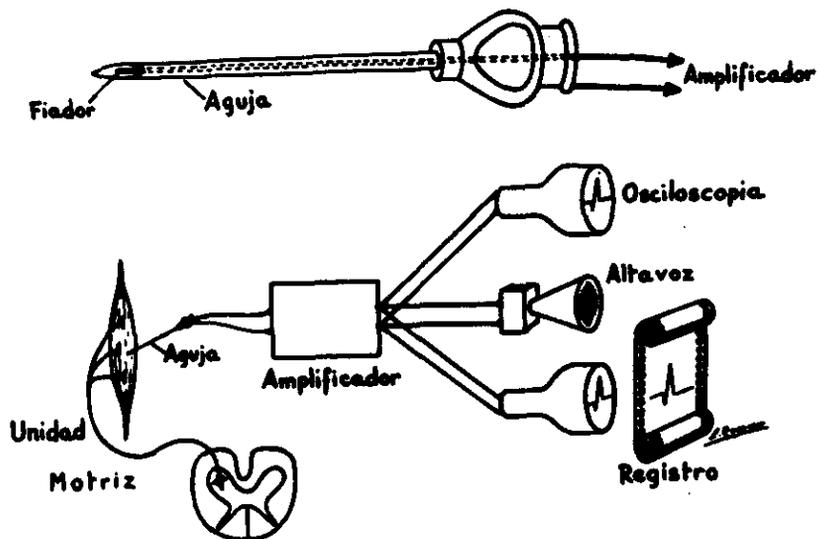
Tomar un electromiograma es ver, oír y volver a ver (sobre el registro) los potenciales de acción musculares.^{1, 6, 8, 12, 13, 16, 26} Este método no fue posible hasta que DE FOREST (en 1910) inventó la lámpara de tres electrodos. Triodos y pentodos suministran la amplificación necesaria para poder trasladar los potenciales de acción al aparato de registro de menor inercia (la de un haz de electrones), es decir, al oscilógrafo de rayos catódicos.³ La banda de frecuencias de la electromiografía se halla entre los 20 y 20.000 ciclos por segundo y la brevedad con que cursan las variaciones de potencial en el músculo exige un aparato de mucha menor inercia. Al mismo tiempo, como quiera que el aparato dotado de esta condición (oscilógrafo) es muy poco sensible, hay que amplificar decenas de microvoltios a decenas de voltios y, esto, sin distorsión en la morfología de los potenciales; la solución de este problema fue conseguida por MATTHEWS hace poco menos de treinta años.

En razón de su brevedad y cursando los potenciales en la zona

de las frecuencias audibles, una exploración electromiográfica nunca será completa si no se hace simultánea derivación a un altavoz, y de ser posible, registro del sonido en cinta magnetofónica.

Creo necesario, antes de seguir adelante, exponer algunas bases fisiológicas, necesarias para la interpretación del electromiograma. Primeramente, voy a explicar un concepto que debemos a SHERRINGTON, el de la unidad motriz, ésta representa la unidad biológica de la función muscular. Una neurona del asta anterior inerva gran número de fibras musculares (tanto menor será este número, cuanto más especializada sea la función del músculo en cuestión). La neurona y el conjunto de fibras musculares inervadas, mediante las finas ramificaciones terminales de su cilindrojeje, forman la unidad motriz. En ella tenemos que ver la vía final común de SHERRINGTON. Entre la terminación nerviosa y la fibra muscular, se halla un aparato especializado que recibe el nombre de placa motriz.^{4, 5, 7, 22} En este punto tiene lugar la transmisión neuromuscular, mediante producción de acetilcolina que despolariza la placa motriz (potencial de la placa motriz). Este da lugar a la despolarización de las porciones vecinas de la membrana muscular y, así, se propaga el impulso. Cuando la membrana muscular se halla en reposo, existe una diferencia de potencial del orden de los 90 mV, entre su superficie externa (positiva) y la interna (negativa). El potencial de membrana se debe a las diferencias de concentración iónica entre el interior y el exterior de las células. En el líquido intracelular el catión K existe en una proporción de 150 m.Eq./l. y el anión Na, en la de 10 m.Eq./l.; en el medio extracelular, las concentraciones respectivas son de 4 m.Eq./l. para el K y 140 m.Eq./l. para el Na. La despolarización de la membrana significa una caída de potencial por flujo de Na hacia el interior de la célula y su repolarización está determinada por una restauración de la impermeabilidad de la membrana al Na, seguida por la extrusión activa de éste y una corriente de K hacia dentro de la célula.^{14, 22, 25} La onda de despolarización, conducida a lo largo de la membrana, determina una excitación que produce un estrechamiento de la banda isotropa, con estrechamiento y, luego, desaparición de la línea de HENSEN. O, según los estudios electrón-microscópicos de H. E. HUXLEY, una interdigitación de los filamentos primarios (gruesos) y los secundarios (delgados). Como ha demostrado SZENT-GYÖRGYI, es el trifosfato de adenosina la sustancia capaz de unir la actina y la miosina en actomiosina, en el momento que se alteran los balances iónicos al despolarizarse la membrana.^{9, 17, 25}

Los potenciales de acción que registramos en el electromiograma no son, por tanto, un fenómeno que acompaña sino que precede a la contracción muscular. Podemos registrar estos potenciales, utilizando varios procedimientos: a) por medio de electrodos de superficie (semejantes a los usados en electroencefalografía), colocando uno sobre el vientre muscular y otro sobre el tendón (este medio de registro será sólo cuantitativo: electromiograma global); b) mediante un registro unipolar (técnica de JASPER), con una fina aguja de punta activa y un electrodo indiferente en la superficie cutánea, y c) mediante la aguja coaxial de ADRIAN y BRONK (Fig. 1), ésta puede ser monofilar (registro entre la masa de la aguja y la punta activa de su mandril, aislado de ella) o bifilar (entre las puntas de dos mandriles, perfectamente aislados entre

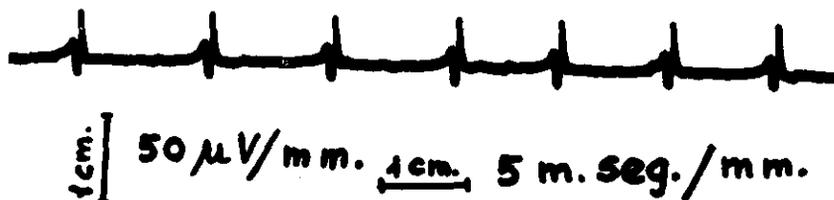


(Figura 1)

sí, derivando a tierra la masa de la aguja). De todos estos procedimientos, tienen dos aplicación clínica: el electromiograma global y, sobre todo, el electromiograma cualitativo por la aguja coaxial monofilar.

Ya hemos visto qué es lo que vamos a registrar y cómo lo vamos a registrar, veamos ahora cuál es el valor clínico del electromiograma.

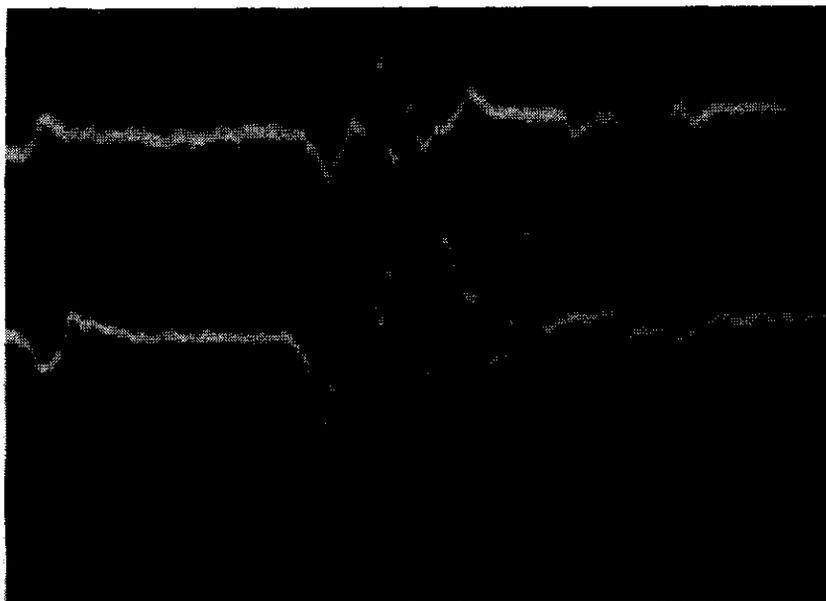
1) Electromiograma del músculo normal. En la motilidad voluntaria, y de acuerdo con BUCHTAL y CLEMMESSEN, distinguimos tres tipos de trazado: Simple, contracción muscular ligera, formado por potenciales bien individualizados (una o dos unidades motrices) que pueden analizarse perfectamente, en cuanto a su amplitud, morfología y duración; intermediario, contracción muscular de intensidad media, en el cual es difícil fijar el número de unidades motrices presentes e interferencial, contracción muscular intensa, donde es ya tan grande el número de unidades presentes y la cuantía de la interferencia de los potenciales hace imposible todo intento de análisis (su grado máximo constituye el llamado "ritmo de PIPER", en recuerdo de este autor alemán, que lo describió en 1912). En el músculo normal (Fig. 2), más del 80% de las unidades son di- o trifásicas, tienen una fase inicial posi-



(Figura 2)

tiva, seguida de una fase ascendente (negativa) y, caso de ser trifá-

sicas, otra fase terminal positiva. Los potenciales de acción que contienen más de cuatro fases (Fig. 3) son considerados como polifásicos



(Figura 3)

y, en el músculo normal, no pasan de un 3%. Para BUCHTAL, los potenciales polifásicos se deben a incompleta sincronización de potenciales aislados de una misma o distintas unidades (Fig. 4). La dura-



1cm. | 50 μ V/mm. | 1cm. 2 m. seg./mm.

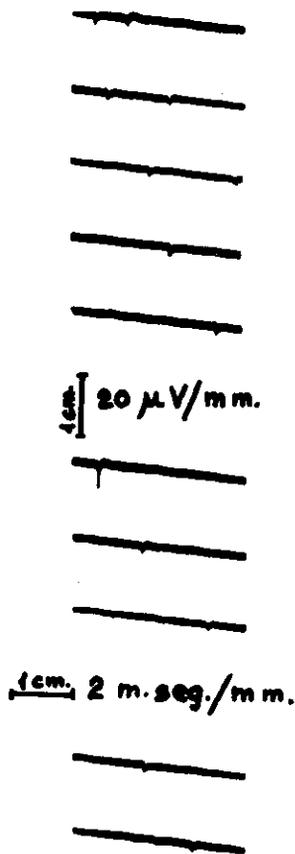
(Figura 4)

ción de los potenciales, de unidades motrices normales, se halla entre los 5 y 10 milisegundos (BUCHTAL y CLEMMESSEN), aunque, según LERIQUE, lo más común es que duren 5 milisegundos. Su frecuencia oscila desde los 4 (trazado simple) a los 60 por segundo (ritmo de PIPER). El voltaje de los potenciales, medido entre las deflexiones positiva y negativa más pronunciadas, es muy variable, de microvoltios a milivoltios, y depende, simplemente, de la distancia que medie entre el electrodo y las fibras activas; por ello, de acuerdo con BUCHTAL, no

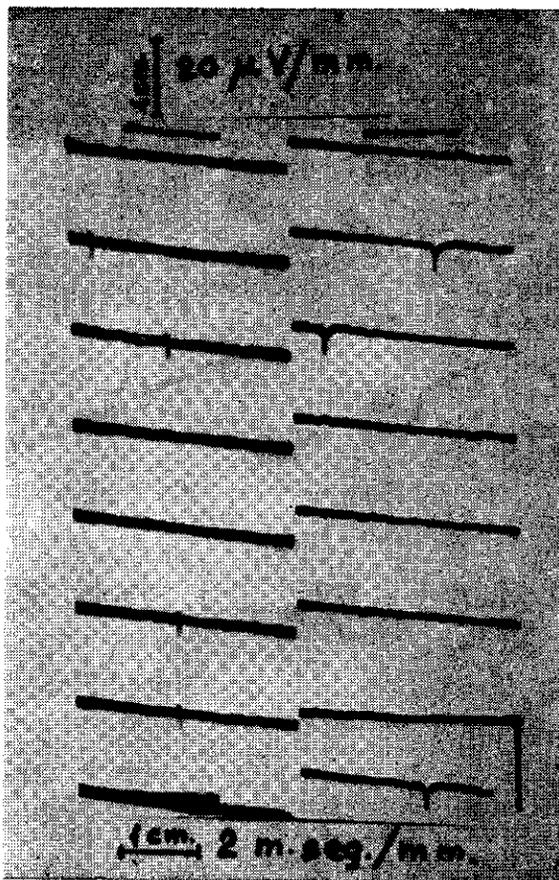
se concede valor a las mediciones de voltaje en el diagnóstico electromiográfico.

El electromiograma global, registrado generalmente sobre un aparato de electroencefalografía (sistema de inscripción por plumas) tiene un gran valor para estudios kinesiológicos,^{18, 19} así, yo mismo serví, en 1955, como sujeto de estudio para los trabajos de TOURNAY y PAILLARD¹⁹ sobre las actividades musculares durante la escritura.

2) El electromiograma patológico. Voy a pasar una breve revista a los diferentes elementos que tienen valor en la electromiografía clínica. Aunque, expresamente, no haga referencia a ello, me ocuparé de: actividad encontrada en el momento de insertar la aguja, durante el reposo (relajación) muscular y el de los diversos grados de contracción muscular. En el músculo normal, existe una reacción "de penetración", cuando se inserta la aguja, con potenciales breves, fugaces; hay silencio eléctrico durante la relajación muscular y, según el grado de contracción muscular, los tres tipos de trazados (simple, intermediario o interferencial).



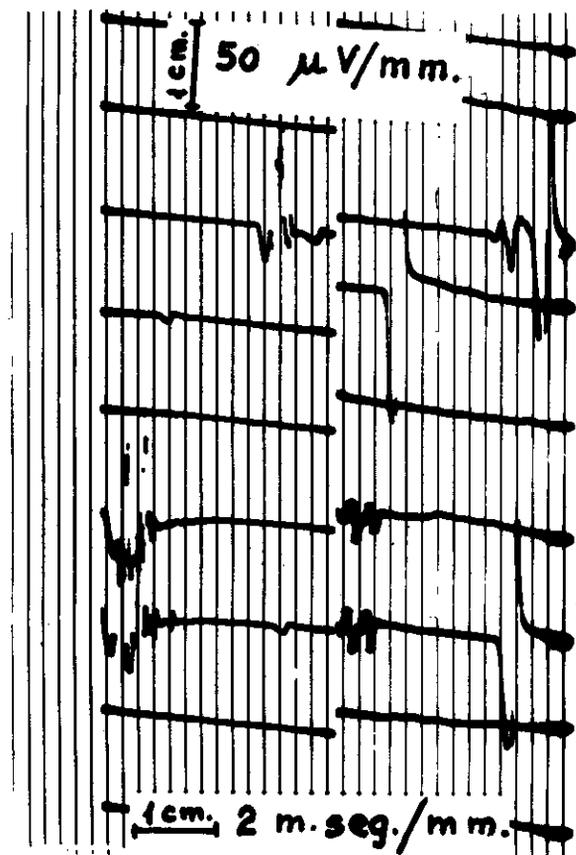
(Figura 5)



(Figura 6)

a) Electromiograma de las afecciones neurógenas (neurona motora inferior): Tenemos aquí dos elementos fundamentales, la actividad de denervación y la reducción del número de unidades motrices activas durante la contracción muscular intensa. Insistiremos, además, sobre los caracteres morfológicos de dichas unidades.

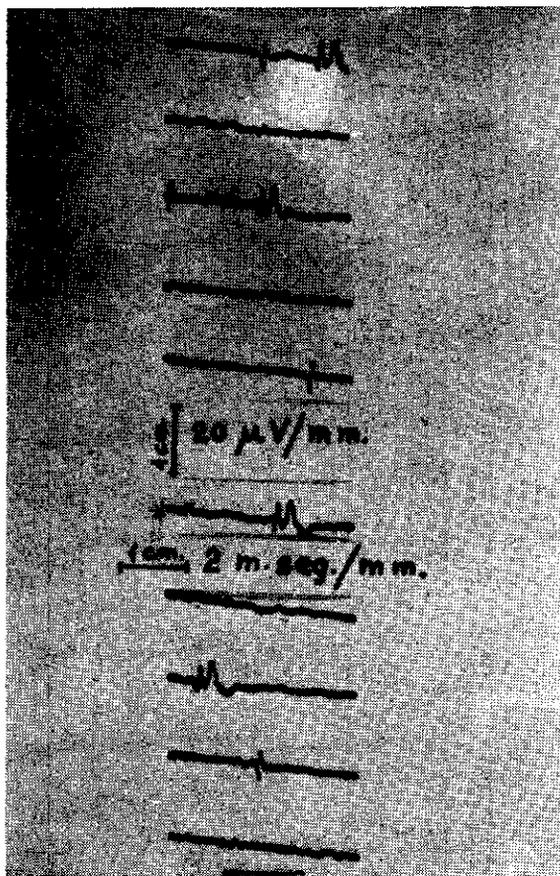
Actividad de denervación: Cuando un músculo se ve privado de su inervación, aparecen (al cabo de unas tres semanas) los característicos **potenciales de fibrilación**. Estos pueden ser de tres tipos: El primero (descrito por DENNY-BROWN y PENNYBACKER) está formado por pequeños potenciales (0,5 a 3 milisegundos y 50 a 200 microvoltios), trifásicos (su tercera fase es, sin embargo, muy pequeña) y que laten a la frecuencia de 2 a 10 por segundo (Figs. 5 —parte superior— y 6 —parte izquierda—). En 1944, LERIQUE describió otros potenciales lentos, caracterizados por una punta positiva, seguida de una deflexión prolongada negativa (100 milisegundos, 1 milivoltio y 5 a 20 ciclos por segundo). El tercer tipo son los llamados potenciales positivos de denervación, descargas monofásicas, de signo positivo, que duran de 4 a 8 milisegundos (Figs. 5 —mitad inferior— y 6 —mitad derecha—).



(Figura 7)

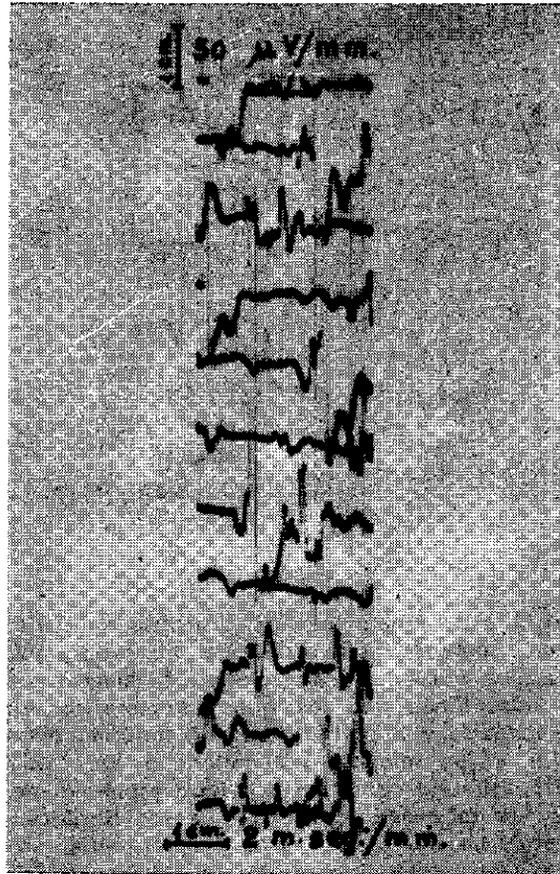
Todas estas formas de actividad de denervación carecen (salvo a nivel de la lengua) de repercusión clínica. Lo que, en clínica neurológica, se conoce como "fibrilaciones" corresponde, en la electromiografía, a lo que DENNY-BROWN ha llamado "fasciculaciones", éstas representan actividad espontánea de la unidad motriz; son unidades motrices, todavía susceptibles de ser activadas voluntariamente, que pulsan, de modo espontáneo, durante la relajación muscular, o coincidiendo con el esfuerzo voluntario; aparecen asincrónicamente, en diferentes porciones de los músculos, pulsando a una frecuencia de 1 a 10 ciclos por segundo, morfológicamente (Fig. 7) suelen ser polifásicas y de gran voltaje. Con frecuencia (Fig. 8) pueden recogerse, a un tiempo, fibrilaciones y fasciculaciones.

Pobreza del trazado: En el caso más típico, el trazado se reducirá a un solo potencial de unidad motriz y, al aumentar la intensidad de la contracción, el trazado se enriquecerá por sumación temporal (y no espacial, que es lo que normalmente ocurre). En algunos casos, estas unidades serán de morfología y voltaje normales y, únicamente, estará



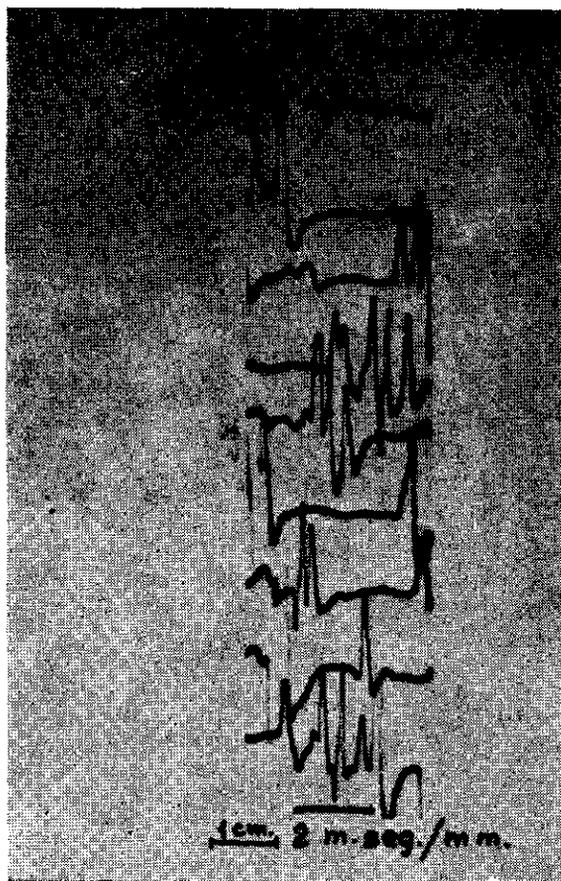
(Figura 8)

aumentada la duración (más de 8 milisegundos); sin embargo, en la mayoría de los casos (Figs. 9 y 10), llamará la atención su gran voltaje y carácter polifásico. WOHLFART, BUCHTAL, KUGELBERG, etc., pensaron que el aspecto polifásico de los potenciales se debía a la sincronización. LERIQUE me decía, en una ocasión, que, si esto fuese cierto, no podrían registrarse potenciales de este tipo al estimular nervios motrices; en aquella época (1954), él y sus colegas eran ardientes defensores de la teoría de "adopción". Algunos años más tarde, se han escrito trabajos^{20, 21, 28, 29} hablando de "regeneración colateral" en músculos parcialmente denervados (curiosamente, estos trabajos ingleses y escandinavos no hacen la menor referencia a la teoría de la "adopción", netamente francesa).



(Figura 9)

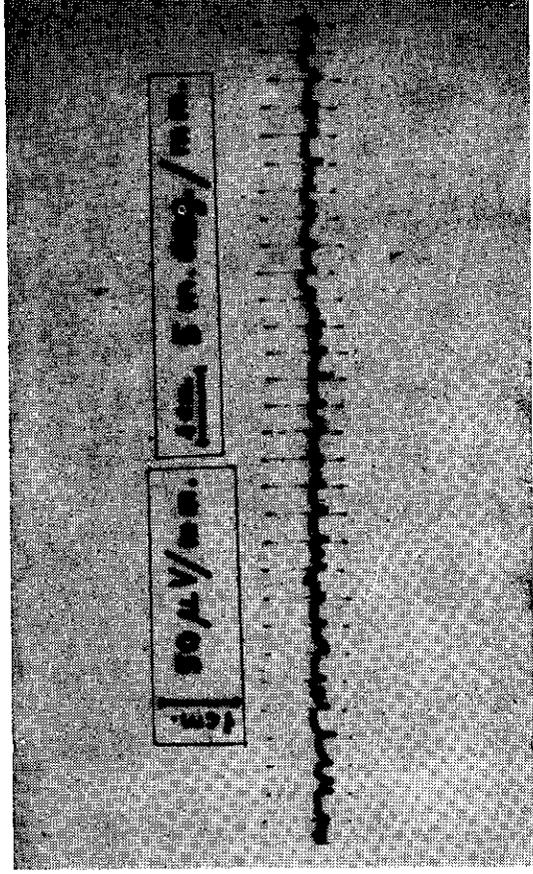
b) Electromiograma de las atrofas miógenas: Las enfermedades primitivamente musculares presentan signos menos evidentes que las atrofas neurógenas. Estos trazados deben ser interpretados "en función de la clínica". Sin embargo, también aquí hay elementos dignos de mención.



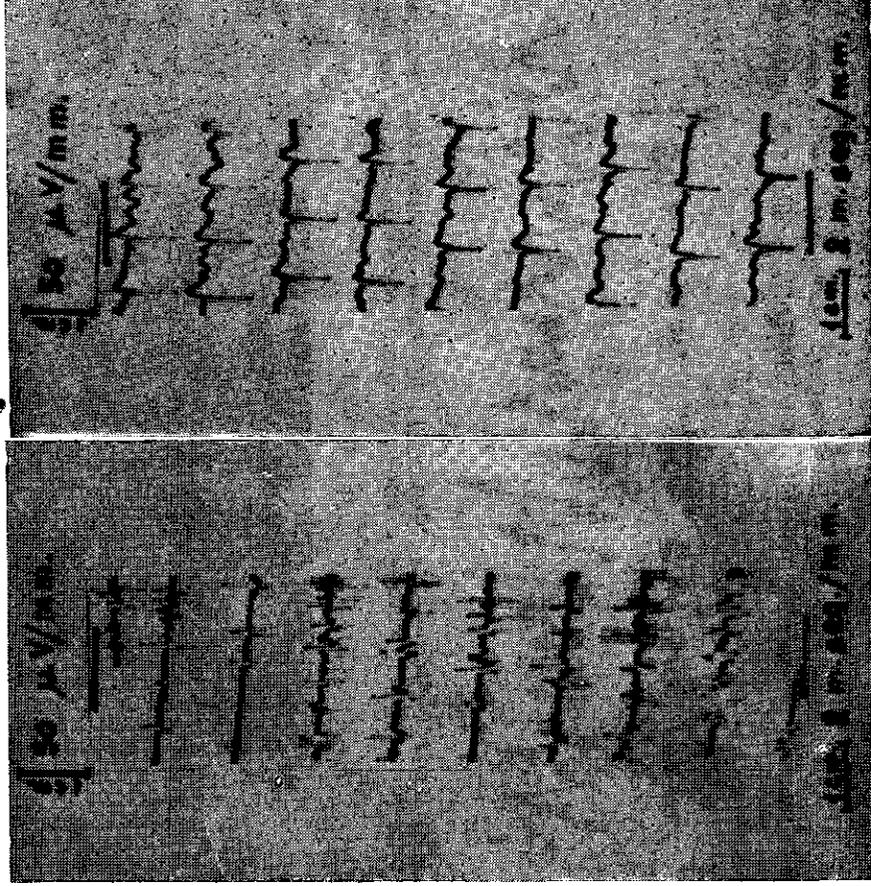
(Figura 10)

Actividad espontánea: En las distrofias musculares muy avanzadas, pueden aparecer potenciales de fibrilación (BUCHTAL) y yo, personalmente, los encuentro con relativa frecuencia. Otros fenómenos de actividad espontánea son los que, característicos de las miopatía miotónicas (THOMSEN y STEINERT), pueden también aparecer en la distrofia muscular y las miositis; me refiero a las "salvas miotónicas" (Figs. 11 y 12), formadas por una actividad repetitiva de potenciales de acción simple, de la misma duración que las fibrilaciones y pulsando a elevada frecuencia (40 a 100 ciclos por segundo).

Contracción voluntaria: En general, y aunque sean polifásicos, los potenciales de acción, en las distrofias musculares, suelen ser (Fig. 13) de muy breve duración, de 1 a 2 milisegundos (2/3 de los casos de BUCHTAL). La frecuencia de potenciales polifásicos (a. rededor de 3% en el músculo normal) es aquí del 10% (Fig. 14). Por otra parte, existen zonas de "silencio eléctrico", bastando mínimos desplazamientos de la aguja para hacer desaparecer los potenciales. En conjunto, el trazado,

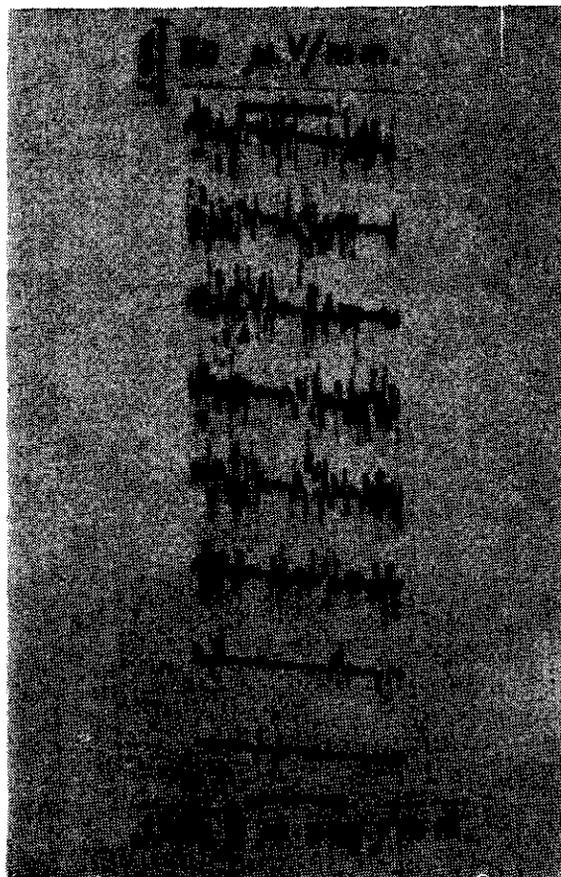


(Figure 11)



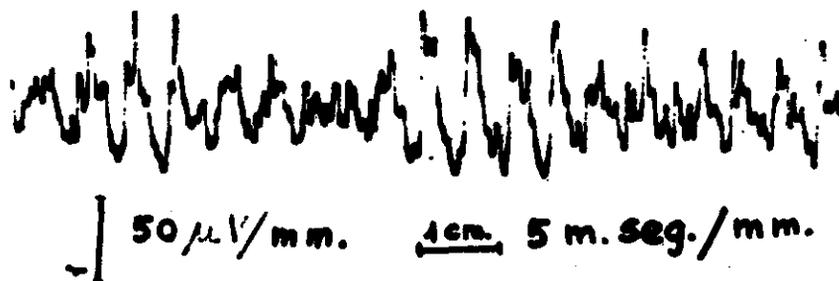
(Figure 12)

(Figure 13)



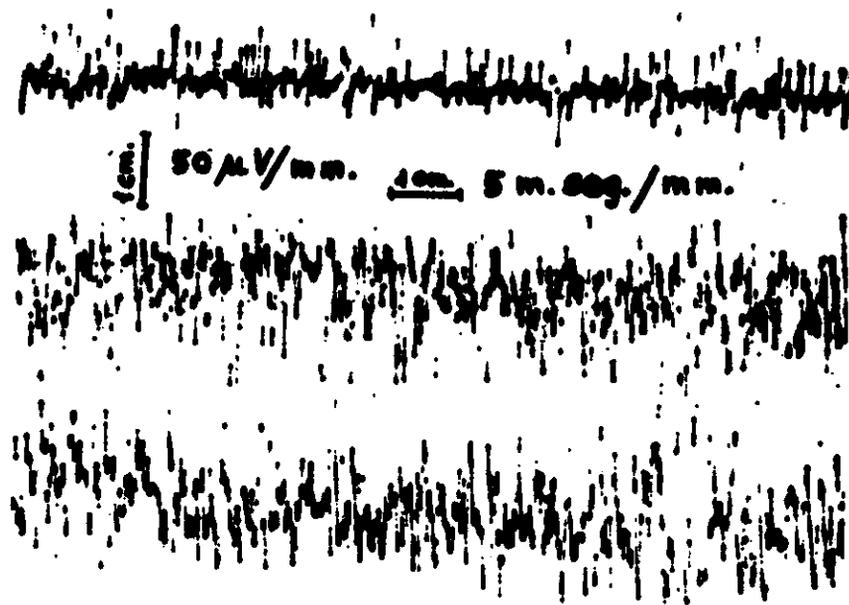
(Figura 14)

aún con muy poco poder contráctil, tiende a hacerse interferencial, apareciendo fácilmente el ritmo de PIPER (Fig. 15). En las miositis, GUY,



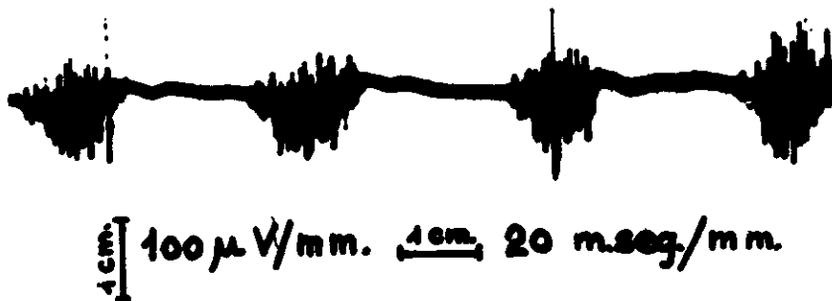
(Figura 15)

LEFEBVRE, LERIQUE y SCHERRER han descrito potenciales (Fig. 16), de pequeño voltaje, finalmente desflecados ("déchiquetés") y durando unos 15 a 20 milisegundos.



(Figura 16)

c) Trastornos en la transmisión neuro-muscular: El electromiograma de la miastenia se caracteriza por la rápida disminución en la riqueza y calibre del trazado. Esto se pone, fácilmente, de manifiesto por los procedimientos de estimulación (generalmente, nervio cubital) — detección (generalmente, eminencia hipotenar), STRUPPLER y STRUPPLER²⁴ han publicado una magnífica contribución al respecto. Yo (que no tengo



(Figura 17)

la suerte de poder hacer este tipo de exploraciones recorro a otro procedimiento,¹³ que consiste en registrar la actividad del masetero mientras el sujeto masca goma; en uno a dos minutos, puede verse la enorme caída del trazado (Fig. 17 a Fig. 18). Naturalmente, en casos iniciales o poco intensos, este método es difícilmente valorable y ha de registrarse la clásica prueba de la prostigmina.

d) Además, son innumerables las aplicaciones de la electromiografía (estudio de reflejos, espasticidad piramidal, rigidez extrapiramidal



1 cm. | 100 μ V/mm.

1 cm. 20 m.sec./mm.

(Figura 18)

temblores, etc.) desbordando, incluso, los límites de la Neurología (tetania, hipertiroidismo, etc.).

Finalmente, terminaré, llamando la atención hacia el aspecto acústico de la electromiografía (imposible de describir con palabras) y he de lamentar que la falta de tiempo me impidiese insistir, en detalle, sobre cada uno de los tipos etiológicos, en los respectivos niveles de localización lesional.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1 BUCHTAL, F.; An Introduction to Electromyography Gyldeldals Forlagstrykkeri, Copenhagen, 1957
- Einführung in die Elektromyographie Urban & Schwarzenberg, Munich, 1958.
- 2 COËRS, C. y DESMEDT, J. E. Neurology, 9,238, 1959.
- 3 EVERITT, W. L.; Fundamentals of Radio, Prentice-Hall, Nueva York, 1942.
- 4 FATT, P.; Skeletal neuromuscular transmission, en Handbook of Physiology, Neurophysiology, Vol. I, pág. 199 Williams & Wilkins, Baltimore, 1959.
- 5 FATT, P.; en Actualités Neurophysiologiques, pág. 85, Masson, París, 1960.
- 6 GILLIATT, R. W.; Clinical Electromyography, pág. 85 de Modern Trends in Neurology, Butterworth, Londres, 1957.
- 7 GRUNDFEST, H.; en Actualités Neurophysiologiques, pág. 49, Masson, París, 1960.
- 8 HUMBERT, R.; en Actualités Neurophysiologiques, pág. 203, Masson, París, 1960.
- 9 JOHNS, R. J.; en Myastenia Gravis, pág. 5, Charles C. Thomas Springfield, 1961.
- 10 JUNG, R.; Neurophysiologische Untersuchungsmethoden, en Handbuch der inneren Medizin, tomo V, parte 1, pág. 1.206, Springer, Berlín, 1953.

- 11 LEFEBVRE, J. La valeur de la chronaxie en electrodiagnostic pág. 268 de Proceedings of the International Congress of Physical Medicine, 1952.
 - 12 LEFEBVRE, J. y GREMY, F.; Encyclopédie Médico-Chirurgicale, Neurologie, 17030-G-10, París, 1956.
 - 13 LICHT, S.; Electrodiagnosis and Electromyography, Baltimore, 1956.
 - 14 Mac ARDLE, B.; en Biochemical Aspects of Neurological Disorders pág. 197, Blackwell, Oxford, 1959.
 - 15 MARSHALL, J.; en Biochemical Aspects of Neurological Disorders, pág. 216, Blackwell, Oxford, 1959.
 - 16 MARGX, Ch. H. e ISCH, F.; Biologie Médicale, XL, 458, 1951.
 - 17 MOMMAERTS, W. F. H. M.; en Myastenia Gravis, pág. 76, Charles C. Thomas, Springfield, 1961.
 - 18 PAILLARD, J.; en Actualités Neurophysiologiques, pág. 107, Masson, París, 1959.
 - 19 PAILLARD, J.; The pattering of skilled movements, en Handbook of Physiology, Neurophysiology, Vol. III, pág. 1.679 Williams & Wilkins, Baltimore, 1960.
 - 20 RUSSELL, R.; Physiological aspects of poliomyelitis, V Symposium Asociación Europea contra la Poliomiélitis, Madrid, 1958.
 - 21 RUSSELL, R.; World Neurology, I, 166, 1960.
 - 22 SHANES, A. M.; en Actualités Neurophysiologiques, pág. 313, Masson, París, 1960.
 - 23 CHAEFER, H.; Klinische Wochenschrift, 31, 221, 1953.
 - 24 STRUPPLER, A. y STRUPPLER, E.; en Myastenia Gravis, pág. 191, Charles C. Thomas, Springfield, 1961.
 - 25 SYMPOSIUM.; What We Need to Know About Muscle, Neurology, 8, 65, 1958.
 - 26 THIEBAUT, F., ISCH, F. e ISCH-TREUSSARD, C.; Encéphale, 5, 1300 y 6, 1397, 1956.
 - 27 WALTON, J. N.; World Neurology, I, 156, 1960.
 - 28 WOHLFART, G.; Neurology, 8, 175, 1958.
 - 29 WOHLFART, G.; World Neurology, 2, 187, 1961.
-

ANTONIO MARIA VALSALVA
1666 - 1723

Valsalva puede ser considerado como el fundador de la anatomía y fisiología del oído.

Fue el primero en dividir el oído en tres partes: externo, medio e interno; descripción que ha quedado como clásica.

Fue el primero que abogó por un tratamiento humano de los dementes que hasta entonces eran tratados con "hambre y cadenas".

-"Médicos Célebres". Imprenta Torres Aguirre, S.A. Lima"-