

# Archivos de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

ISSN: 0212-8799

176

Volumen 33(6)  
Noviembre - Diciembre 2016



## ORIGINALES

Efecto agudo de un protocolo de *Complex Training* sobre la velocidad del lanzamiento de la granada en pentatletas militares

Perfil antropométrico del gimnasta desde la infancia hasta la madurez: reporte de dos casos

Confiabilidad del *Senior Fitness* versión en español, para población adulta de Tunja-Colombia

Influence of percentage of 1RM strength test on repetition performance during resistance exercise of upper and lower limbs

## REVISIONES

MicroRNA circulantes como reguladores de la respuesta molecular al ejercicio en personas sanas

Marcadores bioquímicos relevantes del proceso de recuperación en fútbol



**NUEVO**



**Lactate  
Scout+**

## ANALIZADOR DE LACTATO

Nueva versión del analizador de "Lactate Scout+" **con bluetooth incorporado**. Para supervisiones médicas y diagnóstico en medicina del deporte. Alternativa flexible y económica al análisis de laboratorio. Acreditación CE como aparato de diagnóstico médico.

- :: Volumen de muestra necesario: 0,5 microlitros
- :: Tiempo de análisis: 10 segundos
- :: Peso total: 85 gramos
- :: Memoria: 250 resultados con fecha y hora

Pero además, el nuevo Lactate Scout+ incorpora entre otras las siguientes características diferenciadoras:

- :: **Chip interno que permite la transmisión de datos vía Bluetooth**
- :: **Nueva pantalla LCD con mejor visibilidad**
- :: **Nuevo Menú con fácil acceso**
- :: **Estanqueidad total de la estructura del analizador**





Sociedad Española de Medicina del Deporte

**Junta de Gobierno**

**Presidente:**

Pedro Manonelles Marqueta

**Vicepresidente:**

Miguel E. Del Valle Soto

**Secretario General:**

Luis Franco Bonafonte

**Tesorero:**

Javier Pérez Ansón

**Vocales:**

Carlos de Teresa Galván

José Fernando Jiménez Díaz

Juan N. García-Nieto Portabella

Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea

José Naranjo Orellana

**Edita**

Sociedad Española de Medicina del Deporte  
Iturrrama, 43 bis.

31007 Pamplona. (España)

Tel. 948 267 706 - Fax: 948 171 431

femede@femede.es

www.femede.es

**Correspondencia:**

Ap. de correos 1207

31080 Pamplona (España)

**Publicidad**

ESMON PUBLICIDAD

Tel. 93 2159034

**Publicación bimestral**

Un volumen por año

**Depósito Legal**

Pamplona. NA 123. 1984

**ISSN**

0212-8799

**Soporte válido**

Ref. SVR 389

**Indexada en:** EMBASE/Excerpta Medica, Índice Médico Español, Sport Information Resource Centre (SIRC), Índice Bibliográfico Español de Ciencias de la Salud (IBECS), y Índice SJR (SCImago Journal Rank).



La Revista Archivos de Medicina del Deporte ha obtenido el Sello de Calidad en la V Convocatoria de evaluación de la calidad editorial y científica de las revistas científicas españolas, de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).

La dirección de la revista no acepta responsabilidades derivadas de las opiniones o juicios de valor de los trabajos publicados, la cual recaerá exclusivamente sobre sus autores.

Esta publicación no puede ser reproducida total o parcialmente por ningún medio sin la autorización por escrito de los autores.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

# Archivos de medicina del deporte

Revista de la Sociedad Española de Medicina del Deporte

Afiliada a la Federación Internacional de Medicina del Deporte, Sociedad Europea de Medicina del Deporte y Grupo Latino y Mediterráneo de Medicina del Deporte

**Director**

Pedro Manonelles Marqueta

**Editor**

Miguel E. Del Valle Soto

**Administración**

M<sup>a</sup> Ángeles Artázcoz Bárcena

**Comité Editorial**

**Norbert Bachl.** Centre for Sports Science and University Sports of the University of Vienna. Austria. **Ramón Balias Matas.** Consell Catalá de l'Esport. Generalitat de Catalunya. España. **Araceli Boraita.** Servicio de Cardiología. Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de deportes. España. **Josep Brugada Terradellas.** Hospital Clinic. Universidad de Barcelona. España. **Nicolas Christodoulou.** President of the UEMS MJC on Sports Medicine. Chipre. **Jesús Dapena.** Indiana University. Estados Unidos. **Franchek Drobnic Martínez.** Servicios Médicos FC Barcelona. CAR Sant Cugat del Vallés. España. **Tomás Fernández Jaén.** Servicio Medicina y Traumatología del Deporte. Clínica Centro. España. **Walter Frontera.** Universidad de Vanderbilt. Past President FIMS. Estados Unidos. **Pedro Guillén García.** Servicio Traumatología del Deporte. Clínica Centro. España. **Dusan Hamar.** Research Institute of Sports. Eslovaquia. **José A. Hernández Hermoso.** Servicio COT. Hospital Universitario Germans Trias i Pujol. España. **Pilar Hernández Sánchez.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Markku Jarvinen.** Institute of Medical Technology and Medical School. University of Tampere. Finlandia. **Peter Jenoure.** ARS Ortopedica, ARS Medica Clinic, Gravesano. Suiza. **José A. López Calbet.** Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España. **Javier López Román.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Alejandro Lucía Mulas.** Universidad Europea de Madrid. España. **Emilio Luengo Fernández.** Servicio de Cardiología. Hospital General de la Defensa. España. **Nicola Maffully.** Universidad de Salerno. Salerno (Italia). **Pablo Jorge Marcos Pardo.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Alejandro Martínez Rodríguez.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Estrella Núñez Delicado.** Universidad Católica San Antonio. Murcia. España. **Sakari Orava.** Hospital Universitario. Universidad de Turku. Finlandia. **Eduardo Ortega Rincón.** Universidad de Extremadura. España. **Nieves Palacios Gil-Antuñano.** Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de Deportes. España. **Antonio Pelliccia.** Institute of Sport Medicine and Science. Italia. **José Peña Amaro.** Facultad de Medicina y Enfermería. Universidad de Córdoba. España. **Fabio Pigozzi.** University of Rome Foro Italico, President FIMS. Italia. **Per Renström.** Stockholm Center for Sports Trauma Research, Karolinska Institutet. Suecia. **Juan Ribas Serna.** Universidad de Sevilla. España. **Jordi Segura Noguera.** Laboratorio Antidopaje IMIM. Presidente Asociación Mundial de Científicos Antidopajes (WAADS). España. **Giulio Sergio Roi.** Education & Research Department Isokinetic Medical Group. Italia. **Luis Serratos Fernández.** Servicios Médicos Sanitas Real Madrid CF. Madrid. España. **Nicolás Terrados Cepeda.** Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias. Universidad de Oviedo. España. **José Luis Terreros Blanco.** Subdirector Adjunto del Gabinete del Consejo Superior de Deportes. España. **Juan Ramón Valentí Nin.** Universidad de Navarra. España. **José Antonio Villegas García.** Académico de número de la Real Academia de Medicina de Murcia. España. **Mario Zorzoli.** International Cycling Union. Suiza.



UCAM  
UNIVERSIDAD  
CATOLICA DE MURCIA



# Los analizadores portátiles de Lactato\*

## líderes en el mercado

*\*El lactato es un indicador clave del acondicionamiento aeróbico para los deportistas, y un elemento clave para predecir la fatiga muscular y el rendimiento deportivo*



Lactate Pro



LACTATE PLUS



Lactate Scout+

Tiempo medición	15 segundos
Rango medición	0,5-25 mmol/L
Volumen de muestra	0,3 µl
Transmisión datos PC	Próximamente
Pila	Botón - 3V CR2032
Software	Próximamente

Tiempo medición	13 segundos
Rango medición	0,3-25 mmol/L
Volumen de muestra	0,7 µl
Transmisión datos PC	Sí (el cable se vende por separado)
Pila	Botón - 3V DL2450
Software	Lactate Plus - CD incluido con el cable

Tiempo medición	10 segundos
Rango medición	0,5-25 mmol/L
Volumen de muestra	0,2 µl
Transmisión datos PC	Sí (Incorpora chip bluetooth)
Pila	2 baterías de 1.5V AAA/LR03
Software	Lactate Scout Assistant Gratuito

Todos los analizadores portátiles de lactato líderes en el mercado, a la venta en:

# Laktate

[www.laktate.com](http://www.laktate.com) ☎ 619 284 022

# Archivos

## de medicina del deporte

Volumen 33(6) - Núm 176. Noviembre - Diciembre 2016 / November - December 2016

### Sumario / Summary

#### Editorial

**El entrenamiento de fuerza para la optimización del rendimiento y la prevención de lesiones en el fútbol profesional**  
***Strength training for performance optimization and injury prevention in professional football***

Moisés de Hoyo Lora..... 364

#### Originales / Original articles

**Efecto agudo de un protocolo de *Complex Training* sobre la velocidad del lanzamiento de la granada en pentatletas militares**  
***Acute effect of Complex Training protocol on grenade throwing velocity on military pentathletes***

Álvaro C. Huerta Ojeda, Luis J. Chiroso Ríos, Rafael Guisado Barrilao, Ignacio J. Chiroso Ríos, Pablo A. Cáceres Serrano ..... 367

**Perfil antropométrico del gimnasta desde la infancia hasta la madurez deportiva: reporte de 2 casos**  
***Anthropometric profile of gymnast from childhood to maturity sport: report of 2 cases***

Alicia S. Canda.....375

**Confiabilidad del *Senior Fitness Test* versión en español, para población adulta mayor en Tunja-Colombia**  
***Reliability of Senior Fitness Test version in Spanish for older people in Tunja-Colombia***

Elisa A. Cobo-Mejía, Marlene E. Ochoa González, Lida Y. Ruiz Castillo, Deisy M. Vargas Niño, Angélica M. Sáenz Pacheco, Carolina Sandoval-Cuellar ..... 382

**Influence of percentage of 1RM strength test on repetition performance during resistance exercise of upper and lower limbs**  
***Influencia del porcentaje de test de 1RM en el rendimiento durante ejercicios de fuerza de las extremidades superiores e inferiores***

Moacir Marocolo, Isabela Coelho Marocolo, Fernanda Scarelli B. Cunha, Gustavo R. da Mota, Alex Souto Maior .....387

#### Revisiones / Reviews

**MicroRNA circulantes como reguladores de la respuesta molecular al ejercicio en personas sanas**  
***Circulating microRNA as regulators of the molecular response in exercise in healthy people***

Manuel Fernández-Sanjurjo, Diego de Gonzalo-Calvo, Sergio Díez-Robles, Alberto Dávalos, Eduardo Iglesias-Gutiérrez ..... 394

**Marcadores bioquímicos relevantes del proceso de recuperación en fútbol**  
***Relevant biochemical markers of recovery process in soccer***

Diego Marqués-Jiménez, Julio Calleja-González, Iñaki Arratibel, Nicolás Terrados..... 404

Libros / Books ..... 415

Agenda / Agenda ..... 416

Índices año 2016 ..... 421

Revisores 2016 ..... 438

Normas de publicación / Guidelines for authors ..... 439

# El entrenamiento de fuerza para la optimización del rendimiento y la prevención de lesiones en el fútbol profesional

## Strength training for performance optimization and injury prevention in professional football

Moisés de Hoyo Lora

Departamento de Ciencias del Deporte. Sevilla Fútbol Club. Sevilla. España.  
Departamento de Educación Física y Deporte. Universidad de Sevilla. Sevilla. España.

El fútbol es un deporte intermitente caracterizado por acciones de alta intensidad tales como *sprint*, cambios de dirección (COD), saltos, golpees<sup>1</sup>. . . De acuerdo con la literatura, uno de los factores que mayor contribución tiene en el rendimiento de dichas acciones es la fuerza<sup>1</sup>. De esta forma se sugiere que los jugadores de fútbol requieren de altos niveles de fuerza explosiva<sup>1-3</sup>. De hecho, el 83% de los goles son precedidos de una acción de alta intensidad, bien en el propio golpeo o bien en la acción que le antecede<sup>4</sup>. Por otro lado, debemos tener presente que estas acciones de carácter explosivo son, al mismo tiempo, el origen de diferentes lesiones en fútbol<sup>5</sup>. Así, por ejemplo, en un trabajo reciente Walden *et al.*<sup>6</sup> mostraron como en fútbol la mayor parte de las lesiones del ligamento cruzado anterior (ACL) se asociaban a tres acciones típicas tales como: 1) presión; 2) recuperación del equilibrio después de un golpeo; y 3) aterrizaje después de un cambio de dirección. Son muchos los factores que pueden asociarse a una lesión<sup>5</sup>, si bien, los déficits de fuerza han sido propuestos como uno de los principales factores de riesgo a tener presente<sup>7</sup>.

En cuanto a las estrategias de entrenamiento orientadas hacia la mejora de la fuerza explosiva, son diversas las propuestas presentes en la literatura para jugadores de fútbol, tales como entrenamiento contra resistencia<sup>1,8,9</sup>, pliométrico<sup>10,11</sup>, con trineo de arrastre<sup>12,13</sup> o con sobrecarga excéntrica<sup>14,15</sup>. Recientemente, nuestro grupo de trabajo analizó el efecto de tres programas diferentes de entrenamiento de fuerza (*squat* completo [SQ], *sprint* resistido con trineo de arrastre [RS] y pliometría combinada con habilidades técnicas [PLYO]) con carga baja-moderada sobre el *sprint*, el salto y el COD en jugadores de fútbol<sup>16</sup>. Tras 8 semanas de entrenamiento los resultados mostraron una mejora sustancial en el salto y la velocidad entre 30-50 m en los tres grupos de entrenamiento. Adicionalmente, los sujetos incluidos en los grupos SQ y PLYO mostraron una mejora en la prueba de 0-50 m. Además, el grupo SQ también mejoró la capacidad de aceleración en 10-20 m. El análisis entre grupos mostró como el grupo SQ mostró mayores mejoras en 10-20 m que RS y PLYO y 30-50 m que RS<sup>16</sup>.

Debemos tener presente además, como el hecho de combinar distintos métodos de trabajo para el entrenamiento de la fuerza puede tener

efectos beneficiosos sobre el rendimiento en jugadores de fútbol<sup>9,17</sup>. Franco-Márquez *et al.*<sup>17</sup> mostraron como un programa de entrenamiento de fuerza consistente en *squat* con salto, saltos, *sprints*, triple saltos y ejercicios de COD realizados 2 veces por semana en días alternos por un periodo de 6 semanas, supuso una importante mejora en la capacidad de salto y el *sprint* en jóvenes jugadores de fútbol. Estos resultados, aunque relevantes, fueron inferiores a los mostrados por nuestro grupo de trabajo tanto en la capacidad de salto y el *sprint* en un estudio que incluyó la realización de *squat* con cargas que oscilaron entre el 40-55% 1RM (~1,28 to 1,07 m/s), saltos pliométricos, *sprint* resistido con trineo y Yo-Yo isquiotibial (datos propios pendientes de publicación). Estas diferencias entre estudios pueden deberse al efecto adicional generado por dos ejercicios utilizados en nuestro estudio (*sprint* resistido y Yo-Yo *leg curl*). En este sentido, Bachero-Mena y González-Badillo<sup>18</sup> reflejaron una mejora sustancial de la fase inicial del *sprint* (0-30 m) usando un entrenamiento de *sprint* resistido con cargas del 20% del peso corporal (BM) similar a las utilizadas en nuestro estudio. Son diversos los trabajos que han mostrado como el uso de una carga adicional (20-30% BM) aplicada con un trineo de arrastre requiere de un incremento en la aplicación de fuerza horizontal y de las demandas para la producción del impulso horizontal<sup>19</sup>. Esto induce adaptaciones específicas del sistema neuromuscular permitiendo una mayor capacidad para producir fuerza de reacción horizontal (GRF), lo cual podría teóricamente incrementar la capacidad para acelerar<sup>13</sup>.

Respecto al potencial efecto del entrenamiento excéntrico centrado en los músculos isquiotibiales en la mejora de la velocidad, en una reciente revisión, Morin *et al.*<sup>20</sup> indicaron que el componente horizontal de GRF es la clave desde un punto de vista mecánico para mejorar la capacidad de aceleración y, al mismo tiempo, la mejora de ésta podría estar relacionada con la capacidad de generar fuerza excéntrica por la musculatura isquiotibial<sup>21</sup>. Diversos autores han sugerido que durante la parte final de la fase de "*swing*", donde los isquiotibiales son activados desde un punto de vista excéntrico, estos contribuyen a la eficacia mecánica durante el inicio de la fase de apoyo al reducir el tiempo de deceleración en el momento del impacto con el suelo<sup>20</sup>. De acuerdo

**Correspondencia:** Moisés de Hoyo Lora  
E-mail: dehoyolora@us.es

con esto, Askling *et al.*<sup>22</sup>, después de 10 semanas de entrenamiento de la musculatura isquiotibial usando sobrecarga excéntrica con un dispositivo Yo-Yo, observaron un incremento en prueba de 30 m. Estos resultados están en concordancia por los mostrados en nuestro trabajo. Así, es crucial incluir ejercicios focalizados en los isquiotibiales donde se sobrecargue la fase excéntrica para mejorar la capacidad de esprintar.

Centrándonos en la prevención de lesiones, tradicionalmente, los programas de fuerza orientados hacia la reducción del riesgo lesional se han basado en ejercicios donde el estímulo es producido por una carga gravitacional<sup>23</sup>. Sin embargo, la eficacia de esos métodos es limitada fundamentalmente a la fase concéntrica, con poca activación de la fase excéntrica<sup>24</sup>. De acuerdo con el mecanismo lesional de gran parte de los sucesos que ocurren en el deporte en general y el fútbol en particular, los ejercicios donde los músculos son activados durante la fase excéntrica del movimiento son esenciales para el éxito de estos programas<sup>22</sup>. Cabe recordar, que por ejemplo, la lesión de la musculatura del cuádriceps durante la carrera se produce cuando éste se encuentra en su máxima longitud durante el momento temprano de la fase de balanceo<sup>25</sup>. En el caso de los isquiotibiales, las lesiones se producen durante la fase final del balanceo, cuando los isquiotibiales son estirados al preparar el contacto del pie con el suelo<sup>26</sup>. En ambos casos las lesiones ocurren durante una acción de tipo excéntrico<sup>14</sup>. En este sentido, distintos trabajos han mostrado como diferentes programas de entrenamiento excéntrico para cuádriceps e isquiotibiales han reducido el ratio de roturas musculares en fútbol<sup>14,22</sup>. De esta forma, nuestro grupo de trabajo, recientemente publicó un trabajo en el que un programa con sobrecarga excéntrica basado en dos ejercicios con dispositivos YoYo® para cuádriceps (*YoYo squat*) y para isquiotibiales (*YoYo leg curl*), realizado durante 10 semanas en jóvenes jugadores de fútbol, permitió una reducción del número de días de baja tras lesión y un descenso de la incidencia por 1.000 horas de partido<sup>14</sup>.

En conclusión y, atendiendo a la literatura existente, son diversas las estrategias que podemos utilizar para mejorar la fuerza en jugadores de fútbol con un doble objetivo, optimizar el rendimiento y reducir la incidencia de lesiones. No obstante, debemos tener capacidad para integrar diferentes métodos de entrenamiento que permitan cubrir ambos objetivos simultáneamente. De esta forma, entrenamientos complejos que incluyan diferentes métodos parece ser la mejor solución ante la dificultad de encuadrar este tipo de trabajo en una semana de entrenamiento de un equipo profesional de fútbol.

## Bibliografía

- Jullien H, Bisch C, Largouet N, Manouvrier C, Carling CJ, Amiard V. Does a short period of lower limb strength training improve performance in field-based tests of running and agility in young professional soccer players? *J Strength Cond Res.* 2008;22:404-11.
- Ellis L, Gastin P, Lawrence S, Savage B, Buckenridge A, Stapff A, Tumilty D, Quinn A, Woolford S, Young W. Protocols for the physiological assessment of team sports players. In: *Physiological Tests for Elite Athletes*. Ed: Gore CJ. Champaign, IL: *Human Kinetics*, 2000. pp. 128-144.
- Michailidis Y, Fatouros IG, Primpa E, Michailidis C, Avloniti A, Chatziniolaou A, Barbero-Alvarez JC, Tsoukas D, Douroudos II, Draganidis D, Leontsini D, Margonis K, Berberidou F, Kambas A. Plyometrics' trainability in pre-adolescent soccer athletes. *J Strength Cond Res.* 2013;27:38-49.
- Faude O, Koch T, Meyer T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci.* 2012;30:625-31.
- Mendiguchia J, Alentorn-Geli E, Idoate F, Myer GD. Rectus femoris muscle injuries in football: a clinically relevant review of mechanisms of injury, risk factors and preventive strategies. *Br J Sports Med.* 2013;47:359-66.
- Waldén M, Krosshaug T, Bjørneboe J, Andersen TE, Faul O, Häggglund M. Three distinct mechanisms predominate in non-contact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players: a systematic video analysis of 39 cases. *Br J Sports Med.* 2015;49:1452-60.
- Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret JM. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players a prospective study. *Am J Sports Med.* 2008;36:1469-75.
- Chelly MS, Ghenem MA, Abid K, Hermassi S, Tabka Z, Shephard RJ. Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump and sprint performance of soccer players. *J Strength Cond Res.* 2010;24:2670-6.
- López-Segovia M, Palao JM, González-Badillo JJ. Effect of 4 months of training on aerobic power, strength, and acceleration in two under-19 soccer teams. *J Strength Cond Res.* 2010;24:2705-14.
- Ozbar N, Ates S, Agopyan A. The effect of 8-week plyometric training on leg power, jump and sprint performance in female soccer players. *J Strength Cond Res.* 2014;28:2888-94.
- Ramírez-Campillo R, Alvarez C, Henríquez-Olguín C, Baez EB, Martínez C, Andrade DC, Izquierdo M. Effects of plyometric training on endurance and explosive strength performance in competitive middle- and long-distance runners. *J Strength Cond Res.* 2014;28:97-104.
- Zafeiridis A, Saraslanidis P, Manou V, Ioakimidis P, Diplá K, Kellis S. The effects of resisted sled-pulling sprint training on acceleration and maximum speed performance. *J Sports Med Phys Fitness.* 2005;45:284-90.
- Spinks CD, Murphy AJ, Spinks WL, Lockie RG. The effects of resisted sprint training on acceleration performance and kinematics in soccer, rugby union, and Australian football players. *J Strength Cond Res.* 2007;21:77-85.
- de Hoyo M, Pozzo M, Sañudo B, Carrasco L, Gonzalo-Skok O, Domínguez-Cobo S, Morán-Camacho E. Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015;10:46-52.
- de Hoyo M, Sañudo B, Carrasco L, Mateo-Cortes J, Domínguez-Cobo S, Fernandes O, Del Ojo JJ, Gonzalo-Skok O. Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *J Sports Sci.* 2016;34:1380-7.
- de Hoyo M, Gonzalo-Skok O, Sañudo B, Carrasco L, Plaza-Armas JR, Camacho-Candil F, Otero-Esquina C. Comparative Effects of In-Season Full-Back Squat, Resisted Sprint Training, and Plyometric Training on Explosive Performance in U-19 Elite Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2016;30:368-77.
- Franco-Márquez F, Rodríguez-Rosell D, González-Suárez JM, Pareja-Blanco F, Mora-Custodio R, Yañez-García JM, González-Badillo JJ. Effects of Combined Resistance Training and Plyometrics on Physical Performance in Young Soccer Players. *Int J Sports Med.* 2015;36:906-14.
- Bachero-Mena B, González-Badillo JJ. Effects of resisted sprint training on acceleration with three different loads accounting for 5, 12.5, and 20% of body mass. *J Strength Cond Res.* 2014;28:2954-60.
- Kawamori N, Haff GG. The optimal training load for the development of muscular power. *J Strength Cond Res.* 2004;18:675-84.
- Morin JB, Gimenez P, Edouard P, Arnal P, Jiménez-Reyes P, Samozino P, Brughelli M, Mendiguchia J. Sprint Acceleration Mechanics: The Major Role of Hamstrings in Horizontal Force Production. *Front Physiol.* 2015;6:404.
- Bartlett JL, Sumner B, Ellis RG, Kram R. Activity and functions of the human gluteal muscles in walking, running, sprinting, and climbing. *Am J Phys Anthropol.* 2014;153:124-31.
- Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports.* 2003;13:244-50.
- Romero-Rodríguez D, Gual G, Tesch PA. Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study. *Phys Ther Sport.* 2011;12:43-8.
- Norrbbrand L, Pozzo M, Tesch PA. Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110:997-1005.
- Riley PO, Franz J, Dicharry J, Kerrigan DC. Changes in hip joint muscle-tendon lengths with mode of locomotion. *Gait Posture.* 2010;31:279-83.
- Chumanov ES, Heiderscheit BC, Thelen DG. The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *J Biomech.* 2007;40:3555-62.

XXVI International Conference on Sports Rehabilitation and Traumatology

# The Future of Football Medicine

Camp Nou, Barcelona  
13<sup>th</sup> - 15<sup>th</sup> May, 2017



**ISOKINETIC  
MEDICAL  
GROUP**



Hosted by:

**FCBUNIVERSITATIS**  
SPORT INNOVATION HUB

BOOKINGS & INFORMATION  
[conference@isokinetic.com](mailto:conference@isokinetic.com)

[www.FootballMedicineStrategies.com](http://www.FootballMedicineStrategies.com)



# Efecto agudo de un protocolo de *Complex Training* sobre la velocidad del lanzamiento de la granada en pentatletas militares

Álvaro C. Huerta Ojeda<sup>1,2,3,6</sup>, Luis J. Chiroso Ríos<sup>2,3</sup>, Rafael Guisado Barrilao<sup>3,4</sup>, Ignacio J. Chiroso Ríos<sup>2,3</sup>, Pablo A. Cáceres Serrano<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Educación, Universidad de las Américas sede Viña del Mar, Chile. <sup>2</sup>Departamento de Educación Física y Deporte, Universidad de Granada. <sup>3</sup>Grupo de Investigación y Desarrollo en Actividad Física, Salud y Deporte CTS 642, Universidad de Granada. <sup>4</sup>Departamento de Enfermería, Universidad de Granada. <sup>5</sup>Departamento de Psicología, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile. <sup>6</sup>Centro de Capacitación e Investigación Deportiva Alpha Sports, Chile.

**Recibido:** 11.12.2015

**Aceptado:** 02.03.2016

## Resumen

**Introducción:** El *Complex Training* se ha utilizado para lograr la potenciación post-activación (PAP) de las capacidades físicas y, al hacerlo, mejorar el rendimiento deportivo de los atletas. Sin embargo pocos estudios han considerado una activación con intensidades en zonas de potencia.

**Objetivo:** Determinar el efecto agudo de un protocolo de *Complex Training* en *press banca* sobre la velocidad del lanzamiento de la granada en pentatletas militares.

**Método:** Diecinueve pentatletas militares fueron parte del estudio. El estudio tuvo un diseño cuasi experimental intrasujeto. El protocolo de *Complex Training* consistió en: 4 series de 5 repeticiones al 30% de 1RM + 4 repeticiones al 60% de 1RM + 3 lanzamientos de granada separada por 15 segundos. Las variables medidas fueron: velocidad máxima (Vmax) y promedio (Vpro) del lanzamiento de la granada a través de un Radar Gun, las potencias máximas (Pmax) y promedio (V pro) en *press banca* a través de un encoder lineal y concentraciones de lactato [La] post esfuerzo. Para el análisis estadístico se utilizó ANOVA de medias repetidas y para el tamaño del efecto la prueba *Eta Cuadro Parcial*.

**Resultados:** La Vmax, Vpro y Pmax no presentaron modificaciones significativas entre la serie control y las cuatro series experimentales ( $p = 0,90$ ;  $p = 0,94$ ;  $p = 0,06$ ). Sin embargo las Ppro de *press banca* y las [La] sufrieron un descenso significativo ( $p = 0,002$ ;  $p = 0,001$ ).

**Conclusiones:** Los resultados del estudio no mostraron efectos positivos del protocolo de *Complex Training* sobre las velocidades de lanzamiento de la granada en pentatletas militares, por lo tanto no se consiguió PAP en la musculatura involucrada en el lanzamiento del proyectil. También se observó fatiga general y local durante la aplicación del protocolo. Se sugiere seguir indagando las cargas de activación realizando cambios en la intensidad y pausas de las cargas.

## Palabras clave:

*Complex Training*.  
Potenciación post activación.  
Fuerza explosiva.  
Lanzamiento de la granada.

## Acute effect of *Complex Training* protocol on grenade throwing velocity on military pentathletes

### Summary

**Introduction:** Complex Training (CT) has been used to achieve Post-activation Potentiation (PAP) of physical capabilities and, in doing so, improve athletes' sports performance, however few studies have taking into account an activation with intensities in power zones.

**Objective:** To determine the acute effect of Complex Training on bench press on grenade throwing velocity on military pentathletes.

**Method:** Nineteen military pentathletes were part of the study. The study had a quasi-experimental intra-subject design. The Complex Training protocol consisted of 4 sets of 5 repetitions at 30% one Repetition Maximum (1RM) + 4 repetitions at 60% 1RM + 3 grenade throws with a 15-second rest. The measured variables were: maximum velocity and grenade throw average through a Radar Gun, peak power and bench press average through a lineal encoder and post-effort Lactate [La]. For the statistical analysis repeated measures of ANOVA was used, and for the size of the effect an Eta-squared test was used.

**Results:** The maximum velocity, average velocity and peak power did not show significant modifications between the control series and the 4 experimental series ( $p = 0,90$ ;  $p = 0,94$ ;  $p = 0,06$ ). However, the average power of bench press and [La] showed a significant fall ( $p = 0,002$ ;  $p = 0,001$ ).

**Conclusions:** The results of the study did not show effects in Complex Training on maximum and average velocity of grenade throwing in military pentathletes; hence, Post Activation Potentiation was not reached in the muscles involved in the projectile throwing. General and local fatigue was also observed during the application of the protocol. It is recommended to continue researching on activation loads, performing changes in the intensity and pauses of each load.

## Key words:

*Complex Training*.  
Post activation potentiation.  
Explosive strength.  
Grenade throwing.

**Correspondencia:** Álvaro C. Huerta Ojeda  
E-mail: achuertao@yahoo.es

## Introducción

La Potenciación Post Activación (PAP) es un método de entrenamiento que permite incrementar la fuerza muscular de forma natural<sup>1</sup>. La PAP se consigue bajo dos condiciones: por un lado que la señal neural generada por la activación permanezca en la placa motora por unos instantes y no se desvanezca, mientras que por otro, la fatiga muscular generada por la misma activación se disipe lo antes posible<sup>2</sup>. Si la carga de activación es adecuada y el tiempo de pausa es el correcto, el sujeto verá incrementada su capacidad de fuerza explosiva<sup>3</sup>.

Para conseguir PAP se han usado diversos métodos<sup>4,5</sup>, y salvo algunas excepciones<sup>6-8</sup>, en la gran mayoría de los estudios revisados se declararon mejoras significativas en fuerza máxima y fuerza explosiva. Por lo tanto, es esencial definir aún más los métodos que permiten conseguir de forma eficiente PAP en los atletas.

El entrenamiento *Complex Training* es un método ampliamente abordado para la PAP<sup>9</sup>, este tipo de protocolos contempla variaciones en las cargas de trabajo dentro de una sesión de entrenamiento. Es así como el *Complex Training* puede incorporar trabajos de Resistencias Variables dentro de la repetición (elásticos o cadenas), o Resistencias Variables Intra Series (cambio de intensidad dentro de una serie). En la mayoría de las investigaciones consultadas se trabajó con cargas cercanas al 100% de 1RM física<sup>10-15</sup>, pero no se tiene evidencia concluyente acerca de los cambios en la Fuerza Explosiva trabajando en zonas de potencia (desde 0,6 a 0,9 m/s de velocidad en la barra en *press banca*). Tampoco se tiene certeza cómo esta fuerza se incrementa debido a la PAP de la musculatura involucrada en el lanzamiento de la granada en pentatletas militares. De forma paralela, determinar cómo se modifican los niveles de potencias en *press banca* mientras se aplican las cargas de trabajo, es fundamental para lograr el objetivo del estudio, ya que al disminuir las potencias se evidenciaría una desaparición de la PAP.

El objetivo principal del presente estudio fue determinar el efecto agudo de un protocolo de *Complex Training* en *press banca* sobre la velocidad del lanzamiento de la granada en pentatletas militares. El objetivo secundario fue evaluar los indicadores de fatiga local y general en pentatletas militares, estos indicadores fueron las potencias máximas y potencias promedio en *press banca* y las concentraciones de lactato sanguíneos post esfuerzo.

## Material y método

### Aproximación experimental al estudio

En este estudio se trabajó con 19 pentatletas militares hombres. El criterio de inclusión fue la cantidad de años de experiencia en el deporte. Los sujetos tenían un mínimo de dos años practicando Pentatlón Militar. Para la aplicación del protocolo, se utilizó un diseño cuasi experimental intrasujeto, en este estudio se aplicó una serie control y un protocolo de *Complex Training*. Entre la serie control y el protocolo de *Complex Training* hubo 48 horas de separación. Antes de comenzar el estudio, a todos los sujetos se les midió el peso, la talla y los pliegues cutáneos. A todos los participantes de la investigación se les solicitó que se abstuvieran de ingerir cafeína, medicamentos y cualquier sustancia que incrementara el metabolismo durante todo el experimento.

Tabla 1. Característica de la muestra (medias  $\pm$  DS).

Grupo experimental (n=19)	
Edad (años)	24,8 $\pm$ 5,3
Peso (cm)	66,2 $\pm$ 4,8
Estatura (Kg)	172,4 $\pm$ 5,2
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	22,3 $\pm$ 1,2
Porcentaje grasa	11,4 $\pm$ 2,5

IMC: Índice de Masa Corporal; DS: desviación estándar.

## Sujetos

Diecinueve pentatletas militares pertenecientes a la Armada de Chile (edad: 24,8  $\pm$  5,3 años; peso: 66,2  $\pm$  4,8 Kg; estatura 172,4  $\pm$  5,2 cm, Índice Masa Corporal: 22,3  $\pm$  1,2 Kg/m<sup>2</sup>; porcentaje grasa: 11,4  $\pm$  2,5%) (Tabla 1) fueron parte del estudio. Todos los deportistas y entrenadores fueron informados del objetivo del estudio y de los posibles riesgos del experimento, todos firmaron un consentimiento informado antes de la aplicación de los protocolos. El consentimiento informado y el estudio fueron aprobados por el Comité de Investigación Humana de la Universidad de Granada, España (registro número 933).

## Instrumentos

Para la caracterización de la muestra, el peso y la estatura se midieron con la Balanza y Estadiómetro HEALTH O METER PROFESSIONAL®. Los pliegues cutáneos se midieron con un calíper F.A.G.A.®. Los pliegues cutáneos medidos para determinar el porcentaje grasa fueron el Bíceps, Tríceps, Subescapular y Supra Espinal utilizando el método de Durnin & Womersley (1974)<sup>16</sup>.

## Calentamiento estandarizado

Para la evaluación de una Repetición Máxima (1RM), la serie control y el protocolo de *Complex Training*, el calentamiento estandarizado consistió en 10 minutos de trote, de éstos los primeros cinco minutos fueron libres y los otros con movimientos balísticos de la extremidad superior (flexiones, extensiones, aducciones y abducciones de hombro).

## Baseline

Para la evaluación de 1RM en *press banca* se utilizó un Encoder Lineal CHRONO JUMP® y el software CHRONOJUMP Versión 1.4.6.0®. La evaluación de 1RM se realizó de forma indirecta a través de la fórmula propuesta por Sánchez-Medina et al. (2010)<sup>17</sup>. 24 horas posteriores a la evaluación de 1RM se evaluó una serie control, consistente en cuatro repeticiones al 60% de 1RM en *press banca*. Lo anterior tuvo por finalidad verificar la velocidad vertical de la barra de cada deportista determinando las Potencias máximas (Pmax) y Potencias promedio (Pmed) en *press banca*<sup>18</sup>. Además, y también como *baseline*, se evaluó una serie de tres lanzamientos de granada separados por 15 s, considerándose para el análisis la velocidad máxima del mejor de los tres lanzamientos (Vmax) y el promedio de las velocidades máximas de los tres lanzamientos de la

**Figura 1. Protocolo experimental de *Complex Training* en *press banca*.**

Semana 1	Semana 2	
Jueves	Lunes	Miércoles
Repetición máxima <i>Press Banca</i> (día 1)	Serie control (día 2)	Protocolo experimental (día 3)
Test Incremental	Serie control: *1x4 al 60% 1RM	Serie experimental: *4 series *1x5 al 30% 1RM *1x4 al 60% 1RM
	3 lanzamientos de granada	3 lanzamientos de granada
	Medición de lactato (mmol/L)	Medición de lactato (mmol/L)

1RM: 1 repetición máxima; mmol/L: milimoles por litro.

lanzamiento de granada<sup>19</sup>. Esta plataforma posee un ancho de 2 m y un largo de 3 m, acá los participantes podían usar toda el área para tomar impulso, mientras que la evaluación de las velocidades de lanzamiento se realizó desde el extremo posterior de dicha plataforma (3 m).

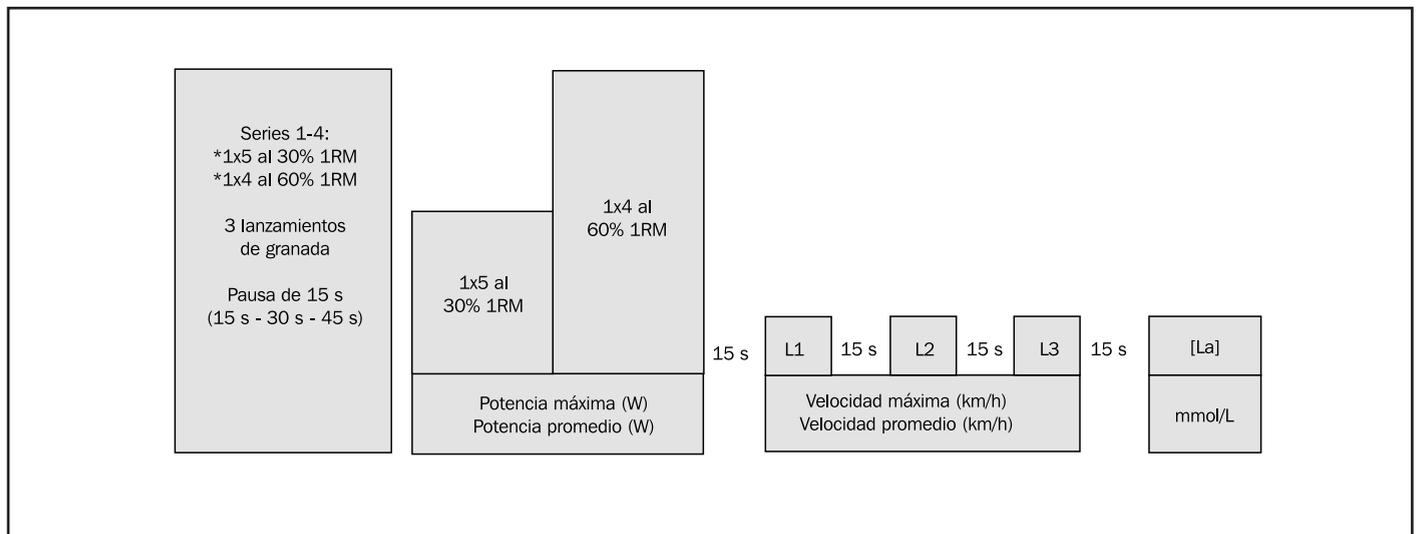
Por último, también como *baseline*, se evaluaron las concentraciones de lactato [La]. Esta medición se realizó 15 s posteriores al término de los tres lanzamientos de la serie control y de las cuatro series experimentales. Las [La] se evaluaron con el medidor h/p/Cosmos Sirius® que genera una detección enzimática-amperométrica de lactato con una precisión de ± 3% (Figura 1).

**Tratamiento**

El protocolo de activación con *Complex Training* consistió en: 4 series de 5 repeticiones al 30% de 1RM + 4 repeticiones al 60% de 1RM + 3 lanzamientos de granada con pausa de 15 segundos. Entre cada una de las series del protocolo experimental hubo una pausa de 2 min, esta pausa comprendió el lapso entre la medición de lactato y el comienzo de la siguiente serie en *press banca*. Es importante mencionar que, entre la ejecución de las cinco repeticiones al 30% de 1RM y las cuatro repeticiones al 60% de 1RM hubo una "pausa" de 5 s, ésta permitía a los investigadores aumentar la carga en la barra conforme las individualidades de los participantes (Figura 2).

Durante la aplicación del protocolo de *Complex Training* en *press banca*, se monitoreó la velocidad vertical de la barra en las cargas livianas (30% de 1RM) y cargas pesadas (60% de 1RM) de cada serie, dicho análisis permitió verificar la aparición de fatiga durante el desarrollo de la intervención. También se midieron todas las velocidades de lanzamientos de la granada (3 lanzamientos por serie), esta evaluación permitió determinar la aparición de PAP. Por último, al término de cada serie, se evaluaron las [La], esto tuvo por finalidad verificar la aparición de fatiga general e inferir la predominancia energética durante la aplicación del protocolo de *Complex Training*.

**Figura 2. Diseño del protocolo experimental con *Complex Training*.**



1RM: 1 repetición máxima; s: segundo; L1: primer lanzamiento de granada; L2: segundo lanzamiento de granada; L3: tercer lanzamiento de granada; W: Watts; Km/h: kilómetros por hora; [La]: concentraciones de lactato; mmol/L: milimoles por litro.

### Análisis estadístico

Los datos se analizaron de la siguiente manera y orden: las variables de Vmax y Vpro del lanzamiento de la granada, Pmax y Ppro en *press banca* y las [La] tanto de la serie control (Línea de Base) como para las cuatro series experimentales del protocolo de *Complex Training* fueron sometidos al test de normalidad Kolmogorov-Smirnov (K-S). Una ANOVA de medias repetidas fue utilizada para analizar las diferencias entre la serie control y las cuatro series del protocolo de *Complex Training*. El tamaño del efecto (TE) para este análisis se calculó utilizando la prueba Eta Cuadrado Parcial.

Para el análisis *post hoc* de todas las variables evaluadas, se aplicó una *t* de Student. Con la prueba *t* de Student se compararon la serie control versus serie experimental 1 (Par 1), serie control versus serie experimental 2 (Par 2), serie control versus serie experimental 3 (Par 3) y serie control versus serie experimental 4 (Par 4). El TE para este análisis se calculó utilizando la prueba *d* de Cohen. Este análisis considera un efecto insignificante ( $d < 0,2$ ), pequeño ( $d = 0,2$  hasta  $0,6$ ), moderado ( $d = 0,6$  a  $1,2$ ), grande ( $d = 1,2$  a  $2,0$ ) o muy grande ( $d > 2,0$ ). El nivel de significancia para todos los análisis estadísticos fue de  $p < 0,05$ . El análisis de datos se realizó con el software GRAPHPAD INSTAT Versión 3.05®.

### Resultados

Aplicada la prueba ANOVA de medias repetidas, las Vmax del lanzamiento de la granada no presentaron cambios significativos entre la serie control y las cuatro series experimentales ( $p = 0,90$ ; TE =  $0,014$ ), de igual forma la Vpro no evidenció cambios significativo ( $p = 0,94$ ; TE  $0,061$ ); las progresiones y los cambios de las series están reportados en la Tabla 2 y Figura 3. En el análisis *post hoc*, al aplicar la *t* de Student entre la serie control y las cuatro series experimentales, tanto la Vmax como la Vpro del lanzamiento de la granada, no mostraron cambios significativos en ninguno de los pares analizados. Los resultados de todos los pares analizados a través de la prueba *t* de Student están expuestos en la Tabla 3.

El análisis a través de la prueba ANOVA de medias repetidas de las Pmax del *press banca* entre la serie control y las cuatro series experimentales, no presentaron cambios significativo ( $p = 0,06$ ; TE =  $0,115$ ) (Tabla 2 y Figura 4). Sin embargo, en el análisis *post hoc*, tres de los cuatro los pares analizados a través de la prueba *t* de Student mostraron descensos significativos en las Pmax de *press banca*. Los resultados de todos los pares analizados a través de la prueba *t* de Student están expuestos en la

**Tabla 2. Resultados (medias ± DS) de potenciación post activación a través de *Complex Training* en *press banca* para la serie control y las cuatro series experimentales.**

Variables	Serie control Medias ± DS	Serie 1 Medias ± DS	Serie 2 Medias ± DS	Serie 3 Medias ± DS	Serie 4 Medias ± DS	ANOVA p	ETA cuadrado parcial
Velocidad máxima (Km/h)	62,6±7,4	62,1±6,1	62,1±7,5	61,8±7,6	61,8±8,7	0,90	0,014
Velocidad promedio (Km/h)	61,0±7,2	60,4±6,2	60,2±7,0	59,7±7,6	59,0±8,0	0,94	0,061
Potencia máxima (W)	579,7±53,2	555,9±59,0	558,3±50,8	538,4±80,4	550,1±75,7	0,06	0,115
Potencia promedio (W)	367,9±47,8	331,5±46,0	339,1±44,4	317,4±67,2	330,1±53,7	0,002*	0,198
Concentraciones de lactato (mmol/L)	1,85±0,31	2,09±0,39	2,13±0,38	2,07±0,32	2,16±0,31	0,001*	0,219

DS: desviación estándar; Km/h: kilómetros por hora; W: (watts); mmol/L: milimoles por litro. \*  $p < 0,01$ .

**Tabla 3. Análisis *post hoc* de la velocidad máxima y promedio en el lanzamiento de la granada después de la potenciación post activación (PAP) a través de un *Complex Training* entre la serie control y las cuatro series experimentales.**

Condiciones de contraste (Serie control - Series)	Velocidad máxima de lanzamiento				Velocidad promedio de lanzamiento			
	Serie control	Serie	Prueba <i>t</i> Students	Prueba <i>d</i> de Cohen	Serie control	Serie	Prueba <i>t</i> Students	Prueba <i>d</i> de Cohen
	Medias ± DS	Medias ± DS	p		Medias ± DS	Medias ± DS	p	
Par 1 (Km/h)	Serie control 62,6±7,4	Serie 1 62,1±6,1	0,61	0,576	Serie control 61,0±7,2	Serie 1 60,4±6,2	0,52	0,504
Par 2 (Km/h)	Serie control 62,6±7,4	Serie 2 62,1±7,5	0,62	0,523	Serie control 61,0±7,2	Serie 2 60,2±7,0	0,45	0,505
Par 3 (Km/h)	Serie control 62,6±7,4	Serie 3 61,8±7,6	0,53	0,561	Serie control 61,0±7,2	Serie 3 59,7±7,6	0,32	0,565
Par 4 (Km/h)	Serie control 62,6±7,4	Serie 4 61,8±8,7	0,47	0,536	Serie control 61,0±7,2	Serie 4 59,0±8,0	0,13	0,654

Km/h: kilómetros por hora; DS: desviación estándar.

Figura 3. Delta de velocidad máxima y promedio entre serie control y cuatro series experimentales.

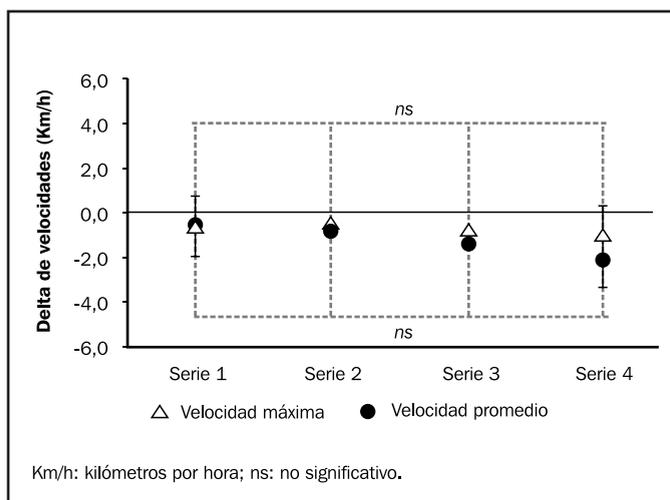


Figura 4. Delta de potencias máximas y promedio entre serie control y cuatro series experimentales.

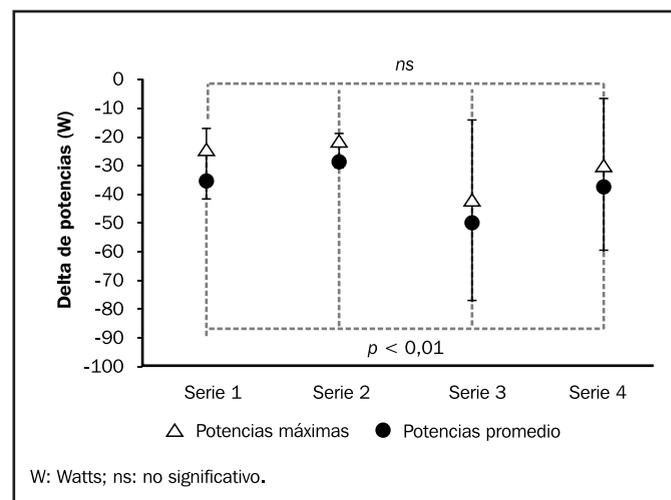


Tabla 4. Análisis *post hoc* de las potencias máximas y promedio en *press banca* entre la serie control y las cuatro series experimentales durante la aplicación de un protocolo de potenciación post activación.

Condiciones de contraste (Serie control-Series)	Potencia máxima en <i>press banca</i>				Potencia promedio en <i>press banca</i>			
	Serie control Medias ± DS	Serie Medias ± DS	Prueba t Students p	Prueba d de Cohen	Serie control Medias ± DS	Serie Medias ± DS	Prueba t Students p	Prueba d de Cohen
Par 1 (W)	Serie control 579,7 ± 53,2	Serie 1 555,9 ± 59,0	0,08	0,424	Serie control 367,9 ± 47,8	Serie 1 331,5 ± 46,0	0,001**	0,776
Par 2 (W)	Serie control 579,7 ± 53,2	Serie 2 558,3 ± 50,8	0,02*	0,411	Serie control 367,9 ± 47,8	Serie 2 339,1 ± 44,4	0,001**	0,624
Par 3 (W)	Serie control 579,7 ± 53,2	Serie 3 538,4 ± 80,4	0,02*	0,619	Serie control 367,9 ± 47,8	Serie 3 317,4 ± 67,2	0,01*	0,878
Par 4 (W)	Serie control 579,7 ± 53,2	Serie 4 550,1 ± 75,7	0,04*	0,459	Serie control 367,9 ± 47,8	Serie 4 330,1 ± 53,7	0,004**	0,745

W: Watts; DS: desviación estándar; \* p < 0,05; \*\* p < 0,01.

Tabla 4. De forma paralela, las Ppro evidenciaron un descenso significativo entre la serie control y las cuatro series experimentales (p = 0,002; TE = 0,198) (Tabla 2 y Figura 4). En el análisis *post hoc* para esta variable, al aplicar la t de Student entre la serie control y las cuatro series experimentales en *press banca*, todos los pares analizados mostraron descensos significativos. Los resultados de todos los pares analizados a través de la prueba t de Student están expuestos en la Tabla 4.

Aplicada la prueba ANOVA de medias repetidas para las [La] entre la serie control y las cuatro series experimentales, se observaron incrementos significativo en esta variable (p = 0,001; TE = 0,219) (Tabla 2 y Figura 5). En el análisis *post hoc* para esta variable, todos los pares analizados mostraron incrementos significativos (Tabla 5).

## Discusión

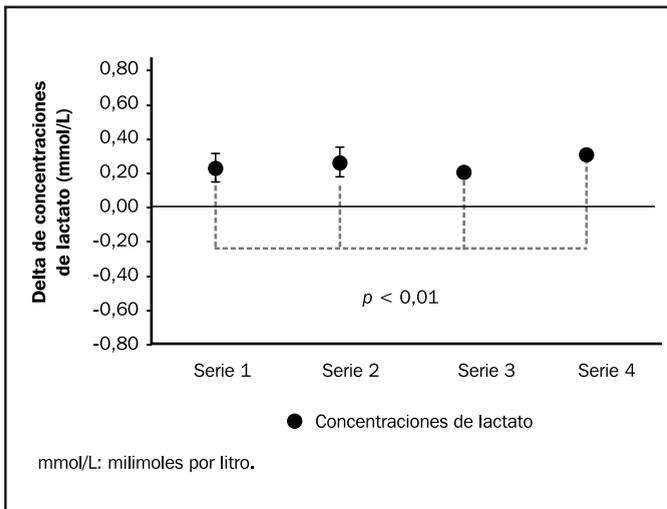
En relación al objetivo principal del estudio, los resultados no mostraron efectos agudos del protocolo de *Complex Training* en *press banca* sobre las Vmax y Vpro del lanzamiento de la granada en pentatletas militares. Dichos resultados no permite asegurar una PAP de la musculatura involucrada en el lanzamiento de la granada. Pese a que las variables mencionadas no presentaron modificaciones significativas entre la serie control y las cuatro series experimentales, son numerosos los autores que han evidenciado diferencias significativas en la velocidad de lanzamiento<sup>20-24</sup>, pero la gran mayoría de los investigadores aplicaron protocolos con resistencia constante<sup>23,24</sup>. También es importante

**Tabla 5. Análisis post hoc de las concentraciones de lactato entre la serie control y las cuatro series experimentales durante la aplicación de un protocolo de potenciación post activación.**

Condiciones de contraste (Serie control- Series) Medias ± DS	Concentraciones de lactato			
	Serie control Medias ± DS	Serie p	Prueba t-Students	Prueba d de Cohen
Par 1 (mmol/L)	Serie control 1,85 ± 0,31	Serie 1 2,09 ± 0,39	0,03*	-0,680
Par 2 (mmol/L)	Serie control 1,85 ± 0,31	Serie 2 2,13 ± 0,38	0,01*	-0,793
Par 3 (mmol/L)	Serie control 1,85 ± 0,31	Serie 3 2,07 ± 0,32	0,02*	-0,693
Par 4 (mmol/L)	Serie control 1,85 ± 0,31	Serie 4 2,16 ± 0,31	0,005**	-1,006

mmol/L: milimoles por litro; DS: desviación estándar; \* p <0,05; \*\* p <0,01.

**Figura 5. Delta de las concentraciones de lactato entre serie control y cuatro series experimentales.**



analizar, que varios estudios consultados no presentaron aumentos significativos en la velocidad de lanzamiento<sup>7,22,25</sup>. Es así como, al igual que el presente estudio, Gómez-Navarrete *et al.* (2011)<sup>7</sup>, no evidenciaron PAP al aplicar un entrenamiento en base a métodos combinados (4 series de 3RM en *press banca* con pausa de 4 minutos + 4 series de 5 lanzamientos de balón medicinal [5 Kg] + 3 lanzamientos de balón de handball), ellos mostraron un descenso significativo en la Pmax y la curva de fuerza posterior a la activación (p < 0,05). Sin embargo, algunas investigaciones han reportado cambios significativos posteriores a la aplicación de protocolos basados en *Complex Training*; cabe mencionar, que estos estudios se han centrado en acciones motrices distintas a lanzar, por lo tanto el segmento corporal trabajado también difiere del presente estudio. Es así como Okuno *et al.* (2013)<sup>26</sup>, buscaron PAP para la extremidad inferior, encontrando aumento significativo en la velocidad de desplazamiento (p = 0,01) (30 m con un cambio de dirección en 15

m) posterior a una activación con cargas incrementales (1 x 5 al 50% de 1RM + 1 x 3 al 70% de 1RM + 5 x 1 al 90% de 1RM). Por otro lado, Walker *et al.* (2010)<sup>15</sup>, observaron los efectos crónicos del *Complex Training* en la PAP y los índices de fatiga, encontrando un aumento significativo en los niveles de potencia medidos a través de test *Squat Jump* (p < 0,05), pero también un aumento significativo en la fatiga muscular posterior a la activación (p < 0,05). Consecuencia de lo anterior, es necesario seguir explorando con protocolos de *Complex Training*, ya que esta metodología de trabajo, al parecer, es una buena herramienta de activación para conseguir PAP en la fuerza explosiva muscular.

En relación al objetivo secundario del estudio, las Pmax no sufrieron cambios significativos (p = 0,06; TE = 0,115), no obstante, las Ppro en *press banca* evidenciaron un descenso significativo entre la serie control y las cuatro series experimentales (p = 0,002; TE = 0,198). En este sentido Marques *et al.* (2007)<sup>27</sup>, relacionaron la velocidad de la barra, la Pmax y la Ppro en *press banca* con la velocidad de lanzamiento, desafortunadamente en este experimento no se consideró la PAP como una variable de estudio. Junto con la medición de las potencias, en el desarrollo de este estudio se incluyó la medición de las concentraciones de lactato en sangre post esfuerzo. Al comienzo de la presente investigación se especuló que la presencia de fatiga general podría provocar la disipación de las señales neurales en la placa motora, disminuyendo las posibilidades de desencadenar PAP. Fue así como, los resultados estadísticos evidenciaron cambios significativos en las [La] (p < 0,001; TE = 0,219). Pese a que la medición de las [La] post esfuerzo en este tipo de estímulos no permite determinar de forma concreta una fatiga general de los participantes del estudio, nos concede un antecedente que junto a las potencias en *press banca*, permiten identificar una tendencia acerca de los acontecimientos intracelulares y neurales durante la aplicación del tratamiento, por lo tanto, además de los indicadores indirectos de fatiga muscular y general expuestos, también se deberían incluir otros indicadores como el Factor de Crecimiento Insulínico-I o IGF Proteína de Unión-3<sup>28</sup>. En relación a la misma variable, West *et al.* (2014)<sup>29</sup> evidenciaron un aumento en las [La] terminada la ejecución del ejercicio (p < 0,0001). De igual manera, Cadore *et al.* (2013)<sup>30</sup> informaron un aumento significativo en

las [La] posterior a la carga de trabajo. Al parecer, tanto en este estudio como en las investigaciones consultadas, ha existido un incremento significativo en las concentraciones de lactato post esfuerzo. Lo anterior puede señalar dos situaciones; la primera, que las cargas de trabajo empleadas modifican un indicador de metabolismo glucolítico durante el desarrollo de los protocolos experimentales, lo que conlleva a una fatiga general en los participantes de los estudios; y la segunda, que una posible alternativa para controlar de mejor manera esta variable, sería aumentar las pausas entre las series y con esto permitir que las cargas de activación desencadenen una PAP en la musculatura estimulada.

Nuestra hipótesis de trabajo se basó en el hecho que las intensidades a un 60% de 1RM permitirían reclutar las fibras rápidas (IIX) debido a la velocidad de movimiento en *press banca*. Además, ese porcentaje de trabajo evitaría la aparición de fatiga local y general. Por lo tanto, en base a lo anterior, especulamos que al término de la activación a través del protocolo de *Complex Training* conseguiríamos un aumento en las velocidades de lanzamiento. Desafortunadamente, no logramos ese aumento, más aún, las Ppro en *press banca* descendieron y aumentaron de forma significativa entre la serie control y las cuatro series experimentales.

## Conclusión

Al finalizar la investigación se puede concluir lo siguiente: aplicado el protocolo de *Complex Training*, no se logró generar PAP sobre la velocidad del lanzamiento de la granada en pentatletas militares. Además, la utilización del protocolo de *Complex Training* provocó fatiga general y local en los participantes del estudio. Consecuencia de lo anterior, es necesario seguir explorando aún más los protocolos de *Complex Training* para conseguir PAP en la velocidad de lanzamiento en pentatletas militares. Quizás una buena forma sería aumentar hasta un 70% de 1RM la activación en *press banca* o aumentar 1 o 2 series de trabajo.

## Aplicaciones prácticas

Desde el punto de vista práctico, en este estudio el protocolo de *Complex Training* no incrementó los niveles de velocidad de lanzamiento de la granada y generó fatiga en los participantes del estudio. Sin embargo, este tipo de protocolos de activación podría ser probado con algunas modificaciones, dentro de ellas se sugiere el incremento en la intensidad de trabajo, un aumento de la pausa o una disminución en el número de repeticiones por serie. También sería importante incluir la medición de la distancia del lanzamiento de la granada, ya que ésta es la variable usada como indicador de rendimiento en el Pentatlón Militar; sin embargo, dicho parámetro está sujeto a un componente técnico que puede bajar la confiabilidad del estudio. Por otro lado, este tipo de protocolos de baja intensidad (inferior al 70% de 1RM), que se basan en altas velocidades de movimiento, deberían aplicarse en los periodos específicos de una curva de entrenamiento, donde la aplicación de la fuerza máxima conseguida en el período básico en una acción gestual específica del deporte es fundamental. Por último, según los hallazgos encontrados en este estudio, no se consiguió PAP en una fase aguda, pero no se tiene la certeza que este tipo de cargas

pueda generar adaptaciones a largo plazo. Por tal razón se debe seguir investigando al respecto.

## Bibliografía

- Sale D. Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exerc Sport Sci Res*. 2002;30(3):138-43.
- Tillin MN, Bishop D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Med*. 2009;39(2):147-66.
- Sale D. Postactivation potentiation: Role in performance. *Br J Sports Med*. 2004;38(4):386-7.
- Naclerio F, Faigenbaum AD, Larumbe-Zabala E, Ratamess NA, Kang J, Friedman P, et al. Effectiveness of different postactivation potentiation protocols with and without whole body vibration on jumping performance in college athletes. *J Strength Cond Res*. 2014;28(1):232-9.
- Talpey SW, Young WB, Saunders N. The acute effects of conventional, complex, and contrast protocols on lower-body power. *J Strength Cond Res*. 2014;28(2):361-6.
- Batista MA, Roschel H, Barroso R, Ugrinowitsch C, Tricoli V. Influence of strength training background on postactivation potentiation response. *J Strength Cond Res*. 2011;25(9):2496-502.
- Gómez-Navarrete JS, Solana RS, Horrillo JMG, Murillo DB. Influencia aguda de la aplicación de un tratamiento de fuerza basado en el método de contrastes combinado, sobre la precisión y la velocidad del lanzamiento en balonmano. E-balonmano.com: *Rev Int Cienc Deporte*. 2011;7(1):5-16.
- Lim JJ, Kong PW. Effects of isometric and dynamic postactivation potentiation protocols on maximal sprint performance. *J Strength Cond Res*. 2013;27(10):2730-6.
- Wilson JM, Duncan NM, Marin PJ, Brown LE, Loenneke JP, Wilson SM, et al. Meta-analysis of postactivation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *J Strength Cond Res*. 2013;27(3):854-9.
- Bellar DM, Muller MD, Barkley JE, Kim CH, Ida K, Ryan EJ, et al. The effects of combined elastic- and free-weight tension vs. free-weight tension on one-repetition maximum strength in the bench press. *J Strength Cond Res*. 2011;25(2):459-63.
- García-Lopez D, Herrero AJ, Gonzalez-Calvo G, Rhea MR, Marin PJ. Influence of "in series" elastic resistance on muscular performance during a biceps-curl set on the cable machine. *J Strength Cond Res*. 2010;24(9):2449-55.
- Shoepf T, Ramirez D, Rovetti R, Kohler D, Almstedt H. The effects of 24 weeks of resistance training with simultaneous elastic and free weight loading on muscular performance of novice lifters. *J Hum Kinet*. 2011;29:93-106.
- Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(8):1582-98.
- Iglesias E, Boullousa DA, Dopico X, Carballeira E. Analysis of factors that influence the maximum number of repetitions in two upper-body resistance exercises: Curl biceps and bench press. *J Strength Cond Res*. 2010;24(6):1566-72.
- Walker S, Ahtiainen J, Häkkinen K. Acute neuromuscular and hormonal responses during contrast loading: Effect of 11 weeks of contrast training. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20(2):226-34.
- Durnin J, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr*. 1974;32(1):77-97.
- Sanchez-Medina L, Perez C, Gonzalez-Badillo J. Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med*. 2010;31(2):123-29.
- Bautista JJ, Chiroso JJ, Chiroso LJ, Martín I, González A, Robertson RJ. Development and validity of a scale of perception of velocity in resistance exercise. *J Sport Sci Med*. 2014;13:542-9.
- International Military Sports Council. Military pentathlon regulations. (Consultado 15/02/2016). Disponible en: [http://www.militarypentathlon.org/public/milpent/index.php?option=com\\_phocadownload&view=sections&Itemid=54](http://www.militarypentathlon.org/public/milpent/index.php?option=com_phocadownload&view=sections&Itemid=54). Updated 2015.
- Ramos R, Requena B, Suarez-Arrones L, Newton RU, Saez de Villarreal E. Effects of 18-week in-season heavy-resistance and power training on throwing velocity, strength, jumping, and maximal sprint swim performance of elite male water polo players. *J Strength Cond Res*. 2014;28(4):1007-14.
- van den Tillaar R, Marques MC. Effect of different training workload on overhead throwing performance with different weighted balls. *J Strength Cond Res*. 2013;27(5):1196-201.
- Marques M, Saavedra F, Abrantes C, Aida F. Associations between rate of force development metrics and throwing velocity in elite team handball players: A short research report. *J Hum Kinet*. 2011;29(Special Issue):53-7.