

Journal of Human Sport and Exercise *online*

J. Hum. Sport Exerc.

Official Journal of the Area of Physical Education and Sport.

Faculty of Education. University of Alicante. Spain

ISSN 1988-5202

An International Electronic Journal

Volume 4 Number 1 January 2009

Artículo de Investigación

INHIBICIÓN PRESINÁPTICA DE LAS MOTONEURONAS ESPINALES α EN ATLETAS ADAPTADOS A ACTIVIDADES MUSCULARES DIFERENTES

Roman Fomin¹ , Dina Fomina²

¹ Investigador principal del Instituto de Investigación Deportiva, docente del Departamento de Fisiología. Universidad Estatal Rusa de Educación Física, Deporte y Turismo (Moscú, Rusia).

² Profesora jefe del Departamento de Bioquímica. Universidad Estatal Rusa de Educación Física, Deporte y Turismo (Moscú, Rusia).

Recibido: 25 de octubre de 2008; revisado: 5 de diciembre de 2008; aceptado: 10 de diciembre de 2008

RESUMEN

Se estudiaron los cambios en la inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α durante actividades motoras de diferentes tipos. En un estado de reposo relativo de los músculos, la inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α del músculo *soleus* era más fuerte en «samboístas» (atletas especializados en el arte marcial sambo) y en velocistas que en corredores de fondo. En los samboístas que realizaron cargas estáticas repetidas, la inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α fue aumentando de un intento al siguiente. Tanto el entrenamiento en técnica como en fuerza aumentaron la inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α , de forma más acentuada después del entrenamiento en fuerza.

Palabras clave: inhibición presináptica, motoneuronas espinales α , actividades musculares diferentes

Cita bibliográfica: Fomin R, Fomina D. Inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α en atletas adaptados a actividades musculares diferentes. *J. Hum. Sport Exerc.* 2009; 4(1): 21-30



Dirección de correspondencia. 444 office, 4 Sirenevyy Blvd, Moscú, 105122, Rusia.

E-mail: RomanFominVL@gmail.com

© 2009 Universidad de Alicante. Facultad de Educación.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los estudios sobre la fisiología del movimiento abordan cambios funcionales relativos a la excitación en diversos órganos y aparatos del cuerpo humano (Granit, 1970; McComas, 1996; Stein et al, 2006; Nielsen et al, 2008). Apenas se han realizado estudios fisiológicos centrados en los procesos de inhibición en diversas estructuras del sistema nervioso central (SNC) durante la actividad muscular (Hultborn et al, 1987; Earles et al, 2002; Remaud et al, 2007; Roberts et al, 2008). Estos estudios han demostrado la existencia de cambios en el grado de inhibición presináptica de las motoneuronas α en sujetos que mantenían una carga estática estándar y de diferencias en este tipo de inhibición entre atletas y personas que no practican deporte. Obviamente, los procesos inhibidores en el SNC determinan en gran medida la coordinación de la actividad motora y la capacidad de trabajo físico. Sin embargo, los cambios en la inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α durante las distintas actividades motoras siguen sin estar contempladas en el ámbito de la investigación. Por este motivo, se estudiaron las características de la inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α en atletas que realizan diferentes tareas motoras.

MATERIAL Y MÉTODO

En el experimento participaron ochenta y dos atletas varones con edades comprendidas entre los 18 y los 25 años. Se dividió a los participantes en tres grupos, dependiendo del tipo de adaptación al esfuerzo físico: (1) atletas adaptados al trabajo muscular realizado a gran velocidad y con gran esfuerzo, como los velocistas, (2) atletas adaptados a una actividad motora coordinada con gran complejidad, como los «samboístas»² y (3) atletas adaptados a una actividad muscular que requiere resistencia, como los corredores de fondo y los esquiadores de fondo. Todos los atletas ostentaban una calificación entre el rango II para adultos y campeón internacional.

Para la estimación de la inhibición presináptica de las fibras aferentes Ia homónimas y heterónimas, que van de los músculos *soleus* y *quadriceps femoris* a las motoneuronas α del músculo *soleus*, se empleó el método basado en la medida de la facilitación del reflejo H del *soleus* causada por la estimulación condicionada de los nervios *tibialis* y *femoralis* (Hultborn et al, 1987). Se postula que, cuanto mayor sea la facilitación del reflejo H del músculo *soleus*, más débil será la inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α .

Se utilizaron electrodos de superficie para la estimulación de los nervios *tibialis* y *femoralis* y, como estímulo, los impulsos rectangulares de un milisegundo de duración generados por un minielectroestimulador. Los potenciales bioeléctricos de los músculos *soleus* y *quadriceps femoris* se derivaron con el uso de un dispositivo minielectromiógrafo y los datos registrados se procesaron utilizando «MyoSoftware» (Rusia, 2003).

El reflejo H del músculo *soleus* se obtuvo con el método normalizado, mediante la estimulación del n. *tibialis* con un electrodo unipolar; el electrodo activo se colocó en la fosa poplítea (Zenkov et al, 2004). Para la estimulación de prueba se usó el reflejo H de

² El sambo es un arte marcial ruso de autodefensa sin armas que se practica como deporte.

control del m. *soleus*, con una amplitud de entre el 20 y el 30 % de su valor máximo. La amplitud del reflejo H de prueba del m. *soleus* en el caso de estimulación condicionante se expresó en porcentaje de amplitud de la respuesta de control.

Se aplicó al nervio *tibialis* irritación condicionante por medio de electrodos bipolares situados en la región proximal del m. *soleus*, a 1,5 cm de distancia entre sí. La estimulación condicionante del nervio *femoralis* antes de la irritación de prueba de n. *tibialis* se realizó mediante electrodos unipolares; el electrodo activo se colocó en el *trigonum femorale* y el de referencia, en el m. *gluteus maximus*. La irritación condicionante tanto del n. *tibialis* como del n. *femoralis* se ajustó de forma que causara la onda M mínima del músculo homónimo (Hultborn et al, 1987).

Al estudiar la facilitación heterónima del reflejo H del m. *soleus*, el estímulo de prueba se aplicó antes del estímulo condicionante porque los electrodos destinados a la estimulación de n. *femoralis* estaban en situación más proximal, es decir, más cerca de la médula espinal, que los electrodos que irritaban el n. *tibialis* y, en este caso, el intervalo entre los estímulos resultó negativo.

Se utilizó un par de electrodos de disco con un diámetro de 0,9 cm para el registro del electromiograma (EMG) de superficie del m. *soleus* en las condiciones de estimulación condicionante homónima del n. *tibialis*. El electrodo activo se colocó en el punto motor del m. *soleus* y el electrodo de referencia en el *tendo calcaneus*. Durante el registro del EMG de estimulación bajo las condiciones de estimulación condicionante heterónima del n. *femoralis* se colocaron un par de electrodos análogos sobre el tercio distal del m. *soleus* y un par de electrodos sobre el m. *rectus femoris*, con el electrodo activo colocado en el punto motor y el electrodo de referencia sobre el t. *rectus femoris*.

Para detectar los cambios en la inhibición presináptica de las motoneuronas α del m. *soleus* en las condiciones de vibración homónima aplicadas al t. *calcaneus*, se usó un oscilador TES-23 equipado con un excéntrico, que se fijó con una banda elástica a la espinilla derecha y se situó sobre el t. *calcaneus*. Se utilizaron oscilaciones de intensidad moderada destinadas a la activación selectiva de las fibras aferentes Ia del músculo *soleus*; la frecuencia fue de 60 Hz y la amplitud de la oscilación de 0,8 mm. El reflejo H del m. *soleus* se registró durante 60 s antes de la estimulación mediante vibración, durante 30 s durante la exposición de t. *calcaneus* a las oscilaciones y durante 60 s en el periodo posterior. El intervalo entre los estímulos de prueba aplicados al n. *tibialis* fue de 10 s. La inhibición presináptica de las motoneuronas α del m. *soleus* se calculó mediante la reducción de la amplitud del reflejo H del m. *soleus* durante la irritación mediante vibración homónima y el grado de restauración de la amplitud tras el cese de la irritación (Anisimova et al, 1987).

Para detectar los cambios en la inhibición presináptica de las motoneuronas α del m. *soleus* causada por los diferentes tipos de actividad motora, se utilizaron experimentos en los que los sujetos realizaron dos tipos de tareas con carga estática: (1) sostenimiento de un peso de 40 kg (diez veces) y (2) sostenimiento de un peso igual al 70 % del máximo individual (diez veces). Se tomó como máximo individual el esfuerzo muscular registrado durante una contracción voluntaria muscular máxima única (flexión plantar del pie sobre un soporte en un dispositivo experimental, expresado en kilogramos de fuerza). Los sujetos sostuvieron el peso mediante flexión plantar mientras permanecían

tumbados sobre la espalda y con la pantorrilla y la articulación de la rodilla bien fijas para impedir todo movimiento, aunque la articulación del tobillo continuó móvil. Cada repetición en ambas series se realizó hasta el «fracaso» voluntario; el periodo de descanso entre las pruebas era de 1 min. Se utilizó la motivación sustancial de los sujetos. La inhibición presináptica de las motoneuronas α del músculo *soleus* se registró en reposo y durante la carga estática tras los intentos tercero, sexto y décimo, y en los minutos quinto y décimo de la recuperación.

Durante la siguiente etapa del estudio se analizaron las características de la inhibición presináptica de las motoneuronas α del m. *soleus* durante la actividad motora dinámica (entrenamientos destinados a mejorar la técnica y aumentar la fuerza muscular). La inhibición presináptica de las motoneuronas α de m. *soleus* se registró en reposo, inmediatamente después de los entrenamientos y en el minuto 15° del efecto posterior.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la primera serie de experimentos mostraron que, en atletas predominantemente adaptados al trabajo muscular que requiere resistencia (corredores de fondo y esquiadores de fondo), la facilitación homónima del reflejo H del m. *soleus* era mayor que en los otros dos grupos de atletas (samboístas y velocistas), independientemente de la demora experimental entre el estímulo condicionante y el de prueba, lo cual indica que la inhibición presináptica de las fibras Ia aferentes del m. *soleus* era más débil en los corredores de fondo y esquiadores que en los velocistas y samboístas (tabla 1).

Tabla 1. Facilitación homónima y heterónima del reflejo H del m. *soleus* en atletas adaptados a diferentes tipos de actividad motora ($n=54$, $M\pm m$).

Parámetro	Intervalo entre los estímulos condicionante y de prueba, ms								
	Samboístas	Velocistas	Corredores fondo	Samboístas	Velocistas	Corredores fondo	Samboístas	Velocistas	Corredores fondo
	Estimulación homónima								
	2,5			2,4			2,2		
Reflejo H de control, mV	1,78 $\pm 0,07$	1,27 $\pm 0,08$	1,71 $\pm 0,08$	1,74 $\pm 0,07$	1,2 $\pm 0,07$	1,63 $\pm 0,07$	1,67 $\pm 0,06$	1,18 $\pm 0,06$	1,58 $\pm 0,07$
Reflejo H tras estímulo condicionante, mV	2,38 $\pm 0,09^{***}$	1,76 $\pm 0,13^{**}$	2,76 $\pm 0,12^{***}$	2,24 $\pm 0,07^{***}$	1,61 $\pm 0,14^*$	2,5 $\pm 0,09^{***}$	1,95 $\pm 0,06^{**}$	1,41 $\pm 0,07^*$	2,11 $\pm 0,07^{***}$
	Estimulación heterónima								
	-5,9			-5,7			-5,5		
Reflejo H de control, mV	1,86 $\pm 0,09$	1,29 $\pm 0,1$	1,98 $\pm 0,11$	1,92 $\pm 0,08$	1,38 $\pm 0,11$	2 $\pm 0,1$	1,82 $\pm 0,07$	1,39 $\pm 0,08$	1,95 $\pm 0,1$
Reflejo H tras estímulo condicionante, mV	2,29 $\pm 0,09^{**}$	1,74 $\pm 0,11^{**}$	3,03 $\pm 0,17^{***}$	2,37 $\pm 0,09^{**}$	1,81 $\pm 0,14^*$	2,91 $\pm 0,012^{***}$	2,06 $\pm 0,06^*$	1,62 $\pm 0,12$	2,52 $\pm 0,14^{**}$

Diferencias significativas respecto al control: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Según puede observarse en la tabla 1, la inhibición presináptica de las fibras aferentes Ia de m. *soleus* era más fuerte si el intervalo entre el estímulo condicionante y la irritación de prueba de n. *tibialis* era de 2,2 o 2,4 ms, mientras si el intervalo entre los estímulos era de 2,5 ms, la inhibición presináptica era menos marcada. Por ello, los datos sobre la facilitación del reflejo H del m. *soleus* indican que, en estado de reposo muscular relativo, la inhibición presináptica de las fibras aferentes Ia del músculo *soleus* era más marcada en los atletas cuyo entrenamiento se encaminaba principalmente al aumento de su velocidad, fuerza y capacidad para movimiento coordinado complejo.

Las técnicas especializadas de los samboístas conllevan la contracción de algunos músculos esqueléticos, cuyos receptores envían impulsos aferentes que llevan la información sobre los parámetros del movimiento dado al SNC. Durante el entrenamiento y las competiciones, las maniobras realizadas por los atletas se alternan con pausas, por ejemplo, tras las observaciones de un árbitro o un entrenador; por lo tanto, el flujo de impulsos nerviosos siguiendo las vías aferentes se ve continuamente modulado por los cambios de la situación. En los corredores de fondo y los esquiadores de fondo, la realización continuada de los movimientos se relaciona con una gran resistencia del sistema muscular y, por ello, de un flujo regular monótono de impulsos aferentes desde los receptores de los músculos que se contraen. Podría pensarse que la inhibición presináptica más marcada de las fibras aferentes Ia del m. *soleus* en los samboístas, en comparación con los corredores de fondo, se relaciona con la naturaleza específica de los flujos aferentes desde los receptores musculares al SNC bajo condiciones habituales de entrenamiento y competición.

En la segunda etapa del estudio se intentó determinar si la adaptación a los distintos tipos de actividad muscular afectaba a la inhibición presináptica de las fibras aferentes Ia cuyas motoneuronas α homónimas estaban situadas en estructuras suprasegmentales de la médula espinal y cuyos colaterales aferentes terminaban monosinápticamente en motoneuronas α heterónimas más bajas. Por lo tanto, se estudiaron las características de la inhibición presináptica en atletas de las fibras aferentes Ia del m. *quadriceps femoris* monosinápticamente conectadas con las motoneuronas α del m. *soleus*.

Los resultados de esta serie de experimentos mostraron que la facilitación heterónima del reflejo H del m. *soleus* era sustancialmente más fuerte en atletas adaptados al trabajo muscular que requería resistencia, que en atletas de los otros dos grupos (samboístas y velocistas) independientemente de la demora experimental entre los estímulos condicionantes y de prueba, lo que indica que la inhibición presináptica de las fibras aferentes Ia del m. *quadriceps femoris* en los corredores de fondo era menos acusada que en samboístas y velocistas. Debe recordarse que la inhibición presináptica de las fibras aferentes Ia del m. *quadriceps femoris* en respuesta a la estimulación heterónima condicionante del n. *femoralis* en estado de reposo muscular relativo era más fuerte en todos los grupos de atletas si el intervalo entre los estímulos era de -5,5 ms que si el intervalo era de -5,7 o -5,9 ms (tabla 1).

Así, los datos sobre la facilitación heterónima del reflejo H del m. *soleus* en atletas indican que la adaptación a diferentes tipos de actividad muscular afectaba no sólo a la inhibición presináptica de aferentes homónimos, sino también a la inhibición presináptica de las fibras Ia del m. *quadriceps femoris* heterónimo, lo que concuerda con las teorías generales de algunos autores (Solodkov, 2000; Platonov, 2004).

Puesto que la estimulación mediante vibración resulta más natural para la activación de los aferentes primarios del músculo *soleus* que la estimulación eléctrica, la tercera serie de experimentos tenía como objetivo el cálculo de la inhibición presináptica de las motoneuronas α del m. *soleus* causada por la estimulación mediante vibración del t. *calcaneus* en estado de reposo muscular relativo. Los resultados de estos experimentos mostraron que la inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α con estimulación mediante vibración de tendón *calcaneus* era mayor en los atletas adaptados a actividad muscular coordinada compleja, que en aquellos atletas cuyo entrenamiento tenía como objetivo el aumento de la resistencia, lo cual se expresó en una supresión significativamente más fuerte ($p < 0,05$) de la amplitud del reflejo H por la estimulación mediante vibración del t. *calcaneus* en los samboístas que en los corredores de fondo. En ambos se daba el caso de que la amplitud del reflejo H en el m. *soleus* era mínima en el segundo 30 de estimulación y máxima (en comparación con el control) en el segundo 1 de estimulación (fig. 1).

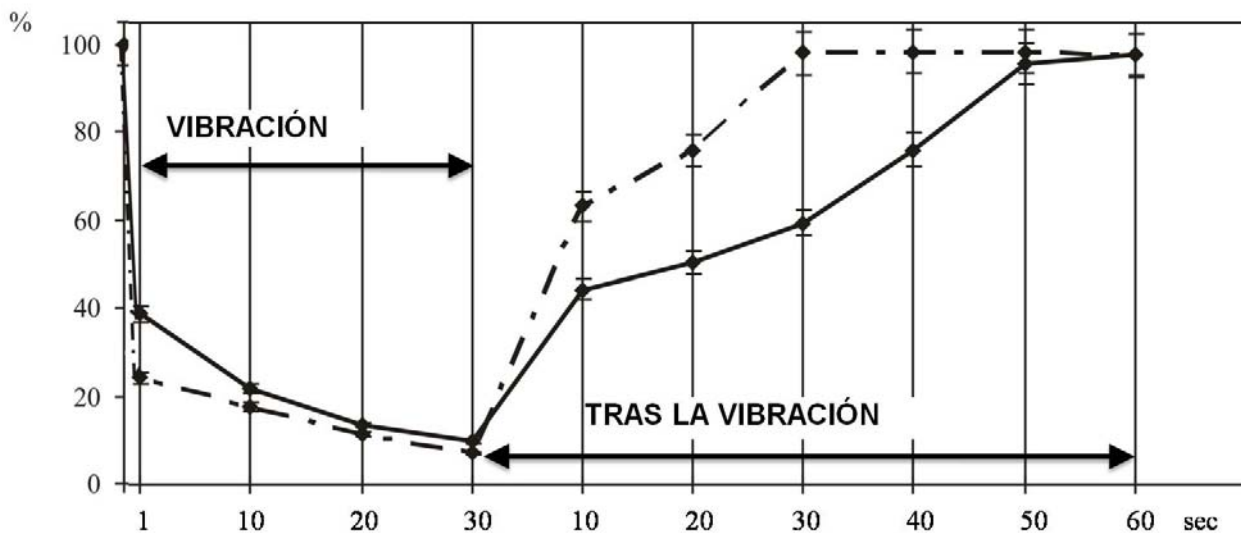


Fig. 1. Cambios en la amplitud del reflejo H del músculo soleus (en porcentaje de valor inicial) durante y después de la estimulación mediante vibración en atletas adaptados a diferentes tipos de actividad motora ($n=32$). Las líneas continuas y de puntos corresponden, respectivamente, a corredores de fondo y a samboístas.

Estos datos son similares a los resultados obtenidos con el uso de estimulación condicionante homónima y heterónima del m. *soleus*. Así, los datos obtenidos por tres métodos independientes han demostrado que diferentes tipos de trabajo muscular causan cambios adaptativos correspondientes en las estructuras neuronales de la médula espinal. La inhibición presináptica se restauró con más rapidez tras la estimulación mediante vibración en atletas adaptados a una actividad muscular coordinada compleja, que en aquellos que se entrenan para desarrollar la resistencia. Esto se expresó en un aumento más rápido de la amplitud del reflejo H en el m. *soleus* en relación con su valor inicial, tras la estimulación mediante vibración en samboístas que en corredores de fondo y en esquiadores de fondo (fig. 1).

Se sabe que la inhibición presináptica de las motoneuronas α resulta crucial para el control del tono muscular en los humanos en transición de un estado de reposo a una actividad motora que implique movimientos rápidos. El aumento de inhibición presináptica de las motoneuronas α reduce el tono excesivo de los músculos

esqueléticos, que podría interferir con los movimientos voluntarios (Hultborn et al, 1987). Creemos que una mayor potencia de la inhibición presináptica en los samboístas en comparación con los corredores de fondo viene determinada por la naturaleza específica de su actividad motora durante los entrenamientos y competiciones, lo cual probablemente cause la diferenciación de la inhibición presináptica en respuesta a pautas específicas de estimulación aferente.

En la cuarta serie de experimentos se estudiaron los cambios en la inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α en samboístas que realizaban diferentes tareas motoras. En los sujetos que mantenían una tensión estática repetida, la inhibición presináptica de las motoneuronas α se fortaleció de un intento al siguiente, lo cual quedaba patente mediante una considerable reducción en el grado de facilitación heterónima del reflejo H del m. *soleus* tras cada repetición subsiguiente. En sujetos que sostenían el peso estándar, la inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α , estimada a partir de la facilitación heterónima del reflejo H del músculo *soleus* aumentaba de forma constante y alcanzaba el valor máximo al décimo intento (fig. 2).

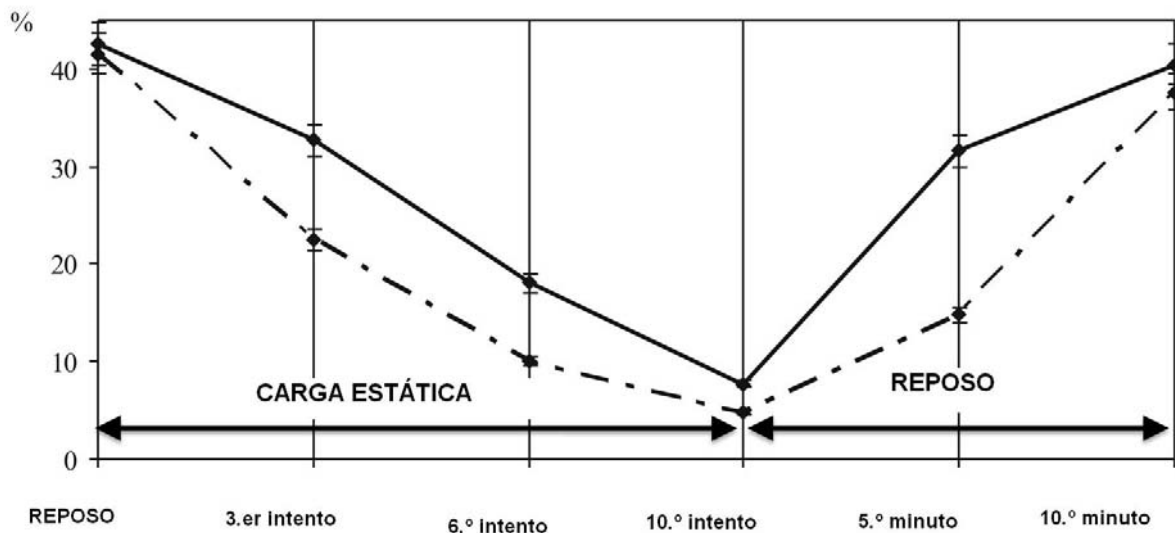


Fig. 2. Valores medios del grupo de facilitación heterónima del reflejo H del m. *soleus* en samboístas durante los experimentos con modos diferentes de carga estática, % (n= 16). Las líneas continuas y de puntos corresponden a los experimentos que implican el sostenimiento de pesos de 40 kg y del 70 % del máximo individual, respectivamente, mediante flexión plantar.

En experimentos con el segundo modo de carga estática (sostenimiento repetido de un peso igual al 70 % del máximo individual), el grado de inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α aumentó de un intento a otro. En el estado de reposo muscular relativo, no se produjo diferencia sustancial en la facilitación heterónima del reflejo H del m. *soleus* (42,58 y 41,6 %, respectivamente; $p > 0,05$). Tras tres intentos, este parámetro disminuyó con ambos tipos de carga estática; sin embargo, la reducción fue mayor después del esfuerzo del 70 % del máximo individual; la diferencia fue del 10,12 % ($p < 0,05$). De forma similar, la reducción en la facilitación heterónima del reflejo H del m. *soleus* tras los intentos sexto y décimo, con un esfuerzo del 70 % del máximo individual, fue un 7,97 y 2,97 % mayor, respectivamente, que en los experimentos que implicaban el sostenimiento de un peso de 40 kg. La restauración del grado de inhibición presináptica de las motoneuronas α de la médula espinal durante

10 minutos de descanso tras la realización de estas tareas también dependió del modo de carga estática.

En el quinto minuto después del último intento de sostener un peso de 40 kg, la facilitación heterónima del reflejo H del músculo *soleus* fue del 31,58 %, lo cual era un 16,8 % superior ($p < 0,05$) al valor observado el quinto minuto después del ejercicio con una carga estática del 70 % del máximo individual. Al décimo minuto de descanso, no había diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los dos modos de carga estática en relación a este parámetro (fig. 2).

En la última serie de experimentos se estudiaron los cambios en el grado de inhibición presináptica de las motoneuronas α de la médula espinal en los samboístas como resultado de los entrenamientos de técnica y fuerza. Se halló que la naturaleza específica del entrenamiento afectaba a la pauta y el grado de cambios en este parámetro. Ambos tipos de entrenamiento aumentaron la inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α , aunque en grados diferentes, lo cual se expresó en una reducción significativa de la amplitud del reflejo H del m. *soleus* en respuesta a la estimulación condicionante heterónima tras ambos tipos de entrenamiento, con un cambio mayor después del entrenamiento de fuerza (tabla 2).

Tabla 2. El grado de inhibición presináptica de las motoneuronas α del m. *soleus* en practicantes de sambo antes y después de los entrenamientos de técnica y fuerza ($n=16$, $M \pm m$).

Tipo entrenamiento	Parámetros					
	Reflejo H de control, mV		Prueba reflejo H tras estimulación condicionante, mV		Facilitación reflejo H, %	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Técnica	2,28 \pm 0,31	2,3 \pm 0,1	3,26 \pm 0,43*	2,97 \pm 0,5*	47,97 \pm 10,82	27,04 \pm 7,18*
Fuerza	1,94 \pm 0,41	2,65 \pm 0,39	2,06 \pm 0,38	2,92 \pm 0,5	48,81 \pm 15,58	13,93 \pm 11,77

* Diferencias significativas respecto al control ($p < 0,05$)

Según resulta patente en la tabla 2, si el nervio *femoralis* se irritaba con una demora de -5,5 ms, la amplitud del reflejo H de prueba del m. *soleus* obtenido antes del entrenamiento de técnica aumentaba en 0,98 mV en comparación con la amplitud del reflejo H de control del m. *soleus*.

En este caso, la facilitación heterónima del reflejo H monosináptico del m. *soleus* era del 47,97 %. Después del entrenamiento de técnica, la irritación condicionante heterónima del n. *femoralis* con la misma demora provocó un aumento en la amplitud del reflejo H de prueba del m. *soleus* de 0,67 mV y la facilitación del reflejo del músculo *soleus* fue del 27,04 %. Si el n. *femoralis* se irritaba con una demora de -5,5 ms, la amplitud del reflejo H de prueba del m. *soleus* obtenida antes del entrenamiento de fuerza aumentaba en 0,12 mV en comparación con la amplitud del reflejo H de control del m. *soleus*; en este caso, la facilitación heterónima del reflejo H monosináptico del m. *soleus* era del 48,81 %. Después del entrenamiento de fuerza, la irritación condicionante heterónima del n. *femoralis* con la misma demora causó un aumento en la amplitud del reflejo H de prueba del m. *soleus* de 0,27 mV y la facilitación del reflejo fue del 13,93 %. Estos datos indican que el grado de inhibición presináptica estimada mediante la facilitación heterónima del reflejo H monosináptico

del músculo *soleus* aumentó de forma significativa ($p < 0,05$) después de los entrenamientos de técnica y de fuerza, y que este aumento resultó superior después de éste último.

CONCLUSIONES

1. La estimulación condicionante homónima y heterónima de los nervios *tibialis* y *femoralis* en estado de reposo muscular relativo hace que la inhibición presináptica de las motoneuronas α de la médula espinal del m. *soleus* sea considerablemente mayor en samboístas y en velocistas que en corredores de fondo y esquiadores de fondo. Por lo tanto, la adaptación al trabajo muscular de diferentes tipos afecta al mecanismo de inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α .
2. La inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α para el m. *soleus* con estimulación mediante vibración homónima del t. *calcaneus* en estado de reposo muscular relativo en samboístas era sustancialmente mayor que en corredores de fondo y en esquiadores. Después de la interrupción de la estimulación, la inhibición presináptica de las motoneuronas espinal α volvió al valor inicial en los samboístas con mayor rapidez que en los atletas que se entrenaban para aumentar la resistencia.
3. La inhibición presináptica de las motoneuronas espinales α para el músculo *soleus* aumentó en los experimentos con sostenimiento repetido de pesos de 40 kg y del 70 % del máximo individual mediante flexión plantar, que se realizaron hasta el «fracaso» voluntario en atletas adaptados a una actividad motora coordinada compleja. El aumento fue superior en el caso de una carga estática del 70 % del máximo individual.
4. Tanto el entrenamiento de técnica como de fuerza aumentaron la inhibición presináptica de las motoneuronas α de la médula espinal en samboístas, de forma más acentuada después del entrenamiento de fuerza.

REFERENCIAS

1. ANISIMOVA NP, GERASIMENKO YUP, KHOMMA S, et al. Presynaptic Inhibition as a Mechanism Controlling the Interaction of Phasic and Tonic Proprioceptor Reflexes, Regulyatsiya sensornogo obespecheniya dvizhenii (Control of the Sensory Mechanisms of Motor Activity). Leningrad; 1987. 194 p. [[Volver al texto](#)]
2. EARLES DR, DIERKING JT, ROBERTSON CT, KOCEJA DM. Pre- and Post-synaptic Control of Motoneuron Excitability in Athletes. Med. Sci. Sports Exerc. 2002 Nov;34(11):66-72. [[Resumen](#)] [[Volver al texto](#)]
3. GRANIT R. The Basis of Motor Control. London: Academic; 1970. 136 p. [[Volver al texto](#)]
4. HULTBORN H, MEUNIER S, MORIN C, PIERROT-DESEILLIGNY E. Assessing Changes in Presynaptic Inhibition of Ia Fibers: A Study in Man and the Cat. J. Physiol. 389:729. [[Resumen](#)] [[Texto completo](#)] [[Volver al texto](#)]
5. McCOMAS AJ. Skeletal Muscle: Form and Function. Champaign: Human Kinetics; 1996. [[Resumen](#)] [[Volver al texto](#)]

6. NIELSEN JB, COHEN LG. The Olympic brain. Does corticospinal plasticity play a role in acquisition of skills required for high-performance sports? *J Physiol.* 2008 Jan 1;586(1):65-70. [[Resumen](#)] [[Texto completo](#)] [[Volver al texto](#)]
7. PLATONOV VN. Sistema podgotovki sportsmenov v olimpiiskom sporte. Obshchaya teoriya i ee prakticheskie prilozheniya (The System of Training Athletes in Olympic Sports: General Theory and Implications for Practice). Kiev: Olimpiiskaya Literatura; 2004. [[Volver al texto](#)]
8. REMAUD A, GUÉVEL A, CORNU C. Antagonist muscle coactivation and muscle inhibition: effects on external torque regulation and resistance training-induced adaptations. *Neurophysiol Clin.* 2007 Jan-Mar;37(1):1-14. [[Resumen](#)] [[Volver al texto](#)]
9. ROBERTS A, LI WC, SOFFE SR. Roles for inhibition: studies on networks controlling swimming in young frog tadpoles. *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol.* 2008 Feb;194(2):185-93. [[Resumen](#)] [[Volver al texto](#)]
10. SOLODKOV AS. Adaptation in Sport: Present State, Problems, Prospect. *Fiziol. Chel.* 2000; 26(6):87 [*Hum. Physiol. (Eng. Transl.)* 26(6)726. [[Resumen](#)] [[Volver al texto](#)]
11. STEIN RB, THOMPSON AK. Muscle reflexes in motion: how, what, and why? *Exerc Sport Sci Rev.* 2006 Oct;34(4):145-53. [[Resumen](#)] [[Volver al texto](#)]
12. ZENKOV LR, RONKIN MA. Funktsional'naya diagnostika nervnykh boleznei. Rukovodstvo dlya vrachei (Functional Diagnosis of Neural Diseases: A Physician's Guide. 3rd ed.) Moscow: MEDpress-Inform; 2004. [[Volver al texto](#)]