

La electroestimulación como complemento al entrenamiento isométrico voluntario en la mejora de la fuerza isométrica máxima. Diferencias entre hombres y mujeres de mediana edad

PABLO RUIZ GALLARDO

Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

JOSÉ LUIS GONZÁLEZ MONTESINOS*

Profesor Titular Universidad. Facultad Ciencias de la Educación. Universidad de Cádiz

JESÚS MORA VICENTE

Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Cádiz

Correspondencia con autores

* jgmontesinos@uca.es

Resumen

En el presente estudio se analiza la eficacia de la electroestimulación como complemento al entrenamiento voluntario de la fuerza isométrica máxima (FIM). Para ello se estudió la mejora de la FIM en 20 sujetos de mediana edad de ambos sexos ($n = 20$). Tras el protocolo de entrenamiento se encontraron diferencias significativas en ambos entrenamientos. Se encontró mayor estabilidad en la respuesta del grupo que solo empleó entrenamiento isométrico voluntario, no obstante, se encontró un mayor rango de mejora del grupo que empleó electroestimulación simultánea al entrenamiento. De los resultados se deduce la necesidad de un trabajo específico y totalmente personalizado para hallar los parámetros óptimos de entrenamiento con el uso de estas tecnologías, ya que el incremento en el rendimiento será mucho más favorable.

Palabras clave

Electroestimulación, Entrenamiento, Fuerza isométrica máxima.

Abstract

Electrical stimulation supplementation during maximal voluntary isometric force training. Efficiency of subjects, both female and male healthy athletes median aged

The aim of the study was to investigate the efficiency of electrical stimulation supplementation during maximal voluntary isometric force training. Subjects: Both female and male healthy athletes aged between 18-24 years ($n=20$). Design: 2 groups. Isometric Training (IT) and Electrical Stimulation supplementing Isometric Training (ES). Methods and measures: For normalization purposes, maximal voluntary isometric contraction (MVIC) force was assessed with a load cell prior to the application of the training protocol (15minutes, twice a week during 3 weeks. 7s contractions and 21s relaxation time). Results: Significant differences were found after the training protocol in both groups however the range of improvement was greater in ES group and the response was more stable in IT group. Conclusions: Based on this research, IT training protocol produced more homogeneous results. Further research should be directed toward identifying the optimal parameters for isometric training supplemented with electrical stimulation.

Key words

Electrical stimulation, Training, Strength, Maximal isometric force.

Introducción

Son muchos los deportes en los que el rendimiento se ve limitado por la capacidad del deportista de aplicar una fuerza al límite de sus posibilidades, ya sea de forma dinámica o isométrica, requiriendo del mismo un tiempo substancial en su preparación física.

Actualmente el desarrollo de la fuerza tiene un papel muy importante en todos los deportes. González y Gorostiaga (2002) definen la fuerza como “la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse o, como se entiende habitualmente, al contraerse, por lo que obvian las condiciones en las que ocurre esa tensión muscular”.

Siff y Verkhoshansky (1996) afirman que el régimen isométrico tan sólo ocurre en reposo, siendo el ángulo articular lo único que permanece constante y no la longitud del músculo ya que hay que tener en cuenta las propiedades elásticas de los componentes no contráctiles. En él no encontramos ningún trabajo desde el punto de vista mecánico ($W = F \cdot d = F \cdot 0 = 0$). El uso del término “estático” sería quizás menos confuso, pero iría en contra de la amplia aceptación del término “isométrico”, por lo que se debe tener siempre presente sus limitaciones, es decir, que existe un movimiento intramuscular.

Cometti (1998) habla de 2 tipos fundamentales de entrenamiento para el régimen isométrico: sin carga y con carga (isometría máxima y la isometría hasta la fatiga). También resume diferentes tipos de entrenamientos mixtos como por ejemplo el método estático-dinámico o el entrenamiento búlgaro.

Multitud de autores han estudiado los parámetros óptimos de desarrollo de la fuerza máxima isométrica. Fleck & Kraemer (1997), Tous (1999), Siff y Verkhoshansky (2000), entre otros, coinciden en varios aspectos de su metodología de entrenamiento: el tiempo de contracción (TC) debe estar entre 6-8 segundos, el tiempo de reposo (TR) de 15-20 segundos, las intensidades de contracción cercanas al 100% de la contracción isométrica voluntaria máxima (CIVM) y el número de contracciones por sesión (NCS) debe estar por encima de 15-20. Además, la duración total del período de entrenamiento no debe sobrepasar las 3 semanas (González, 2002 y Bosco, 2000).

En aquellos ejercicios donde se requieren contracciones de gran magnitud durante un cierto estadio del movimiento, parece ser que el entrenamiento isométrico puede ser más eficaz en el desarrollo de la fuerza que los ejercicios dinámicos (Siff & Verkhoshansky, 2000). Ésta especificidad angular es otro punto importante en el proceso de entrenamiento ya que todo entrenamiento isométrico produce mejoras en el ángulo articular específico de trabajo.

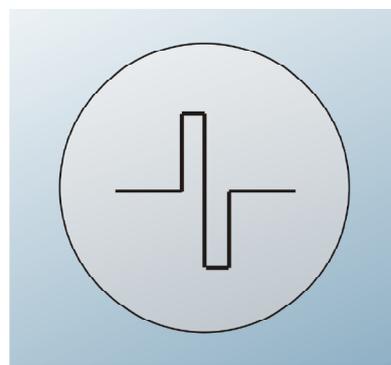
Las nuevas aplicaciones de la electromedicina amplían nuestra perspectiva sobre el problema. La electroestimulación (ES) lleva utilizándose de forma regular desde el siglo XVIII como herramienta para la rehabilitación, pero no fue hasta los años 70 –popularizada por Kotz– cuando los atletas comenzaron a utilizarla como complemento al entrenamiento convencional. Este sistema pretende, mediante colocación directa de electrodos sobre la piel, sustituir el impulso nervioso natural por uno proveniente de un generador

de corriente eléctrica, produciendo contracciones musculares estáticas e involuntarias (Wazny, 1974; citado por Tous, 1999).

Este sistema estimula las fibras tipo II de manera preferente (Dellito y Snyder-Mackler, 1990; Sinacore *et al.*, 1990; Binder *et al.*, 1995; Feiereisen *et al.*, 1997). Además, la superposición de ES a la CIVM produce incrementos en la fuerza generada debido a un déficit de activación muscular (Strojnik, 1995 y 1998), ya que es casi imposible activar totalmente la musculatura de forma voluntaria. Según esto y en teoría, un grupo muscular contraído voluntariamente al que se le aplica una estimulación eléctrica externa simultánea incrementará el número de fibras musculares activadas y puede mejorar más que otro que sea contraído sólo voluntariamente.

Centrándonos un poco más en los parámetros óptimos para la mejora de la fuerza máxima a través de un programa de ES debemos destacar el estudio de Sinacore *et al.* (1990). Estos autores determinaron la influencia de la frecuencia en el comportamiento de la fibra tipo II, concluyendo que a 50Hz se producía la tetanización de la fibra tipo IIa, mientras que si no se superaban los 66Hz no se produciría la tetanización de la fibra tipo IIb. Estudios como los de Maffiuletti *et al.* (2000), Briglia *et al.* (1999) y Martin *et al.* (1993) apoyan estos resultados ya que todos ellos emplearon frecuencias de estimulación superiores a 66Hz y todos ellos encontraron mejoras de la fuerza. Cabe destacar cómo estos estudios con ES muestran una mejora fundamental en la angulación específica de trabajo tal y como encontramos en el entrenamiento isométrico voluntario.

Por último, estudios como el de Laufer *et al.* (2001) nos hacen pensar que el mejor tipo de corriente eléctrica para este propósito es la bifásica cuadrangular compensada (*Figura 1*), ya que dan mejores resultados y provocan menos fatiga en los sujetos.



◀ **Figura 1**
Impulso cuadrangular bifásico compensado.

El propósito del presente estudio es investigar la influencia de la electroestimulación en el entrenamiento de la fuerza isométrica máxima de extensión de piernas en sujetos deportistas de mediana edad de ambos sexos.

Hipótesis

La aplicación simultánea de electroestimulación a la contracción isométrica máxima voluntaria durante el entrenamiento de la fuerza isométrica máxima mejorará el desarrollo de la misma en sujetos deportistas de mediana edad de ambos sexos.

Método

Muestra

En el proceso de selección de la muestra tomaron parte alumnos de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deporte de la Universidad de Granada. Todos ellos firmaron su compromiso y consentimiento, al recibir un dossier informativo sobre el propósito y las características del estudio. Tras los tests iniciales, se desecharon aquellos sujetos que habían tenido cualquier tipo de patología articular con anterioridad al estudio, así como los que obtuvieron los resultados más altos y más bajos ($n = 20$).

Variables y diseño empleado

Las variables que formaran parte de nuestro estudio son las siguientes:

Variables dependientes

Parámetros referentes a la fuerza máxima extensora de las piernas

- CIVM en célula de carga a 90° ($N \cdot m$).

Variables independientes

Desarrollo de la fuerza isométrica máxima a través de un entrenamiento isométrico voluntario con dos niveles

- Entrenamiento Isométrico Voluntario (EIV).
- Entrenamiento Isométrico Voluntario + electroestimulación (EIV + ES).

Posibles variables contaminantes

- Tipo de deporte practicado hasta la fecha.
- Nivel de entrenamiento.
- Actividad física paralela al estudio.

- Nivel de actividad física (Cuestionario Internacional de Actividad Física IPAQ)
- Condiciones ambientales.

Los sujetos fueron distribuidos homogéneamente dentro de los 2 grupos experimentales mediante contrabalanceo teniendo en cuenta las variables A, B, C y D. Se recurrió al cuestionario internacional estandarizado IPAQ para determinar el nivel de actividad física de los sujetos y asegurar que todos tenían un nivel semejante. Las condiciones ambientales se mantuvieron siempre dentro de las estándar de laboratorio.

Material o instrumental

Pruebas de fuerza isométrica y dinámica: Análisis funcional

- Banco de fitness regulable y adaptado con fijaciones para diversas posiciones.
- Goniómetro.
- Célula de carga con una precisión de 10 g hasta 250 kg.
- Display para lectura de pico máximo.
- Cadenas y mosquetones para la fijación de la célula de carga al banco.
- Cinchas, agarraderas para fijar los sujetos al banco.
- Hojas de registro individualizadas.

Tratamiento

- 4 Electro-estimuladores programables Cefar® Myo 4 Pro.
- Cuestionario Internacional estandarizado IPAQ para nivel de la actividad física.
- Protocolo de contracción relajación computerizado.
- Hojas de registro individualizadas.
- Software estadístico SPSS v11 en español.

Procedimiento

En la *figura 2* se puede observar la estructura general del estudio. Antes del pretest, los sujetos superaron un proceso de adaptación a la ES, por ser en las primeras sesiones donde se producen las adaptaciones más importantes a las sensaciones y se descubren los límites personales de intensidad. No se encontró en la bibliografía estudios precedentes sobre el uso de este tipo de protocolo de adaptación.

El pretest consistió en la valoración de las condicio-

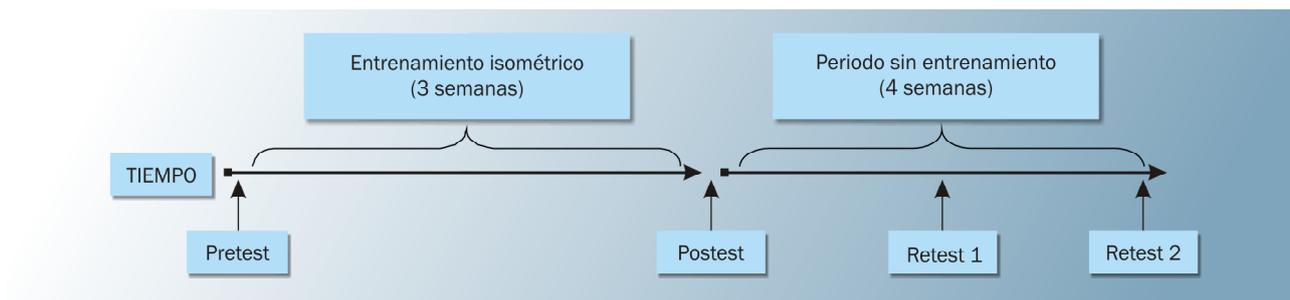


Figura 2

Esquema general del estudio.

nes de fuerza isométrica del tren inferior (Par de fuerza), así como su nivel de actividad física según el cuestionario estandarizado internacional IPAQ. Posteriormente, se seleccionaron los sujetos experimentales que formaron parte del estudio.

Durante el tratamiento (3 semanas), todos los sujetos siguieron un protocolo de EIV del cuádriceps. La revisión bibliográfica anterior nos aconseja emplear TC cortos frente a TR largos en entrenamientos no superiores a 12 minutos y con intensidades cercanas al 100% CIVM (Bosco, 2000). Siguiendo a Siff & Verkoshansky (2000) y a González (2002) concluimos el protocolo de EIV en 25 CIVM de 7s con periodos de descanso de 20s.

Los sujetos permanecieron sentados en posición erguida con las rodillas flexionadas a 90° y la cadera sujeta al mismo mediante cinchas regulables. El sujeto tenía la posibilidad de sujetarse al banco para aplicar mayor fuerza siempre que no elevase la cadera del mismo. La angulación correcta se verificó mediante el uso de un goniómetro.

Para automatizar el protocolo de entrenamiento (TC y TR) y extinguir cualquier motivación externa, se desarrolló una aplicación informática que, a través de un sistema de altavoces, emite un sonido agudo durante el periodo de contracción (1 señal por segundo: 7 señales) y otro sonido más grave durante el proceso de relajación (1 señal cada 5 segundos: 4 señales) durante los 11'15'' que durará el entrenamiento. Con esto aseguramos que todos los sujetos reciban la misma información referente a tiempos de entrenamiento. En el grupo que recibió ES además se tomaron nota de las intensidades (mA) al comenzar y finalizar la sesión.

Todos los grupos siguieron el protocolo estándar explicado anteriormente dos veces por semana durante 3 semanas consecutivas. El Grupo EIV sólo realizó dicho protocolo. El Grupo EIV+ES recibió además ES simultá-

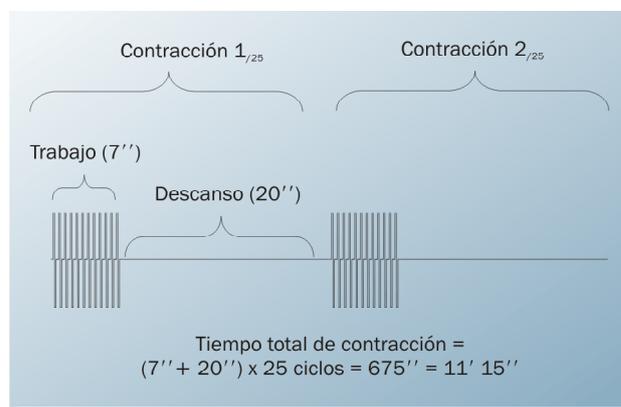


Figura 3

Sesión de ES simultánea al EIV.

nea a través de un electro-estimulador programable en todas las sesiones. Se empleó una onda bifásica rectangular compensada con una frecuencia de estimulación de 80Hz y con una anchura de impulso de 400 μ s durante la fase de contracción. En la figura 3 observamos un esquema de la señal aplicada por el electro-estimulador.

Para evaluar las adaptaciones provocadas por el tratamiento se sometió a la muestra a un posttest y dos tests de retención (Retest 1 y Retest 2). Todos ellos consistieron en la misma batería de pruebas que se pasaron en el pretest. Los test de retención Retest 1 y Retest 2 se realizaron tras un periodo sin entrenamiento de dos y cuatro semanas respectivamente para valorar la persistencia del tratamiento.

Resultados

El análisis estadístico descriptivo inicial de la muestra revela una edad media de 22,4 años, un peso medio de 64,78 kg y una fuerza media de 421,38 $N \cdot m$

para la musculatura extensora de las piernas (*Tabla 1*). La *tabla 2* nos hace referencia a la antropometría del tren inferior así como el porcentaje de grasa corporal.

La comprobación de la distribución del par de fuerza mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para muestras inferiores a 50 fue no significativa, por lo que podemos afirmar que dicha variable es normal (EIV: 415 $N \cdot m$; EIV+ES: 412 $N \cdot m$). Se dividió a los sujetos experimentales de forma aleatoria en 2 grupos de entrenamiento mediante contrabalanceo, tomando como referencia dicho par de fuerzas.

El postest reveló diferencias significativas en el grupo EIV (*), sin embargo, el grupo EIV+ES presentó indicios de significación. Los rangos de mejora se aproximaron bastante en ambos grupos, no obstante el grupo

EIV fue el único en el que todos los sujetos mejoraron (*Tabla 3*).

Un análisis pormenorizado según el sexo revela que los cambios son parejos entre ambos y que existen pocas diferencias en los rangos de mejora. Ambos grupos mejoraron tanto en hombres como en mujeres, sin embargo solo el grupo EIV obtuvo significación estadística (*Tabla 4*).

En el análisis de los test de retención 1 y 2, después de dos y cuatro semanas sin entrenamiento respectivamente, observamos que ambos grupos disminuyeron su rendimiento de forma similar (*Tabla 5*). El grupo EIV obtuvo significación estadística, mientras que el grupo EIV+ES presentó indicios de significación.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad		20	28	22,40	1,769
Talla		151,0	193,5	168,81	8,780
Peso		45,3	94,2	64,78	11,076
Par de Fuerza		252,0	620,5	412,38	99,344
SJ		18,4	47,7	32,26	7,125
CMJ		20,4	54,8	35,96	8,432
N válido (según lista)	20				

Tabla 1

Análisis descriptivo de la muestra.

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Longitud tibia (cm)	32,5	44,0	39,1	2,3
Longitud fémur (cm)	34,0	45,0	39,7	2,4
Perímetro muslo (cm)	41,0	56,5	49,0	3,7
Perímetro pierna (cm)	31,5	42,0	36,4	2,5
Pliegue cutáneo muslo (mm)	9,0	40,0	20,1	7,5
Pliegue cutáneo pierna (mm)	10,0	35,0	18,4	5,8
Porcentaje grasa corporal (%)	5,0	28,5	15,5	6,3

Tabla 2

Análisis antropométrico de la muestra (n = 20).

Grupo	N	Pretest	Posttest	Diferencia	Nivel sign.	Rango	Min	Máx	Desv.
EIV	10	415,43	452,55	9,11	0,002*	9,76	4,58	14,35	4,279
EIV+ES	10	411,72	455,26	10,34	0,059	24,53	-0,87	23,66	10,447

Tabla 3

Prueba T para muestras relacionadas con IC = 95 % del par de fuerza medido en pretest y posttest y rangos de mejora.

Discusión

El entrenamiento de la fuerza en cualquiera de sus manifestaciones ocupa gran parte de la preparación en deportistas de nivel medio o alto, por ello vemos la necesidad de indagar en las repercusiones de los mismos en el rendimiento deportivo.

En la mayoría de los estudios científicos sobre el desarrollo de la fuerza, se emplearon muestras de deportistas de nivel medio, varones y activos. Sabemos que el sexo es un factor condicionante en el desarrollo de la fuerza debido a diversos factores hormonales y fisiológicos (Willmore & Costill, 1999), por lo que el uso de grupos mixtos nos da la posibilidad de comparar el comportamiento del mismo entrenamiento entre ambos.

El tiempo de entrenamiento es una variable que afecta directamente a cualquier entrenamiento y en la bibliografía podemos encontrar protocolos de lo más variados. En la *tabla 6* se puede observar algunos de los estudios revisados.

Todos los protocolos obtuvieron mejoras en la fuerza isométrica a pesar de las grandes diferencias en el tiempo total de tratamiento, el número de sesiones semanales y/o los periodos de trabajo-descanso. Según Bosco (2000) y González (2002) no es aconsejable emplear ciclos de entrenamiento de más de 3 semanas para el trabajo de la fuerza isométrica máxima ya que se trata de un tratamiento agresivo: puede producir alteraciones en

	Rango	Mín	Máx	Media	Desv.	
♂	EIV*	8,97	5,38	14,35	9,13	4,12
	EIV+ES	23,36	0,01	23,37	10,84	10,55
♀	EIV	9,01	4,58	13,59	9,09	6,37
	EIV+ES	24,53	-0,87	23,66	9,68	12,62

Tabla 4

Análisis descriptivo de la muestra.

Grupo	Postest	Retest 1	Dif. (%)	Sign.	Retest 2	Dif (%)	Sign.
EIV	452,55	428,77	-5,54	0,003**	427,39	-5,88	0,004**
EIV+ES	455,26	434,21	-4,84	0,081	428,06	-6,35	0,084

Tabla 5

Rangos de mejora para EIV y EIV + ES diferenciando el sexo.

Autor	Año	Título	Método/Resultados
Newton, Hakkinen, Hakkinen, McCormick, Volek & Kraemer	2002	El entrenamiento de resistencia con métodos mixtos incrementa la potencia y la fuerza en jóvenes y adultos.	10 semanas Mejoras del 23 ± 15% en jóvenes Mejoras del 40 ± 42% en adultos
Kanehisa, Nagareda Kawakami, Akima, Masani, Kouzaki & Fukunaga	2002	Efectos de un programa isométrico de igual volumen de resistencia media o alta en el tamaño muscular y la fuerza.	10 semanas (3 días a la semana)
Maffiuletti & Martin	2001	Contracciones rápidas vs. progresivas en siete semanas de entrenamiento de musculación isométrico.	7 semanas (3 días a la semana) Mejoras en la fuerza generada con diferencias en las adaptaciones.
Colson, Martin & Van Hoecke	2000	Re-examen de los efectos del entrenamiento por ES en el sistema músculo-esquelético del codo.	7 semanas (5 días a la semana) Mejoras en la fuerza extensora.
Maffiuletti, Cometti, Amiridis, Martin, Pousson, & Chatard	2000	Efectos del entrenamiento por electroestimulación y la práctica del baloncesto en la fuerza muscular y la habilidad del salto.	4 semanas (3 días a la semana) Grandes mejoras en los tests de fuerza isométrica máxima y de salto.
Briglia, Verardi, Mondardini, Tanzi, Drago, Maietta & Tentoni	1999	Uso de aparatos de ES en el fortalecimiento del cuádriceps femoral.	5 semanas Mejoras sorprendentes de la fuerza estática y dinámica

Tabla 6

Tiempo de entrenamiento en diversos estudios sobre fuerza isométrica.

la coordinación, tener efectos dañinos sobre el sistema cardiovascular, reducir la elasticidad de los tejidos blandos y disminuir la velocidad de los movimientos (Siff y Verkhoshansky, 2000).

Un segundo ciclo de entrenamiento de 3 semanas tras un periodo de descanso adecuado, proporcionaría seguramente mayores diferencias entre el pretest y posttest, y una respuesta más estable. Planteamos a otros investigadores la posibilidad de estudiar estos bloques de entrenamiento por separado o incluso su introducción en un ciclo de entrenamiento mixto.

Para el cálculo de estos momentos angulares se tuvo en cuenta la antropometría del miembro inferior del sujeto, calculando la palanca ejercida con la fórmula siguiente (ISAK, 2001):

$$|\vec{P}ar| = |\vec{F}_c| \times 9,8 \times L_t$$

F_c : Módulo de la fuerza máxima registra en la célula de carga (kg).

L_t : Longitud de la tibia medida entre la línea interarticular de la rodilla y el cóndilo tibial (m).

En aquellos grupos que emplearon ES, se controló la intensidad soportada durante cada sesión, siendo en todo momento la máxima soportada por cada individuo. Además se siguió un protocolo en escalera que impedía al sujeto mantener la misma intensidad mucho tiempo y adaptarse, ya que ésta se elevaba continuamente.

Alteraciones del par de fuerza debidas al entrenamiento

Las mejoras de los grupos EIV y EIV+ES fueron 9,11% y 10,34% respectivamente (Tabla 3). Estos resultados confirman los encontrados por Colson *et al.* (2000) y Graves & James (1990) en relación al entrenamiento con ES; y contradicen los obtenidos por Porcari *et al.* (2002), quien tras un periodo de entrenamiento con ES no encontró ningún tipo de mejoras en la fuerza isométrica. Comparando estos datos con los de la tabla 6, vemos cómo nuestro protocolo de tres semanas fue suficiente para conseguir resultados muy aceptables en un tiempo nada comparable (7-10 semanas).

El grupo EIV obtuvo mejoras de la fuerza ligeramente menores, 14,35% como máximo, aunque todos los sujetos del grupo mejoraron al menos un 4,58%. En el grupo EIV+ES encontramos mejoras mucho más importantes (23,66%) en algunos sujetos, pero hubo indi-

viduos que no mejoraron o incluso empeoraron su rendimiento.

De esto deducimos que el EIV es el más conservador pero al mismo tiempo el más efectivo ya que siempre conseguirá mejoras del deportista, no debiendo obviar que el entrenamiento con ES obtuvo mejoras superiores (Tabla 4). Pensamos que aquellos individuos que no mejoraron, no se adaptaron correctamente al método de entrenamiento y que una personalización del mismo podría conseguirse resultados más satisfactorios. Por ello no debemos despreciar la ayuda que nos prestan la electroestimulación e investigar qué parámetros son los que influyen la mejora del individuo ante un estímulo de estas características.

Por otro lado el examen de estas modificaciones en función del sexo desvela cómo las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) se produjeron tan sólo en hombres del grupo EIV (Tabla 4). Es seguro que un aumento del número de sujetos experimentales ayudaría a determinar la tendencia de los grupos, sobre todo en el caso de las mujeres.

Los tests de retención a las dos semanas y a las cuatro semanas mostraron una desmejora estadísticamente significativa ($p < 0,05$) para el grupo EIV e indicios de significación para el grupo EIV+ES (Tabla 5) indicando un comportamiento similar con ambos métodos de trabajo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio no pueden generalizarse a otros segmentos poblacionales debido a las diferencias morfo-funcionales entre los sujetos, por lo que resultaría interesante comprobar el comportamiento de este tipo de protocolo en personas sedentarias y en atletas de elite. Estos últimos quizás obtendrían mejores resultados debido a su capacidad de sacrificio y resistencia ante la fatiga acumulada.

La aplicación de un segundo bloque de entrenamiento después de un periodo de descanso, o el aumento de la muestra sobretodo en el caso de las mujeres, se hubiese traducido probablemente en una estabilización de la respuesta intragrupo y un aumento de las diferencias intergrupo. Una replicación de la investigación arrojaría más datos sobre estos protocolos para el desarrollo de la FIM, sin embargo, observamos que sólo tres semanas de entrenamiento ya son representativas para inducir cambios en deportistas de estas características.

Podemos afirmar que el grupo EIV fue el más con-

servador en cuanto a nivel de mejora pero el más estable en la respuesta, y el único que consiguió aumentos en la fuerza de todos los sujetos. No obstante, en el grupo que empleó ES encontramos sujetos que mejoraron mucho más. Planteamos la necesidad de un trabajo específico y totalmente personalizado para hallar los parámetros óptimos de entrenamiento con el uso de estas tecnologías, ya que el incremento en el rendimiento será mucho más favorable.

La retención de las modificaciones obtenidas por el tratamiento a los dos y a las cuatro semanas fueron pobres en los grupos EIV y EIV + ES.

Deben valorarse las posibles adaptaciones morfológicas y funcionales en función del tipo de entrenamiento en posteriores investigaciones.

Bibliografía

- Binder Macleod, S. A.; Halden, E. E. y Jungles, K.A. (1995). Effects of stimulation intensity on the physiological responses of human motor units. *Medicine and science in sports and exercise* 24(4), 556-565.
- Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular: Aspectos metodológicos*. Barcelona: Inde.
- Briglia, S.; Verardi, L.; Mondardini, P.; Tanzi, R.; Drago, E.; Maietta, P. L. y Tentoni, C. (1999). Use of electrical stimulation devices in strengthening the quadriceps femoral muscle. *Medicina dello sport* 52(4), 243-260.
- Colson, S.; Martin, A. y Van Hoecke, J. (2000). Re-examination of training effects by electrostimulation in the human elbow musculoskeletal system. *International journal of sports medicine* 21(4), 281-288.
- Cometti, G. (1998). *Los métodos modernos de musculación*. Barcelona: Paidotribo.
- Delitto, A and Snyder Mackler, L. (1990). Two theories of muscle strength augmentation using percutaneous electrical stimulation. *Physical Therapy* 70(3), 158-164.
- Feiereisen, P., Duchateau, J., Hainaut, K. (1997). Motor unit recruitment order during voluntary and electrically induced contractions in tibialis anterior. *Experimental Brain Research* 114, 117-123.
- Fleck & Kraemer (1997). *Designing resistance training programs*. Champaign Il.: Human Kinetics.
- González Badillo (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza, aplicación al alto rendimiento*. Barcelona: Inde.
- Graves, J. E. y James, R. J. (1990). Concurrent augmented feedback and isometric force generation during familiar and unfamiliar muscle movements. *Research quarterly for exercise and sport* 61(1), 75-79.
- ISAK (2001). International Standards for Anthropometric Assessment. International Society for the Advancement of Kinanthropometry. University of South Australia.
- Laufer, Y.; Ries, J. D.; Leininger, P. M. y Alon, G. (2001). Quadriceps femoris muscle torques and fatigue generated by neuromuscular electrical stimulation with three different waveforms. *Physical therapy* 81(7), 1307-1316.
- Maffiuletti, N. A., y Martin, A. (2001). Progressive versus rapid rate of contraction during 7 weeks of isometric resistance training. *Medicine and science in sports and exercise* 33(7), 1220-1227.
- Maffiuletti, N. A.; Cometti, G.; Amiridis, I. G.; Martin, A.; Pousson, M. y Chatard, J.C. (2000). The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International journal of sports medicine* 21(6), 437-443.
- Martin, L.; Cometti, G.; Pousson, M. y Morlon, B. (1993). Effect of electrical stimulation training on the contractile characteristics of the triceps surae muscle. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 67(5), 457-461.
- Porcari, J. P.; McLean, K. P.; Foster, C.; Kernozek, T.; Crenshaw, B. y Swenson, C. (2002). Effects of electrical muscle stimulation on body composition, muscle strength, and physical appearance. *Journal of strength and conditioning research* 16(2), 165-172.
- Siff, M. C. y Verkoshansky, Y. (2000). *Superentrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Sinacore, D.; Delitto, A.; King, D. & Rose, S. (1990). Type II fiber activation with electrical stimulation: a preliminary report. *Physical Therapy*, 70(7), 416-422.
- Strojnik, V. (1995). Muscle activation level during maximal voluntary effort. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 72(1/2), 144-149.
- Strojnik, V. (1998). The effects of superimposed electrical stimulation of the quadriceps muscles on performance in different motor tasks. *Journal of sports medicine and physical fitness* 38(3), 194-200.
- Tous, J. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Ed. Ergo. Barcelona.
- Wazny, Z. (1975). *Novedades en entrenamiento de la fuerza*. Centro de documentación, INEF Madrid. (Artículo original de 1974).
- Wilmore, J. y Costill, D. (1999). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona: Paidotribo.