



Benito, E.; Lara Sánchez, A.J.; Moral-García, J.E.; Martínez-López, E.J. (2012). Effects of order of application of electrical stimulation and plyometric in the training of hundred speed. *Journal of Sport and Health Research*. 4(2):167-180.

Original

EFECTO DEL ORDEN DE APLICACIÓN DE LA ELECTROESTIMULACIÓN NEUROMUSCULAR Y LA PLIOMETRÍA SOBRE EL ENTRENAMIENTO DE LA PRUEBA DE 100 METROS LISOS

EFFECTS OF ORDER OF APPLICATION OF ELECTRICAL STIMULATION AND PLYOMETRIC IN THE TRAINING OF HUNDRED SPEED

Benito. E.¹; Lara-Sánchez A.J.²; Moral-García J.E.³; Martínez-López E.J.²

¹*Federación Española de Atletismo*

²*Universidad de Jaén*

³*Universidad Pontificia de Salamanca*

Correspondence to:
Elisa Benito
Federación Española de Atletismo
elisabenitomartinez@yahoo.es

*Edited by: D.A.A. Scientific Section
Martos (Spain)*



Received: 16-11-2011
Accepted: 27-03-2012



RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue conocer el orden más adecuado de combinar la pliometría (PT) y la electroestimulación neuromuscular (NM ES) para entrenar la prueba de 100 metros lisos (m.l.). Participaron en el estudio 98 atletas de pruebas de velocidad con una edad media de $17.16 \pm 1,42$ años y un índice de masa corporal de 20.37 ± 2.68 , repartidos en un grupo control y tres experimentales en los que se varió la frecuencia de corriente empleada y el orden de aplicación de la NM ES y PT. Se midió el tiempo necesario para recorrer una distancia de 100 m.l así como el tiempo de paso a los 20 m y a los 73 m y el tiempo empleado en recorrer los últimos 27 m. Las medidas se llevaron a cabo en tres momentos diferentes: antes del inicio de los entrenamientos (pre), después de 6 semanas (post) y tras dos semanas de descanso (descanso). Los resultados mostraron un mejor rendimiento en la prueba de 100 m.l del grupo que realizaba la NM ES a 150 Hz combinada de forma simultánea con la PT. Se concluye que el trabajo realizado con NM ES y PT debe variar según la manifestación de la fuerza que quiera ser mejorada. Para mejorar la velocidad en la prueba de 100 m puede aplicarse un complemento al entrenamiento consistente en un entrenamiento simultáneo de NM ES y PT. Las mejoras de los tiempos conseguidas por este entrenamiento se mantienen hasta al menos dos semanas después de la aplicación del mismo.

Palabras clave: Electroestimulación neuromuscular, pliometría, velocidad.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the best order application of plyometric (PT) and neuromuscular electrical stimulation (NM ES) to the training of the event of 100 m.l. 98 sprinter athletes participated in this study. They were aged $17.16 \pm$ years and had a Body Mass Index (BMI) of 20.37 ± 2.68 . The sample was randomized into a control group and three experimental groups with a different frequency and different order application of PT and NM ES. It measured the time at the first 20m, and at 73 m, and the last 27 m and the time at 100 m.l. The measures were carried out in three different moments: before the training (pre), after six weeks of training (post) and after two weeks of detraining (descanso). Improvement were obtained in the simultaneous group (plyometric jump were performed through the passage current). It was concluded that the training with PT and NM ES must be different about the expression strength that will be training. To improve the speed at 100 m.l a complement to the training could be applied a simultaneous training of PT and NM ES. The improvement obtained by this training are kept up two weeks after the application of the same one.

Keywords: Electrical stimulation, plyometric, speed.

INTRODUCCIÓN

La velocidad es entendida como una “capacidad derivada” dependiente de la aplicación de una fuerza y como efecto exclusivo de ésta última por Vittori quien además, clasificó las diferentes expresiones de la cualidad física fundamental de la motricidad, la fuerza (Vittori, 1990).

Así pues, diferenció entre expresiones de la fuerza activa, con un único ciclo de acortamiento, y fuerza reactiva compuesta por dos ciclos: uno previo de estiramiento en el que se acumulan tensiones que se desarrollan en un segundo ciclo de acortamiento.

Dentro de la fuerza activa se engloban dos expresiones de la fuerza: la expresión máxima dinámica de la fuerza, y la expresión explosiva: La expresión máxima dinámica de la fuerza, aquella que desplaza sin limitación de tiempo la resistencia de masa máxima. Es base del resto de manifestaciones aunque su correlación con ellas decrece según disminuye su porcentaje de participación en el total de la expresión expresada (Vittori, 1990).

La expresión explosiva que moverá la carga lo más rápido posible con un único movimiento de acortamiento. Correspondería con el primer impulso de los tacos de la prueba de velocidad de tal modo que existe una correlación entre la altura de salto Squat Jump o salto sin contramovimiento (SJ) con la fase de aceleración de los primeros 15 a 20 m de la prueba de velocidad (Vittori, 1990; Vélez, 1992; Bosco, 1994; Márquez et al., 2005). El mejor orden de aplicación de un entrenamiento de electroestimulación neuromuscular (NM ES) y pliometría (PT) para mejorar esta expresión de la fuerza, es realizar la PT tras la aplicación de la NM ES (Benito et al., 2010).

Al segundo grupo (fuerzas reactivas), pertenecen por un lado la expresión explosivo-elástica, aquella que se desarrolla en acortamiento tras la energía acumulada en el estiramiento previo. Correspondería a los primeros pasos de los velocistas. Aquí existiría también una correlación con la altura del salto contramovimiento (CMJ). Así, Pascua (1994) determinó que a partir de los primeros 30 m, la expresión explosiva de la fuerza pierde protagonismo a favor de la explosivo-elástica. El mejor orden de aplicación de un entrenamiento de NM ES y PT para

mejorar esta expresión de la fuerza es realizar la PT tras la aplicación de la NM ES (Benito et al., 2010).

Por otro lado la expresión elástica-explosiva-reativa que sumaría a la anterior el hecho de realizarse el movimiento con una amplitud determinada. Es la expresión más rápida de la fuerza que se pone de manifiesto en la carrera lanzada y en el test de Drop Jump (DJ) (Contreras et al., 2006; Vélez, 1992; García et al., 1998; Vittori, 1990). En este caso el mejor orden para aplicar los métodos citados anteriormente es el combinado simultáneo, es decir realizar el salto pliométrico cuando se trasmite la corriente eléctrica (Benito et al., 2010).

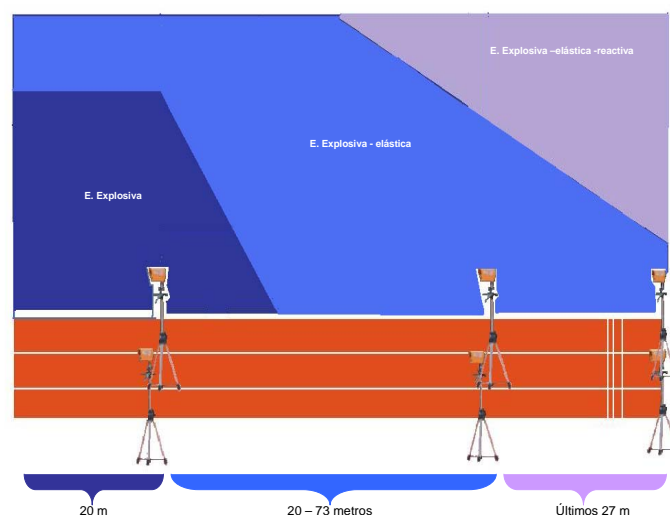


Figura 1. Gráfico de la prueba total de 100 m, distancia de colocación de las células fotoeléctricas y correspondencia con las expresiones de la fuerza (E. Explosiva = expresión explosiva; E. Explosiva - elástica = Expresión explosiva - elástica; E. Explosiva -elástica -reactiva = Expresión explosiva -elástica -reactiva).

La mayoría de los estudios no tienen en cuenta la expresión de la fuerza que quiere ser mejorada o únicamente miden alguna parte de la prueba total de 100 m. El objetivo de este estudio será encontrar el orden adecuado entre NM ES y PT y la frecuencia más apropiada que permita mejorar el cómputo total de la prueba de 100 metros lisos (m.l) y demostrar como cada expresión de la fuerza debe ser mejorada a través de protocolos diferentes.



MATERIAL Y MÉTODOS

Experimental Approach to the problem

Completamos durante 8 semanas un estudio cuantitativo cuasiexperimental con tres medidas de resultados medida inicial (Pre); Medida final tras 6 semanas de entrenamiento (Post) y (descanso) tras dos semanas en las que no se aplica ningún tratamiento. Se aplicó un protocolo de NM ES y saltos pliométricos a cuatro grupos de atletas, diferenciándose entre ellos el orden de aplicación y la frecuencia de corriente. En cada medida se registró el tiempo empleado en recorrer la distancia de 100 m.l con el fin de demostrar la hipótesis de partida, que el entrenamiento que realiza la NM ES a 150 Hz combinado simultáneamente con la PT es el que obtiene mejores resultados en el computo total de la prueba de 100 m.l. Así mismo se medirán los tiempos de paso por los 20 primeros metros, entre los 20 y los 73 m y en los últimos 27 m con el fin de demostrar que cada expresión de la fuerza debe ser trabajada de diferente manera.

Participantes

Participaron 97 atletas de nivel medio, 47 mujeres y 50 hombres, procedentes de disciplinas de velocidad (100 y 200 m.l y 100 y 110 m vallas). Las características del grupo son las siguientes: una edad de $17,16 \pm 1,42$ años; un IMC de $20,37 \pm 2,68$, una masa de $57,72 \pm 7,63$ kg; y una estatura de $1,63 \pm 7,87$ m. La media de tiempo que llevaban entrenando los participantes en su disciplina es de $5,16 \pm 2,56$ años. Ningún atleta había experimentado previamente con entrenamiento de NM ES y se incluyó como criterio de exclusión cualquier tipo de lesión en miembros inferiores en los últimos seis meses.

Se explicó previamente al comienzo del estudio a los atletas en que consistían los entrenamientos y la prueba de 100 m, y se pidió el consentimiento informado por escrito de los atletas, tutores legales y entrenador. El protocolo de investigación fue aprobado por el comité ético de la Universidad de Jaén (España) de acuerdo con la declaración de Helsinki (modificada en Octubre de 2008).

Instrumentos

Se empleó un electroestimulador de la marca Medicarim 313 P4 Sport fabricado en Francia para aplicar el protocolo de NM ES.

Así mismo se utilizaron tres pares de células fotoeléctricas de la marca Eleiko Sport RS 232 MAT fabricadas en Suecia para medir los pasos por los diferentes puntos de los 100 m.l (a los 20 m, a los 73 m y a los 100 m).

Procedimiento

Se dividió la muestra total de forma aleatoria en 4 grupos con la siguiente distribución:

Grupo 1º control (GC): Formado por 24 atletas (12 mujeres y 12 hombres) de $17,4 \pm 1,42$ años, con un IMC de $18,59 \pm 2,45$. Estos atletas realizaron dos veces por semana los saltos pliométricos pautados y recibieron como placebo una corriente analgésica del tipo TENS (Hansson, 1983). En ningún caso se informó a los atletas de la diferencia respecto al tipo de corriente aplicada para eliminar posibles errores derivados del hecho. Se aplicó tanto la NM ES como la corriente TENS con el mismo aparato de electroterapia y se utilizó la corriente TENS de forma pulsátil. De este modo, aunque una corriente, la NM ES, tenía como finalidad el desarrollo de la fuerza y la otra, TENS, era meramente analgésica, los atletas percibían en ambos casos la contracción muscular salvándose así posibles errores derivados del hecho de conocer los atletas el tipo de corriente aplicada.

Grupo 2 (GE1): Formado por 27 atletas (12 mujeres y 15 hombres) de $17,01 \pm 1,4$ años y un IMC de $21,24 \pm 2,3$. Este grupo recibió de forma simultánea y combinada ambos tratamientos, es decir, realizan el mismo protocolo de saltos pliométricos que los otros tres grupos pero al mismo tiempo que la NM ES, el atleta realizaba el salto cuando sentía la corriente eléctrica, y descansaba en el tiempo de reposo de la misma. En este grupo la corriente se aplicó con una frecuencia de 150 Hz.

Grupo 3 (GE2): Compuesto por 23 atletas (11 mujeres y 12 hombres) de $17,32 \pm 1,39$ años y $21,03 \pm 2,2$ de IMC. Este grupo recibió primero el entrenamiento de NM ES y posteriormente realizó el protocolo de saltos pliométricos. En este caso la frecuencia de la corriente fue de 85 Hz.



Grupo 4 (GE3): Formado por 24 atletas (12 mujeres y 12 hombres), con una edad de $17,4 \pm 1,5$ años y un IMC de $20,7 \pm 2,7$. Este grupo realizó el entrenamiento del GE1 y GE2 alternativamente, es decir de los dos días de entrenamiento semanales, uno de ellos realizó el entrenamiento del GE1 y el segundo día realizó el del GE2.

A continuación se describen los protocolos seguidos de NM ES y PT. Entre la aplicación de la NM ES y PT se estableció una recuperación de diez minutos en los GC, GE2 y en el GE3 para los días en que realizaban el entrenamiento del GE2.

1. Protocolo de NM ES

Se utilizaron electrodos adhesivos, tres de ellos de $5 \times 5 \text{ cm}^2$ de tamaño y uno de $10 \times 5 \text{ cm}^2$. Se colocaron a través de dos canales diferentes, uno para el vasto externo y otro para vasto interno y recto anterior. El electrodo proximal constaba de dos salidas, una de ellas conectaba con el electrodo del vasto externo para formar el canal 1 y la otra se unía mediante un cable bifurcado a los electrodos distales del vasto medial y del recto anterior formando el canal 2 (Basas et al., 2003). Se realizó el anterior procedimiento debido a que las diferencias de excitabilidad del vasto interno y el externo hacen necesaria la utilización de dos canales diferentes de NM ES (Coarsa et al., 2000), ya que la utilización de un sólo canal podría provocar desequilibrios musculares (Cometti, 2002). Se colocó el electrodo activo en el punto motor del músculo (Babault et al., 2007), y el otro en la zona proximal, a la altura del triángulo femoral (Vanderthommen et al., 2001).

Los parámetros de corriente utilizados fueron los siguientes: frecuencia de 150 Hz para el grupo 2 y 85 Hz para el grupo 3. El empleo de dos frecuencias diferentes se debe al hecho de que en un estudio previo (Benito et al., 2010) se comprobó como frecuencias de 85 Hz conseguían mejoras en la capacidad de salto Contramovimiento a través del entrenamiento de la manifestación explosiva –elástica de la fuerza presente en dicho salto y en los primeros 73 m de la prueba de 100 m.l. Por otro lado para la mejora de los últimos 27 m de la prueba en la que toma mayor protagonismo la manifestación explosiva –elástica –reactiva de la fuerza es preciso utilizar una frecuencia de 150 Hz (Meaños et al.,

2002). Utilizaremos una frecuencia para cada grupo y un tercer grupo que combinará ambas con el objetivo de saber cual de los entrenamientos es el más apropiada para entrenar el cómputo total de la prueba de velocidad. El resto de parámetros serán los mismos en todos los grupos experimentales utilizándose un ancho de impulso de 400 milisegundos (mseg.), un tiempo de contracción –reposo de 3 – 12 segundos (s), una posología de 2 días a la semana y un tiempo total de aplicación de 12 minutos (min). El ejercicio combinado con la NM ES se basó en ejercicios pliométricos y la intensidad de corriente aplicada fue la máxima tolerada por el atleta.

En el caso del grupo control se aplica una corriente analgésica tipo TENS (frecuencia 100 Hz, ancho impulso 100 (mseg), modo Burst y tiempo total de entrenamiento 12 min.)

2. Protocolo de pliométricos

Los atletas realizaron un periodo de familiarización previamente al entrenamiento, se les demostró visualmente y explicó repetidas veces la técnica de ejecución del salto pliométrico hasta que realizaron una correcta ejecución.

1º Ejercicio: Consistió en 2 series de 8 repeticiones de saltos máximos elevando las rodillas hacia el pecho. No se permitió realizar botes pequeños en la recepción de los mismos, siendo la fase de amortiguación de un salto la fase excéntrica del siguiente salto. En el caso del GE1 y en los días correspondientes del GE3 con el entrenamiento del GE1, este ejercicio se hacía de forma aislada, es decir, sin superponer la corriente eléctrica por la imposibilidad de cumplir el tiempo de recuperación del impulso eléctrico entre cada salto.



Figura 2. 1º ejercicio de pliometría



2º Ejercicio: Consistió en 2 series de saltos de 8 repeticiones partiendo desde la posición de cuclillas (flexión de rodillas y caderas manteniendo un ángulo libre de flexión pero siempre superior a 100°), donde se realizaban tres pequeños saltos previos a un cuarto salto máximo, ayudándose del impulso de las extremidades superiores. La amortiguación del mismo se hacía in situ, y se realizaban tres pequeños saltos de nuevo. En el GE1 y días correspondientes de GE3 el atleta realizaba el salto máximo cuando sentía el paso de la corriente eléctrica.



Figura 3. 2º ejercicio pliometría

3º Ejercicio: Incluyó 2 series de 8 repeticiones. Se realizó igual que el 2º ejercicio, con la salvedad de que la recepción del salto se efectuaba con una de las extremidades inferiores adelantada y en el primer pequeño rebote volvían a colocarse de forma paralela para realizar los otros dos botes desde esa posición.



Figura 4. 3º ejercicio de biometría

3. Aplicación de test de 100 m.l

Se realizó test de velocidad de 100 m.l. Se repitió desde el día de inicio del experimento hasta la finalización del mismo cada dos semanas, dejando al

menos 48 h de descanso, obteniéndose un total de tres medidas.

Tras un calentamiento reglado consistente en una carrera continua de 10 min seguida de 8 ejercicios de estiramientos y 15 de técnica de carrera, se realizaron dos test de 100 m por atleta con un descanso entre test de 5 min (Vittori, 1990). Se tuvo en cuenta el mejor resultado.

Para la realización de la prueba de 100 m se utilizaron tres pares de células fotoeléctricas colocadas a los 20 m de la línea de salida, a los 73 m y a los 100 m, correspondiéndose cada paso intermedio con una expresión diferente de la fuerza.

Variables dependientes y análisis estadístico

Para el análisis estadístico se empleó el SPSS v. 15. Se realizó análisis de varianza ANOVA mediante medidas repetidas en Modelo Lineal General. Se utilizó como variable dependiente el tiempo empleado en recorrer las diferentes etapas de la prueba de 100 m (paso por los 20 m, tiempo empleado en recorrer de los 20 a los 73 m, tiempo empleado en recorrer de los 73 a los 100 m y tiempo total en los 100 m), y como variable independiente el tipo de entrenamiento. El criterio de rechazo tanto para establecer las correlaciones como las diferencias significativas quedó establecido en el nivel convencional de 0.05.

RESULTADOS

Los atletas partieron de un nivel de entrenamiento diferente pero que no presentó diferencias estadísticamente significativas.

En la Figura 5 se representa el tiempo empleado en recorrer la distancia de 20 m en cada grupo de atletas. Se obtuvieron los mayores rendimientos en el grupo 4 tanto entre las medidas pre y post como entre las pre y descanso, un 14.76% y un 4.48% respectivamente, seguidos de las mejoras conseguidas por el grupo 3 un 3.15% y un 3.43% y por último del grupo 2 un 0.28% y un 2.58% respectivamente.

El ANOVA 4 (grupo) x 4 (tiempo de paso 20 m) indicó que el tiempo de los 20 m fue diferente según los grupos ($F(1,90) = 40107.870$ ($MSE = 0.085$), $p < 0.001$). y más concretamente, se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las



medidas del GC ($P < 0.001$), del GE1 ($p < 0.001$), del GE2 ($p < 0.001$) y del GE ($p < 0.001$).

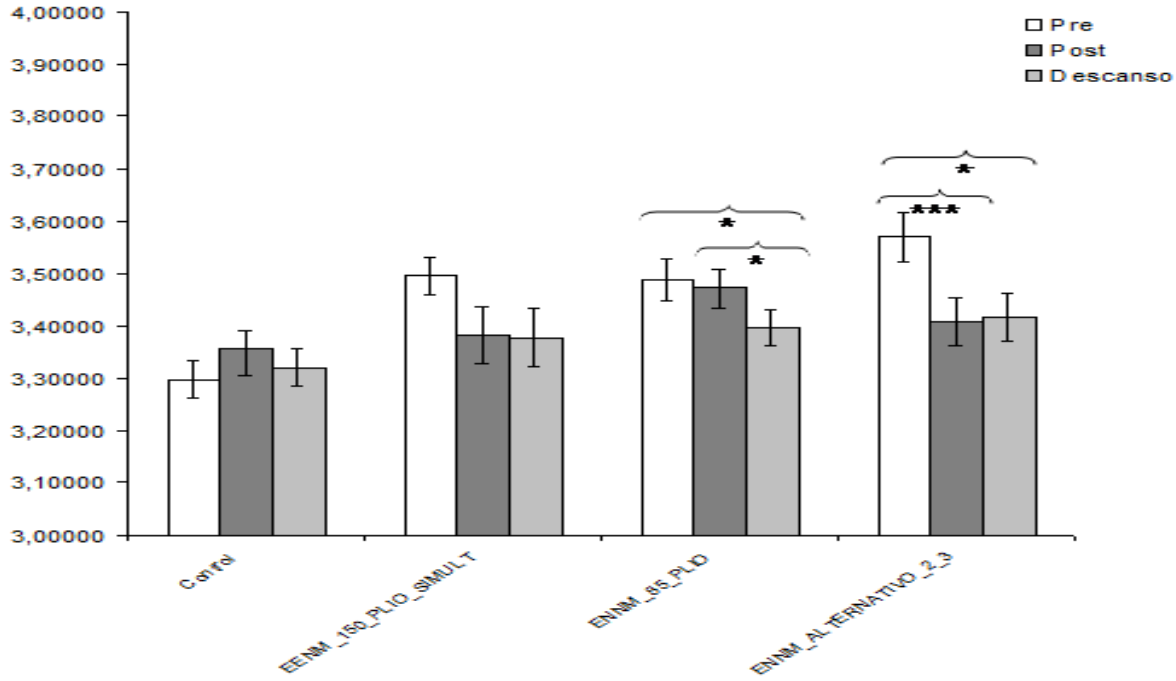


Figura 5. Representación gráfica de las medidas del tiempo empleado en recorrer 20 m y de la desviación típica, M1 (pre), M2 (post) y M3 (tras descanso). Efecto producido en cada grupo de atletas. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

En la Figura 6 se representa el tiempo empleado en recorrer de los 20 a los 73 m en cada grupo de atletas. Se encontraron mejoras significativas del tiempo de 20 a los 73 m principalmente en el conjunto de atletas que llevó a cabo un entrenamiento que combinó simultáneamente la NM ES a 150 Hz y la PT del 4.11% y del 2.61% entre las medidas pre y post y las medidas pre y descanso respectivamente, seguido del grupo de NM ES a 85 Hz + PT (1.67%) para las medidas pre y descanso, y del grupo 4 para las medidas pre y post (1.55%).

El ANOVA 4 (grupo) x 4 (Tiempo de 20 a 73 m) indicó que el tiempo empleado fue diferente según los grupos ($F(1,90) = 15226.665$ ($MSE = 0.535$), $p < 0.001$). Más concretamente se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las medidas del GC ($p < 0.001$), del GE1 ($p < 0.001$), del GE2 ($p < 0.001$), y del GE3 ($p < 0.001$).

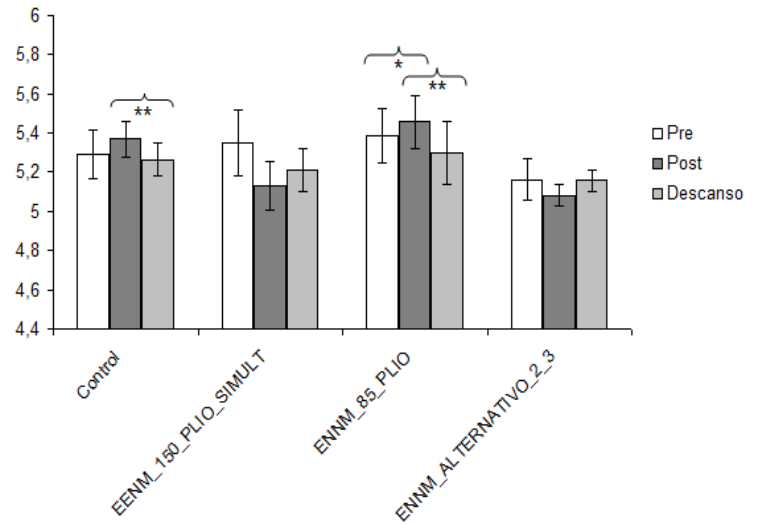


Figura 6. Representación gráfica de las medidas de tiempo de paso y de la desviación típica entre los 20 a 73 m (pre), (post) y (descanso = tras 2 semanas sin NM ERS ni PT). Efecto producido por el entrenamiento en cada grupo de atletas. Grupo 1 = Control, Grupo 2 = NM ES a 150 Hz + PT combinada simultáneamente, Grupo 3 = NM ES a 85 Hz + PT y Grupo 4 = Alternativo de grupos 2 y 3. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.



En la Figura 7 se representa el tiempo empleado en recorrer los últimos 27 m de la prueba en cada grupo de atletas. Se encontraron mejoras significativas del tiempo de los últimos 27 m especialmente en el conjunto de atletas que llevó a cabo un entrenamiento que combinó simultáneamente la NM ES a 150 Hz y la PT entre las medidas pre y descanso (1.12%) y del grupo 4 entre las medidas pre y post (2.53%).

El ANOVA 4 (grupo) x 4 (Tiempo de 27 últimos metros) indicó que la altura de salto fue diferente según los grupos ($F(1,90) = 17023.236$ ($MSE = 0.482$), $p < 0.001$). Más concretamente, se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las medidas del GC ($p < 0.001$), del GE1 ($p < 0.001$), del GE2 ($p < 0.001$), y del GE3 ($p < 0.001$).

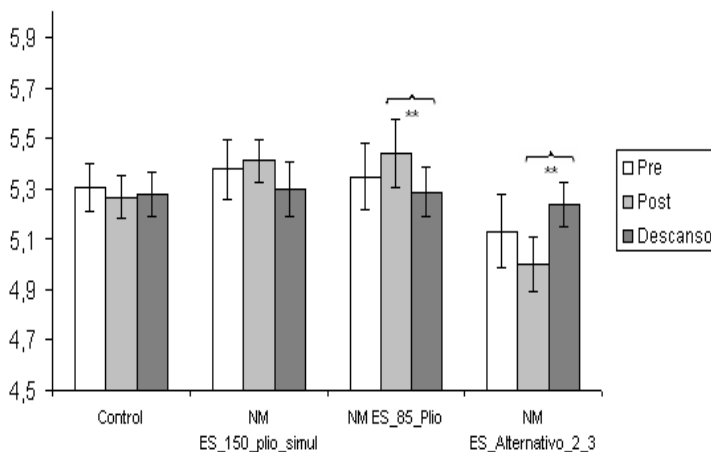


Figura 7. Representación gráfica de las medidas de paso de los últimos 27 m y de la desviación típica (pre), (post) y (descanso = tras 2 semanas sin NM ES ni PT). Efecto producido por el entrenamiento en cada grupo de atletas. Grupo 1 = Control, Grupo 2 = NM ES a 150 Hz + PT combinada simultáneamente, Grupo 3 = NM ES a 85 Hz + PT y Grupo 4 = Alternativo de grupos 2 y 3. ** $p < 0.01$.

Por último en la Figura 8 se representa el tiempo empleado en recorrer los 100 m en cada grupo de atletas. Se encontraron mejoras significativas del tiempo de 100 m principalmente en el conjunto de atletas que llevó a cabo un entrenamiento que combinó simultáneamente la NM ES a 150 Hz y PT (un 2.1% entre las medidas pre y post y un 2.32% entre las medidas pre y descanso), seguido del grupo

de NM ES a 85 Hz + PT para las medidas pre y descanso (1.68%) y del grupo combinado entre grupo 2 y 3 para las medidas pre y post (1.81%).

El ANOVA 4 (grupo) x 4 (Tiempo de 100 m) indicó que el tiempo empleado fue diferente según los grupos ($F(1,90) = 57134.949$ ($MSE = 1.885$), $p < 0.001$). Más concretamente, se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las medidas del GC ($p < 0.001$), del GE1 ($p < 0.001$), del GE2 ($p < 0.001$), y del GE3 ($p < 0.001$).

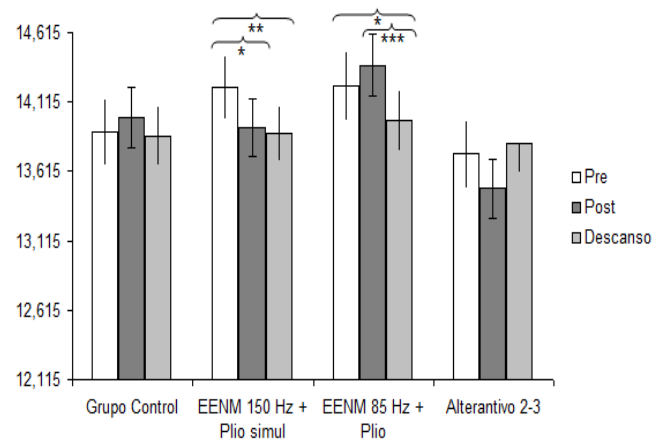


Figura 8. Representación gráfica de las medidas de tiempo de paso de los 100 m y de la desviación típica (pre), (post) y (descanso = tras 2 semanas sin NM ES ni PT). Efecto producido por el entrenamiento en cada grupo de atletas. Grupo 1 = Control, Grupo 2 = NM ES a 150 Hz + PT combinada simultáneamente, Grupo 3 = NM ES a 85 Hz + PT y Grupo 4 = Alternativo de grupos 2 y 3. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

En las figuras 9 y 10 se muestra la importancia de cada tipo de entrenamiento según las diferentes etapas de la prueba de 100 m.l en las medidas pre y post y pre y descanso.

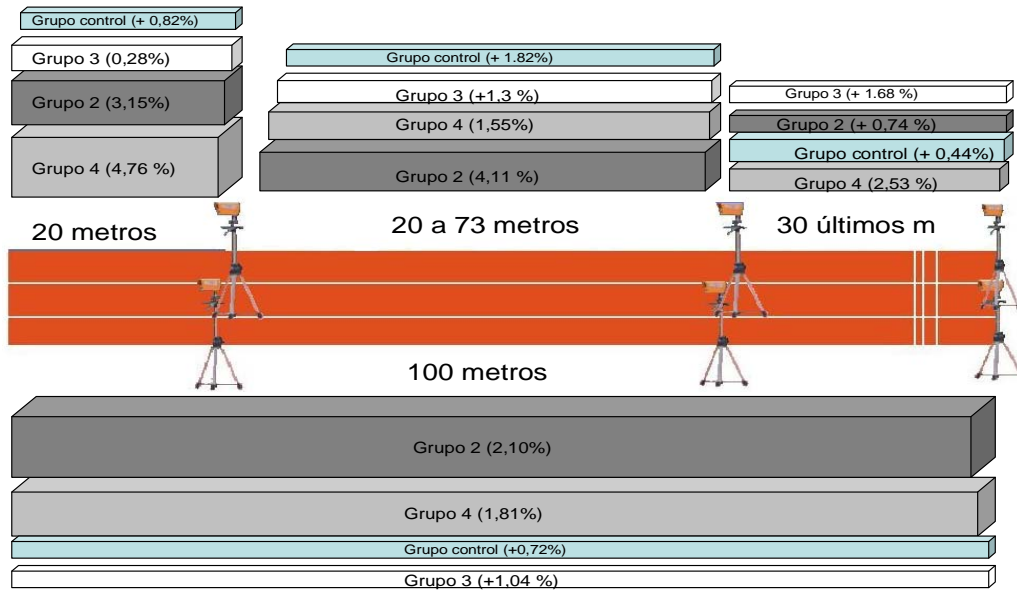


Figura 9. Importancia de cada tipo de entrenamiento en relación a las diferentes etapas de la prueba según los porcentajes de mejora entre las medidas Pre y Post

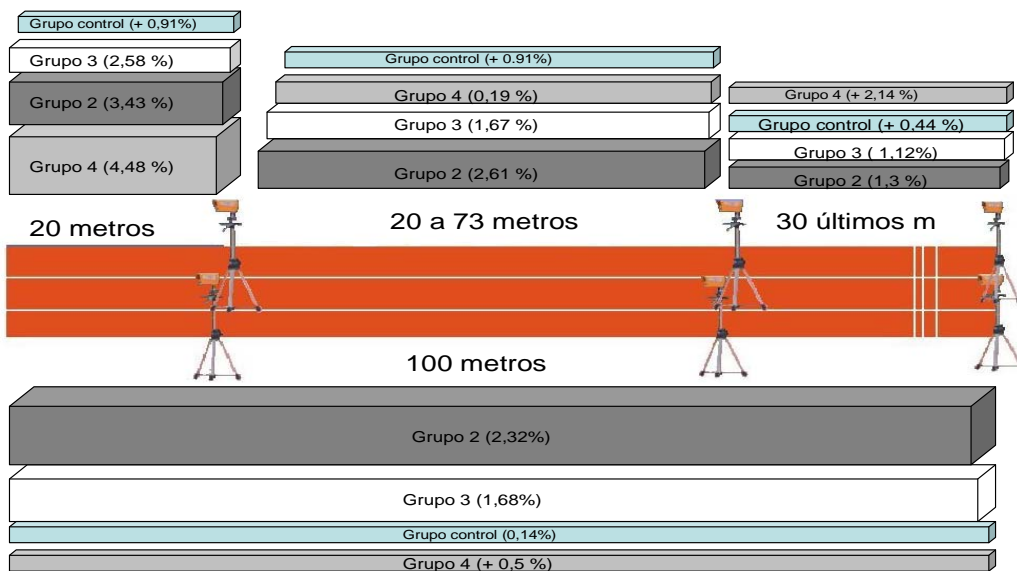


Figura 10. Importancia de cada tipo de entrenamiento en relación a las diferentes etapas de la prueba según los porcentajes de mejora entre las medidas Post y Descanso.



DISCUSIÓN

El análisis de resultados permitió informar de dos aspectos importantes. Primero, que la frecuencia de corriente y el momento en el que se realiza la

pliometría debe depender de la expresión de la fuerza que quiera ser entrenada. Así Little et al. (2005) concluyeron que los test específicos y los entrenamientos deberían adecuarse al componente de la velocidad que quiera ser testado o mejorado. Por su parte, Young et al. (2002) comprobaron que entrenando de forma específica una forma de velocidad durante 6 semanas, podría perjudicarse los niveles de otra expresión. Por otro lado, González y Gorstiaga (2002) demostraron que el entrenamiento que influye directamente en una manifestación de la fuerza, no afecta a las otras y que la independencia de las diferentes manifestaciones aumenta en los deportistas entrenados. Esto estaría de acuerdo con los resultados del presente estudio en los que se demuestra que para mejorar los primeros 20 m de la prueba global de 100 m, se emplea una frecuencia y orden de NM ES y PT diferentes de los ideales para mejorar en los últimos metros de la prueba. De forma más detallada se observa que los primeros 20 m de la prueba, basados en la expresión explosiva de la fuerza, mejoran de una forma más significativa con el GE3 (combinación a días alternos del entrenamiento del GE1 y GE2). El hecho de que el grupo que combina ambos entrenamientos obtenga porcentajes de resultado mayores (14.76%) puede deberse a que en los primeros 20 m, además de la fuerza explosiva necesaria en los primeros metros de carrera, comienza a adquirir protagonismo la manifestación explosiva-elástica para la cual es más adecuado trabajar de forma simultánea la NM ES y la PT (Benito et al., 2010) y con una frecuencia de corriente mayor (Meaños et al., 2002). Son varios los autores que parecen estar de acuerdo con esta forma de entrenamiento para trabajar la manifestación explosiva de la fuerza. En este sentido Ortiz (1999) y García-Manso (1999) hablan del método combinado en el que se utilizan cargas pesadas en un 1º estadio (en este caso la NM ES), seguidas de un 2º estadio de cargas ligeras o ejercicios pliométricos. En el 1º estadio se actuaría sobre la coordinación intramuscular y la inhibición neuromuscular, y en el 2º sobre los componentes elásticos y la coordinación intermuscular. En cada fase se varía el carácter de la

tensión muscular evitando la acomodación del sistema nervioso al tipo de entrenamiento y produciendo una mayor incitación de los factores neuronales, de los que depende la fuerza explosiva (Ortiz, 1999). Por otro lado, Brocherie et al. (2005) obtiene resultados significativos positivos con una frecuencia de corriente de 85 Hz en la prueba de 10 m, pero no en la de 30 m posiblemente debido a que en esta última, la expresión explosiva –elástica adquiere un mayor protagonismo que la explosiva y debiera ser trabajada con una frecuencia diferente (Meaños et al., 2002; Little y Williams, 2005). Igualmente Maffiuletti et al. (2009) obtienen mejoras del 3.3 % en la prueba de 10 m con una frecuencia de 85 Hz. Por otro lado, hay autores que no coinciden con estos resultados: Billot et al. (2010) no encuentran resultados significativos en la prueba de 10 m, al igual que Herrero et al. (2010) en la prueba de 20 m. Esto posiblemente pueda ser debido a las altas frecuencias de corriente empleadas en estos estudios (100 Hz y 120 Hz respectivamente) que se corresponden con un entrenamiento específico de la manifestación explosivo-elástica de la fuerza.

Respecto a la manifestación explosiva-elástica-reactiva, estaría representada en los últimos 27 m de carrera (Vittori, 1990; Cronin y Hansen, 2005; González y Gorstiaga, 2002). En este caso la aplicación de la NM ES a 150 Hz de frecuencia combinada simultáneamente con pliometría, parece ser el método más adecuado. Así autores como Maffiuletti et al. (2002) que emplearon una frecuencia de 120 Hz, o Benito et al. (2010) que realizaron la aplicación simultánea de ambos métodos, parecen estar de acuerdo con estos resultados.

En cuanto a los metros intermedios de la carrera (20 – 73 m) donde la manifestación explosiva-elástica toma más importancia (Vittori, 1990; Cronin y Hansen, 2005; González y Gorstiaga, 2002), nuestros resultados muestran como el grupo 2 (NM ES a 150 Hz combinada simultáneamente con PT) obtiene resultados más significativos. En esta fase el reclutamiento y la sincronización instantánea del mayor número de unidades motoras es menos importante, cobrando mayor relevancia el componente elástico (Gonzalez y Gorstiaga, 2002) que se pierde con la NM ES (Maffiuletti et al., 2000) por lo que es importante la aplicación de la PT



simultánea para mantener la transferencia (Benito et al., 2010; González y Gorsitaga, 2002). Por otro lado, los resultados de Babault et al. (2007) no concuerdan con los del presente estudio al no obtener con una frecuencia de 100 Hz mejoría en la prueba de 50 m, quizá debido a que no emplearon ningún ejercicio de transferencia que preservará el componente elástico. En segundo lugar se observa, que el entrenamiento del GE1 (NM ES a 150 Hz con PT aplicada de forma simultánea) supone un empeoramiento en todas las fases de la prueba de velocidad tras las dos semanas de descanso. Esto puede deberse al hecho de que la realización combinada de ambos métodos supone una caída desmesurada en las concentraciones de fosfocreatina (PC) y adenosín trifosfato (ATP) (Vanderthommen et al., 2001 y Wigerstand-Lossing et al., 1988), la adaptación se produce durante las 6 primeras semanas pero no en la 7 al no realizarse ningún aumento en la carga de trabajo o una etapa de descanso activo en el entrenamiento, se “agota” la capacidad de adaptación y las mejoras conseguidas en los tiempos de carrera durante las primeras 6 semanas decrecen. Esto no se produce en el GE2 en el que se obtienen mejoras de los resultados tras las 2 semanas de descanso en todas las fases de la prueba debido a que el ejercicio voluntario se realiza siempre en condiciones de agotamiento previo de los niveles de PC y ATP por la realización previa de la NM ES.

En el tiempo de la NM ES el músculo acaba con sus reservas de PC y ATP de forma más desmesurada a como lo haría si se tratara de un ejercicio voluntario, lo que hace que al introducirse la transferencia con los saltos pliométricos, el cuerpo trabaje con una mayor activación de la enzima kreatinquinasa (Chicharro y Fernández, 2006; Calderón, 2007) y la adaptación se produce a la largo de más tiempo sin necesidad de aumentas las cargas. Esto estaría de acuerdo con los trabajos de Maffiuletti et al. (2000 y 2009) y Herrero et al. (2010) que obtienen mejores resultados tras el descanso de 2 semanas. En la Tabla 1 puede verse los resultados obtenidos por varios autores.

Autor	N	Participantes	Training Type	Training time	Frecuencia Ancho Impulso Tiempo/Sesión	Tiempo					
						10 m	20 m	30 m	50 m	73 m	100 m
Biocherie et al. 2005			NM ES	3 weeks: 3 training sessions per week	85 Hz 230 msec 12 min	4,80%		No sig.			
Babault et al. 2007	25	Elite rugby players	NM ES + Voluntary exercise	12 weeks: During the first 6 weeks 3 sessions per week and during the last 6 week once a week	100 Hz 300-400 msec 12 min		No sig.		No sig.		
Maffiuletti et al. 2009	12	competitive tennis players	NM ES + entrenamiento muscular variado	7 Weeks: 3 weeks of ES NM sessions were integrated into weeks tennis training sessions	85 Hz 400 msec 16 min	3,30%					
Billot et al. 2010		Amateur Soccer players	NM ES	5 weeks: 3 training sessions per week	100 Hz 400 msec 12 min		No sig.				
Herrero et al. 2010 (Parte I)	28	Estudiantes educación física	Weight + NM ES	6 Weeks: 4 training sessions per week during 4 weeks + 2 weeks detraining	120 Hz 400 msec 12 min		No sig.				
Actual 2011 (GE1)	27		ES NM + Phyo (Aplicación simultánea)	6 weeks training program: 2 sessions per week	130 Hz 400 msec 12 min	2,32%			2,31%	2,21%	
Actual 2011 (GE2)	23	Atletas nivel medio de velocidad	ES NM + Phyo		85 Hz 400 msec 12 min	3,28%			2,23%	1,14%	
Actual 2011 (GE3)	24		Combinado (Grupo 2 + 3)		130 + 85 Hz 400 msec 12 min	4,03%			1,84%		

Tabla 1. Valores reportados por diferentes autores.

Por último se debe reseñar que cuando se tiene en cuenta el computo global del a prueba de 100 m, el método de entrenamiento que obtiene mejoras más significativas es el GE1 con un 2.32% de mejora frente al 1.68 % del GE2. Esto se debe a la mayor influencia de las expresiones reactivas de la fuerza en la prueba de 100 m que las activas (Vittori, 1990) por lo que un entrenamiento como el del GE1, específico para este tipo de expresiones (Benito et al., 2010, Meañes et al., 2002) obtendrá mejores resultados que el basado en las expresiones activas (GE2) presentes casi de forma exclusiva en los primeros 20 m de la prueba (Vittori, 1990; Cronin y Hansen, 2005; González y Gorstiga, 2002).

CONCLUSIONES

El trabajo realizado con NM ES y PT debe variar según la manifestación de la fuerza que quiera ser mejorada. Además para mejorar el cómputo total de la prueba de 100 m, debe trabajarse de forma simultánea y combinada la NM ES a 150 Hz y la PT. Para mejorar la velocidad en la prueba de 100 m puede aplicarse un complemento al entrenamiento consistente en un entrenamiento simultáneo de NM ES y PT. Las mejoras de los tiempos conseguidas por este entrenamiento se mantienen hasta al menos dos semanas después de la aplicación del mismo.



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos su colaboración en el estudio a todos los atletas participantes así como al Dr. Rocandio y a D. Agustín Pérez Barroso por su incansable colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Babault, N.; Cometti, G.; Bernardin, M.; Pousson, M.; Chatard, JC. (2007). Effects of the training on muscle strength and power of elite rugby players. *J Strength Cond Res.* 21: 431- 437.
- Basas, A.; Fernández, C.; Martín, JA. (2003). *Técnicas Fisioterápicas aplicadas en el tratamiento de la patología de rodilla*. Madrid: MC Graw Hill. Interamericana.
- Benito, E.; Lara, A.; Martínez- López, EJ. (2010). Effect of combined plyometric and electrostimulation training on vertical jump. *Ricyde.* 6: 322-334.
- Billot, M.; Alain, M.; Cristos, P.; Cometti, C.; Babault, N. (2010) Effects for an electrostimulation training program on strength, jumping and kicking capacities in soccer players. *J Strenght Cond Res.* 24 (5): 1407-1413.
- Bosco, C. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Barcelona: Paidotribo.
- Brocherie, F.; Babault, N.; Cometti, G.; Maffiuletti, N.; Chatard, JC. (2005) Electroestimulation training effects on the physical performance of ice hockey players. *Med. Sci. Sports. Exerc* 37 (3): 455-460.
- Calderón, J. (2007). *Fisiología aplicada al deporte*. Madrid: Tebar.
- Chicharro, JL.; Fernández, A. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Barcelona: Panamericana.
- Coarsa, A.; Moros, T.; Marcos, C.; Mantilla, C. (2000). Beneficio potencial de la Electroestimulación neuromuscular del cuádriceps femoral para el fortalecimiento. *Archivos de medicina del deporte.* 17: 405-412.
- Cometti, G. (2002) *El entrenamiento de la velocidad*. Barcelona: Paidotribo.
- Contreras, D.; Vera, OG.; Díaz GD. (2006) Análisis del índice de elasticidad y fuerza reactiva bajo el concepto de longitudes y masas segmentales de los miembros inferiores. *Revista digital efdeportes.com* 11 (96). Available in: <http://www.efdeportes.com/efd96/masas.htm>. [access date: 03 2009]
- Cronin, JB.; Hansen, KT. (2005) Strength and power predictors of sport speed. *J Strength Cond Res.* 19: 349-357.
- Fernández, JC.; Beas, MA.; Martín, FJ.; Reina, A. (2007) Fatigue and performance in the Speed and jump. *Rev int med cienc act fis deporte.* 7: 99-110.
- García, JM.; Navarro, M., Ruiz, JA.; Martín AR. (1998) *La velocidad, la mejora del rendimiento en los deportes de velocidad*. Madrid: Gimnos.
- García-Manso, JM. (1999) *La adaptación y la excelencia deportiva*. Madrid: GYMNOS.
- González, JJ.; Gorostiaga, A. (2002) *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo*. Madrid: INDE.
- Hansson, P.; Ekblom, A. (1983) Transcutaneous electro nerve stimulation as compared to placebo TENS for the relief of acute oro-facial. *Pain.* 15 (1 - 4): 157-165.
- Herrero, A.; Martin, J.; Martin, T.; Abadia, O., Fernandez, B.; García-López, D. (2010) Short-term effect of strength training with and without superimposed electrical stimulation on muscle strength and aerobic performance. A randomized controlled trial. Part I. *J Strength Cond Res* 24 (6): 1609-1615.
- Little, T.; Williams, AG. (2005) Specificity of acceleration maximum speed and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 19 (1): 76-78.
- Maffiuletti, NA.; Cometti, G.; Amiridis, IG.; Martin, A.; Pousson, M.; Chatard, JC. (2000) The effects of the training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *Int J sport Med.* 21 (6): 437 -443.



21. Maffiuletti, NA.; Dugnani, S.; Folz, M; Di Pierno, E.; Mauro, F. (2002) Effects of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 34 (10):1638-1644.
22. Maffiuletti, NA.; Bramante, J.; Jubeau, M.; Bizzini, M.; Deley, G.; Cometti, G. (2009) Feasibility and efficacy on progressive electrostimulation strength training for competitive tennis players. *J Strength Cond Res*. 23 (2): 677-682.
23. Márquez, FJ.; Orihuela, A.; Jiménez, A.; Fernández, JC. (2005) Effects of the muscle fatigue on power in squat jump and Speedy. *Revista digital Buenos Aires* 10 (88). Available in: www.efdeportes.com/efd88/squat.htm [access date: 06 2010]
24. Meañes, E.; Alonso, P.; Sánchez, J.; Téllez, G. (2002) *Electroestimulación aplicada*. Madrid: Fundación para el desarrollo de la formación continuada.
25. Ortiz, V. (1999) *Entrenamiento de la fuerza y explosividad para la actividad física y el deporte de competición*. Barcelona: INDE
26. Pascua, M. (1994) *Carreras de velocidad*. In Pascua, M. *Atletismo I: Carreras*. España: COE. Real Federación Española de Atletismo.
27. Vanderthommen, M.; Crielaard, JM. (2001) Electromyostimulation en medicine du sport. *Rev Med Liege*. 56: 391-395.
28. Vélez, M. (1992) El entrenamiento de la fuerza para la mejora del salto. *Apunts*. 29: 139-156.
29. Vittori, C. (1990) El entrenamiento de la fuerza para el sprint. *Revista de entrenamiento deportivo* IV: 2-8.
30. Wigerstad-lossing, I.; Grimby, G.; Jonsson, T.; Morelli, B.; Peterson, L.; Renström, P. (1988) Effects of electrical muscle stimulation combined with voluntary contractions after knee ligament surgery. *Sport Med*. 20: 93-98.
31. Young, WB.; James, R.; Montgomery, I. (2002) Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J Sports Med Phys fitness*. 42(3): 282-8.

