

Efecto agudo de *Complex Training* en *press banca* sobre la distancia del lanzamiento de la granada

Acute effect of a Complex Training over grenade throwing distance

Álvaro Cristian Huerta Ojeda,^{I,II,III,VII,VIII} Luis Javier Chiroso Ríos,^{II,III} Rafael Guisado Barrilao,^{III,IV} Ignacio Javier Chiroso Ríos,^{II,III} Pablo Andrés Cáceres Serrano,^V Sergio Andrés Galdames Maliqueo^{VI,VII,VIII}

I Universidad de las Américas sede Viña del Mar, Chile.

II Departamento de Educación Física y Deporte, Universidad de Granada, España.

III Grupo de Investigación y Desarrollo en Actividad Física, Salud y Deporte CTS 642, Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Granada, España.

IV Universidad de Granada, España.

V Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

VI Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Chile.

VII Centro de Capacitación e Investigación Deportiva Alpha Sports, Chile.

VIII Grupo de Investigación en Salud, Actividad Física y Deportes ISAFYD, Universidad de Las Américas sede Viña del Mar, Chile.

RESUMEN

Objetivo: determinar el efecto agudo de un *Complex Training* en *press banca* sobre el lanzamiento de la granada en pentatletas militares profesionales y aficionados.

Métodos: diecinueve pentatletas militares divididos en dos grupos fueron parte del estudio. Las variables medidas fueron: distancia máxima del lanzamiento de la granada y potencias máximas en *press banca*. El protocolo consistió en: 4 series de 5 repeticiones al 30 % de una repetición máxima, más 4 repeticiones al 60 % de una repetición máxima, más 3 lanzamientos de granada con pausa de 15 segundos. Para el análisis estadístico se utilizó ANOVA de medias.

Resultados: la distancia máxima del lanzamiento de la granada presentó un aumento significativo entre la Serie Control y las cuatro series experimentales para el Grupo Profesional ($p=0,0019$, tamaño del efecto = 0,370) y un descenso significativo en el Grupo Aficionado ($p=0,0128$, tamaño del efecto = 0,305); las

potencias máximas en *press banca* no sufrieron modificaciones significativas en ambos grupo (Grupo Profesional $p= 0,15$, tamaño del efecto= $0,166$; Grupo Aficionado $p= 0,17$, tamaño del efecto= $0,199$).

Conclusión: el efecto agudo positivo del *Complex Training* fue atribuido a la Potenciación Posactivación de la musculatura involucrada en el lanzamiento. El descenso significativo en el lanzamiento de la granada observado en el Grupo Aficionado fue atribuido a la imposibilidad de sintetizar ATP posesfuerzo, lo que indujo una fatiga muscular.

Palabras clave: *Complex Training*; potenciación posactivación; fuerza Explosiva; lanzamiento de la granada; fatiga posesfuerzo.

ABSTRACT

Purpose: Determining the acute effect of a Complex Training in bench press over grenade throwing in professional and amateur military pentathletes.

Methods: Nineteen military pentathletes divided into two groups were part of the study (Professional Group = 10 and Amateur Group = 9). Variables measured were: Distance maximum in grenade throwing and peak power in bench press. Complex Training protocol consisted of: 4 sets of 5 repetitions at 30 % of one repetition maximum + 4 repetitions at 60 % of one repetition maximum + 3 grenade throws with a 15-second rest. For the statistical analysis, repeated measures ANOVA was used, the effect size was estimated with Eta Partial Squared.

Results: Distance maximum of grenade throwing showed a significant increase between the Control Set and the four experimental sets for the Professional Group ($p = 0.0019$, effect size = 0.370) and a significant decrease in the Amateur Group ($p = 0.0128$, effect size = 0.305); peak power in bench press did not suffer significant modifications in both groups (Professional Group $p = 0.15$, effect size = 0.166 ; Amateur Group $p = 0.17$, effect size = 0.199).

Conclusions: The results of the study showed a positive acute effect from Complex Training on the distance of grenade throwing only for professional military pentathletes, such effect was attributed to a Post-Activation Potentiation of the muscles involved in throwing. The significant decline in grenade throwing observed in the amateur military pentathletes was attributed to the impossibility of synthesizing ATP post-workout.

Key word: Complex Training; post-activation potentiation; explosive strength; grenade throwing; post-effort fatigue.

INTRODUCCIÓN

Uno de los cinco eventos del Pentatlón Militar es el lanzamiento de la granada, éste tiene por característica central el uso de la fuerza explosiva en todo su desarrollo. Encontrar protocolos que mejoren la fuerza explosiva en el lanzamiento de la granada es una de las tareas que poseen los entrenadores de esta disciplina deportiva. Métodos modernos de entrenamiento como la Potenciación Posactivación (PAP), permiten aumentar la fuerza explosiva de forma natural en una fase aguda,¹

y por tanto podrían ser utilizados para mejorar el rendimiento deportivo en esta prueba.

Para conseguir PAP, el ejecutante debe llevar a cabo una acción motriz, contracción muscular que denominaremos protocolo de activación. Este estímulo lleva a dos situaciones contradictorias, por un lado, se produce una depleción en los niveles de ATP posesfuerzo; mientras que, por otro, se genera una activación del Sistema Nervioso Central que perdura por algunos segundos en la placa motora (tiempo aún no definido ni estandarizado). El cruce de ambos —siempre y cuando la recuperación sea más rápida que el desvanecimiento de la señal neural— lleva a una PAP de la musculatura estimulada.^{1,2}

Son variadas las cargas de activación que se han probado para conseguir PAP, estas van desde contracciones musculares isométricas³ hasta fuerza máxima dinámica.⁴ Pese a esta amplia gama de cargas usadas, la mayoría de los estudios consultados se centran en intensidades de activación que van desde un 80 % a 100 % de 1 RM.⁴⁻⁸ Aún quedan sin investigar intensidades que permitan conseguir PAP en zonas de potencia (desde 0,6 m/s a 0,9 m/s de velocidad vertical de la barra).

De forma paralela a las intensidades usadas en los estudios, también es importante definir el protocolo para la aplicación de estas intensidades. Actualmente, métodos modernos de entrenamiento están siendo utilizados para conseguir PAP en los deportistas. En este sentido, los entrenamientos con *Complex Training* tienen un rol protagónico en diversos estudios.^{4,5} Los *Complex Training* corresponden a un amplio espectro de metodologías que varían la intensidad de la carga dentro de la sesión de entrenamiento; es así como existen protocolos de *Complex Training* que usan intensidad ascendente en la sesión de entrenamiento⁹ y otros que ocupan intensidades máximas de activación¹⁰ para conseguir PAP. No existen estudios de *Complex Training* en zonas de potencia con intensidad ascendente dentro de la serie (primera mitad de la serie con carga al 30 % de 1 RM y la segunda mitad de la serie al 60 % de 1 RM). Este tipo de *Complex Training* permitiría activar el Sistema Nervioso Central con la intensidad baja (30 % de 1 RM), activaría el músculo con la intensidad alta (60 % de 1 RM) y generaría PAP en la musculatura estimulada, lo que desencadenaría un incremento del rendimiento deportivo de los atletas.²

Sin embargo, no existe la certeza que el protocolo de *Complex Training* en zonas de potencia, con intensidad ascendente dentro de la serie, genere PAP en la musculatura activada, más aún si este tipo de protocolo es aplicado en sujetos aficionados. Por tanto, conocer el comportamiento de la fuerza explosiva en zonas de potencia en sujetos profesionales y aficionados a través de un *Complex Training*, permitiría validar los métodos de entrenamientos utilizados y de esta forma aumentar el rendimiento deportivo.

El objetivo principal del presente estudio fue determinar el efecto agudo de un *Complex Training* en *press banca* sobre la distancia del lanzamiento de la granada en pentatletas militares profesionales y aficionados. El objetivo secundario fue determinar los índices de fatiga en pentatletas militares profesionales y aficionados, estos indicadores corresponden a las variaciones de potencias máximas en *press banca* durante la aplicación del *Complex Training*.

MÉTODOS

APROXIMACIÓN EXPERIMENTAL AL ESTUDIO

En este estudio se trabajó con 19 sujetos hombres divididos en dos grupos. El primero de ellos, definido como Grupo Profesional (GP) estuvo constituido por 10 sujetos ($n=10$), mientras que el segundo, fue definido como Grupo Aficionado (GA) y fue constituido por nueve sujetos ($n=9$). Los criterios de inclusión para definir a los grupos fue la cantidad de horas de entrenamiento semanal. Los sujetos del GP tenían un mínimo de 30 horas de entrenamiento semanal, mientras que los sujetos pertenecientes al GA no superaban las 12 horas semanales. Para la aplicación del protocolo, se utilizó un diseño cuasi experimental intra sujeto. En este estudio se aplicó una Serie Control (Baseline) y un protocolo de *Complex Training* para ambos grupos (cuatro series experimentales). 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.

Sujetos

Diecinueve pentatletas militares pertenecientes a la Armada de Chile (GP: edad: $28,5 \pm 4,8$ años, peso: $66,2 \pm 2,8$ Kg, estatura $171,4 \pm 3,7$ cm, IMC: $22,6 \pm 1,2$ Kg/m², porcentaje grasa: $11,3 \pm 2,9$ %. GA: edad: $20,8 \pm 1,6$ años, peso: $66,2 \pm 6,5$ Kg, estatura $173,6 \pm 6,5$ cm, IMC: $21,9 \pm 1,2$ Kg/m², porcentaje grasa: $11,5 \pm 2,0$ %) 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 del protocolo. 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 caliper F.A.G.A.[®] Los pliegues cutáneos medidos para determinar el porcentaje grasa fueron el bíceps, tríceps, subescapular y supraespal mediantes el método de Durnin & Womersley (1974).¹¹

Calentamiento estandarizado

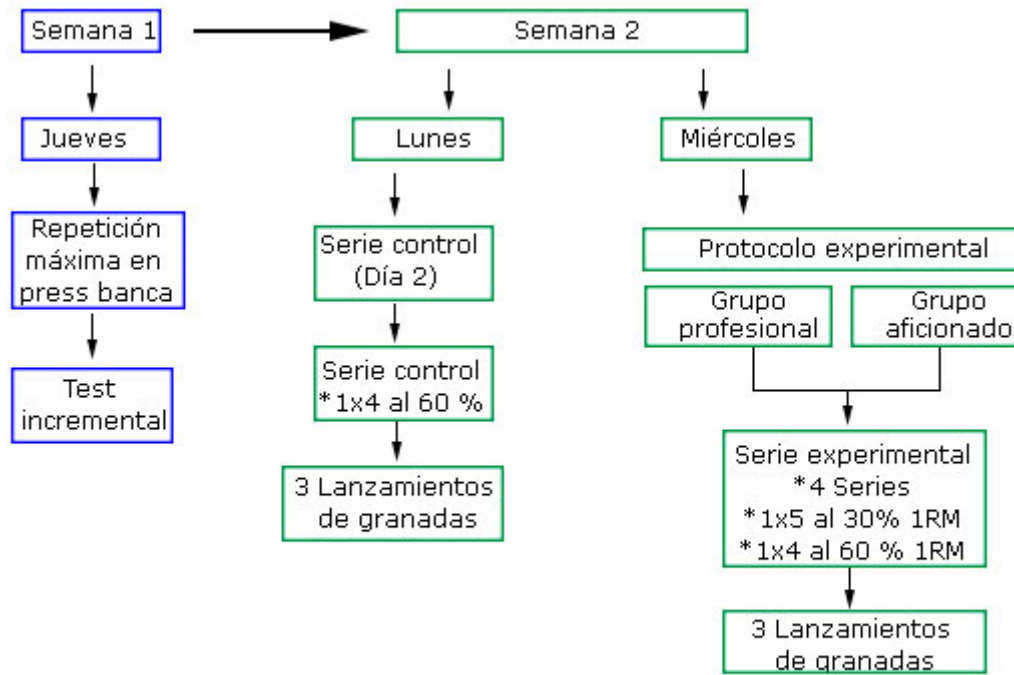
Para la evaluación de una Repetición Máxima (1 RM), la Serie Control y el protocolo de *Complex Training*, el calentamiento estandarizado consistió en 10 minutos de trote, de éstos los primeros cinco minutos fueron libres y los otros con movimientos balísticos de la extremidad superior (flexiones, extensiones,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

Baseline

Para la evaluación de 1 RM en *press banca* se utilizó un Encoder Lineal Chrono Jump[®] y el software chronojump Versión 1.4.6.0[®]. La evaluación de 1 RM se realizó de forma indirecta a través de la fórmula propuesta por Sanchez-Medina y otros.¹² Veinticuatro horas posteriores a la evaluación de 1 RM, se valoró una Serie Control; esta consistía en cuatro repeticiones al 60 % de 1 RM en *press banca*. Lo anterior

tuvo por finalidad verificar la velocidad vertical de la barra de cada deportista¹³ determinando las Potencias máximas ($P_{m\acute{a}x}$)⁷ en *press banca*. Además, se evaluaron 3 lanzamientos de granada (proyectil de 575 gm) mediante una cinta métrica metálica de 60 m. Para el análisis se utilizó el mejor de los tres lanzamientos por serie ($D_{m\acute{a}x}$).

Tratamiento. La sesión de intervención con *Complex Training* consistió en: 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1 RM + 4 repeticiones al 60 % de 1 RM + 3 lanzamientos de granada con pausa de 15 segundos. El tiempo de recuperación entre cada serie de 2 minutos (Fig. 1, 2, 3).



1 RM (una repetición máxima)

Fig. 1. Protocolo experimental de Compleet Training en press banca 1RM

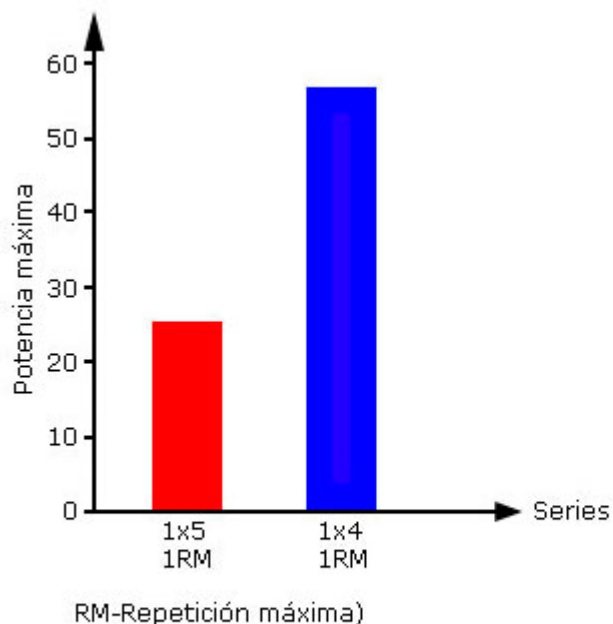


Fig. 2. Diseño de potencia máxima en sesión experimental con *Complex Trainig*.

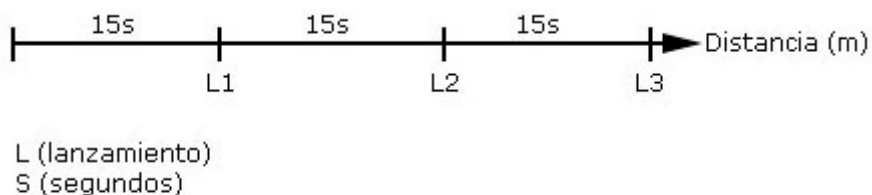


Fig. 3. Diseño de distancia en sesión experimental con *Complex trainig*.

Durante el protocolo de *Complex Training* en *press banca*, se monitoreó la velocidad vertical de la barra en las cargas livianas (30 % de 1 RM) y cargas pesadas (60 % de 1 RM) de cada serie, dicho análisis permitió verificar la aparición de fatiga durante el desarrollo de la intervención. También se midieron todos los lanzamientos de granada (3 lanzamientos por serie), esta evaluación permitió determinar la aparición de PAP durante el experimento.

Los datos se analizaron estadísticamente de la siguiente manera y orden: las variables de $D_{máx}$ del lanzamiento de la granada y $P_{máx}$ en *press banca* por serie, 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 *Complex Training* tanto para el GP como para el GA. El tamaño del efecto (TE) para este análisis se calculó utilizando la prueba Eta Cuadrado Parcial.

Para el análisis Post hoc, se aplicó una t de Student en aquellas variables que se evidenciaron diferencias significativas a través de la prueba ANOVA medias repetidas. 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 tamaño del efecto 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 ($d > 2.0$).

Para comparar el comportamiento de las variables durante la Serie Control y la aplicación del protocolo de *Complex Training*, se aplicó una t de Student. Con la prueba t de Student se compararon la Serie Control (SCT-Student), Serie Experimental 1 (SE1 t-Student), Serie Experimental 2 (SE2t-Student), Serie Experimental 3 (SE3t-Student) y Serie Experimental 4 (SE4 t-Student) entre el GP y el GA tanto para la Dmáx del lanzamiento de la granada como para la Pmáx en *press banca*. El tamaño del efecto 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, la Dmáx del lanzamiento de la granada presentó un aumento significativo entre la Serie Control y las cuatro series experimentales sólo para el GP ($p = 0,0019$, $TE = 0,370$). En el Grupo Aficionado se observó un descenso significativo en la Dmáx ($p = 0,0128$, $TE = 0,305$). Las progresiones y los cambios de las series están reportados en la tabla 1. En el análisis Post hoc, al aplicar la prueba t de Student entre la Serie Control y las cuatro series experimentales para la Dmáx del lanzamiento de la granada se pudo observar lo siguiente: el GP mostró aumentos significativos en dos de los cuatro pares analizados (par 2 y par 4). De forma paralela, el GA mostró descensos significativos en el primer par analizado (par 1).

Tabla 1. Resultados (medias \pm DS) de Potenciación Post Activación (PAP) a través de un *Complex Training* en *press banca*

Variables	Serie Control	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4
	Media \pm DS	Media \pm DS	Media \pm DS	Media \pm DS	Media \pm DS
Dmáx GP (m)	40,69 \pm 6,0	39,08 \pm 4,8	41,55 \pm 5,5	41,62 \pm 5,6	42,11 \pm 5,9
Dmáx GA (m)	36,19 \pm 6,8	33,96 \pm 7,3	34,14 \pm 6,1	33,64 \pm 6,6	31,37 \pm 7,1
Pmáx GP (W)	583,9 \pm 54,4	542,0 \pm 64,6	561,1 \pm 49,6	544,0 \pm 67,6	567,1 \pm 55,8
Pmáx GA (W)	575,1 \pm 54,7	571,4 \pm 51,1	555,3 \pm 55,0	532,1 \pm 96,5	531,2 \pm 93,0

Dmáx (distancia máxima); GP (grupo profesional); GA (grupo aficionado); Pmáx (potencia máxima); DS (desviación standard); m (metros); W (Watts); ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$.

Los resultados de todos los pares analizados a través de la prueba t de Student están expuestos en la tabla 2. Al analizar las Pmáx en *press banca* a través de la prueba ANOVA de medias repetidas, se pudo observar que tanto el GP como el GA,

no presentaron cambios significativos en esta variable (GP $p= 0,15$, TE= 0,166; GA $p= 0,17$, TE= 0,199). Las progresiones y los cambios de las series están reportados en la tabla 1. En el siguiente análisis, al comparar de forma pareada tanto la Serie Control como las cuatro series experimentales entre ambos grupos, se observaron diferencias significativas en la Dmáx del lanzamiento de la Granada en todos los pares analizados, sólo la Serie Control no mostró diferencias significativas. Las progresiones y cambios de las series están reportados en la tabla 3. En el mismo análisis, tanto la Serie Control como las cuatro series experimentales en *press banca*, no presentaron diferencias significativas en las Pmáx. Las progresiones y cambios de las series están reportados en la tabla 3.

Tabla 2. Análisis Post hoc de Dmáx en el GP y GA posterior al protocolo de *Complex Training*.

Grupo Profesional				
Condición de Contraste (Serie Control – Serie)	Serie Control	Serie	Student's t-test	Cohen's d
	Medias ± DS	Medias ± DS	p	
Par 1 (Dmáx) m	SC 40,69 ± 6,0	S1 36,19 ± 6,8	0,07	0,297
Par 2 (Dmáx) m	SC 40,69 ± 6,0	S2 41,55 ± 5,5	0,0101*	0,843
Par 3 (Dmáx) m	SC 40,69 ± 6,0	S3 41,62 ± 5,6	0,26	-0,150
Par 4 (Dmáx) m	SC 40,69 ± 6,0	S4 42,11 ± 5,9	0,0106*	1,317
Grupo Aficionado				
Condición de Contraste (Serie Control – Serie)	Serie Control	Serie	Student's t-test	Cohen's d
	Medias ± DS	Medias ± DS	p	
Par 1 (Dmáx) m	SC 36,19 ± 6,8	S1 33,96 ± 7,3	0,0195*	0,310
Par 2 (Dmáx) m	SC 36,19 ± 6,8	S2 34,14 ± 6,1	0,29	-0,509
Par 3 (Dmáx) m	SC 36,19 ± 6,8	S3 33,64 ± 6,6	0,25	0,310
Par 4 (Dmáx) m	SC 36,19 ± 6,8	S4 31,37 ± 7,1	0,75	0,144
GP (grupo profesional); GA (grupo aficionado); Dmáx (distancia máxima); m (metros); SC (Serie Control); S1 (Serie 1); S2 (Serie 2); S3 (Serie 3); S4 (Serie 4); DS (desviación estándar); * $p<0,05$.				

Tabla 3. Comparación entre el GP y GA para la Dmáx y Pmáx, antes y después de la aplicación del protocolo de *Complex Training*.

Dmáx (m)				
Condición de Contraste (Serie Control - Serie)	Medias ± DS	Medias ± DS	Student's t-test	Cohen's d
			p	
	GP	GA		
Serie Control	40,69 ± 6,0	36,19 ± 6,8	0,05	0,704
Serie Experimental 1	39,08 ± 4,8	33,96 ± 7,3	0,0101*	0,843
Serie Experimental 2	41,55 ± 5,5	34,14 ± 6,1	0,0220*	1,270
Serie Experimental 3	41,62 ± 5,6	33,64 ± 6,6	0,0106*	1,317
Serie Experimental 4	42,11 ± 5,9	31,37 ± 7,1	0,0022**	0,1656
GP (grupo profesional); GA (grupo aficionado); Dmáx (distancia máxima); m (metros); DS (desviación estándar); * p<0,05; ** p<0,01.				
Pmáx (W)				
Condición de Contraste (Serie Control - Serie)	Medias ± DS	Medias ± DS	Student's t-test	Cohen's d
			p	
	GP	GA		
Serie Control	583,9 ± 54,4	575,1 ± 54,7	0,72	0,163
Serie Experimental 1	542,0 ± 64,6	571,4 ± 51,1	0,29	-0,509
Serie Experimental 2	561,1 ± 49,6	555,3 ± 55,0	0,60	0,112
Serie Experimental 3	544,0 ± 67,6	532,1 ± 96,5	0,75	0,144
Serie Experimental 4	567,1 ± 55,8	531,2 ± 93,0	0,31	0,482
GP (grupo profesional); GA (grupo aficionado); Pmáx (potencia máxima); W (Watts); DS (desviación estándar).				

DISCUSIÓN

En relación con el primer objetivo del estudio, los resultados de la ANOVA de medias repetidas mostraron un efecto agudo positivo del *Complex Training* sobre la distancia máxima de la granada en pentatletas militares profesionales, dicho efecto positivo fue atribuido a la PAP de la musculatura involucrada en el lanzamiento, lo anterior se asocia a una mayor fosforilación de las cadenas livianas de miosina muscular.¹ También es importante mencionar que la PAP evidenciada en el GP se basa en las horas de entrenamiento semanal, estas 30 horas de trabajo semanal son fundamentales para un éxito de los protocolos de PAP, ya que permiten disipar la fatiga muscular antes que el estímulo neural se desvanezca de la placa motora. En el grupo de pentatletas militares aficionados, se observó un descenso significativo en las distancias máximas del lanzamiento de la granada entre la serie control y las cuatro series experimentales, dicho descenso fue atribuido a una prevalencia de fatiga en la musculatura involucrada en el lanzamiento de la

granada luego de la aplicación del protocolo de *Complex Training* en *press banca*¹. Esta baja capacidad de recuperación presentada por el GA se asocia a la baja cantidad de horas de entrenamiento semanal al compararlo con el GP (10 horas de entrenamiento semanal).

La evidencia científica en relación al *Complex Training* es contradictoria, por un lado, *Gómez-Navarrete* y otros,⁵ no evidenciaron PAP al aplicar un protocolo de *Complex Training* (4 series de 3 RM en *press banca* con pausa de 4 minutos + 4 series de 5 lanzamientos de balón medicinal [5 Kg] + 3 lanzamientos de balón de handball), los investigadores mostraron un descenso significativo en la potencia máxima y la curva de fuerza posterior a la aplicación del protocolo ($p < 0,05$). Por otro lado, *Walker* y otros⁷ observaron los efectos crónicos del *Complex Training* en la fuerza activa, ellos encontraron un aumento significativo en la fuerza ($p < 0,05$) posterior a la aplicación del protocolo ($p < 0,05$). Es importante mencionar que el aumento significativo en la distancia máxima del lanzamiento de la granada en el GP entre la serie control y las cuatro series experimentales ($D_{\text{máx}} p = 0,0019$, $TE = 0,370$), fue apoyado por algunos estudios que encontraron diferencias significativas en la distancia de lanzamiento.¹⁴ Por otro lado, antes de la aplicación del protocolo de *Complex Training*, se especulaba que los sujetos con bajo nivel de entrenamiento no eran capaces de conseguir PAP, en ellos existía una prevalencia de la fatiga sobre la PAP. Lo anterior quedó reflejado en un descenso significativo en la distancia máxima del lanzamiento de la granada entre la serie control y las cuatro series experimentales en el GA ($D_{\text{máx}} p = 0,0128$, $TE = 0,305$). Por último, la mayoría de la evidencia científica en esta área se ha centrado en la velocidad de lanzamiento^{5,15-17}, esta evidencia permite respaldar los hallazgos encontrados tanto en el GP como en el GA, ya que la distancia de lanzamiento de la granada para el GP fue atribuible a una PAP, mientras que el descenso en la distancia de lanzamiento de la granada para el GA fue atribuible a una fatiga muscular que afectó de forma directa a los grupos musculares involucrados en el lanzamiento de la granada.

En relación al segundo objetivo del estudio, los resultados de la ANOVA de medias repetidas no mostraron cambios significativos en las potencias máximas en *press banca* para ambos grupos (GP $p = 0,15$, $TE = 0,166$; GA $p = 0,17$, $TE = 0,199$). En similitud al presente estudio, *Marques* y otros (2007)¹⁸ relacionaron la velocidad de la barra, la potencia máxima y potencia promedio con el lanzamiento en handball, pero ellos no usaron protocolos de *Complex Training* para conseguir PAP. Por otro lado, *Walker* y otros (2010)⁷ observaron los efectos crónicos del *Complex Training* sobre los índices de fatiga, estos investigadores encontraron un aumento significativo en los indicadores de fatiga muscular ($p < 0,05$). No obstante, pese a que las $P_{\text{máx}}$ en *press banca* no se vieron afectadas durante la realización del protocolo de *Complex Training*, por la simpleza de este tipo de variables, no se pudo determinar de forma concreta una fatiga local y/o general de los participantes del estudio, pero si estos antecedentes nos conceden un indicio que permite 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 concentraciones de Lactato sanguíneo post esfuerzo, el Factor de Crecimiento Insulínico-I o IGF Proteína de Unión-3¹⁹.

En conclusión, la aplicación de un protocolo de *Complex Training* generó un incremento en la fuerza explosiva consecuencia de una PAP de la musculatura involucrada en el lanzamiento de la granada en pentatletas militares profesionales, aumentando así el rendimiento deportivo. De forma más específica, dicha PAP se evidenció en el aumento significativo de la distancia máxima de lanzamiento. A consecuencia de lo anterior, se sugiere trabajar con 4 series de 5 repeticiones al 30 % de 1 RM + 4 repeticiones al 60 % de 1 RM + 3 lanzamientos de granada

separados por 15 segundos, ya que al parecer ser una alternativa válida para desarrollar la fuerza explosiva de la extremidad superior.

Desde el punto de vista práctico, se recomienda trabajar con protocolos de *Complex Training*, ya que es una buena alternativa para incrementar los niveles de fuerza explosiva de la extremidad superior. De forma paralela, conseguir un incremento entre 2 y 3.5 % en la distancia del lanzamiento de la granada puede definir la ubicación de los atletas en los campeonatos de Pentatlón Militar. No obstante, este tipo de estímulos no se recomienda para todos los deportistas, ya que un bajo nivel de entrenamiento puede llevar a que los protocolos desencadenen fatiga muscular debido a la baja síntesis de ATP intracelular. Por último, se sugiere que este tipo de protocolos sean aplicados en la fase específica de la curva de entrenamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sale DG. Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev.* 2002;30(3):138-43.
2. Sale DG. Postactivation potentiation: Role in performance. *Br J Sports Med.* 2004;38(4):386-7.
3. Arabatzi F, Patikas D, Zafeiridis A, Giavroudis K, Kannas T, Gourgoulis V, et al. The post-activation potentiation effect on squat jump performance: Age and sex effect. *Pediatr Exerc Sci.* 2014;26(2):187-94.
4. Okuno N, Tricoli V, Silva S, Bertuzzi R, Moreira A, Kiss M. Postactivation potentiation on repeated-sprint ability in elite handball players. *J Strength Cond Res.* 2013;27(3):662-8.
5. Gómez-Navarrete J, Solana R, Horrillo J, Murillo D. 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. *Ebm Recide.* 2011;7(1):5-16.
6. Shoepe 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.
7. 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.
8. Argus C, Gill N, Keogh J, McGuigan M, Hopkins W. Effects of two contrast training programs on jump performance in rugby union players during a competition phase. *Int J Sport Physiol.* 2012;7(1):68-75.
9. Hirayama K. Acute effects of an ascending intensity squat protocol on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 2014;28(5):1284-8.
10. Talpey S, Young W, Saunders N. The acute effects of conventional, complex, and contrast protocols on lower-body power. *J Strength Cond Res.* 2014;28(2):361-6.

11. 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(01):77-97.
12. Sanchez-Medina L, Perez C, Gonzalez-Badillo J. Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int J Sports Med.* 2010;31(2):123-9.
13. Bautista I, Chiroso I, Chiroso L, Martín I, González A, Robertson R. Development and validity of a scale of perception of velocity in resistance exercise. *J Sport Sci Med.* 2014;13:542-9.
14. Zaras N, Spengos K, Methenitis S, Papadopoulos C, Karampatsos G, Georgiadis G, et al. Effects of strength vs. ballistic-power training on throwing performance. *J Sport Sci Med.* 2013;12(1):130.
15. Ramos R, Requena B, Suarez-Arrones L, Newton R, 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.
16. van den Tillaar R, Marques M. Effect of different training workload on overhead throwing performance with different weighted balls. *J Strength Cond Res.* 2013;27(5):1196-201.
17. Hermassi S, Chelly M, Fathloun M, Shephard R. The effect of heavy- vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *J Strength Cond Res.* 2010;24(9):2408-18.
18. Marques M, van den Tillaar R, Vescovi J, González-Badillo J. Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *Int J Sport Physiol.* 2007;2(4):414-22.
19. Meckel Y, Nemet D, Bar-Sela S, Radom-Aizik S, Cooper D, Sagiv M, et al. Hormonal and inflammatory responses to different types of sprint interval training. *J Strength Cond Res.* 2011;25(8):2161-9.

Fecha de entrada: 23 de julio de 2016.

Fecha de aprobación: 23 de septiembre de 2016.

Álvaro Cristian Huerta Ojeda. Universidad de las Américas sede Viña del Mar, Chile.
Correo electrónico: achuertao@yahoo.es