



Feria-Madueño, A.; De Pena-García, F.J.; Sánchez-Camacho, F. (2017). Activación aguda en miembros inferiores para la mejora de la potencia anaeróbica máxima. *Journal of Sport and Health Research*. 9(supl 1):109-114.

Original

ACTIVACIÓN AGUDA EN MIEMBROS INFERIORES PARA LA MEJORA DE LA POTENCIA ANAERÓBICA MÁXIMA

ACUTE ACTIVATION IN LOWER LIMBS TO IMPROVE THE MAXIMUM ANAEROBIC POWER

Feria-Madueño, A.^{1,2,3}; De Pena-García, F. J.²; Camacho-Sánchez, F.².

¹ *Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola, Universidad CEU San Pablo*

² *Escuela Profesional Vedrúna Sevilla*

³ *Universidad de Sevilla*

Correspondence to:

Adrián Feria Madueño, PhD.

Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola
Campus Universitario CEU. Glorieta Ángel Herrera s/n 41930–
Bormujos (Sevilla) Tel. 954488000
Email: aferia@ceuandalucia.es

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



Received: 15/3/17

Accepted: 31/3/17



RESUMEN

Objetivo. Comparar las respuestas producidas tras un entrenamiento concéntrico y excéntrico de los miembros inferiores (MMII) en la potencia anaeróbica de tren inferior medida mediante la realización de saltos verticales. **Método.** La metodología usada ha sido basada en el protocolo de Bosco, mediante el cual evaluamos la potencia muscular a través de saltos verticales (SJ, CMJ, DJ) realizados en una plataforma de contacto. Los sujetos fueron divididos en tres grupos diferentes: un grupo control (G1), un grupo experimental que realizaba un trabajo excéntrico de flexores de rodilla (G2) y un grupo experimental que realizaba un trabajo concéntrico de extensores de rodilla (G3). **Resultados.** Se obtuvo diferencias significativas a favor de G3 respecto a G1 en todas las variables exceptuando en potencia en los tres tipos de salto y en tiempo de contacto y rigidez en DJ ($p \leq 0.05$). También se desveló que no hubo ninguna diferencia significativa entre G3 y G2; no obstante todos los valores obtenidos por G3 fueron mayores que en G2, exceptuando en la potencia producida en DJ que fue levemente superior en este grupo ($p > 0.05$). **Discusión.** Se alcanzaron diferencias significativas a favor de G3, por lo que podemos deducir que un trabajo concéntrico, previo a los saltos, de la musculatura extensora de rodilla produce mejoras significativas en la potencia anaeróbica de tren inferior. Sin embargo, G2 también reveló algunas diferencias positivas respecto al grupo control. **Conclusión.** Se deduce que la realización de un ejercicio excéntrico que no es de los extensores de rodilla provoca una activación del sistema nervioso central, produciendo una sobre-activación y mayor reclutamiento de motoneuronas en el tren inferior, provocando una mejora en la potencia anaeróbica del tren inferior.

Palabras clave: Potencia anaeróbica máxima, ejercicio concéntrico y excéntrico, salto

ABSTRACT

Objetives. To compare the responses produced after concentric and eccentric training of the lower limbs in the anaerobic power of the lower train measured by performing vertical jumps. **Methods.** The methodology used was based on the protocol of Bosco, by means of which we evaluated the muscular power through vertical jumps (SJ, CMJ, DJ) realized in a platform of contact. The subjects were divided into three different groups: a control group (G1), an experimental group performing an eccentric work of knee flexors (G2) and an experimental group performing a concentric work on knee extensors (G3). **Results.** Significant differences were obtained in favor of G3 with respect to G1 in all variables except in power in the three types of jump and in contact time and stiffness in DJ ($p \leq 0.05$). It was also revealed that there was no significant difference between G3 and G2; However, all values obtained by G3 were higher than in G2, except in the power produced in DJ that was slightly higher in this group ($p > 0.05$). **Discussion.** Significant differences were achieved in favor of G3, so we can deduce that a pre-jumping, concentric work on the knee extensor muscle produces significant improvements in the anaerobic power of the lower train. However, G2 also revealed some positive differences with respect to the control group. **Conclusions.** It follows that the performance of an eccentric exercise that is not of the knee extensors causes an activation of the central nervous system, producing an over-activation and greater recruitment of motor neurons in the lower train, causing an improvement in the anaerobic power of the lower train.

Keywords: Maximum anaerobic power, concentric and eccentric exercise, jump.



INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una relativa variedad de trabajos sobre el efecto de la potencia anaeróbica máxima de los MMII en los que se evalúa los efectos concéntricos y excéntricos acumulados producidos por diferentes agentes del entrenamiento. Los últimos análisis han encontrado una relación directa sobre los efectos del entrenamiento de la fuerza excéntrica sobre los parámetros de velocidad y fuerza máxima (Wirth, Keiner, Szilvas, Hartmann y Sander, 2015) o la activación neuromuscular realizando sentadilla previa al entrenamiento con material alternativo (Clark, Lambert y Hunter, 2012). Tras esta corriente, es necesaria una evaluación correcta de los valores de fuerza, dado que el entrenamiento óptimo de la fuerza explosiva es una condición indispensable para un correcto desarrollo de la velocidad y potencia (Badillo y Gorostiaga, 2002). Para ello, uno de los protocolos más utilizados en el estudio de los MMII es el protocolo de Bosco (Bosco, Luhtanen y Komi, 1983) donde, entre otros, se analiza el Squat Jump (SJ) y el Counter Movement Jump (CMJ). Para estos autores, la expresión de la fuerza explosiva coincide con la máxima potencia muscular desarrollada por los extensores de las piernas durante un SJ y un CMJ. Por este motivo la evaluación de la potencia anaeróbica del tren inferior es un campo que se ha venido estudiando ampliamente en las últimas décadas, planteándose un paradigma concluyente donde las propiedades elásticas de los músculos no solo contribuyen al desarrollo de la potencia sino que, además, se pueden entrenar.

El entrenamiento del salto mediante contracción excéntrica deriva de la mejora de la propiedad elástica del músculo y también del mecanismo propioceptivo (Jordan, Norris, Smith, y Herzog, 2010). Una simultánea activación de las unidades motoras junto a un incremento de la fuerza de contracción excéntrica aumenta el tono muscular y favorece la prestación muscular en la fase concéntrica siguiente (Stiff y Verkhoshansky, 2000). En el trabajo excéntrico, la fuerza aumenta hasta un cierto punto, paralelamente a la velocidad de estiramiento. Además, el músculo resiste el estiramiento, oponiendo una fuerza mayor a la que se produce en la contracción concéntrica.

Tradicionalmente y debido a su simplicidad, facilidad de uso y bajo coste, la evaluación de la potencia

anaeróbica de los MMII ha sido desarrollada mediante procedimientos como el test de Margaria (Margaria, Aghemo y Rovelli, 1966) o el test Wingate (Bar-Or, Dotan, Inbar, Rotschtein, Karlsson y Tesch, 1980), aunque es patente el error acumulado en este tipo de metodologías. Ya que el salto vertical representa una acción de movimiento balístico y fuerza explosiva, el análisis de salto mediante plataformas de contacto parece haber servido como referencia en este sentido, simplificando también su uso y no incrementándose demasiado el gasto económico (Davies y Rennie, 1968; Davies, 1971; Cavagna, Zamboni, Faraggiana y Margaria, 1972; Bosco, Komi y Sinkkonen, 1981).

A pesar de encontrar un alto número de trabajos que contemplan el análisis de saltos mediante plataformas de contacto, son pocos los estudios que han evaluado cuáles son los efectos metodológicos de protocolos de activación excéntrica en comparación con protocolos de activación concéntrica sobre la musculatura de los MMII de forma aguda. Por ello, el objetivo principal del presente estudio fue valorar el efecto agudo de la aplicación de metodologías de activación excéntrica y concéntrica sobre los parámetros susceptibles de cambio en la potencia anaeróbica máxima en jóvenes físicamente activos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el presente estudio se han analizado los parámetros determinantes del protocolo de Bosco para la determinación de las variables dependientes del salto SJ, CMJ y DJ. En esta línea, las variables analizadas fueron la altura del salto, tiempo de vuelo, velocidad, potencia, caída y rigidez. Para llevar a cabo el análisis se utilizó una plataforma de contacto (Chronojump Bosco System®). La población del estudio fue determinada por ser jóvenes menos de treinta años físicamente activos, es decir, personas que mantenían una actividad física superior a 30 minutos al día durante tres días por semana, como mínimo. La muestra del estudio estuvo determinada por un total de 47 sujetos.

Todos los sujetos siguieron el mismo protocolo de actuación mediante el cual desarrollaron un calentamiento estandarizado realizando movilidad articular de 5 minutos de duración y una familiarización con los saltos de entre 8 y 10



repeticiones cada uno con 1,5 minutos de descanso entre cada intento (Figura 1).

Posteriormente, los sujetos realizaban 5 minutos de bicicleta estática a 80w de potencia para luego empezar con la realización de los saltos. La muestra fue randomizada y aleatorizada en tres grupos diferentes: un grupo control (G1), un grupo experimental que realizaba una activación aguda de carácter excéntrico en los flexores de rodilla (G2) y un grupo experimental que realizaba una activación concéntrica en los extensores de rodilla (G3).

Tras el calentamiento, cada grupo llevó a cabo su protocolo (Figura 2). El G1 realizó 3 minutos de descanso y seguidamente 3 intentos de SJ, CMJ y DJ con 90" de descanso entre intentos, dándose un tiempo de descanso de 3' entre los bloques de saltos de SJ, CMJ y DJ.

El G2, realizó 6 series de 4 repeticiones de flexión nórdica con un descanso de 120" entre series; tras realizar las series de activación aguda se comenzó a realizar los 3 intentos de SJ, CMJ y DJ con 90" de descanso entre intentos y se dio un tiempo de descanso de 3' entre los saltos SJ, CMJ y DJ.

El G3 realizó 6 series de 4 repeticiones de sentadilla con resistencia de banda elástica en fase concéntrica con un descanso de 120" entre series. Tras realizar las series de activación aguda se comenzó a realizar 3 intentos de SJ, CMJ y DJ con 90" de descanso entre intentos y un tiempo de descanso de 3' entre los saltos SJ, CMJ y DJ.

Para los SJ y CMJ todos los sujetos realizaron el salto desde una posición de 90° (en SJ) o alcanzaron dicha posición (CMJ) garantizándose esta angulación mediante goniómetro. Todos los intentos que no cumplieron con la flexión exigida fueron eliminados atendiendo al criterio de nulidad. Para el análisis estadístico se utilizó un análisis de la varianza de un factor mediante ANOVA de un factor a través del paquete estadístico SPSS en su versión 20.0. El tratado de las variables consideró las siguientes variables dependientes: altura, potencia, velocidad, tiempo de vuelo, tiempo de contacto de DJ, caída de DJ y rigidez en DJ.



Figura 1. Ejemplo de calentamiento y familiarización con los intentos.

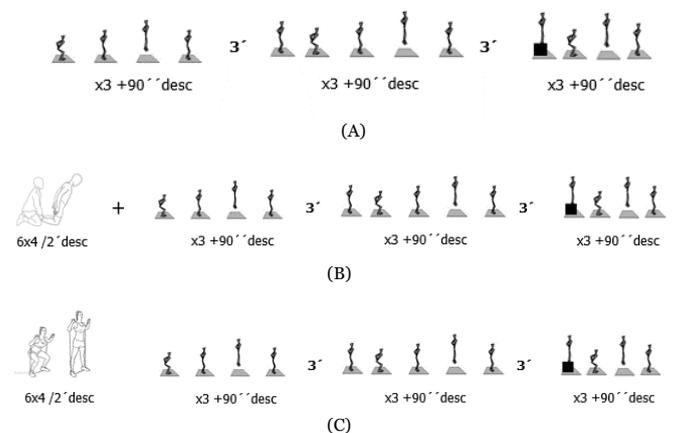


Figura 2. Protocolos de intervención en G1 (A), G2 (B) y G3 (C) tras el calentamiento estandarizado.

RESULTADOS

En este trabajo se han llevado a cabo diferentes protocolos de intervención de activación concéntrica y excéntrica de la musculatura flexora y extensora para averiguar cómo afectan a las variables relacionadas con la potencia anaeróbica máxima en los MMII.



El análisis estadístico reveló diferencias significativas a favor de G3 respecto a G1 en todas las variables exceptuando en potencia en los tres tipos de salto y en tiempo de contacto y rigidez en DJ ($p \leq 0.05$) (Tabla 1). También desveló que no hubo ninguna diferencia significativa entre G3 y G2. No obstante todos los valores obtenidos por G3 fueron mayores que en G2, exceptuando en la potencia producida en DJ que fue levemente superior en este grupo ($p > 0.05$). Una posible respuesta es la que ofrece Holcomb (2005), aportando una mejora en la coordinación de la musculatura agonista y antagonista mediante activaciones mediante ejercicios voluntarios. Este hecho ha sido tradicionalmente apoyado en una mejora del salto vertical mediante protocolos de entrenamiento donde se combinaba cargas pesadas con multisaltos (Stiff y Verkjoshanski, 2000).

Tabla 1. Valores de las variables analizadas durante los distintos saltos en todos los grupos

Variable	G1	G2	G3	p*
TV_SJ (ms)	.48 (.03)	.49 (.06)	.54 (.04)	.004*
altura_SJ (cm)	28.66(4.20)	30.66(7.45)	36.55 (6.28)	.002*
potencia_SJ (W)	808.52 (138.37)	810.64(170.49)	910.47 (121.81)	.115
velocidad_SJ(m*s ⁻¹)	2.36(.17)	2.43(.31)	2.6639 (.23)	.005*
TV__CMJ (ms)	.49(.04)	.52(.06)	.5640 (.05)	.002*
altura__CMJ (cm)	29.76(4.96)	34.10(8.17)	39.2565 (6.74)	.001*
potencia__CMJ (W)	822.94 (141.99)	857.94 (199.03)	943.21 (123.89)	.115
velocidad__CMJ (m*s ⁻¹)	2.40 (.20)	2.566 (.33)	2.7650 (.24)	.002
TC__DJ (ms)	.57 (.14)	.46 (.15)	.49 (.12)	.060
TV__DJ (ms)	.48 (.04)	.5072 (.06)	.55 (.05)	.006*
altura__DJ (cm)	29.10 (5.36)	31.99 (7.65)	37.72 (7.33)	.004*
potencia__DJ (W)	762.17 (222.66)	1073.38(408.8)	1042.58 (286.82)	.009*
velocidad__DJ(m*s ⁻¹)	2.380 (.22)	2.48 (.31)	2.70 (.27)	.006*

DISCUSIÓN

Hasta la fecha, existen pocos estudios donde se analice el efecto agudo y del entrenamiento localizado de la musculatura anterior y posterior del muslo en el salto vertical. En esta línea, nuestros resultados contrastan con los encontrados en García-López, Peleteiro, Rodríguez-Marroyo, Morante, Herrero y Villa (2005) quienes no hallaron ninguna mejora en los parámetros dependientes del salto vertical tras 4 semanas de entrenamiento pliométrico. Posiblemente, nuestros resultados hayan sido favorable tras la subdivisión llevada a cabo en el componente concéntrico, por un lado, y excéntrico, por otro, para ambos grupos de intervención. De hecho, según nuestros resultados, no existen diferencias significativas entre el G2 y el G3 ($p > 0.05$).

En cuanto al efecto agudo del entrenamiento sobre las variables adyacentes al salto, Torvinen, Sievanen, Jarvinen, Pasanen, Kontulainen y Kannus (2002) encontraron mejoras significativas en el componente neuromuscular tras una activación de tipo excéntrico mediante acciones de vibraciones mecánicas. Nuestros resultados podrían explicarse mediante un incremento en el reclutamiento de motoneuronas tras la realización de un ejercicio excéntrico sobre los extensores de rodilla, provocando una activación del sistema nervioso central y una sobre-activación en el tren inferior, mejorándose la potencia anaeróbica de los MMII.

A pesar de no encontrar diferencias significativas entre los resultados del G2 y G3, es cierto que se ha obtenido una tendencia en el G2 respecto al G3 lo cual pudiera explicar una mejora en el control neuromuscular en el grupo de entrenamiento excéntrico.

CONCLUSIONES

Una posible aplicación práctica podría ser intervenciones innovadoras de estos protocolos de calentamiento en deportes o actividades deportivas que pudieran necesitar en concreto acciones de salto vertical.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Badillo, J.J. y Gorostiaga, E. (2002). Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo, Inde, Barcelona: España.
2. Bar-Or, O., Dotan, R., Inbar, O., Rotschtein, A., Karlsson, J. & Tesch, P. (1980). Anaerobic Capacity and muscle fiber type distribution in man. *International Journal of Sports and Medicine*, 1:89-92.
3. Bosco, C, Komi, P.V. & Sinkkonen, K. (1981). Mechanical power, net efficiency and muscular structure in male and female middle-distance runners. *Scandinavian Journal of Sports Sciences*, 2(2): 47-51.
4. Bosco, C., Luhtanen, P. & Komi, P.V. (1983). A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping. *European Journal of Applied Physiology*, 50:273-282.
5. Cavagna, G.A., Zamboni, A., Faraggiana, R. & Margaria R. (1972). Jumping on the moon: Power Output at different gravity values. *Aerospace Medicine*, 43: 408-414.
6. Clark, D.R., Lambert, M. I. & Hunter, A. M. (2012). Muscle activation in the loaded free barbell squat: a brief review, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4): 1169-78.
7. Davies, C. (1971). Human power output of short duration in relation to body size and composition. *Ergonomics*, 14(2): 245-256.
8. Davies, C. & Rennie, R. (1968). Human power output. *Nature* 217:770-771.
9. García-López, J., Peleteiro, J., Rodríguez-Marroyo, J.A., Morante, J.C., Herrero, J.A. y Villa, J.G. (2005). The validation of a new method that measures contact and flight times during vertical jump. *International Journal of Sports Medicine*, 26 (4), 294-302.
10. Holcomb, W. R. (2005). Is neuromuscular electrical stimulation and effective alternative to resistance training? *Strength and Conditioning Journal*, 27(3), 76-79.
11. Jordan, M., Norris, S., Smith, D., & Herzog, W. (2010). Acute effects of whole-body vibration on peak isometric torque, muscle twitch torque and voluntary muscle activation of the knee extensors. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20, 535–540.
12. Margaria, R., Aghemo, P. & Rovelli, E. (1966). Indirect determination of maximal oxygen consumption in man. *Journal of Applied Physiology*, 20:1070-1073.
13. Stiff, M. y Verkoshansky, Y. (2000). Superentrenamiento. Paidotribo. Barcelona.
14. Torvinen, S., Sievanen, H., Jarvinen, T. A., Pasanen, M., Kontulainen, S. & Kannus, P. (2002). Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: A randomized cross-over study. *Journal of Sports Medicine*, 23, 374–379.
15. Wirth, K., Keiner, M., Szilvas, E., Hartmann, H. & Sander, A. (2015). Effects of Eccentric Strength Training on Different Maximal Strength and Speed-Strength Parameters of the Lower Extremity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7): 1837-45.