

J.E. Gallach Lazcorreta¹
E. Querol Fuentes²
L.M. González Moreno¹
M Gomis Bataller³

¹ Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.
² Departamento de Fisioterapia. Escuela Universitaria de Fisioterapia.
³ Doctorando. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

Correspondencia:
José Enrique Gallach Lazcorreta
Universidad de Valencia.
Departamento de Educación Física y Deportiva.
Aulario Multiusos
Gascó Oliag, 3. 46010 Valencia
jose.e.gallach@uv.es

Fecha de recepción: 13/5/05
Aceptado para su publicación: 10/11/05

Hipertrofia muscular en sujetos hemofílicos tras estimulación eléctrica muscular

Muscular hypertrophy in haemophilic subjects after muscular electrical stimulation

RESUMEN

El principal objetivo de este estudio fue cuantificar los cambios producidos en la sección transversal del rectus femoris del quadriceps femoris, en pacientes afectados de hemofilia A, tras un tratamiento de estimulación eléctrica muscular (EEM). Doce hombres afectados de hemofilia A clínicamente graves, tomaron parte en la presente investigación, sometiéndose a un protocolo unilateral sobre el muslo izquierdo de EEM (se utilizó una forma de onda rectangular bifásica simétrica compensada; frecuencia 45 Hz; impulso 300 μ s; ciclo de contracción y descanso de 12 s *on* y 8 s *off*; tiempo 30 min) durante 6 semanas a razón de 3 sesiones/semana. Los problemas musculoesqueléticos de todos los sujetos fueron evaluados de forma previa al tratamiento en las escalas de Pettersson y Gilbert. Se tomaron medidas del quadriceps femoris de ambos muslos, a través de una tomografía axial computerizada, antes y después del periodo de tratamiento. Durante el periodo de seis semanas que duró el tratamiento, ningún paciente tuvo sangrados debidos

ABSTRACT

The principal aim of this study was quantify the changes produced in the cross-sectional section of the rectus femoris of the quadriceps femoris, in patients affected of haemophilia A, after a treatment of muscular electrical stimulation (EEM). Twelve men affected of haemophilia A clinically serious, took part in the present investigation, being put under an unilateral protocol on the left thigh of EEM (a rectangular symmetrical biphasic compensated waveform was used; frequency 45 Hz; impulse of 300 μ s; and a duty cycle of 12 s on and 8 s off; time 30 min) during 6 weeks, 3 sessions/week. The musculoskeletal problems of all subjects were evaluated of previous form to the treatment in the scales of Pettersson and Gilbert. Measures were taken from the quadriceps femoris of both thighs, through a computerized axial tomography, before and after the period of treatment. During the period of six weeks that lasted the treatment, no patient had bled due to the EEM protocol. The analysis of difference of averages made shows to an

al protocolo de EEM. El análisis de diferencia de medias realizado muestra un incremento del diámetro muscular del rectus femoris del cuádriceps femoris de 23,04 % ($p < 0,05$) tras el tratamiento de EEM. Ninguna diferencia significativa fue encontrada, en el muslo no tratado, tras las seis semanas de tratamiento. En conclusión, los resultados del presente estudio indican que el programa de EEM aplicado sobre el cuádriceps femoris en sujetos afectados de hemofilia A tiene un impacto significativo sobre el trofismo muscular. Asimismo este tratamiento muestra una buena adaptación a las características clínicas de estos sujetos.

PALABRAS CLAVE

Hemofilia A; Estimulación eléctrica muscular; Hipertrofia; Cuádriceps femoris.

increase of the muscular diameter of the previous rectus femoris of 23,04 % ($p < 0,05$) after the EEM treatment. No significant difference was found, in the thigh no treated, after the six weeks of treatment. In conclusion, the results of the present study indicate that the program of EEM applied on the quadriceps femoris in subjects affected of haemophilia A has a significant impact on the muscular trophism. Also this treatment shows a good adaptation to the clinical characteristics of these subjects.

KEY WORDS

Haemophilia A; Muscular electrical stimulation; Hypertrophy; Quadriceps femoris.

INTRODUCCIÓN

Las hemofilias tipo A y B, son desordenes de la hemostasia, de transmisión genética, caracterizados por una deficiencia cuantitativa en el nivel plasmático de factor VIII y IX respectivamente, la enfermedad presenta distintos grados de severidad: Hemofilia leve (los pacientes raramente sangran, tan sólo ante traumatismos o intervenciones quirúrgicas), hemofilia moderada (sangrados relativamente frecuentes, generalmente después de un traumatismo incluso leve), hemofilia severa (sangrados espontáneos sin antecedentes traumáticos evidentes)¹.

La hemartrosis y los hematomas así como la sinovitis crónica, son problemas habituales en estos enfermos, en muchas ocasiones acompañados de una marcada atrofia muscular alrededor de la articulación, posiblemente debido a los largos periodos de inactividad forzada².

La estimulación eléctrica muscular (EEM) ha probado en múltiples ocasiones su capacidad de reducir la atrofia muscular^{3,4}, en concreto, en pacientes hemofílicos aparece usualmente citada como una terapia a tener

en cuenta en la rehabilitación y mejora de los aspectos estructurales asociados con la fuerza^{5,6}. No obstante, hasta la fecha, parece que no existen estudios referenciados en la literatura científica acerca de la aplicación experimental de EEM para la mejora de atrofia muscular en paciente afectados de hemofilia.

El presente trabajo tiene como principal objetivo cuantificar los cambios producidos en la sección transversal del rectus femoris del cuádriceps femoris, tras ser tratados con EEM durante un periodo de 6 semanas. Asimismo, se busca establecer la tolerancia a este tipo de tratamiento en los pacientes afectados por hemofilia A.

MATERIAL Y MÉTODOS

Pacientes

El estudio fue llevado a cabo con 12 pacientes con hemofilia A clínicamente graves (nivel de factor VIII $< 2\%$) y cuyas principales características antropométricas fueron (media y error típico de la media) edad

72 real = 36,1 (ET 4,5) años; altura = 173,5 (ET 2,68) cm; peso = 68,3 (ET 3,51) kg. Todos ellos firmaron por escrito su consentimiento a participar voluntariamente en la experimentación. Todos los pacientes se encontraban en la modalidad de tratamiento "a demanda", que consiste en la aplicación de terapéutica sustitutiva del factor VIII deficitario, ante la aparición de un episodio hemorrágico. Durante el periodo de entrenamiento ningún paciente precisó administración de factor VIII.

Relacionado con la rodilla articulación objeto de estudio, dos pacientes presentaban limitaciones en la flexo-extensión. La población estudiada presentaba, de forma previa, episodios hemorrágicos globales en las articulaciones, los cuales oscilaban en un rango comprendido entre 0 y 2 veces por mes. Durante el programa de entrenamiento no ocurrió ningún sangrado. Dos pacientes abandonaron la investigación por razones personales. El estudio fue llevado a cabo conforme al código ético de la *World Medical Association* (Declaración de Helsinki).

Procedimientos

Se realizó un estudio previo de los expedientes de los pacientes, registrándose las puntuaciones de la valoración articular conforme a las recomendaciones de la World Federation of Haemophilia: Valoración radiológica de Pettersson⁷ y valoración clínica de Gilbert⁸.

Todos los pacientes fueron sometidos a un periodo de 6 semanas de tratamiento descrito en el siguiente apartado por medio del cual se les aplicó un programa de EEM de forma unilateral sobre el muslo izquierdo. El muslo derecho no fue sometido a ningún tipo de entrenamiento sirviendo como control⁹. Los pacientes continuaron con sus actividades cotidianas durante todo el proceso del estudio. Antes y después de este periodo, se midió el diámetro muscular del rectus femoris de ambos muslos a través de tomografía axial computerizada (TAC).

Datos radiológicos y ortopédicos

Todos los pacientes presentaban un estudio radiológico previo de las articulaciones de codos, rodillas y tobillos, siendo puntuados en la escala de Pettersson (entre 0 y 13 puntos por articulación). De la misma forma, to-

dos los pacientes, fueron estudiados clínicamente de acuerdo con la escala de Gilbert teniendo en cuenta el estado físico (0-12 puntos por articulación) y el dolor (0-3 puntos por articulación). En ambas escalas, radiológica y clínica, la normalidad se representa por 0 puntos.

Programa de estimulación eléctrica muscular

El músculo cuádriceps del muslo izquierdo fue el elegido para someterse al programa de EEM^{10,11}. La duración de cada sesión de trabajo fue de 30 min, a los cuales había que añadir 5 min de calentamiento que se realizaron durante 6 semanas a razón de 3 sesiones/semana, con un total de 18 sesiones de trabajo. Para la EEM se utilizaron tres electrodos (uno de 10 × 10 cm y dos de 5 × 5 cm) y un aparato electroestimulador (Megasonic 313 P4, Electromedicarin, Barcelona, España). Uno de los electrodos (ánodo) fue posicionado proximalmente sobre la cara anterior del muslo a una altura ~5 cm por debajo del trocánter mayor del fémur, los otros dos electrodos (cátodos) fueron colocados uno sobre el vastus lateralis y el otro sobre el vastus medialis a ~5 cm lateralmente sobre el borde superior de la patela, coincidiendo aproximadamente con el punto motor de ambos músculos¹². Se utilizó una forma de onda rectangular bifásica simétrica compensada, la frecuencia usada durante cada sesión fue de 45 Hz con un impulso de 300 µs y con un ciclo de contracción y descanso de 12 s *on* y 8 s *off*¹³, el calentamiento se realizó utilizando el mismo tipo de onda y una frecuencia de 8 Hz, impulso de 200 µs y un ciclo 15 s *on* y 5 s *off*. La intensidad del impulso fue seleccionada de forma voluntaria por los pacientes, los cuales fueron exhortados para aumentarla paulatinamente durante las diferentes sesiones, cada día fue registrada en un cuaderno de entradas la intensidad máxima soportada.

De forma adicional, en cada sesión se preguntó a los pacientes por sus percepciones subjetivas derivadas de la aplicación del entrenamiento de EEM, registrándose cada día las incidencias y comentarios personales de los pacientes.

TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTERIZADA

Se han realizado los exámenes en un TAC Picker PQ2000S (Picker International Inc, Cleveland, Ohio,

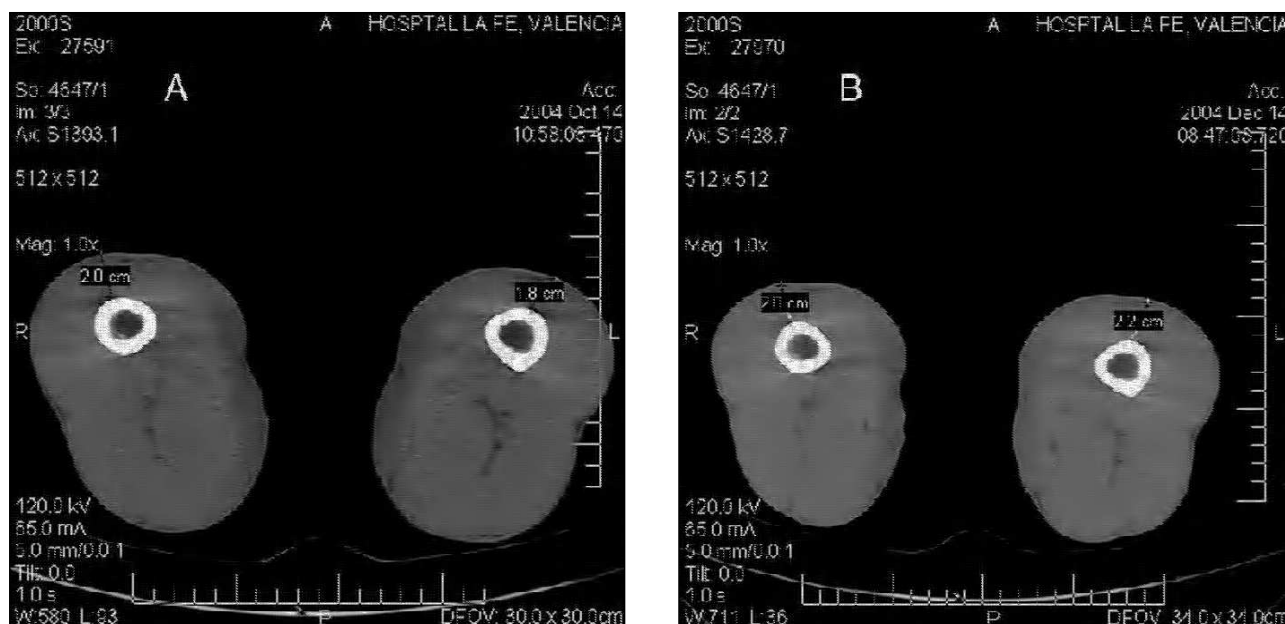


Fig. 1. Tomografía axial computerizada del diámetro del rectus femoris. El panel A representa las mediciones de un paciente en el pretest antes de las 6 semanas de entrenamiento, el panel B representa las medidas del postest.

USA) mediante cortes axiales de 5 mm en el nivel correspondiente al 33 % de la longitud total del fémur¹⁴. Para la selección del punto y medición del fémur se efectuó un “pilot de 512” (imagen semejante a la radiografía).

El algoritmo de reconstrucción es el estándar y se ha utilizado el protocolo de extremidades para la selección de kV y mA.

Las medidas se han efectuado determinando la distancia entre la superficie de la piel y el fémur en un punto perpendicular al diámetro mayor del fémur en dicho nivel (fig. 1).

Análisis estadístico

Se utilizó el programa SPSS-11.5 para Windows, para el tratamiento estadístico. Los valores son presentados como media y error típico de la media (ET). Se aplicó un test de Kolmogorov-Smirnov para establecer la normalidad de la muestra, posteriormente para hallar las diferencias entre el pretest y el postest se realizó una prueba t para muestras relacionadas, expresando los intervalos de confianza de las

medias y de las diferencias. Se han aceptado como significativas aquellas diferencias, cuya probabilidad de ser debidas al azar, fue inferior al 5 % ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Evaluación musculoesquelética

Los valores totales en las escalas de Pettersson y Gilbert de los problemas musculoesqueléticos que presentaban los pacientes fueron de 35,4 (ET 6,53) y 44,5 (ET 9,86) puntos respectivamente. En la tabla 1 se puede observar los valores promedio para la articulación de la rodilla.

Aplicación del tratamiento con EEM

En la figura 2 se puede observar la intensidad promedio a la que los pacientes se sometieron durante las distintas sesiones del protocolo de EEM, en concreto el porcentaje de intensidad soportada aumento un 251 % ($p < 0,001$) desde la primera sesión hasta la última. Du-

Tabla 1. Puntuaciones radiológicas y clínicas de la afectación musculoesquelética de ambas rodillas y totales de las articulaciones de tobillo, rodilla y codo

Puntuaciones	Pettersson	Gilbert
Rodilla derecha	5,5 ± 1,75	6,9 ± 1,77
Rodilla izquierda	7,7 ± 1,59	6,7 ± 1,98
Total (seis articulaciones)	35,4 ± 6,53	44,5 ± 9,86

Los valores se expresan en media ± error típico de la media. Máximo 13 y 15 puntos por articulación respectivamente para las escalas de Pettersson y Gilbert (incluido dolor).

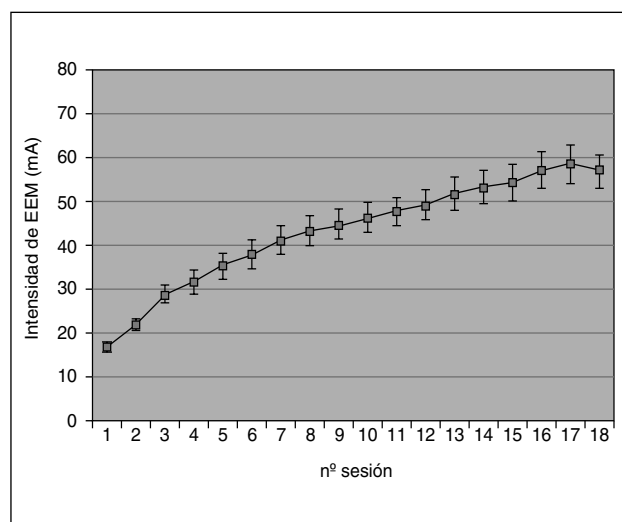


Fig. 2. Intensidad media soportada en cada sesión. Los cuadrados representan el valor medio de cada sesión ($n = 10$), las barras representan el error típico de la media.

rante las últimas tres sesiones que corresponden a la última semana de trabajo, los pacientes realizaron un promedio 61,70 (ET 3,68) mA, con un máximo de 90 mA y un mínimo de 35 mA.

Hipertrofia del rectus femoris del *quadriceps femoris*

Los resultados de hipertrofia hallados en el muslo estimulado fueron de un 27,04 % ($p < 0,001$) de mejora en el posttest respecto al pretest, pasando de 2,30 (ET 0,29) cm ha 2,83 (ET 0,31) cm tras 6 semanas de entrenamiento.

El muslo que no fue estimulado no obtuvo diferencias significativas entre el pretest y el posttest (tabla 2).

DISCUSIÓN

Algunos estudios previos señalan la articulación de la rodilla como una de las más afectadas por la artropatía hemofílica¹⁵. En la presente investigación hemos encontrado promedios de afectación de esta articulación, medidos en las escalas de Gilbert y Pettersson respectivamente (v. tabla 1), similares a los encontrados en otras investigaciones^{16,17}. Parece, en consecuencia, que esta articulación puede ser un objetivo prioritario en la prevención y rehabilitación de problemas musculoesqueléticos.

Nuestro trabajo intenta establecer la aplicabilidad de la EEM como una forma de tratamiento no cruenta y que puede dar beneficios ostensibles en la prevención de atrofas producidas por inactividad de un miembro. Así,

Tabla 2. Cambios en el diámetro muscular del rectus femoris anterior tras 6 semanas de EEM

	Pretest	Posttest	Diferencias relacionadas pre-post	95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
				Inferior	Superior
Muslo estimulado	2,30 ± 0,29	2,83 ± 0,31*	-0,53 ± 0,11	-0,79	-0,26
Muslo NO estimulado	2,36 ± 0,29	2,52 ± 0,26	-0,16 ± 0,10	-0,39	0,07

Los valores se expresan en media ± error típico de la media.

* $p < 0,001$ respecto al pretest.

durante las 18 sesiones de entrenamiento, no se produjo ningún episodio de sangrado en el músculo tratado con EEM, sin embargo las intensidades a las que se sometieron los pacientes son similares a las que se recogen en poblaciones no afectadas por hemofilia¹⁸, siendo la intensidad uno de los parámetros clave para el fortalecimiento muscular a través de EEM¹⁹.

En adición a lo anterior, tan sólo se registraron ligeras molestias musculares en dos sujetos, las cuales remitieron a lo largo del periodo de tratamiento. Una persona refirió después de una sesión ligero enrojecimiento de la piel, muy posiblemente debido a los parches de EEM. Parece en consecuencia que los potenciales riesgos –sangrados posteriores a la aplicación de EEM– no han aparecido en nuestro trabajo. Muy posiblemente, el hecho de haber trabajado con frecuencias bajas (45 Hz) ya utilizadas en trabajos previos en poblaciones de lesionados medulares¹⁹, pueda haber facilitado la adaptación al tratamiento de este tipo de pacientes, bajo nuestro punto de vista, los posibles beneficios derivados de la aplicación de frecuencias más altas > 50 Hz, aunque ayudarían a un mayor reclutamiento de fibras rápidas²¹, supondrían un aumento alto de los riesgos de roturas fibrilares.

En cuanto a las adaptaciones producidas sobre la musculatura implicada en el presente trabajo, hemos hallado una hipertrofia de un 23,04 % en el rectus femoris del

quadriceps femoris en el muslo estimulado (izquierdo), resultados del mismo orden que los encontrados por Pérez y colaboradores en 2002¹³ los cuales trabajaron con el mismo protocolo en sujetos sanos. Estas mejoras porcentuales de la musculatura implicada son de gran importancia para la rehabilitación de la artropatía hemofílica, en tanto en cuanto que este tipo de lesiones impiden la correcta realización de ejercicios isotónicos e isométricos, ya que ambos métodos implican gran cantidad de presión sobre las articulaciones.

En conclusión, los resultados del presente estudio indican que un programa de EEM (onda rectangular bifásica simétrica compensada; frecuencia 45 Hz; impulso 300 µs; ciclo de contracción y descanso de 12 s *on* y 8 s *off*), durante 35 min/sesión (1 sesión/día, 3 días/semana, 6 semanas) sobre el cuadriceps femoris en sujetos afectados de hemofilia A tiene un impacto significativo sobre el trofismo muscular. Asimismo este tratamiento muestra una buena adaptación a las características clínicas de estos sujetos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento al Dr. F. Aparisi, jefe de radiología de rehabilitación del Hospital Universitario La Fe, por su inestimable aportación en el análisis de las imágenes tomográficas del presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jacquemin M, De Maeyer M, D'Oiron R, Lavend'Homme R, Peerlinck K, Saint-Remy JM. Molecular mechanisms of mild and moderate haemophilia A. *Thromb Haemost.* 2003;1: 456-63.
2. Tikitsky R, Falk B, Heim M, Martinovitz U. The effect of resistance training on the frequency of bleeding in haemophilia patients: a pilot study. *Haemophilia.* 2002;8:22-7.
3. Eriksson E, Häggmark T. Comparison of isometric muscle training and electrical stimulation supplementing isometric muscle training in the recovery after major knee ligament surgery. *Am J Sports Med.* 1979;7:169-71.
4. Scheker LR, Cheshner SP, Ramirez S. Neuromuscular electrical stimulation and dynamic bracing as a treatment for upper-extremity spasticity in children with cerebral palsy. *J Hand Surg [Br].* 1999;24:226-32.
5. Battistella LR. Maintenance of musculoskeletal function in people with haemophilia. *Haemophilia.* 1998;4:26-32.
6. Querol F, Rodríguez-Merchan EC, Aznar JA, López-Cabarcos C, Villar A. Post-synoviorthesis rehabilitation in haemophilia. *Haemophilia.* 2001;7:54-8.
7. Pettersson H, Ahlberg A, Nilsson IM. A radiologic classification of hemophilic arthropathy. *Clin Orthop.* 1980;149:1539.
8. Gilbert MS. Prophylaxis: musculoskeletal evaluation. *Semin Haematol.* 1993;30(Suppl 2):3-6.
9. Moss BM, Refsnes PE, Abildgaard K, Nicolayensen K, Jensen J. Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load velocity. *Eur J Appl Physiol.* 1997;75:193-9.

- 76
10. Hortobágyi T, Barrier J, Beard D, Braspenning J, Koens P, Devita P, Dempsey L, Lambert J. Greater initial adaptations to submaximal muscle lengthening than maximal shortening. *J Appl Physiol.* 1996;81:1677-82.
 11. Tesch PA, Ekberg A, Lindquist DM, Trieschmann JT. Muscle hypertrophy following 5-week resistance training using a non-gravity-dependent exercise system. *Acta Physiologica Scandinavica.* 2004;180:89-98.
 12. Thériault R, Boulay MR, Thériault G, Simoneau JA. Electrical stimulation-induced changes in performance and fibre type proportion of human knee extensor muscles. *Eur J Appl Physiol.* 1996;74:311-7.
 13. Pérez M, Lucia A, Rivero JLL, Serrano AL, Calbet JAL, Delgado MA, Chicharro JL. Effects of transcutaneous short-term electrical stimulation on M. vastus lateralis characteristics of healthy young men. *Eur J Appl Physiol.* 2002;443:866-74.
 14. Housh DJ, Housh TJ, Johnson GO, Chu WK. Hypertrophic response to unilateral concentric isokinetic resistance training. *J Appl Physiol.* 1992. p. 65-70.
 15. Aznar JA, Magallón M, Querol F, Gorina E, Tusell M. The orthopedic status of severe haemophiliacs in Spain. *Haemophilia.* 2000;6:170-6.
 16. Manco-Johnson MJ, Nuss R, Funk S, Murphy J. Joint evaluation instruments for children and adults with haemophilia. *Haemophilia.* 2000;6:649-57.
 17. Wallny T, Lahaye L, Brackmann HH, Heß L, Seuser A, Kraft CN. Clinical and radiographic scores in haemophilic arthropathies: how well do these correlate to subjective pain status and daily activities? *Haemophilia.* 2002;8:802-8.
 18. Gallach JE, González LM, Gomis M, Aguado S. Relación entre la intensidad soportada durante electroestimulación muscular y la fuerza máxima isométrica del cuádriceps femoral. *Archivos de Medicina del Deporte;* 2004;103:28-9.
 19. Brasileiro JS, Castro CES, Parizotto NA, Sandoval MC. Estudio comparativo entre la capacidad de generación de torque y la incomodidad sensorial producidos por dos formas de estimulación eléctrica neuromuscular en sujetos sanos. *Rev Iberoam Kinesiol.* 2001;4:56-65.
 20. Petrofsky JS, Stacy R, Laymon M. The relationship between exercise work intervals and duration of exercise on lower extremity training induce by electrical stimulation in humans with spinal cord injuries. *Eur J Appl Physiol.* 2000;82:504-9.
 21. Basas A. Metodología de la electroestimulación en el deporte. *Fisioterapia.* 2001;23:36-47.