

EFFECTO DEL ENTRENAMIENTO FISICO SOBRE EL REFLEJO DE HOFFMANN ¹

Effect of the physical training on the Hoffmann's reflex

Maulén Arroyo, José *, Montecinos Espinoza, Roberto *, Vargas Vitoria, Rodrigo **, Henríquez, Loreto ***.
E-mail: maulen@medicina.ub.es

I.S.B.N. 0717-408X

Resumen

El objetivo del trabajo fue estudiar los efectos del entrenamiento físico aeróbico y anaeróbico sobre la amplitud máxima del reflejo de Hoffmann (Hmáx), la respuesta motora directa (Mmáx) y sobre la razón Hmáx/Mmáx, parámetros que fueron evaluados con técnica electrofisiológica de rutina. Para ello se trabajó con sujetos sedentarios de sexo femenino de edad promedio de 19.4 (± 1.5 años, los que divididos en dos grupos entrenaron durante dos meses en plataforma rodante (aeróbico) y máquina de fuerza (anaeróbico). Con el entrenamiento aeróbico Hmáx aumentó en 72.7 % (p < 0.0001) y Hmáx/Mmáx se modificó desde 36.9 a 71.1 % (p < 0.0001). Con el entrenamiento anaeróbico Hmáx disminuyó en 76.9 % (p = 0.0002) y Hmáx/Mmáx se modificó desde 36.3 a 8.7 % (p < 0.0001). Mmáx no experimentó modificaciones. Se concluye que el sistema nervioso central, a nivel del cordón espinal, posee una plasticidad para adaptarse a distintos regímenes de entrenamiento físico y que la evaluación del reflejo de Hoffmann podría ser utilizado para detectar talentos deportivos y para seguir el curso temporal de la adaptación neuromuscular en atletas de distintas especialidades deportivas.

Abstract

The objective of this work is to study the effects of aerobic and anaerobic physical training upon the maximum amplitude of Hoffman's reflex (Hmáx) and the direct motor response (Mmáx) and upon the reason Hmáx/Mmáx, parameters that were evaluated with electrophysiological routine technique. For that purpose, the work was developed with sedentary female people with an average age of 19.4±1.5 years, which divided into two groups were training for two months on a rolling platform (aerobic) and strength machine (anaerobic). During the aerobic training Hmáx increased in 72.7% (p < 0.0001) and Hmáx/Mmáx was modified from 36.9 to 71.1% (p < 0.0001). During the anaerobic training Hmáx decreased in 76.9% (p = 0.0002) and Hmáx/Mmáx was modified from 36.3 to 8.7% (p < 0.0001). Mmáx didn't suffer modifications. In a conclusion we can say that the central nervous system, at the spine level has enough plasticity to adapt to different kinds of physical training and that the evaluation of Hoffman's reflex could be utilized to find athletically talented people and to follow the temporal way of the neuromuscular adaptation in athletes from different sport areas.

Introducción

El reflejo evocado por golpe en el tendón es una técnica muy utilizada para examinar la integridad neuromuscular en humanos. Mediante la aplicación de un breve estiramiento al tendón, los receptores sensoriales de los husos musculares provocan una breve contracción del músculo homónimo. Esta contracción es el resultado del contacto monosináptico de las fibras sensoriales tipo

la de los husos musculares con las motoneuronas (. El golpe al tendón puede ser utilizado para examinar las adaptaciones del sistema neuromuscular al entrenamiento físico (15,18,19,25-28). Con respecto a grupos atléticos específicos, atletas entrenados en resistencia han demostrado una respuesta atenuada del reflejo patelar (25,26), mientras que en bailarines se ha demostrado que

(1) Financiado por Dirección de Investigación y Perfeccionamiento, U.C.M. Proyecto N° 111-25, 1997.

* Docente de la Facultad de Salud. Laboratorio de Fisiología del Ejercicio - Universidad Católica del Maule.

** Docente de la Facultad de Educación. Escuela de Educación Física - Universidad Católica del Maule.

*** Kinesióloga.

poseen reflejos Aquilianos disminuídos (15,27). Si estos cambios son el resultado directo del entrenamiento es algo que aún es desconocido.

Las propiedades del arco reflejo monosináptico se pueden estudiar mediante el uso de técnicas electrofisiológicas. La evaluación electrofisiológica de la respuesta refleja monosináptica entrega datos objetivos cuando se la compara con la técnica clínica de evocación del reflejo mediante el golpe del tendón con martillo de reflejos. La estimulación eléctrica del nervio ciático poplíteo interno en el hueco poplíteo evoca la contracción de músculos de la pantorrilla. Esto fue demostrado primero por Piper (36) y luego claramente descrito por Hoffmann (22,23), quien demostró que la respuesta electrofisiológica observada consiste en una activación de latencia corta y/o retardada de las unidades motoras del músculo triceps surae. La respuesta de latencia corta se debe a la activación directa de los axones de motoneuronas (y tiene una latencia de cerca de 6 milisegundos, la tardía es una respuesta indirecta de origen reflejo y tiene una latencia de cerca de 30 milisegundos y puede ser evocada de forma aislada, es decir, sin evocar la respuesta directa, teniendo un umbral más bajo que el de los axones motores. La contracción de los músculos de la pantorrilla evocada en forma refleja por activación del grupo de fibras sensitivas tipo Ia de los husos musculares fue llamada reflejo de Hoffmann o reflejo H por Magladery y McDougal (29), mientras que la respuesta motora directa fue llamada respuesta M. Táboríková y Sax (46) demostraron por técnica de colisión de potenciales de acción que el porcentaje de motoneuronas (del músculo sóleo activadas por una estimulación máxima de las fibras tipo Ia está en un rango de 24% a 100%, con un valor usual de alrededor del 50%. Las fibras lentas dentro del músculo sóleo son las principales responsables de la contracción evocada por el reflejo (1,2). Con el tiempo el reflejo de Hoffmann se constituyó en una técnica confiable para el estudio de la excitabilidad de las motoneuronas (en una serie de condiciones, en salud y en enfermedad. La utilidad del reflejo de Hoffmann como método para estudiar la excitabilidad de las motoneuronas requiere del uso de una técnica precisa para evocar y registrar las respuesta eléctrica del músculo.

La evidencia experimental apoya la idea de que los reflejos no son un patrón fijo de movimientos, sino que más bien son modificables y se pueden estructurar de acuerdo a las necesidades de las distintas situaciones motoras (37,45,50). Cambios agudos y crónicos en reflejos segmentarios se han descrito después de activación muscular (7,11, 17,47) y de entrenamiento físico (36-38). Wolpaw y O'Keefe (43) demostraron que la amplitud del

reflejo H puede ser alterada en primates con el uso crónico de condiciones operantes. Este condicionamiento resulta en un cambio funcional de la fuerza producida por el reflejo. Wolpaw y Carp demostraron que después del período de entrenamiento, la transección espinal del primate no eliminaba estos cambios en el reflejo (49), lo que apoya la idea de que el cordón espinal posee capacidades intrínsecas para almacenar información. Evatt y colaboradores (12) documentaron cambios similares en humanos. El entrenamiento crónico modifica la función refleja espinal. Meyer-Lohmann y colaboradores (31) demostraron que el entrenamiento crónico del reflejo miotático produce una disminución en la amplitud del reflejo de estiramiento. Estudios realizados en sujetos sedentarios y entrenados han demostrado que la amplitud máxima del reflejo de Hoffmann (Hmáx) está aumentada en los sujetos entrenados (14,42), así como el valor de la razón Hmáx/Mmáx. Goode y Van Hoven (15) y Koceja y colaboradores (27) demostraron que el reflejo Aquiliano está deprimido en bailarines de ballet. Además, Nielsen y colaboradores (33) demostraron que los bailarines de ballet tienen razones Hmáx/Mmáx bajas comparadas con las moderadas y altas de atletas entrenados, pero no fueron diferentes con las razones de los sujetos no entrenados. Mynark y Koceja (32) encontraron que en posición de pié, bailarines de ballet tienen reflejos de Hoffmann significativamente más bajos que los sujetos controles. Rochongar y colaboradores (39) encontraron que cuando los atletas evaluados se separan por especialidades aeróbicas y anaeróbicas, el valor de Hmáx/Mmáx es inferior en aquéllos que participan en deportes anaeróbicos y está incrementada en los que lo hacen en deportes aeróbicos. El problema general es que estos hallazgos no se sabe si se deben a uno u otro tipo de entrenamiento, ya que los deportistas realizan prácticas en que incluyen rutinas aeróbicas y anaeróbicas. Por otro lado estos estudios tampoco permiten concluir si estos resultados son producto del entrenamiento físico o características naturales de los atletas.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar las modificaciones de amplitudes del reflejo de Hoffmann y de la razón Hmáx/Mmáx de sujetos sedentarios sometidos a entrenamientos físico aeróbico específico o anaeróbico específico, lo que hace diferencia con trabajos en los que los sujetos del estudio son atletas sometidos a entrenamientos cuyos programas contemplan una mezcla variable de componentes aeróbicos y anaeróbicos.

Sujetos Y Métodos.

1.-Sujetos y conformación de los grupos de entrenamiento.

Los sujetos fueron alumnas voluntarias ($n = 30$) de la Universidad Católica del Maule, sedentarios, con edad promedio de 19,4 (1,5 años (18 a 21 años)), con peso corporal y estatura similares a los que se les informó el objetivo del trabajo, la metodología de entrenamiento físico y de la evaluación electrofisiológica, todo lo cual aceptaron libremente. La forma de reclutar los sujetos fue abrir inscripción para realizar entrenamiento físico en plataforma rodante o en máquina de fuerza. Los sujetos fueron repartidos al azar en dos grupos de entrenamiento, comprometiéndose a permanecer durante un mes sin realizar ningún tipo de actividad física, previo al inicio del estudio, con la finalidad de que los parámetros a evaluar llegaran a valores basales.

2. Características generales del entrenamiento.

Los planes de entrenamiento fueron diseñados por un especialista en entrenamiento físico, considerando los principios que lo rigen y la individualidad biológica de los sujetos. El programa se dividió en dos períodos: inicial y de acondicionamiento. En el inicial, en ambos tipos de entrenamiento los sujetos fueron sometidos a una intensidad de trabajo fijo, pero variando la duración, desde un tiempo mínimo a un máximo en forma progresiva, para provocar una adaptación paulatina de los sistemas orgánicos y evitar las lesiones y las deserciones. En la sesión 0 se procedió a evaluar las capacidades de los sujetos para establecer los valores individuales de las cargas de trabajo. Desde la sesión 1 (inicio del entrenamiento) a la 11 los sujetos se adaptaron a las características de las máquinas y a las modalidades de entrenamiento físico. En el período de acondicionamiento, desde la sesión 12, se procedió a reevaluar a los sujetos con la finalidad de ajustar la intensidad y la duración, prescribiendo cargas de trabajo de acuerdo al progreso individual. Desde la sesión 13 y hasta la 24 los sujetos entrenaron con la misma carga de trabajo, de manera que la duración total del entrenamiento fueron 24 sesiones. En ambos tipos de entrenamiento los sujetos trabajaron 3 veces por semana (lunes-miércoles-viernes). Antes de iniciar el programa los sujetos se sometieron a 3 sesiones de reconocimiento de los equipos de entrenamiento.

3. Entrenamiento aeróbico.

El grupo de entrenamiento aeróbico ($n = 15$) trabajó en plataforma rodante (Quinton), desde un mínimo inicial de 10 minutos hasta un máximo de 35 minutos, bajando al 70% de la frecuencia cardíaca máxima teórica

determinada por la fórmula de Astrand ($FCMT=220$ -edad). La frecuencia cardíaca se monitoreó con un pulsómetro (Polar). 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.

4. Entrenamiento anaeróbico.

El grupo de entrenamiento anaeróbico ($n = 15$) se ejercitó en máquina de fuerza (Universal). A cada sujeto se le estimó la carga máxima que era capaz de levantar en tres intentos 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, tantas veces como fuera posible, 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 articulación de la rodilla y luego extensión de la articulación del tobillo, para hacer trabajar a los músculos de las pantorrillas, ya que la evaluación electrofisiológica se realiza en el músculo sóleo.

5. Evaluación electrofisiológica de la respuesta M y del reflejo de Hoffmann.

Desde un punto de vista puramente técnico se tuvo precaución con la colocación de los electrodos de estimulación (43), con la apropiada selección de los parámetros de estimulación como la duración y frecuencia (6,24,35), con la ubicación de los electrodos de registro de superficie, con cambios posturales incontrolados de las extremidades superiores (10), con las variaciones en la geometría muscular o en la posición del pie. De hecho, la dorsiflexión del tobillo o el estiramiento del tríceps tiene un efecto inhibitorio sobre el conjunto de motoneuronas del músculo sóleo (4,8,9,13,16,21,30,38). Condiciones básicas 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, colocación de brazos y piernas y mantener los ojos cerrados. La evaluación electrofisiológica se realizó en la preparación nervio ciático

poplíteo interno-músculo sóleo, según método propuesto por Oh (34). En breve el método consiste en : 1.-Las zonas de piel donde se implantan los electrodos de registro, tierra y estimulación se limpian con alcohol. 2.-Electrodos de registro de plata de baja impedancia, clorinados y con crema conductora, se pegan en la piel con tela adhesiva, sobre músculo sóleo. 3.-Electrodo de tierra con crema conductora, se pega con tela adhesiva sobre la piel de la articulación del tobillo contralateral. 4.-Electrodos de estimulación con crema conductora se ajustan manualmente sobre el trayecto del nervio ciático poplíteo interno, en el hueco poplíteo, ánodo en cresta mediopoplíteo y cátodo proximal a médula espinal. Para evocar potencial de acción del nervio se utilizó generador de pulsos de onda rectangular (Grass, S88) y unidad aisladora de estímulos (Grass, SIU5A). Se estimuló a una frecuencia de 1 Hz., duración del pulso 0,5 - 1,0 ms. y amplitud del estímulo suficiente para evocar onda H y onda M. Cada sujeto recibió 10 estímulos para realizar las mediciones. Para el registro del potencial de acción muscular se utilizó fuente de poder de preamplificador (Grass, RPS107C), preamplificador A.C. (Grass, P511J) y osciloscopio de doble barrido (Tektronix, 5112). Las mediciones de las amplitudes de los potenciales de acción muscular se realizaron directamente en la pantalla del osciloscopio, lo que fue facilitado por la estabilidad de los registros. Se midió la amplitud máxima de la onda H (Hmáx) y onda M (Mmáx), y se calculó la razón Hmáx / Mmáx, antes de iniciar el entrenamiento (AE) y al término de éste (TE).

6. Estadística aplicada.

Se calculó promedios y error estándar, las diferencias significativas (mínimo $p = 0.05$) se calcularon mediante t de Student para datos pareados y no pareados.

Resultados

En la tabla 1 se resumen los promedios y error estándar de los resultados por grupos de entrenamiento aeróbico y anaeróbico. También se muestran los resultados de ambos grupos antes de realizar el entrenamiento. Las amplitudes del reflejo H fueron 1,1 (0,2 y 1,3 (0,2 ($t = 0,4632$; NS) y las amplitudes de la respuesta M fueron 3,0 (0,5 y 3,8 (0,4 ($t = 1,260$; NS), respectivamente. Las razones Hmáx/Mmáx fueron 36,9 (3,3 para el grupo aeróbico y 36,3 (5,2 ($t = 0,08629$; NS) para el grupo anaeróbico. Estos datos demuestran que ambos grupos presentaban valores similares en las amplitudes del reflejo H y respuesta M y en la razón Hmáx/Mmáx, antes de iniciar el entrenamiento, valores que se pueden conside-

rar como los valores basales típicos del sedentario, sin embargo, es de notar la variabilidad que presenta la amplitud del reflejo H (Figuras 1 y 2).

ENTRENAMIENTO	ANTES ENTRENAMIENTO			TERMINO ENTRENAMIENTO		
	x	EE	n	x	EE	n
Aeróbico						
H máx (Ua)	1.1	0.2	15	1.9	0.3	15
M máx (Ua)	3.0	0.5	15	2.8	0.4	15
H máx / M máx (%)	36.9	3.3	15	71.1	3.8	15
Anaeróbico						
H máx (Ua)	1.3	0.2	15	0.3	0.03	15
M máx (Ua)	3.8	0.4	15	3.8	0.4	15
H máx / M máx (%)	36.3	5.2	15	8.7	2.0	15

Ua = Unidad arbitraria.

Fig. 1

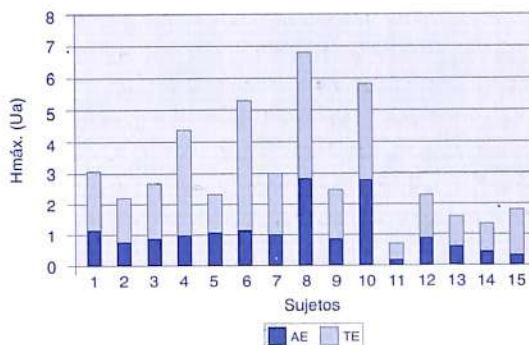
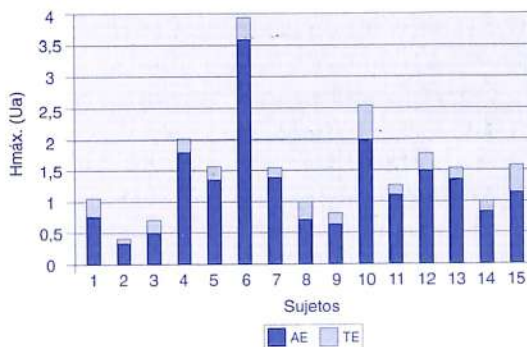
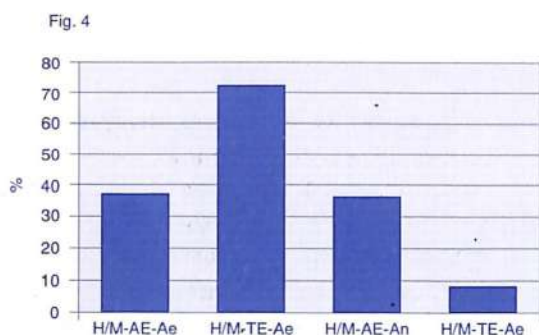
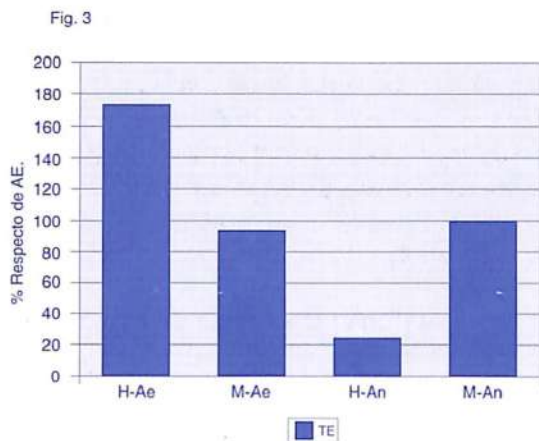


Fig. 2



El análisis estadístico de los grupos por separado para determinar los efectos netos del entrenamiento físico aeróbico y anaeróbico, demostró que en el entrenamiento aeróbico la amplitud del reflejo H aumentó en 72,7 % ($t = 5,867$; $p < 0.0001$), la amplitud de la respuesta M disminuyó en 6,6 % ($t = 0,9449$; NS) y la razón Hmáx/Mmáx se modificó de 36,9 a 71,1 % ($t = 11,154$; $p < 0.0001$) (Tabla 1 y Fig. 3 y 4).



En el entrenamiento anaeróbico la amplitud del reflejo H disminuyó en 76,9 % ($t = 5,082$; $p = 0.0002$), la amplitud de la respuesta M no se modificó ($t = 0,4731$; NS) y la razón $H_{m\acute{a}x}/M_{m\acute{a}x}$ se modificó de 36,3 a 8,7 % ($t = 7,008$; $p < 0.0001$) (Tabla 1 y 3 y 4).

TABLA 2.- Promedio (x), error estándar (EE) y número de casos (n) de sujetos sometidos a entrenamiento aeróbico y anaeróbico.

ENTRENAMIENTO	ANTES ENTRENAMIENTO			TERMINO ENTRENAMIENTO		
	x	EE	n	x	EE	n
Aeróbico + Anaeróbico						
H máx (Ua)	1.2	0.1	30	1.1	0.2	30
M máx (Ua)	3.4	0.3	30	3.3	0.3	30
H máx / M máx (%)	36.6	3.0	30	39.9	6.2	30

Ua = Unidad arbitraria

En la Tabla 2 se resumen los resultados del grupo total (Nº 30) para determinar si el entrenamiento físico, cualquiera que fuera, inducía modificaciones en las amplitudes del reflejo H, respuesta M y razón $H_{m\acute{a}x}/M_{m\acute{a}x}$. Las amplitudes del reflejo H fueron 1,2 (0,1) y 1,1 (0,2) ($t = 0,4178$; NS) y las amplitudes de la respuesta M fueron 3,4 (0,3) y 3,3 (0,3) ($t = 1,056$; NS). Las razones $H_{m\acute{a}x}/M_{m\acute{a}x}$ fueron 36,6 (3,0) y 39,9 (6,2) ($t = 0,5288$; NS). Los resultados demuestran que cuando estos se trabajan agru-

padados, sin diferenciar por tipos de entrenamiento, no se observan efectos del entrenamiento físico sobre los parámetros estudiados, lo que señala que los efectos son específicos según tipo de ejercitación.

Discusión

Interesó estudiar la adaptabilidad del sistema nervioso central a nivel del cordón espinal, en sujetos sedentarios sometidos a un programa de entrenamiento aeróbico o anaeróbico. Para ello se seleccionó el arco reflejo monosináptico, estudiado mediante un procedimiento propuesto por Hoffmann (22,23). La preparación neuromuscular seleccionada fue la compuesta por nervio ciático poplíteo interno-músculo sóleo, debido a que en ésta el reflejo de Hoffmann está siempre presente, a diferencia de otras preparaciones en donde está ausente o a la estimulación eléctrica del nervio hay que agregar maniobras de facilitación para evocarlo (34).

A diferencia de lo realizado por otros autores que han estudiado en reflejo H en sujetos de distintas especialidades, con diversos programas de entrenamiento, con tiempos variables de práctica del deporte y con rangos de edades muy amplios, optamos por trabajar con sujetos que se caracterizaban por mostrar un bajo o nulo interés por la actividad física y el deporte, del mismo sexo, con un rango de edad estrecho y sometidos a un tipo de entrenamiento específico. Pensamos que con ello podríamos obtener valores basales típicos de sujetos sedentarios y lograr con el entrenamiento físico modificaciones más importantes, atribuibles al entrenamiento físico específico. Se eligió formas de entrenamiento opuestas, como son el entrenamiento aeróbico que recluta fundamentalmente unidades motoras lentas y el anaeróbico en el cual se reclutan unidades motoras rápidas, que se suman a la acción de las lentas. Ambos tipos de entrenamiento haciendo su efecto sobre una preparación neuromuscular reconocidamente lenta como es la formada por nervio ciático poplíteo interno-músculo sóleo, en el cual la mayor proporción de unidades motoras son del tipo lento.

La variabilidad encontrada en la amplitud máxima de la onda H, antes del entrenamiento, coincide con datos de otros autores (44,46). Este hecho, que para los clínicos hace aconsejable no evaluar la amplitud de la onda H por carecer de significado (34), parece de particular interés. Previo al estudio, nuestros sujetos permanecieron durante un mes realizando solamente la actividad física cotidiana, no realizaron ningún esfuerzo físico fuerte desde 24 horas antes de efectuar la primera (AE) y la segunda evaluación (TE) y permanecieron durante 30 minutos

en reposo total antes de la evaluación, en condiciones de laboratorio. Con estas condiciones se pueden descartar los efectos agudos de la actividad y entrenamiento físico. Sin embargo, de todas maneras se manifestó una cierta variabilidad en la amplitud máxima de la onda H, por lo que ésta podría depender entonces de diferencias en las proporciones de UM lentas y rápidas del músculo sóleo. Especulamos que sujetos con onda H pequeña antes del entrenamiento (Fig. 1 y 2) 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. Otra posibilidad es que el estado de sedentarismo disminuya la excitabilidad de los somas de motoneuronas (pequeñas, de manera que la estimulación eléctrica de axones sensitivos tipo Ia no logre activarlos. Si las posibilidades anteriores son efectivas, en especial la primera, 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, lo cual haría que la evaluación del reflejo de Hoffmann fuera una herramienta eficaz para la detección de talentos deportivos.

Por otra parte, en nuestros sujetos se detectó que el valor promedio de $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ fue de 36.9 % y 36.3 % antes de iniciar el entrenamiento físico, valor que se encuentra dentro del rango comunicado por Táboríková y Sax (46), quienes por técnica de colisión de potenciales de acción demostraron que el porcentaje de motoneuronas (del músculo sóleo activadas por estimulación máxima de las fibras tipo Ia se encuentra entre el 24 % y el 100 %, con un valor usual de alrededor del 50 %.

El entrenamiento aeróbico provocó un aumento de la amplitud de $H_{\text{máx}}$ desde 1.1 a 1.9, en cambio el entrenamiento anaeróbico provocó una disminución de la amplitud de $H_{\text{máx}}$ desde 1.3 a 0.3, lo que coincide con lo comunicado por otros autores (5,14,31-33,39,42). En los estudios de Casabona y Rochcongar (5,39) se sugiere que el tamaño pequeño del reflejo en sujetos entrenados anaeróbicamente podría ser explicado por una gran fracción de fibras musculares tipo II en los músculos de estos sujetos. Proponemos que el entrenamiento aeróbico y anaeróbico modifica la excitabilidad de los somas de motoneuronas (que inervan a las fibras musculares del músculo sóleo. Este cambio de excitabilidad podría tener como fundamento una modificación del calibre de dichos somas, de manera que el entrenamiento aeróbico disminuyera el calibre y el entrenamiento anaeróbico lo aumentara. 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 (1-3,20). 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 podría ser de largo plazo. Para comprobar esta afirmación sería necesario realizar una serie de evaluaciones después de finalizado el entrenamiento para verificar la velocidad de retorno al estado inicial de sedentarismo.

La significativa modificación de la razón $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ desde 36.9 % a 71.1 % en los sujetos entrenados aeróbicamente, y de 36.3 % a 8.7 % en los entrenados anaeróbicamente, muestra claramente la plasticidad del conjunto de motoneuronas (que inervan al músculo sóleo. Nuestros resultados son similares a los comunicados por otros autores (14,33,39,42).

Independientemente de los resultados obtenidos en el presente trabajo, se realizó evaluaciones (no se muestran) en una diversidad de sujetos, sin saber previamente si se trataba de sedentarios o atletas. En un altísimo porcentaje, se diagnosticó certeramente si el sujeto era fondista, velocista o sedentario, teniendo como referente la amplitud de la onda H. En los pocos casos de error, 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 dotados 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. Si esto es así, entonces la evaluación del reflejo de Hoffmann podría transformarse en una metodología no invasiva y de fácil aplicación para detectar talentos deportivos y seguir la evolución del entrenamiento físico.

Bibliografía

- 01.- Buchthal, F. and Schmalbruch, H. Contraction times of twitches evoked by H-reflexes. *Acta Physiol. Scand.* 80:378-382, 1970.
- 02.- Buchthal, F. and Schmalbruch. Contraction times of reflexly activated motor units and excitability cycle on the H-reflex. *Brain Res.* 44:367-376, 1976.
- 03.- Burke, R. E. Motor units : Anatomy, physiology and functional organization. In : Brooks, V. B. (Ed.). *Handbook of Physiol., sec. 1 The nervous system.* Vol. 2, Amer. Soc., Bethesda Md., pp. 345-422, 1981.

- 04.- Burke, D., Gandevia, S.C. and McKeon, B. The afferent volley responsible for spinal proprioceptive reflexes in man. *J. Physiol.(London)* 339:535-552, 1983.
- 05.- Casabona, A., Polizzi, M. C. and Perciavalle, V. Differences in H-reflex between athletes trained for explosive contractions and non-trained subjects. *Eur. J. Appl. Physiol.* 61:26-32, 1990.
- 06.- Cook, W.E. Effects of low frequency stimulation on the monosynaptic reflex (H-reflex) in man. *Neurology, Minneap.* 18:47-51, 1968.
- 07.- Crone, C. and Nielsen, J. Methodological implications of the post activation depression of the soleus H-reflex in man. *Exp. Brain Res.* 78:28-32, 1989.
- 08.- Davies, T.W. and Lader, M.H. Effects of ankle joint angle on reflex and motor threshold intensities of soleus in man. *J. Physiol.(London)* 339:22P, 1983.
- 09.- Delwaide, P.J. Étude expérimentale de l'hyperréflexie tendineuse en clinique neurologique. *Arscia: Bruxelles*, 1971.
- 10.- Delwaide, P.J. Excitability of lower limb myotatic reflex arcs under the influence of caloric labyrinthine stimulation. Analysis of the postural effects in man. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* 40:970-974, 1977.
- 11.- Enoka, R.M., Hutton, R.S. and Eldred, E. Changes in excitability of tendon tap and Hoffmann reflexes following voluntary contractions. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 48:664-672, 1980.
- 12.- Evatt, M.L., Wolf, S.L. and Segal, R.L. Modification of human spinal stretch reflexes: preliminary studies. *Neurosci. Lett.* 105:350-355, 1989.
- 13.- Gerilovsky, L., Gydikov, A. and Radicheva, N. Changes in the shape of the extraterritorial potentials of tonic motor units, M- and H-response of triceps surae muscle at different muscle lengths and under conditions of voluntary activation. *Exp. Neurol.* 56:91-101, 1977.
- 14.- Ginet, J., Guiheneuc, P., Prévot, M. et Vecchierini-Blineau, F. Étude comparative du recrutement de la réponse réflexe monosynaptique du soléaire (reflexe H) chez des sujets non entraînés et chez des sportifs. *Med. Du Sport* 49:55-64, 1975.
- 15.- Goode, D.J. and Van Hoeven, J.V. Loss of patellar and Achilles tendon reflexes in classical ballet dancers. *Arch. Neurol.* 39:323, 1982.
- 16.- Gottlieb, G.L. and Agarwal, G.C. Stretch and Hoffmann reflexes during phasic voluntary contractions of the human soleus muscle. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 44:553-561, 1978.
- 17.- Hagbarth, K.E. Post-tetanic potentiation of myotatic reflexes in man. *J. Neurosurg. Pysch.* 25:1-10, 1962.
- 18.- Häkkinen, K. and Komi, P.V. Changes in neuromuscular performances in voluntary and reflex contraction during strength training in man. *Int. J. Sport Med.* 4:282-288, 1983a.
- 19.- Häkkinen, K. and Komi, P.V. Electromyographic and mechanical characteristics of human skeletal muscle during fatigue under voluntary and reflex conditions. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 55:436-444, 1983b.
- 20.- Henneman, E., Somjen, G. and Carpenter, D. O. Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *J. Neurophysiol.* 28:560-580, 1965.
- 21.- Herman, R. Relationship between the H-reflex and the tendon jerk response. *Electromyography* 9:359-370, 1969.
- 22.- Hoffmann, P. Über die beziehungen der sehnereflexe zur willkürlichen bewegung und zum tonus. *Z. Biol.* 68:351-370, 1918.
- 23.- Hoffmann, P. Utersuchung über die eigenreflexe (sehnereflexe) menschlicher muskeln. Springer: Berlin, 1922.
- 24.- Ishikawa, K., Ott, K., Porter, R.W. and Stuart, D. Low frequency depression of the H wave in normal and spinal man. *Exp. Neurol.* 15:140-156, 1966.
- 25.- Kamen, G., Kroll, W. and Zigon, S.T. Exercise effects upon reflex time components in weight lifters and distance runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 13:198-204, 1981.
- 26.- Koceja, D.M. and Kamen, G. Conditioned patellar tendon reflexes in sprint- and endurance-trained athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20:172-177, 1988.
- 27.- Koceja, D.M., Burke, J.R. and Kamen, G. Organization of segmental reflexes in trained dancers. *Int. J. Sports Med.* 12:285-289, 1991.

- 28.- Koceja, D.M. and Kamen, G. Segmental reflex organization in endurance-trained athletes and untrained subjects. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24:235-241, 1992.
- 29.- Magladery, J.W. and McDougal, D.B. 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 fibres. *Bull. Johns Hopkins Hosp.* 86:265-290, 1950.
- 30.- Mark, R.F., Coquery, J.-M. and Paillard, J. Autogenetic reflex effects of slow or steady stretch of the calf muscles in man. *Exp. Brain Res.* 6:130-145, 1968.
- 31.- Meyer-Lohmann, J., Christakos, C.N. and Wolf, H. Dominance of the short-latency component in perturbation induced electromyographic responses of long-trained monkeys. *Exp. Brain Res.* 64:393-399, 1986.
- 32.- Mynark, R.G. and Koceja, D.M. Comparison of soleus H-reflex gain from prone to standing in dancers and controls. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 105:135-140, 1997.
- 33.- Nielsen, J., Crone, C. and Hultborn, H. H-reflex are smaller in dancers from The Royal Danish Ballet than in well-trained athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 66:16-21, 1993.
- 34.- Oh, S.J. Clinical Electromyography: Nerve conduction studies. Retford, D.C. (ed.). Williams & Willins. Baltimore, Maryland, USA. In: Chapter 17: Reflex test, 1993.
- 35.- Paillard, J. Réflexes et régulations d'origine proprioceptive chez l'homme. Arnette: Paris, 1955.
- 36.- Piper, H. Die aktionsströme menschlicher muskeln. Die metodik der untersuchung am seitengalvanometer und die prinzipien der stromkurvenanalyse. Typenunterschiede der willkürkontraktion. *Z. Biol. Tech. Methode* 3, 52, 1912.
- 37.- Prochazka, A. Sensorimotor gain control: a basic strategy of motor system ?. *Prog. Neurobiol.* 33:281-307, 1989.
- 38.- Robinson, K.L., McComas, A.J. and Belanger, A.Y. Control of soleus motoneuron excitability during muscle stretch in man. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* 45:699-704, 1982.
- 39.- Rochcongar, P., Dassonville, J. et Le Bars, R. Modifications du reflexe de Hoffmann en fonction de l'entraînement chez le sportif. *Eur. J. Appl. Physiol.* 40:165-170, 1979.
- 40.- Sale, D.G., McComas, A.J., MacDougall, J.D. and Upton, A.R. Neuromuscular adaptation in human thenar muscles following strength training and immobilization. *J. Appl. Physiol.* 53:419-424, 1982.
- 41.- Sale, D.G., Upton, A.R., McComas, A.J. and MacDougall, J.D. Neuromuscular function in weight-trainers. *Exp. Neurol.* 82:521-531, 1983a.
- 42.- Sale, D.G., MacDougall, J.D., Upton, A.R.M. and McComas, A.J. Effect of strength training upon motoneuron excitability in man. *Med. Sci. Sports Exerc.* 15:57-62, 1983b.
- 43.- Simon, J.N. Dispositif de contention des électrodes de stimulation pour l'étude du reflexe de Hoffmann chez l'homme. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol. (Suppl.)* 22:174-176, 1962.
- 44.- Schieppati, M. The Hoffmann reflex : A means of assesing spinal reflex excitability and its descending control in man. *Prog. Neurobiol.* 28:345-376, 1987.
- 45.- Stein, R.B. and Capaday, C. The modulation of human reflexes during functional motor tasks. *TINS* 11:328-332, 1988.
- 46.- Táboríková, H. and Sax, D.S. Motoneurone pool and the H-reflex. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* 31:354-361, 1968.
- 47.- Trimble, M.H. and Harp, S.S. Postexercise potentiation of the H-reflex in humans. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:933-941, 1998.
- 48.- Wolpaw, J.R. and O'Keefe, J.A. Adaptive plasticity in the primate spinal stretch reflex: evidence for a two-phase process. *J. Neurosci.* 4:2718-2724, 1984.
- 49.- Wolpaw, J.R. and Carp, J.S. Memory traces in the spinal cord. *TINS* 13:137-142, 1990.
- 50.- Wolpaw, J.R. Aquisition and maintenance of the simplest motor skill: investigation of CNS mechanisms. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26:1475-1479, 1994.

Agradecimientos.

El presente trabajo se pudo realizar gracias a la colaboración voluntaria de alumnas de la carrera de Enfermería (1997-1998) de la Universidad Católica del Maule.