

El reflejo de Hoffman se modifica por efecto del entrenamiento físico aeróbico y anaeróbico

JOSÉ HUMBERTO MAULÉN ARROYO (*),
ROBERTO MARIO MONTECINOS
ESPINOZA (*) Y CÉSAR RODRIGO
VARGAS VITORIA (**)

Universidad Católica del Maule.
Facultad de Salud. Laboratorio de
Fisiología del Ejercicio (*)
y Facultad de Educación.
Escuela de Educación Física (**).

CORRESPONDENCIA:
Avenida San Miguel N° 3605. Casilla 617.
Fono Fax (071) 244391
Talca. Chile.

RESUMEN. Existe una estrecha colaboración entre las propiedades de la motoneurona y las fibras musculares. Si un sujeto tiene mayor proporción de unidades motoras pequeñas, éste es potencialmente un sujeto con capacidades aeróbicas y si por el contrario, cuenta con mayor proporción de unidades motoras grandes, entonces el sujeto tiene capacidades anaeróbicas. Objetivo: Estudiar la adaptación del reflejo de Hoffmann en el músculo sóleo al entrenamiento físico aeróbico y anaeróbico y buscar una correlación entre el tipo de entrenamiento y los valores de la razón Hmax (amplitud máxima de la onda H) respecto Mmax (amplitud máxima de la onda M). Para ello se entrenaron a 30 voluntarias sanas. Quince trabajaron capacidades aeróbicas (carrera tres veces por semana, treinta y cinco minutos, al 70% de la frecuencia cardíaca máxima teórica) y otras 15 voluntarias trabajaron capacidades anaeróbicas (levantamiento de pesos al 70% de la carga máxima tolerada previamente, en repeticiones predeterminadas según la fatiga muscular objetivada). Resultados. Entrenamiento aeróbico: Onda H = aumento del 74,1% (NS). Onda M = disminución del 6,7% (NS). Razón Hmax/Mmax = aumento del 92,7% (P<.001). Entrenamiento anaeróbico: Onda H = aumento del 78,7% (NS). Onda M = disminución del 1,0% (NS). Razón Hmax/Mmax = disminución del 76,0% (P<.001). Discusión: Parece que sujetos con onda H pequeña tienen mayor proporción de unidades motoras rápidas en el músculo sóleo y aquellos sujetos con onda H más grande tienen una mayor proporción de unidades motoras lentas. De confirmarse esto, sería posible entonces que la evaluación del reflejo de Hoffmann fuera útil en la detección de talentos.

PALABRAS CLAVE: Motoneurona. Entrenamiento. Reflejo de Hoffmann.

SUMMARY. There exists a close collaboration between motoneurone's properties and muscular fibres. If a subject has a bigger proportion little motor units, he is potentially a subject with aerobic capacities; on the contrary, if the subject has a bigger proportion of big motor units, then he will have anaerobic capacities. Target: to study the adaptation of the Hoffman reflex in the soleo muscle during aerobic and anaerobic physical training, and to look for a correlation between the kind of training and the values of the Hmax ratio (H wave's maximum amplitude) with respect to Mmax (M wave's maximum amplitude). To do this, 30 healthy volunteers were trained. Fifteen of them worked on aerobic capacities (race three times a week, thirty five minutes, at 70% of the theoretical maximum cardiac frequency), and the other fifteen volunteers worked on anaerobic capacities (weightlifting at 70% of maximum weight previously tolerated, in drill predetermined depending on the objectified muscular fatigue). Results: aerobic training: H wave = increase of 74.1% (NS). M wave = decrease of 6.7% (NS). Ratio Hmax / Mmax = increase of 92.7% (P(.001). Anaerobic training: H wave = increase of 78.7% (NS). M wave = decrease of 1.0% (NS). Ratio Hmax / Mmax = decrease of 76.0% (P(.001). Discussion: it seems that subjects whose H wave is little have a bigger proportion of quick motor units in the soleo muscle; and those whose H wave is big have a bigger proportion of slow motor units. Should this be confirmed, the Hoffman reflex could be useful when detecting talented subjects.

KEY WORDS: Motoneurone. Training. Hoffman reflex.

INTRODUCCION

Con la finalidad de averiguar las capacidades aeróbicas y anaeróbicas de un sujeto y con ello orienar el tipo de entrenamiento que le conviene realizar para potenciarlas, es de común ocurrencia en el deporte de alto rendimiento aplicar pruebas de laboratorio para estudiar la respuesta del sistema cardiorrespiratorio, sanguíneo, hormonal, muscular, etc. Entre las pruebas invasivas se encuentra la biopsia muscular para, mediante técnicas bioquímicas e histoquímicas, determinar la proporción de los distintos tipos de fibras musculares. Considerando la compleja distribución de fibras en los músculos, que el ejercicio compromete músculos de diversas partes del cuerpo y la necesidad de realizar un seguimiento para verificar los efectos del entrenamiento físico, es preciso repetir en varias ocasiones la toma de muestras, lo que no siempre es posible realizar.

Por estas y otras razones, siempre se está en la búsqueda de pruebas más sencillas y no invasivas que reflejen lo más fielmente posible la condición actual del sujeto.

La unidad motora (UM) se estructura en base a una motoneurona alfa y el conjunto de fibras musculares esqueléticas inervadas por ésta. En mamíferos se describen fibras musculares tipo I, IIA, IIB, IIC y IIAB,⁽²⁷⁾ clasificación que se basa en propiedades estructurales, bioquímicas y contráctiles. Por su parte, las motoneuronas espinales también presentan diferencias estructurales, bioquímicas y funcionales.

Existe una correlación estrecha entre las propiedades de la motoneurona y las fibras musculares. Motoneuronas pequeñas inervan fibras musculares pequeñas y en número escaso porque el telodendrón es poco ramificado. En el otro extremo motoneuronas grandes inervan fibras musculares grandes y en mayor número porque el telodendrón es más ramificado.⁽²⁷⁾ Debido a que la UM pequeña cuenta con pocas fibras musculares y cada una de ellas es de pequeño calibre, la tensión desarrollada es baja, en cambio la UM grande que cuenta con más fibras musculares y de mayor calibre puede desarrollar mayor tensión. Desde el punto de vista bioquímico la UM pequeña realiza principalmente metabolismo aeróbico, por su abundancia de mitocondrias, actividad de enzimas mitocondriales y un aporte importante de oxígeno y nutrientes a través de un número importante de capilares por fibra muscular, en cambio la UM grande realiza principalmente metabolismo anaeróbico, porque tiene menos mitocondrias, menor actividad de enzimas oxidativas, mayor actividad de enzimas glicolíticas y un menor número de capilares por fibra muscular. Por otra parte, diferencias en el calibre de los axones motores incide en la velocidad con que se conduce el potencial de acción, lo que a su vez significa que

los distintos tipos de fibras musculares se contraen a distintos tiempos.^(9,41)

El reclutamiento de UM depende del tamaño del soma de la motoneurona y de la calidad de los estímulos que llegan a esta desde aferencias excitatorias e inhibitorias provenientes de vías piramidales, extrapiramidales, cerebelosas, de husos musculares, de órgano tendinoso de Golgi, de vías contralaterales del cordón espinal y de conexiones supra e infrasegmentarias del cordón espinal. Se estima que cada soma –pequeño, mediano o grande– de motoneurona alfa recibe entre 5.000 a 10.000 sinapsis. Es decir, la activación o no activación de la motoneurona alfa resulta de la sumatoria final entre efectos de neurotransmisores excitatorios e inhibitorios sobre el soma de la motoneurona. Trabajos realizados el siglo pasado por Sherrington (Sherrington, C.S. *The integrative action of the nervous system*. New Haven, Conn, Yale University Press, 1911) y posteriormente perfeccionados por otros autores demostraron una estrecha relación entre el tamaño de los somas neuronales y la secuencia con que se activan. Experimentos realizados con médula espinal y sistema nervioso periférico (Eyzaguirre, C. Y Fidone, S. *Fisiología del sistema nervioso*. Editorial Médica Panamericana S.A., capítulo 14, 1982) demostraron que con un estímulo fisiológico de estiramiento del músculo, primero se activan los somas pequeños, luego los de tamaño intermedio y finalmente los grandes, cuando el estímulo es de intensidad progresiva. Al revés, cuando el músculo se libera progresivamente, primero se desactivan las motoneuronas grandes, luego las intermedias y finalmente las pequeñas.

Si la forma de activarse y desactivarse de las motoneuronas se correlaciona con la intensidad de un esfuerzo físico, resulta que para realizar una actividad de baja intensidad (aeróbico) se reclutan preferentemente UM pequeñas; en cambio, para realizar un esfuerzo físico de mayor intensidad (anaeróbico) se suman UM grandes (Eyzaguirre y Fidone; McArdle). Es posible concluir que el tipo de esfuerzo físico que puede realizar un sujeto es justamente el que le permite el equipamiento de UM que heredó de sus padres más la que se origina por efecto de la recombinación del material genético. De manera que si un sujeto tiene mayor proporción de UM pequeñas, éste es potencialmente un aeróbico y si por el contrario cuenta con mayor proporción de UM grandes, entonces es potencialmente un anaeróbico.

Con este enfoque surge la posibilidad que una prueba electrofisiológica no invasiva, como es la evaluación del reflejo de Hoffmann, pudiera informar las potencialidades y condición actual del sistema neuromuscular.

El reflejo de Hoffmann se describió al observar una respuesta tardía en los músculos de la pantorrilla, después de es-

timulación submáxima del nervio tibial,⁽¹⁶⁾ posteriormente se describieron las ondas M y F.⁽²⁰⁾ Actualmente se acepta que el reflejo Hoffman (onda H) resulta de la transmisión espinal a través de un arco reflejo que involucra el huso muscular o fibras intrafusales, la vía sensitiva Ia, la conexión sináptica con motoneurona alfa, la motoneurona alfa y las fibras musculares extrafusales. Es decir, la vía Iz "observa" directamente al soma de motoneurona alfa, cuando la estimulación del huso muscular o vía Iz resulta en la contracción del mismo músculo donde se encuentran los husos musculares. Esta situación experimental es muy conveniente cuando se trata de estudiar la activación refleja de un músculo en particular. De manera que el reflejo de Hoffmann es la versión electrofisiológica del reflejo de estiramiento o miotático evocado por percusión del tendón. La mayor diferencia entre ambos es que en la versión electrofisiológica es posible cuantificar la magnitud del reflejo.

La amplitud del reflejo de Hoffmann depende de la arquitectura muscular, largo del músculo, masaje, temperatura, localización de los electrodos de registro, postura y actividad EMG basal.^(3, 12, 13, 14, 22, 40)

Datos de la literatura indican que el reflejo de Hoffmann a menudo no se puede obtener o es prolongado en anciano normal.^(19, 21, 29, 43) Hay antecedentes que indican que la amplitud máxima del reflejo de Hoffmann (Hmáx), difiere considerablemente entre sujetos normales;^(36, 37) se cree que la variabilidad de Hmáx podría depender de diferencias genéticas así como de los niveles de actividad física de los sujetos.

La razón Hmáx/Mmáx (la onda M se obtiene por estimulación de axones motores) y la inhibición disináptica recíproca, mayor en sujetos entrenados que en sedentarios, sugiere que el nivel de actividad física podría influenciar la excitabilidad de vías espinales sencillas, propuesta por Eccles,⁽⁸⁾ quien observó que el tamaño de los potenciales postsinápticos excitatorios (PPSE) en motoneuronas podían ser aumentados por la estimulación prolongada de las raíces dorsales. Eccles estableció que el uso lleva a incrementar la eficiencia funcional de las sinapsis y el desuso a una función deficiente.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la adaptación del reflejo de Hoffmann al entrenamiento físico aeróbico y anaeróbico y buscar una correlación entre el tipo de entrenamiento y los valores de la razón Hmáx/Mmáx.

MATERIALES Y METODOS

1. Sujetos

Los sujetos fueron alumnos voluntarios (n=30) de la Universidad Católica del Maule, sedentarios de sexo femenino

con edad promedio de $19,5 \pm 1,2$ años, con peso corporal y estatura similares. Se les informó el objetivo del trabajo, la metodología de entrenamiento y la metodología de evaluación electrofisiológica, todo lo cual aceptaron libremente.

2. Grupos de trabajo

Se formó dos grupos de trabajo, uno destinado al entrenamiento aeróbico (n=15) y el otro a entrenamiento anaeróbico (n=15). En este trabajo la forma de reclutar los sujetos fue abrir inscripción para trabajar en treadmill o en máquina de fuerza, hacemos notar esto ya que los resultados mostrarían una posible tendencia influenciada por la inclinación natural de los sujetos para realizar uno u otro tipo de entrenamiento físico, lo cual puede tener un componente genético. Todos los sujetos se comprometieron a permanecer durante un mes sin realizar entrenamiento, previo al inicio del estudio, con la finalidad de llevarlos a valores basales que permitieran clasificarlos como sedentarios. En futuros trabajos la distribución de los sujetos en los distintos planes de entrenamiento se realizará al azar.

3. Entrenamiento físico

Los planes de entrenamiento fueron diseñados por un profesor de Educación Física, especialista en entrenamiento físico, considerando todos los principios que lo rigen y la individualidad biológica de los sujetos. En ambos tipos de entrenamiento los sujetos fueron sometidos a una intensidad de trabajo progresiva para provocar una adaptación paulatina de los sistemas orgánicos y evitar las lesiones. A partir de la sesión número 12 se procedió a reevaluar a los sujetos con la finalidad de ajustar la carga de trabajo de acuerdo al progreso de cada uno.

3.1. Entrenamiento aeróbico

El entrenamiento aeróbico se realizó en treadmill (QUINTON), tres veces por semana (lunes-miércoles-viernes), cada sesión con una duración de 35 minutos, trabajando al 70% de la frecuencia cardíaca máxima teórica (FCMT) determinada por la fórmula de Astrand ($220 - \text{edad}$), con una duración total de 24 sesiones. La velocidad del treadmill se ajustó para cada sujeto de acuerdo al referente de 70% de la FCMT. La inclinación del treadmill fue de 1 grado.

3.2. Entrenamiento anaeróbico (potencia muscular)

3.2.1 Determinación de la carga de trabajo

En máquina de fuerza (UNIVERSAL) a cada sujeto se le estimó la carga máxima que era capaz de levantar en tres in-

tentos en posición sentado (leg-press), con 10 minutos de recuperación entre ellos. Se calculó el 70% de este valor y se obtuvo la carga en kilogramos. Para establecer el número de repeticiones cada sujeto levantó la carga a velocidad constante, tan rápido como fuera posible, sin modificación en el tiempo; el momento en que la velocidad disminuyó por fatiga muscular determinó el número de repeticiones por serie. Después de 10 minutos de recuperación se repitió el procedimiento para determinar las series restantes, hasta que las repeticiones de cada serie disminuyeran por efecto de la fatiga muscular, quedando determinado el número de series por sesión. El sujeto debía empujar la palanca con la punta de los pies de manera que se produjera extensión de la pierna y luego extensión de los pies, para hacer trabajar a los músculos de las pantorrillas.

3.2.2. Entrenamiento

Los sujetos entrenaron tres veces por semana (lunes-miércoles-viernes), series y repeticiones determinadas según se indica en punto anterior, con una duración de 24 sesiones.

4. Evaluación del reflejo de Hoffmann (onda H) y respuesta motora (onda M)

Para la metodología electrofisiológica se utilizó métodos descritos por Oh⁽²⁰⁾ y Maryniak & Yaworski.⁽²²⁾ Condiciones para realizar el registro fueron: 1. reposo previo de 24 horas para descartar efecto agudo de la actividad física. 2. Reposo en laboratorio de 30 minutos, en camilla, posición decúbito abdominal. 3. Temperatura del laboratorio 26° C. 4. durante el registro mantener la misma postura y ojos cerrados.

La evaluación electrofisiológica se realizó en la preparación nervio tibial posterior-músculo sóleo, según método propuesto por Maryniak & Yaworski.⁽²²⁾ En breve el método consiste en: 1. Las zonas de implante de electrodos de registro, tierra y estimulación se limpian con alcohol. 2. Electrodos de registro de plata (de EEG) de baja impedancia (clorinados y con crema conductora) se implantan sobre músculo sóleo en sitio N° 6,⁽²²⁾ en donde se obtiene el mejor registro de ondas H y M. 3. electrodo de tierra con crema conductora en el tobillo contralateral. 4. electrodos de estimulación con crema conductora sobre el trayecto del nervio tibial posterior en el hueso poplíteo, ánodo en cresta mediopoplíteo y cátodo proximal a médula espinal para evocar onda H; para evocar onda M cátodo distal respecto de médula espinal.

Para estimular el nervio se utilizó estimulador (Grass, S88) y unidad aisladora de estímulos (Grass, SIU5A). Se estimuló con pulsos rectangulares de 1 Hert, 0,5-1.0 mseg duración del pulso e intensidad necesaria para evocar onda H y

onda M. Cada sujeto recibió 6 estímulos. Para el registro se utilizó fuente de poder de preamplificador (Grass, RPS107C), preamplificador A.C. (Grass, P511J) y osciloscopio doble barrido (Tektronix, 5112).

Se midió la amplitud máxima de la onda H y onda M antes de iniciar el entrenamiento (AE) y al término de éste (TE).

RESULTADOS

El objetivo del trabajo fue estudiar la adaptación del reflejo de Hoffmann al entrenamiento físcico aeróbico y anaeróbico.

1. Entrenamiento aeróbico

Onda H (reflejo de Hoffmann)

La amplitud máxima de la onda H muestra una gran variabilidad entre los sujetos (figura 1). El entrenamiento aeróbico induce un aumento de amplitud en todos los sujetos (figura 2). En promedio la amplitud varió de 1,12 (\pm 0,82) a 1,95 (\pm 1,0), lo que representa un 74,1% de aumento (NS) (figura 5).

Onda M (respuesta motora)

Se observa que ésta también presenta variabilidad entre los sujetos lo que se podría atribuir a diferencias en la masa muscular del sóleo (figura 1).

El entrenamiento aeróbico no ejerce un efecto notable sobre la amplitud de la onda M (figura 3). En promedio de 2,98 (\pm 1,92) a 2,78 (\pm 1,44), lo que representa una disminución de 6,7% (NS) (figura 5).

Razón H_{máx}/M_{máx}

El cálculo de la razón H_{máx}/M_{máx} para cada uno de los sujetos muestra un aumento significativo (p 0,001) de ésta cuando los sujetos son entrenados de forma aeróbica (figura 4). En promedio varió de 36,9% (\pm 12,8%) a 71,1% (\pm 14,6%), lo que representa un aumento de 92,7% (figura 6).

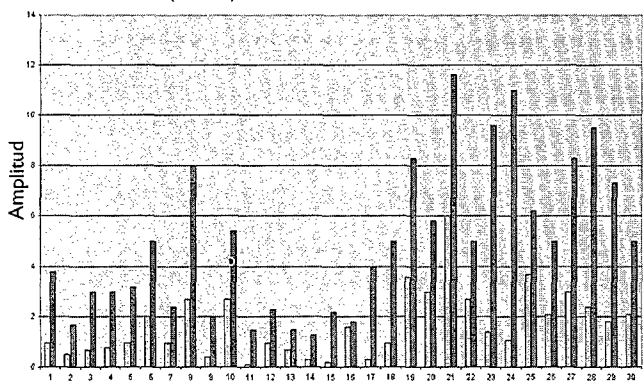
2. Entrenamiento anaeróbico (potencia muscular)

Onda H (reflejo de Hoffmann)

Igual que en el grupo anterior la amplitud de la onda H muestra una gran variabilidad entre los sujetos (figura 1).

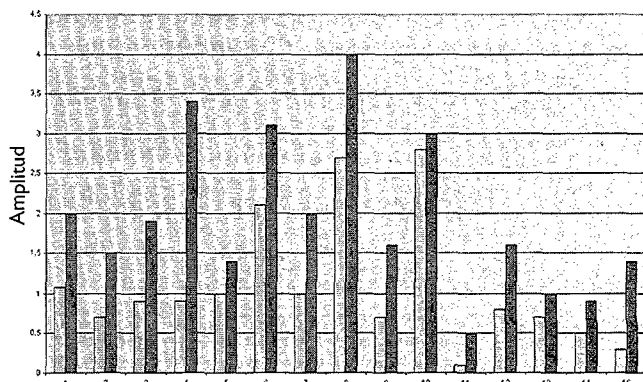
El entrenamiento anaeróbico induce una disminución de la amplitud en todos los sujetos (figura 7). En promedio la amplitud varió de 2,25 (\pm 1,4) a 0,48 (\pm 0,2), lo que representa un 78,7% de disminución (NS) (figura 10).

Figura I Amplitudes de onda H y M antes de entrenamiento aerobico (1-15) y anaeróbico (16-30)



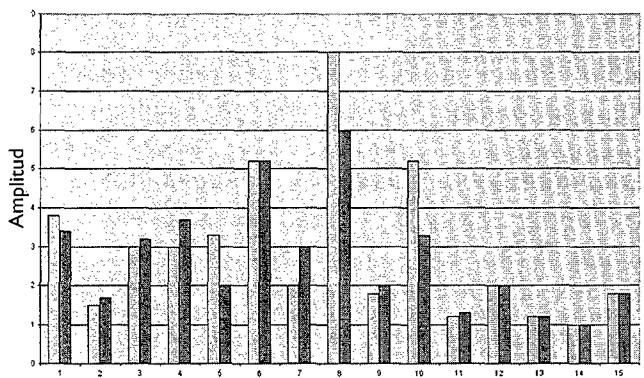
Se muestran 15 sujetos para cada grupo.
Barra clara: onda H. Barra oscura: onda M

Figura II Efecto del entrenamiento aeróbico sobre la amplitud de la onda H



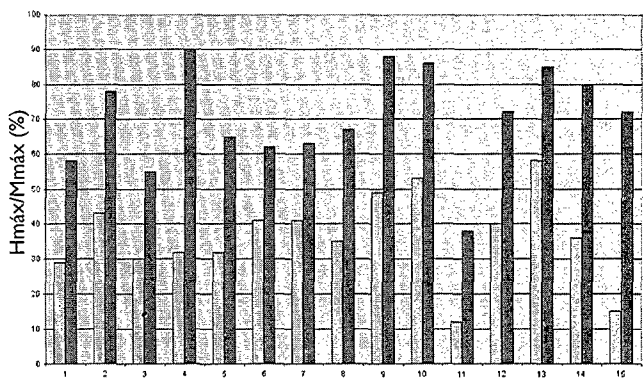
Se muestran 15 sujetos.
Barra clara: AE Barra oscura: TE

Figura III Efecto del entrenamiento aeróbico sobre la amplitud de la onda M



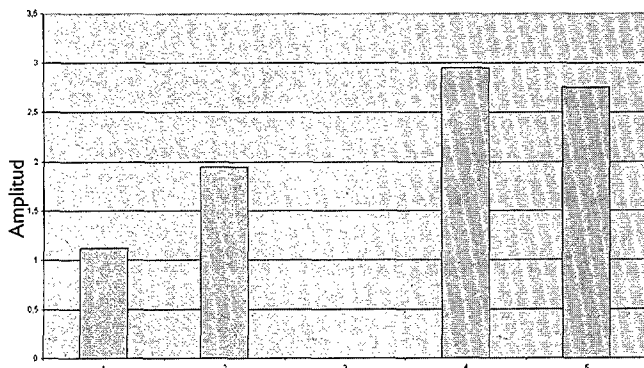
Se muestran 15 sujetos.
Barra clara: AE Barra oscura: TE

Figura IV Efecto del entrenamiento aeróbico sobre la razón Hmáx/Mmáx



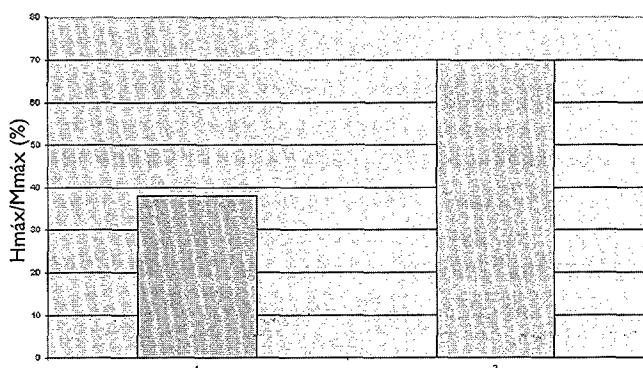
Se muestran 15 sujetos.
Barra clara: AE Barra oscura: TE

Figura V Promedios de amplitud máxima de onda H y onda M



Onda H: AE (1) TE (2); Onda M: AE (4) TE (5)

Figura VI Promedio de razón Hmáx/Mmáx. en entrenamiento aeróbico



Barra 1: AE; Barra 2: TE

Figura VII Efecto del entrenamiento anaeróbico sobre la amplitud de la onda H

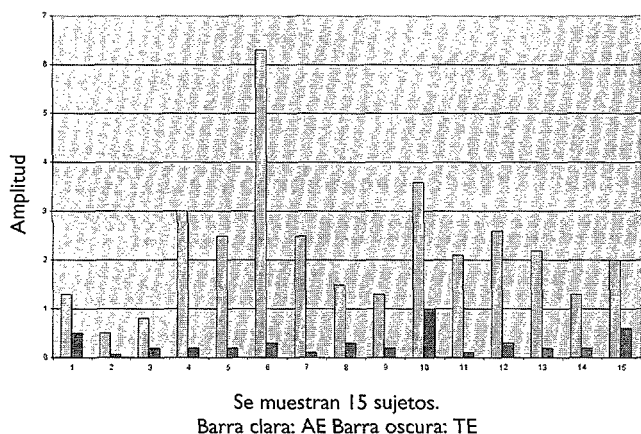


Figura VIII Efecto del entrenamiento anaeróbico sobre la amplitud de la onda M

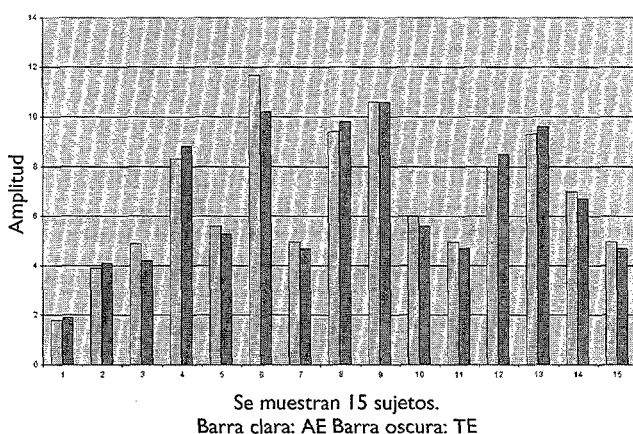


Figura IX Efecto del entrenamiento anaeróbico sobre la razón Hmáx/Mmáx

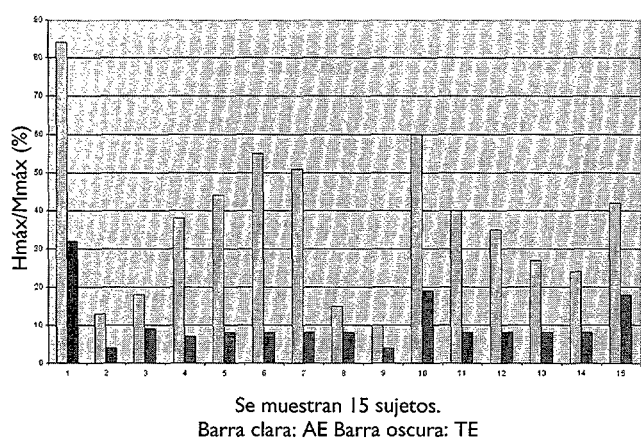


Figura X Promedios de amplitud máxima de onda H y onda M en entrenamiento anaeróbico

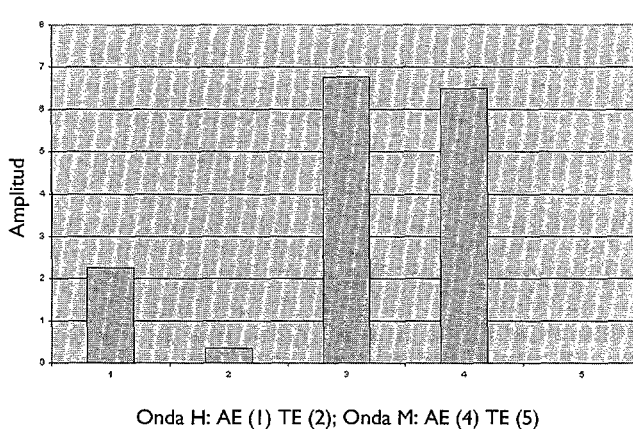
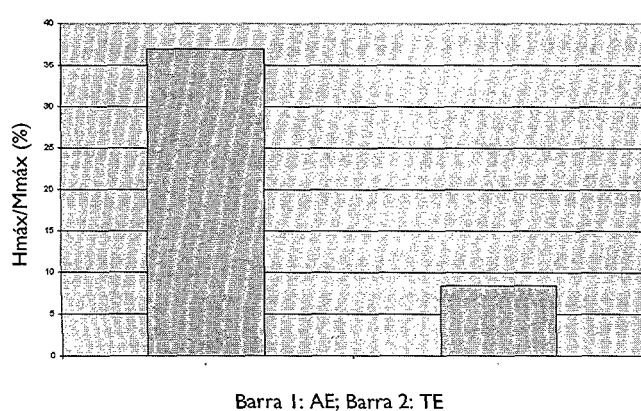


Figura XI Promedio de razón Hmáx/Mmáx. en entrenamiento anaeróbico



Onda M (respuesta motora)

Se observa que ésta también presenta variabilidad entre los sujetos lo que se podría atribuir a diferencias en la masa muscular del sóleo (figura 1).

El entrenamiento anaeróbico no tiene efecto sobre la amplitud de la onda M (figura 8) En promedio varió de 6,76% ($\pm 2,8\%$) a 6,69% ($\pm 2,7\%$), lo que representa una disminución de 1,0% (NS) (figura 10).

Se destaca la gran diferencia de los valores de la amplitud máxima de onda M entre el grupo aeróbico y anaeróbico; creemos que se debe a diferencias de volumen entre los músculos de la pantorrilla de los sujetos de ambos grupos.

Razón $H_{m\acute{a}x}/M_{m\acute{a}x}$

El cálculo de la razón $H_{m\acute{a}x}/M_{m\acute{a}x}$ para cada uno de los sujetos muestra una disminución significativa ($p < 0,01$) de ésta cuando los sujetos son entrenados de forma anaeróbica (figura 9). En promedio varió de 36,3% ($\pm 20,3\%$) a 8,7% ($\pm 7,8\%$), lo que representa una disminución de 76,0% (figura 11).

DISCUSION

La evidencia experimental indica que el sistema nervioso es poseedor de una plasticidad que le permite adaptarse a distintos grados de actividad y entrenamiento físico.

Resultados en modelo animal sugieren que el tamaño de las motoneuronas puede ser modificado por el desuso y sobreesfuerzo. La tenotomía⁽³⁸⁾ en inmovilización de extremidad posterior^(10,11) disminuyen el calibre de los anexones motores; la inmovilización de extremidad contralateral⁽¹⁰⁾ y la denervación de músculos sinergistas tienen el efecto opuesto.^(18, 38, 42) El entrenamiento físico induce aumento,^(32, 33, 34, 35) disminución⁽¹¹⁾ o ningún cambio^(18,32) en el calibre de los axones; resultados que se deben al uso de distintos planes de entrenamiento. Además, se ha observado en el espesor de la vaina de mielina y número total de fibras mielinizadas.^(32,33,34) En humano se ha comunicado que la velocidad de conducción nerviosa motora es mayor o normal en sujetos entrenados en el desarrollo de fuerza.

Interesó estudiar la adaptabilidad del sistema nervioso central a nivel del cordón espinal. Para ello se utilizó el arco reflejo monosináptico o miotático, estudio mediante un procedimiento propuesto por Hoffmann.⁽¹⁶⁾ La preparación neuromuscular seleccionada fue la compuesta por nervio tibial posterior-músculo sóleo, debido a que en ésta el reflejo de Hoffmann está siempre presente, a diferencia de otras en donde está ausente o a la estimulación eléctrica deben sumarse maniobras de facilitación para evocarlos.⁽²⁶⁾

Intencionalmente se eligió dos formas de estimulación, muy distintas, como son el entrenamiento aeróbico que recluta fundamentalmente UM lentas (tipo I) y el anaeróbico en el cual, dependiente de la carga de trabajo y la velocidad a la cual se ejecuta el movimiento, se reclutan UM rápidas (IIA, IIB) que se suman a la acción de la tipo I. Ambos tipos de estimulación haciendo su efecto sobre un músculo lento como el sóleo, en el cual la mayor proporción de UM son de tipo lento.

La variabilidad encontrada en la amplitud máxima de la onda H coincide con datos de otros autores.^(36, 37) Este punto, que para otros autores hace aconsejable no evaluar la amplitud de la onda H por carecer de significado clínico,⁽²⁶⁾ nos parece de particular significado. Nuestros sujetos permanecieron durante un mes, previo al estudio, sin realizar ningún tipo de entrenamiento físico, solamente la actividad física cotidiana; no

realizaron ningún esfuerzo físico fuerte desde 24 horas antes de efectuar la primera evaluación (AE) y permanecieron durante 30 minutos en reposo en decúbito abdominal antes de la evaluación, en condiciones de laboratorio. Con ello se descartan los efectos agudos de la actividad y entrenamiento físico. Con estas condiciones de todas maneras se manifiesta la variabilidad en la amplitud de la onda H, por lo que esta podría depender entonces de diferencias entre las proporciones de UM lentas y rápidas en el músculo sóleo. Especulamos que sujetos con onda H pequeña (figura 1) tienen mayor proporción de UM rápidas en el músculo sóleo y aquellos sujetos con onda H más grande tienen una mayor proporción de UM lentas. Si esto es efectivo, es posible entonces que la evaluación del reflejo de Hoffmann informe sobre aquellos sujetos que están mejor dotados para la actividad física aeróbica o anaeróbica.

El entrenamiento eróbico provocó un aumento de amplitud de la onda H, en cambio el entrenamiento anaeróbico provocó una disminución de la amplitud de la onda H, lo que coincide con lo comunicado por otros autores.^(6,25,28) En los estudios de Casabona y Rochcongar anaeróbicamente, podría ser explicado por una gran fracción de fibras musculares tipo II en los músculos de estos sujetos. Se sabe que las motoneuronas pequeñas o lentas que inervan fibras musculares tipo I, son excitadas más fácilmente por descarga de aferencias Ia que las motoneuronas más grandes o rápidas que inervan fibras musculares tipo II.^(4, 5, 15) La evaluación del reflejo de Hoffmann se realizó como mínimo 24 horas después de efectuada la última sesión de entrenamiento, por lo que se propone que la adaptación es de largo plazo.

Independientemente de los resultados obtenidos en el presente trabajo, se realizó en forma paralela evaluaciones (no se muestran los resultados) en una diversidad de sujetos, sin saber previamente si se trataba de sedentarios o atletas. En un altísimo porcentaje, en base a los resultados de la evaluación, se diagnosticó certeramente si el sujeto era fondista o velocista, teniendo como referente a la amplitud de la onda H. En unos pocos casos se erró; estos correspondieron siempre a sedentarios, que presentaban ondas H que correspondían a fondistas o velocistas. Creemos que estos últimos podrían corresponder a sujetos que potencialmente están equipados con una proporción de UM en el músculo sóleo, lentas o rápidas, que difiere de la que tiene la gran mayoría de los sedentarios normales. So esto es así, entonces la evaluación del reflejo de Hoffmann podría transformarse en una metodología no invasiva y de fácil aplicación una vez dominada, para detectar talentos deportivos.

Esta apreciación es todavía más certera cuando se procede a calcular la razón $H_{m\acute{a}x}/M_{m\acute{a}x}$.

Bibliografía

1. Anderson, Y., Edström, JE. Motor hyperactivity resulting in diameter decrease of peripheral nerves. *Acta Physiol. Scand.* 1957; 39:240-245
2. Beaver, WL., Wassermann, K., Whipp, BJ. Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-lo transformation. *J. Appl. Physiol.* 1985; 59 (6):1936-1940.
3. Bhattacharya, N., Chhina, GS., Singh, B. Effects of hyperthermic temperatures on monosynaptic and polysynaptic reflex responses. *Indian J. Med. Res.* 1981; 73:464-468.
4. Buchthal, F., Schmalbruch, H. Contraction times of reflexly activated motor units and excitability cycle on the H-reflex. *Brain Res.* 1976; 44:367-376.
5. Burke, RE. Motor units: anatomy, physiology and functional organization. In: Brooks VB (Ed.) *Handbook of physiology, sec. 1 The nervous system vol. 2, Amer. Soc., Bethesda Md.* 1981; 345-422.
6. Casabona, A., Polizzi, MC., Percivalle, V. Differences in H-reflex between athletes trained for explosive contractions and non-trained subjects. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1990; 61:26-32.
7. DeVries, HA., Wiswiler, RA., Romero, GT., Heckathorne, E. Changes with age in monosynaptic reflexes elicited by mechanical and electrical stimulation. *Am. J. Phys. Med.* 1985; 64:71-81.
8. Eccles, JC. *The neurophysiological basis of mind.* Oxford Univ. Press, 1953; London.
9. Eccles, JC., Eccles, RM., Lundberg, A. The action potentials of the alpha motoneurons supplying fast and slow muscles. *J. Physiol.* 1958; 142:275-291.
10. Eisen, AA., Carpenter, S., Karpati, G., Bellavance, A. The effect of hyper and hypoactivity upon fibre diameters of intact and regenerating nerves. *J. Neurol.* 1973; 20:457-469.
11. Evans, DHL., Vizoso, AD. Observations on the mode of growth of motor nerve fibres in rabbit during postnatal development. *J. Comp. Neurol.* 1951; 95:429-461.
12. Gerilovsky, L., Tsvetinov, P., Trenkova, G. Peripheral effects on the amplitude of monopolar and bipolar H-reflex potentials from the soleus muscle. *Exp. Brain Res.* 1989; 76:173-181.
13. Goldberg, J., Sullivan, SJ., Seaborne, DE. The effect of two intensities of massage on H-reflex amplitude. *Phys. Ther.* 1992; 72:449-457
14. Hayashi, R., Takp, K., Tokuda, T., Yanagisawa, N. Comparison of amplitude of human soleus H-reflex during sitting and standing. *Neurosci. Res.* 1992; 13:227-233.
15. Henneman, E., Somjen, G., Carpenter, DO. Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *J. Neurophysiol.* 1965; 28:560-580.
16. Hoffmann, P. Über die Beziehung der Sehnenreflexe zur willkürlichen Bewegung und zum Tonus. *Z. Niol.* 1918; 68:351-370.
17. Kamen, G., Taylor, P., Beehler, P. Ulnar and tibial motor nerve conduction velocity in athletes and untrained individuals. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1983; 14:125.
18. Key, B., Parker, AW., Giorgi, PP. Endurance exercises does not modify nerve fibre morphology in the rat soleus nerve. *Brain Res.* 1984; 297: 137-144.
19. Krueger, BR. Low back pain and sciatica. In: Spittel, JA. (Ed.) *Clinical Medicine (2nd. Ed.)* Philadelphia, Lippincott. 1985; 1-25.
20. Magladery, JW., McDougal, DB. Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man: I. Identification of certain reflexes in the electromyogram and the conduction velocity of peripheral nerve fibers. *Bull Johns Hopkins Hosp.* 1950; 86:265-290.
21. Magladery, JW., Teasdall, RD. Effects of age on plantar flexor and superficial abdominal reflexes in man. *J. Gerontol.* 1958; 13:282-288.
22. Maryniak, O., Yaworski, R. Optimum location of recording electrodes. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1987; 68:798-802.
23. Maulén, J., Vargas, R., Montecinos, R., Guajardo, J., Acevedo, R., Vergara, L., Gutiérrez, J. Efecto del entrenamiento de alta intensidad sobre la velocidad de conducción nerviosa. *Arch. Soc. Chilena Med. Dep.* 1988; 33:6-11.
24. Milne, JS., Williamson, J. The ankle jerk in older people. *Gerontol. Clin.* 1972; 14:86-88.
25. Nielsen, J., Crone, C., Hultborn, H. H-reflexes are smaller in dancers from The Royal Danish Ballet than in well-trained athletes. 1993.
26. Oh, SJ. *Clinical electromyography: Nerve conduction studies.* Retford, DC. (Ed.) Williams & Willins. Baltimore, Maryland, USA. 1993; In: Chapter 4: Nerve conduction techniques and chapter 17: Reflex test.
27. Peter, JB., Barnard, RJ., Edgerton, VR., Gillespie, CA., Stempel, K. Metabolic profiles of three types skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. *Biochem.* 1972; 11(14): 2627-2633.
28. Rochongar, P., Dassonville, J., Le Bars, R. Modification of the Hoffmann reflex in function of athletic training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1979; 40: 165-170
29. Sabbahi, MA., Sedwick, EM. Age-related changes in monosynaptic reflex excitability. *J. Gerontol.* 1982; 37:24-32.
30. Sale, DG, McComas, AJ., McDougall, JD., Upton, ARM. Neuromuscular adaptation in human thenar muscles following strength training and immobilization. *J. Appl. Physiol.* 1982; 53:419-424.
31. Sale, DG, Upton, ARM., McComas, AJ., McDougall, JD. Neuromuscular function in weight-trainers. *Exp. Neurol.* 1983; 82:521-531.
32. Sammeck, R. Training-induced myelination in peripheral nerves of the rat. *J. Physiol. (London).* 1975; 244:78.
33. Sammeck, R. Studying myelination as a parameter of function. *Trans. Amer. Soc. Neurochem.* 1978; 9:176.
34. Sammeck, R., Gibb, W., Deville, V. Modulation of axo-glia interrelationship by swimming. *Trans. Amer. Soc. Neurochem.* 1981; 12:259.
35. Samorajski, T., Rolsten, C. Nerve fiber hypertrophy in posterior tibial nerves of mice response to voluntary running activity during aging. *J. Com. Neurol.* 1975; 159:553-558.
36. Schieppati, M. The Hoffmann reflex a means of assessing spinal reflex excitability and its descending control in man. *Prog. Neurobiol.* 1987; 28:345-376.
37. Taborikova, H., Sax, DS. Motoneurone pool and the H-reflex. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 1968; 31: 354-361.
38. Tomanek, RJ., Tipton, CM. Influence of exercise and tenectomy on the morphology of a muscle nerve. *Anat. Rec.* 1967; 159:105-114.
39. Upton, ARM., Radford, PF. Motoneurone excitability in elite sprinters. In Komi, PV. (Ed.), *Ed. Biomechanics V-A Univ., Park Press Baltimore.* 1975; 82-87.
40. Verrier, MC. Alterations in H-reflex magnitude by variations in baseline EMG excitability. *Electroen. Clin. Neurophysiol.* 1985; 60: 492-499.
41. Vrbová, G. The effect of motoneurone activity on the speed of contraction of striated muscle. *J. Physiol.* 1963; 169:513-526.
42. Wedeles, CHA. The effect of increasing the functional load of a muscle on the composition of its muscle nerve. *J. Anat.* 1949; 83:57.
43. Wilbourn, AJ. The value and limitations of electromyographic examination in the diagnosis of lumbosacral radiculopathy. In: Hardy RW. (Ed.) *Lumbar disc disease.* NY, Raven Press. 1982; 65-109.