

# EVALUACION DEL FACTOR CENTRAL Y PERIFERICO EN FATIGA MUSCULAR

MARCELA E. PANIZZA

L. G. COHEN

OLGA P. SANZ

R. REY

C. SCHUTZ

Es una experiencia conocida el hecho de que la fuerza desarrollada durante una contracción voluntaria máxima no puede ser mantenida indefinidamente sino que declina más bien rápidamente. Esta reducción observada se denomina fatiga y sus mecanismos subyacentes son hasta la fecha objeto de controversias <sup>1,2,4,5,6</sup>.

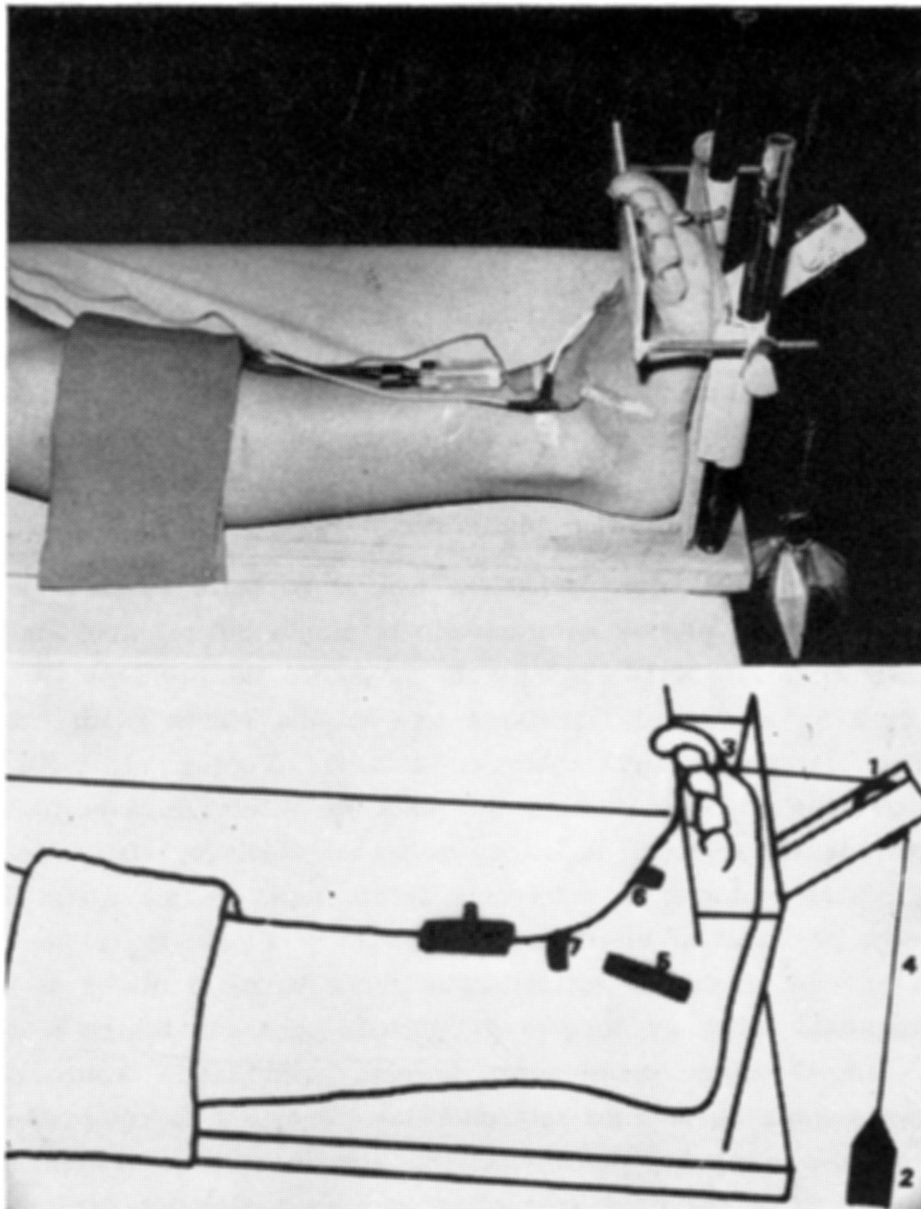
El trabajo presente fue realizado con el objeto de desarrollar una metodología sencilla, para la evaluación clínica de fatiga muscular y algunos de sus factores causantes en individuos sanos y en patologías diversas.

## MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron 13 sujetos, 10 hombres y 3 mujeres, sanos, voluntarios, que fueron seleccionados entre los médicos de este Departamento. Sus edades oscilaron entre 25 y 42 años. El músculo elegido fue el extensor digitorum brevis (EDB), realizándose en la mayoría de los casos estudios bilaterales.

Fue diseñado un sistema que permitiera con el paciente acostado en reposo sobre una camilla rígida, fijar la pierna, manteniendo la planta del pie apoyada y conformando un ángulo de 90° (fig. 1). En dicho aparato se colocó una roldana de la que colgaba una plomada de 1 kg suspendida mediante una argolla rígida y un cable inextensible de la 1ª falange del hallux del sujeto en estudio. Fueron utilizados electrodos de superficie, contruidos con una lamina de plata de 3.5cm de longitud por 0.5cm de ancho. El electrodo de registro se colocó sobre el músculo, siguiendo la orientación de la zona de placas motoras, la referencia sobre dorso de pie distal al electrodo de registro, la tierra proximal al electrodo de registro y siguiendo la línea intermaleolar. Se utilizó un electrodo bipolar de estimulación, formado por 2 discos de plata de 0.8mm de diámetro, montado sobre un soporte de plástico separado centro a centro por 2cm. Este se colocó con el cátodo distal sobre la piel, estimulando tronco de nervio tibial anterior 2cm por encima de la línea intermaleolar. Previo a la colocación de electrodos, la piel se limpió con alcohol y jalea eléctrica, con la cual se cubrió la superficie de cada uno de éstos. Los registros se realizaron en un electromiógrafo Akonik 2000 y un cuantificador de electromiograma (EMG) Akonik 200 T 3, analizándose: 1. *Onda M máxima* — La onda M máxima fue evocada en EDB por estimulación supramáxima

del nervio tibial anterior, antes y después del experimento; se midió su amplitud al comienzo y al cabo del mismo. 2. *Frecuencia de los potenciales positivos y negativos que integran el EMG* — Se midió la media aritmética de la frecuencia de 100 potenciales positivos y negativos, utilizando para ello el cuantificador nombrado; fue medida cada 2 minutos a partir del comienzo del esfuerzo ininterrumpido hasta llegar a 10 minutos. 3. *Duración de los potenciales positivos y negativos que integran el EMG* — Se midió la media aritmética de la duración de 100 potenciales positivos y negativos, utilizando para ello el cuantificador; fue medida cada 2 minutos a partir del comienzo del esfuerzo ininterrumpido hasta llegar a 10 minutos. 4. *Estimulación repetitiva* — Empleando técnicas convencionales, se sometió a 2 sujetos a estimulación repetitiva del nervio tibial anterior, con registro de los potenciales evocados en EDB a 3, 10, y 30 Hz. antes y después del esfuerzo.



*Fig. 1 — Disposición del sistema de registro para el estudio de fatiga muscular. 1: roldana, 2: pesa, 3: anillo en falange proximal del hallux, 4: cable inextensible, 5: electrodo de registro, 6: electrodo de referencia, 7: electrodo de tierra, 8: electrodo estimulador (ver texto).*

*Procedimiento experimental* — Instalado el sujeto comodamente en decúbito dorsal, se comenzó el registro de la onda M máxima, cuya amplitud fue medida. Posteriormente se hizo recaer el peso indicado sobre la 1ª falange del hallux, solicitándose al sujeto que mantuviera una fuerza constante del dedo contra el tope prefijado, configurando una angulación de 45° respecto al plano del pie (fig. 1). Al comenzar la fuerza, se realizó la primera medición de frecuencia y duración de los potenciales positivos y negativos que integran el EMG, la que se repitió cada 2 minutos hasta llegar a 10 minutos. Durante este lapso, se controló el mantenimiento de la fuerza, observando el contacto del hallux contra el tope prefijado, la pantalla electromiográfica y el audiomotor. A los 10 minutos se retiró la plomada y se registró nuevamente la onda M máxima, siendo medida su amplitud. En 2 sujetos se hizo estímulo repetitivo antes y después del esfuerzo.

A lo largo del texto, las medidas se expresan con una desviación standard. La significación de las diferencias entre medias fue estudiada con el test de Student. Las curvas de regresión lineal se calcularon empleando la fórmula general  $y = mx + c$ . Con el coeficiente de correlación de Pearson se estudió la correlación entre 2 variables.

## RESULTADOS

1. *Onda M máxima* — La amplitud de la onda M máxima obtenida al final del esfuerzo ( $92.59 \pm 11.37\%$ ) no fue significativamente diferente que la inicial. Porcentualmente la onda M disminuyó un 7.41% al cabo del mismo.

2. *Frecuencia de los potenciales positivos y negativos que integran el EMG* — La frecuencia de los potenciales positivos y negativos que integran el EMG disminuyó al  $85.05 \pm 45.25\%$  y  $96.14 \pm 58.16\%$  respectivamente al cabo del estudio. Hubo relación entre tiempo transcurrido y disminución de frecuencia ( $r = 0.89$   $p < 0.02$ ) (fig. 2).

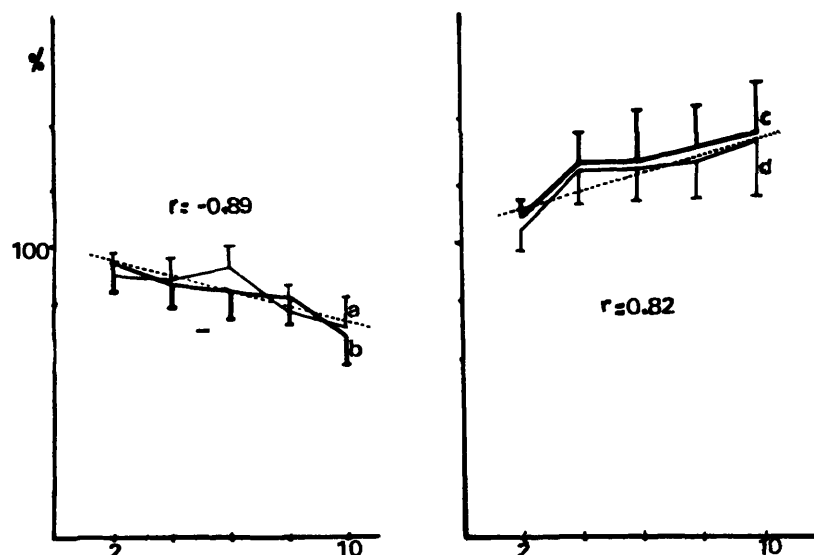


Fig. 2 — El gráfico de la izquierda refiere el comportamiento de la frecuencia de los potenciales. El de la derecha señala las variaciones de las amplitudes de los potenciales observados. a: frecuencia (+), b: frecuencia (—), c: duración (+), d: duración (—). La línea de puntos señala la regresión lineal teórica,  $r$ : coeficiente de correlación de Pearson. En abscisa tiempo de observación en minutos.

3. *Duración de los potenciales positivos y negativos que integran el EMG* — La duración de los potenciales positivos y negativos que integran el EMG aumentó a  $108.35 \pm 49.29\%$  y  $117.13 \pm 39.82\%$  respectivamente. Hubo relación entre tiempo transcurrido y aumento de duración ( $r = 0.82$   $p < 0.05$ ) (fig. 2).

4. *Estimulación repetitiva* — En los casos sometidos a este procedimiento, el potencial muscular evocado por estímulo repetitivo del nervio no sufrió modificaciones en su amplitud ni al comienzo ni al fin del estudio.

#### COMENTARIOS

La onda M es la expresión eléctrica de la contracción sincrónica de unidades motoras, activadas desde la periferia por estimulación del nervio tibial anterior.

La falta de cambios significativos de su valor al comienzo y al fin del experimento hablan de una persistencia de la actividad y del número de unidades motoras reclutadas, así como de las fibras musculares de cada una de ellas a través de los 10 minutos de fatiga. Por otra parte, la estimulación repetitiva, que tampoco produce cambios en la onda M, demuestra indemnidad del aparato neurotransmisor luego del agotamiento muscular. Estas conclusiones extraídas a partir del comportamiento de la onda M parecen indicar que los componentes del factor periférico aquí mencionado juegan un papel secundario en la fatiga muscular en nuestras condiciones de estudio. Por el contrario, los cambios en frecuencia y duración del EMG positivo y negativo, dependientes de los fenómenos de sincronización y suma de la descarga de unidades motoras<sup>6</sup> sugieren que el factor central, es el más importante en el desarrollo de fatigas muscular, bajo nuestras condiciones experimentales.

Si bien el trabajo presente, examina sólo algunos de los mecanismos de fatiga, nuestros hallazgos sugieren: 1. La mayor participación del factor central en relación al periférico en el desarrollo de fatiga muscular, bajo las condiciones aquí expuestas. 2. La utilidad de este método, de sencilla aplicación para evaluar fatiga muscular y algunos de sus componentes responsables en diversas patologías.

#### RESUMEN

Se estudió la fatiga muscular en 13 sujetos normales; para ello, fueron sometidos a un esfuerzo sostenido durante 10 minutos previo y posterior, al cual se realizó la medición de la onda M máxima. Durante el esfuerzo y cada 2 minutos, se obtuvieron cuantificaciones de la frecuencia y duración de las ondas positivas y negativas del EMG. Los resultados, mostraron diferencias significativas de estos valores, en función del tiempo de esfuerzo realizado, mientras que las mediciones de la onda M máxima inicial y final, no fueron diferentes, todo lo cual lleva a jerarquizar el factor central como el más importante en el desarrollo de fatiga, bajo nuestras condiciones de estudio, que son además de sencilla aplicación clínica.

## SUMMARY

*Evaluation of central and peripheric factors in muscular fatigue*

Muscular fatigue was investigated in 13 healthy people by employing a simple device which comprises a computer on line with a conventional EMG equipment able to automatically measure the frequency and duration of free-run EMG recording. The procedure was carried out in the extensor digitorum brevis muscle by using surface electrodes throughout 10 minutes of voluntary maximal effort. The maximal M wave as well as the muscle response to repetitive nerve maximal stimulation was also explored at the beginning and at the end of the experiment. It was observed a decrease of the potentials frequency discharge and an increase of their duration without major changes in the M wave amplitude neither in the muscle response to the repetitive nerve discharge. The findings pointed out to the central factors as the main responsible for the development of muscular fatigue.

## REFERENCIAS

1. BROOKS, V. B. & THIES, R. E. — Reduction of quantum content during neuromuscular transmission. *Physiology (London)* 162:298, 1962.
2. BURKE, R. E.; LEVINE, L. N.; TSAIRIS, P. & ZAJAC, F. E. — Physiological types and histochemical profiles in motor units of the cat gastrocnemius. *Physiology (London)* 234:723, 1973.
3. D'GIANO, C. H.; FEMMININI, R. A.; COLOMBI, A.; SANZ, O. P. & SICA, R. E. P. — Estudio de un método de análisis cuantitativo del electromiograma. *Prensa méd. argent.* 68:135, 1981.
4. IKAI, M.; YABE, K. & ISCHII, K. — Muskelkraft und Muskuläre Ermudung bei Willkürlicher Anspannung und Elektrischer Reizung des Muskels. *Sportarzt und Sportmedizin* 5:197, 1967.
5. MERTON, P. A. — Voluntary strenght and fatigue. *Physiology (London)* 123:553, 1954.
6. MILNER-BROWN, H. S.; STEIN, R. B. & YEMME, R. — The ordely recruitment of human motor units during voluntary isometric contractions. *Physiology (London)* 230:359, 1973.

*Sección de Electroneurofisiología Clínica, Departamento de Neurología, Hospital Ramos Mejía — Urquiza 609 — 1221, Buenos Aires, Argentina.*