



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Efectos de la estrategia de post-activación fisiológica en el rendimiento muscular de adultos jóvenes no deportistas.

Autor:

Gabriel Andrés Gil.

Trabajo final integrador.

Cohorte 2015.

Director:

Adrián Casas.

Secretaría de Posgrado

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación

Especialización en Programación y Evaluación del Ejercicio



RESUMEN

Objetivo. 1) Se comparó los efectos que produce administrar distintos tiempos de recuperación, sobre el rendimiento muscular luego de ejecutar un ejercicio con cargas elevadas en adultos jóvenes no deportistas; 2) se determinó el tiempo óptimo de recuperación para obtener mejoras en el rendimiento muscular (PAP) luego de ejecutar un ejercicio con cargas elevadas; y 3) se examinó la relación entre la fuerza dinámica máxima y el rendimiento muscular luego de ejecutar un ejercicio con cargas elevadas. **Materiales y métodos.** Dieciséis sujetos masculinos físicamente activos que entrenaban la fuerza sistemáticamente [Media (Dt): Edad 25,7 (5,3); Talla 176,3 (6,6); Peso corporal 76,8 (8,7)] fueron divididos al azar en dos grupos, Grupo Control (GC n=8) y Grupo Experimental (GE n=8). Luego de un acondicionamiento previo estandarizado ambos grupos realizaron un CMJ bajo condición experimental de no activación (CMJ Inicial) en una alfombra de contacto. A continuación, y seguido de una recuperación de 10 min el GC fue evaluado en el CMJ a los 15-seg, 2, 3 y 4-min (CMJ Post-test), mientras que el GE realizó un estímulo de activación, que consistió en 3 series de 3 repeticiones de MS con una carga del 85% de 1 repetición máxima (85% 1RM), e inmediatamente después de la última serie se aplicó el mismo protocolo de CMJ que el GC, bajo condición experimental de post-activación (CMJ Post-activación). Se tomó como variable de rendimiento la altura de salto (H[cm]) y el pico de potencia (PP[w]) para cada condición. **Resultados.** Los resultados indicaron que, en la comparación por pares de las condiciones de CMJ evaluadas en el GC, no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en las variables H y PP en ningún momento. En cambio, en el GE se observaron mejoras estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en el CMJ 4-min post-activación respecto del CMJ Inicial (2 cm - 5,4% y 101 w - 3%) y del CMJ 15-seg post-activación (3,3 cm 8,4% y 171,1 w 5%). **Conclusión.** Los resultados de este estudio sugieren que un tiempo de recuperación de 4-min, tras la realización de un ejercicio con cargas elevadas ($> 85\%$ 1RM) para los miembros inferiores, podría tener efectos positivos significativos ($p < 0,05$) sobre el rendimiento de un ejercicio polimétrico para la misma zona del cuerpo en adultos jóvenes no deportistas. Sin embargo, los mayores valores de PAP se obtuvieron en los sujetos de menor fuerza absoluta.



AGRADECIMIENTOS

Para comenzar deseo expresar mi agradecimiento al director de la Especialización en Programación y Evaluación del Ejercicio, Dr. Adrián Casas, por su orientación y atención a mis consultas.

Extiendo mi agradecimiento a mi querida Universidad Nacional de la Plata por ser parte importante de mi formación como profesional.

También, le quiero expresar mi gratitud al Gimnasio Vida de la ciudad de La Plata y a mis alumnos de la sala de musculación por su participación desinteresada en el estudio, así como por la confianza mostrada al incorporar a su entrenamiento diario sesiones extras de evaluación y entrenamiento.

Finalmente agradezco a mi familia, a mis padres y hermanos, y en especial agradezco a mi novia, por su paciencia y comprensión.



INDICE

	Página
Abreviaturas	5
I. INTRODUCCION	6
II. MATERIALES Y METODOS	9
II.1. Objetivos	9
II.2. Diseño experimental	9
II.3. Participantes	9
II.4. Procedimientos	10
II.5. Análisis estadístico	14
III. RESUSLTADOS	15
IV. DISCUSION	21
V. APLICACIONES PRACTICAS	23
VI. CONCLUSION	24
VII.BIBLIOGRAFIA	25



Abreviaturas

CMJ: Salto con contramiviemento.

EA: Estimulo de activación.

GC: Grupo control.

GE: Grupo experimental.

H: Altura de salto.

PAP: Potenciación post activación.

PP: Pico de potencia.

MS: Media sentadilla:

1RM: 1 repetición máxima



I. Introducción

La fuerza es un componente esencial para el rendimiento de cualquier ser humano y su desarrollo formal no puede ser olvidado en la preparación de los deportistas (Siff & Verkhoshansky, 2004)

Como nos dice Tous (2005), la fuerza es un medio sumamente útil en los deportes de equipo, ya sea para reducir el número de lesiones sufridas por los jugadores, como para mejorar las diferentes acciones específicas de dichos deportes como el lanzamiento en hándbol o el salto de aproximación en vóley.

Siguiendo a (González Badillo & Ribas Serna, 2002), la fuerza en el deporte, puede definirse como la manifestación externa (fuerza aplicada) que se hace de la tensión interna generada en el músculo. El entrenamiento llevado a cabo para el desarrollo de esta cualidad está en función del tipo de sollicitación de fuerza que se requiera en la especialidad deportiva practicada.

De todas las manifestaciones de la fuerza, quizás la más perseguida por todos los deportistas es la mejora de la fuerza explosiva. En numerosos deportes y acciones deportivas, el rendimiento está, en gran medida, determinado por el nivel de fuerza explosiva (Güllich y Schmidtbleicher, 1996).

La Fuerza explosiva es el resultado de la relación entre la fuerza producida (manifestada o aplicada) y el tiempo necesario para ello (González Badillo & Ribas Serna, 2002).

Esta manifestación de la fuerza puede entrenarse en forma efectiva mediante el uso de diversos métodos. Uno de los métodos que ha ganado popularidad en los últimos años, como un medio de preparación especial de la fuerza, cuyo objetivo es mejorar el rendimiento en los ejercicios específicos de cada deporte, es el entrenamiento complejo. El cual siguiendo a Ebben (2002), combina entrenamiento con pesas y ejercicios pliométricos.

Este método, por lo general implica la realización de un ejercicio con cargas elevadas antes de ejecutar un ejercicio pliométrico con exigencias biomecánicas similares (Docherty & Hodgson, 2007). Esencialmente, el entrenamiento complejo implica emparejar un ejercicio de



fuerza con uno de potencia. Por ejemplo, el atleta puede realizar una sentadilla con cargas elevadas seguido por un salto con contramovimiento.

Los efectos de este método se basan en el principio de potenciación post activación (PAP), que se refiere al fenómeno por el cual las características de la contracción muscular mejoran considerablemente gracias al efecto de un ejercicio previo (Robbins, 2007; Tillin, 2009).

Estas mejoras se asocian a la fosforilación de las cadenas ligeras regulatorias de la miosina, durante una contracción voluntaria máxima, lo que permite que la interacción actina-miosina sea más sensibles al Ca^{2+} en una contracción posterior.(Hamada, Sale, MacDougall, & Tarnopolsky, 2000). También se lo ha vinculado con el incremento en el reclutamiento de unidades motoras de alto orden(Chiu et al., 2003; Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005)

Como concluye Robbins (2007), se ha postulado que es posible mejorar el rendimiento en movimientos explosivos si estos son precedidos por ejercicios de sobrecarga de alta intensidad. Por lo tanto, si se utiliza efectivamente, la PAP puede ser implementada en un programa de entrenamiento de la fuerza explosiva, para realzar el rendimiento de un ejercicio pliométrico.

Matthews, O'Conchuir, & Comfort, (2009), sugieren que se necesitan cargas elevadas para obtener un efecto de potenciación, por lo que se deben usar cargas cercanas al 85% de 1RM para facilitar aumentos de potencia a corto plazo.

Sin embargo, cuando se aplica el estímulo desencadenante de la potenciación, al mismo tiempo este estímulo también provoca fatiga (Rassier & MacIntosh, 2000). Considerando que la potenciación y la fatiga son el resultado de una activación previa, es razonable suponer que ambos procesos, puede coexistir durante y después de la estimulación. Se define la coexistencia de la potenciación y la fatiga como aquella situación en la cual las causas y consecuencias subyacentes de la potenciación y la fatiga están presentes simultáneamente en un momento dado (Hodgson et al., 2005).

Por su parte Sale (2002), menciona que la fatiga se disipa más rápidamente que la potenciación o dicho de otro modo la fatiga se recupera antes de que la potenciación decaiga



excediendo de este modo el rendimiento contráctil obtenido previamente. El equilibrio entre la PAP y la fatiga producida por la actividad condicionante, determinara el efecto neto sobre el rendimiento en el ejercicio o actividad explosiva subsiguiente (Tillin, 2009).

Por lo tanto, la estrategia utilizada en relación a la duración del tiempo de descanso es esencial para los efectos de la PAP, con el fin de evitar que cualquier efecto de la potenciación sea enmascarado por la fatiga. Habrá que determinar adecuadamente la longitud de la pausa de recuperación luego de la actividad condicionante, y encontrar lo que Robbins, (2007) denomina, tiempo óptimo de recuperación o ventana de la PAP.

Un tiempo de recuperación adecuado antes de la ejecución del ejercicio polimétrico, provocara que la fatiga se disipe antes que la potenciación, produciéndose así un aumento temporal del rendimiento muscular.

Aunque muchos estudios han investigado directamente diferentes tiempos de recuperación para identificar qué duración es más eficaz, no ha habido un acuerdo uniforme entre los investigadores. Con estudios que informan períodos de recuperación que van desde 0 A 18,5 minutos (Bevan et al., 2010; Jensen & Ebben, 2003; Kilduff et al., 2007, 2008; Radcliffe & Radcliffe, 1996; Young, Warren B, Jenner, Andrew, & Griffiths, Kerrin, 1998).

De este modo, el propósito de este trabajo es comparar el efecto de la longitud del tiempo de recuperación, sobre el rendimiento explosivo de los miembros inferiores, según lo medido durante saltos con contramovimiento (CMJ), luego de la ejecución de tres series de medias sentadilla (MS) dinámicas (concéntrica) con cargas asociadas a la fuerza máxima (> 85% 1RM), en adultos jóvenes que realizan actividad física recreativa, pero que entrenan la fuerza sistemáticamente. De esta manera se busca determinar el tiempo óptimo de recuperación para obtener potenciación post-activación (PAP), luego de un ejercicio con cargas elevadas. Se ha planteado la hipótesis de que 3-4 min de recuperación entre el par complejo, puede ser un tiempo óptimo de recuperación.



II. MATERIALES Y METODOS

II.1. OBJETIVOS

Objetivo general:

- Comparar los efectos de la administración de distintos tiempos de recuperación sobre el rendimiento muscular, luego de ejecutar un ejercicio con cargas elevadas en adultos jóvenes no deportistas.

Objetivos específicos:

- Determinar el tiempo óptimo de recuperación para obtener mejoras en el rendimiento muscular (PAP), luego de ejecutar un ejercicio con cargas elevadas en adultos jóvenes no deportistas.
- Examinar la relación entre el nivel de fuerza dinámica máxima y el rendimiento muscular, luego de ejecutar un ejercicio con cargas elevadas en adultos jóvenes no deportistas.

II.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Este estudio fue diseñado para comparar los efectos de administrar distintos tiempos de recuperación (15-seg, 2, 3 y 4-min), sobre el rendimiento muscular en el salto vertical con contramovimiento (CMJ), luego de la ejecución de 3 series de 3 repeticiones de media sentadilla, en régimen dinámico concéntrico con una carga 85% 1RM (Estimulo de activación), en adultos jóvenes físicamente activos; tomando como variables dependientes la altura de salto (H [cm]) y el pico de potencia (PP [w]).

II.3. PARTICIPANTES

Participaron del presente trabajo dieciséis sujetos (Grupo Estudio) voluntarios de sexo masculino físicamente activos, que realizaban entrenamiento sistemático de la fuerza en un gimnasio de la ciudad de La Plata. Para selección estos sujetos debían cumplir con ciertos requisitos previos para evitar variables contaminantes, como por ejemplo: haber realizado entrenamiento con pesas durante al menos los últimos 4 meses, con cargas de entre el 60



y 90 % de 1RM, estar familiarizados con el ejercicio de sentadilla y poder ejecutar la misma, con una carga mayor o igual 1,5 veces su propio peso corporal (Naclerio, 2010), ya que es un indicativo de fuerza que garantiza que van a ser capaces de soportar la sesión que se les ha preparado.

Los participantes fueron divididos al azar en 2 grupos:

- Grupo control (GC)
- Grupo Experimental (GE)

Estadístico descriptivos			
Grupo Estudio	N	M	Dt
Edad (años)	16	25,7	5,3
Peso (kg)	16	76,8	8,7
Talla (cm)	16	176,3	6,6
Test 1RM (kg)	16	203,7	20,9
85% 1RM (kg)	16	173,1	17,8

Tabla 1 – Características del Grupo de Estudio. Media (M), Desviación típica (Dt)

Grupo de estudio		N	M	Dt
<i>Grupo Control</i>	Edad (años)	8	27,4	5,0
	Peso (kg)	8	73,9	7,2
	Talla (cm)	8	175,4	5,6
	Test 1RM (kg)	8	196,4	13,4
	85% 1RM (kg)	8	167,0	11,4
<i>Grupo Experimental</i>	Edad (años)	8	24,0	5,3
	Peso (kg)	8	79,6	9,6
	Talla (cm)	8	177,3	7,7
	Test 1RM (kg)	8	210,9	25,3
	85% 1RM (kg)	8	179,3	21,4

Tabla 2 – Características de GC y GE. Media (M), Desviación típica (Dt)

II.4. PROCEDIMIENTOS

Los participantes fueron evaluados en dos sesiones separadas por 72 hs, y se les pidió que se abstengan de todo tipo de entrenamiento realizado con los miembros inferiores durante las 48 hs previas a la primera sesión. En la semana previa a las evaluaciones, realizaron dos sesiones de familiarización que nos permitió practicar los procedimientos de



evaluación, establecer las posiciones en la máquina Smith en donde el ángulo de la rodilla se estableció en 90°.

Sesión 1:

En la primera sesión se aplicó a los participantes de cada grupo, las siguientes evaluaciones:

- **Control de medidas generales antropométricas:** antes de comenzar con el test para el tren inferior, se les realizó el control de las medidas generales antropométricas (talla y peso), para la cual se utilizó Báscula con precisión de 100 gr. – Tallímetro de pared con una precisión de 1mm, respectivamente (Norton, Kevin & Olds, Tim, 1996). Todas las mediciones se realizaron en el Gimnasio Vida de la ciudad de La Plata.

- **Valoración de la fuerza máxima concéntrica (test de 1RM en sentadilla):** Se evaluó la fuerza máxima concéntrica de la extremidad inferior de cada sujeto, a través del test de 1 repetición máxima (1RM), siguiendo el protocolo descrito por Casas (Jiménez Gutiérrez, 2005), empleando el ejercicio de media sentadilla en una máquina Smith en la cual la barra se encontraba sujeta a dos guías verticales que solo permitían el movimiento en dicha dirección; llegando hasta un ángulo de 90° en la articulación de la rodilla y apoyando la barra sobre la 7° vértebra cervical (Forte Fernández (Jiménez Gutiérrez, 2005), para determinar los kg a utilizar por cada sujeto en el estudio experimental. El valor obtenido en este test fue el punto de partida, o 100 % para determinar el 85 % de 1RM que se utilizó en el protocolo de activación neuromuscular. Se optó por este porcentaje de la carga debido a que permite desarrollar la fuerza máxima, y según (González Badillo & Gorostiaga Ayestarán, 2015) en relación a esta manifestación de la fuerza, la mejora de los factores neuromusculares se asocia con la aplicación de cargas altas, iguales o superiores al 85% de 1RM. No obstante, tanto los cambios estructurales como la activación y mejora de la función neuromuscular parece que dependen también en gran medida de la intención del sujeto en alcanzar la máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo en cada acción muscular, cualquiera que sea la carga que se utilice.

Los sujetos fueron instruidos para que descendieran flexionando las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo, mientras mantenían una posición neutral de la columna. Ambos talones debían estar en contacto con el piso durante todo el movimiento de sentadilla.



En este ejercicio, el valor de 1RM en kg totales fue determinado por la suma del peso externo movilizado y el 87 % del peso corporal del sujeto. (Naclerio, 2010)



Figura 1 - Test de 1RM en Sentadilla

Sesión 2:

Con un intervalo de 72hs con respecto a la primera sesión se procedió de la siguiente manera:

- Valoración de la fuerza elástico explosiva inicial (CMJ inicial): Luego de un acondicionamiento general que consistía en 5 min de ejercicio de activación cardiovascular en cicloergometro, seguido de ejercicios de estiramientos estáticos leves, sostenidos durante 12-15seg, de la musculatura asociada a la sentadilla (cuádriceps, isquiotibiales, gemelos y glúteos) y de 8' de acondicionamiento específico, que consistían en ejercicios calistenicos, seguidos de dos series de cinco repeticiones de media sentadilla con el 50% de 1RM, y tras una recuperación de 5 min, ambos grupos (GC y GE) realizaron un salto vertical máximo con contramovimiento (CMJ) bajo condición experimental de no activación (CMJ inicial), a fin de obtener los valores iniciales. En el cual debían estar en una posición erguida con las manos en las caderas; a continuación, iniciaban el gesto ejecutando un contramovimiento preparatorio con el que descendían hasta una posición de semiflexión con un ángulo de 90° en la articulación de la rodilla. Desde esta posición, se invierte rápidamente el sentido del movimiento para realizar un salto vertical lo más alto posible aprovechando el efecto potenciador determinado por el alargamiento activo de los extensores del muslo (Vélez Blasco, 1992); con el objetivo de determinar la fuerza elástico explosiva de los extensores de la pierna, sobre una plataforma de contacto Axón Jump (mod. C) con resolución de 1ms. Ambos test fueron realizados siguiendo un protocolo similar al descrito por (Bosco, 1994).



Los participantes tuvieron 3 intentos, con un descanso entre salto y salto de 30", tomándose para el análisis estadístico el mejor de los 3 intentos.

Tras realizar los test de salto, se determinó el rendimiento muscular en los mismos a partir de las siguientes variables dependientes: altura de salto (H[cm]), medido por la alfombra de contacto (Bosco) y el pico de potencia (PP[w]) en Vatios, calculado por la fórmula propuesta por Sayers y col. (1999) en donde la potencia pico = $60.7 (\text{altura del salto en cm}) + 43.5 (\text{peso corporal en kg}) - 2055$.



Figura 2 - Test Counter Movement Jump (CMJ)

- **CMJ Post-activación:** Seguido de una recuperación de 10 min, tras la evaluación del CMJ inicial, el GE realizó un estímulo de activación (EA), que consistió en la ejecución de 3 series de 3 repeticiones de media sentadilla (MS) con una carga del 85% de 1RM, a la máxima velocidad de ejecución, fijándose una pausa entre serie de 4 min. Inmediatamente después del EA, el GE fue evaluado nuevamente en el CMJ a los 15-seg, 2, 3 y 4-min, bajo la condición experimental de post-activación.
- **CMJ Post-test:** En cambio el GC, seguido de una recuperación de 10 min, tras la evaluación del CMJ inicial, realizó el mismo protocolo de CMJ que el GE, bajo una condición experimental diferente. Es decir, sin haber realizado ninguna activación previa, para asegurar que cualquier efecto fuera debido al estímulo de activación.



II.5. ANALISIS ESTADISTICO

Para el análisis estadístico se utilizó el programa spss 19.0 para Window, y las siguientes técnicas de análisis para cada una de las variables:

Estadística descriptiva, de las cuales se obtuvo como medida de tendencia central, la media (M); y como medida de dispersión la desviación típica (DT), de las H (cm), PP (w) y 1RM (kg).

Para contrastar la normalidad de las variables se ha aplicado la prueba de Shapiro Wilk a cada variable y para cada una de las muestras. En caso de resultar el test de normalidad significativo se emplearán para las comparaciones posteriores los correspondientes test no-paramétricos. Hay que resaltar que todos los test de normalidad han resultado no significativos por lo cual los test empleados han sido siempre paramétricos, basados en la normalidad de las variables.

Para medir el grado de relación entre la fuerza máxima (kg) y la variable PP (w) y los CMJ post-estímulo y su correspondiente nivel de significación, se determinó los coeficientes de correlación de Pearson (r)

Para estudiar las posibles diferencias entre las distintas condiciones de valoración del CMJ en ambos grupos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas, *con un factor intrasujeto de cinco niveles para el GC* (Condición: Inicial; Post-test 15", Post-test 2'; Post-test 3' y 4' Post-test) y para el GE (Condición: Inicial; Post-activación 15", Post-activación 2'; Post-activación 3' y 4' Post-activación), para cada variable dependiente. En el caso de obtener un valor F significativo, se realizará un análisis post hoc aplicando el contraste de Bonferroni para comparar entre qué pares de condiciones se dieron las diferencias. Todos los efectos se reportan con una significancia de $p < 0,05$.

También se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson(r) para analizar las posibles relaciones entre las medidas de fuerza dinámica máxima (1RM) en MS y los rendimientos en el CMJ Inicial (GC y GE) y los posibles cambios de rendimientos en los CMJ post-activación (GE) como porcentaje de PAP, así como su correspondiente nivel de significación estadística.



III. RESULTADOS

En la tabla 3 se muestra los estadísticos descriptivos (media= M, y desviación típica= Dt) de los valores obtenidas durante el test 1RM (kg) y del CMJ Inicial en centímetros y vatios, para ambos grupos (control y experimental).

Grupos	Variable	N	M	Dt
Control	Test 1RM (kg)	8	196,4	13,4
	85% 1RM (kg)	8	167,0	11,4
	CMJ Inicial (H-cm)	8	35,8	3,3
	CMJ Inicial (PP-w)	8	3464,8	432,7
Experimental	Test 1RM (kg)	8	210,9	25,3
	85% 1RM (kg)	8	179,3	21,4
	CMJ Inicial (H-cm)	8	36,9	4,6
	CMJ Inicial (PP-w)	8	3803,8	606,3

Tabla 3 - M y Dt en los test de 1RM y CMJ p-e del GC y GE.

En la tabla 4 se muestra el grado de relación entre el test de 1RM (kg), y la H (cm) y el PP (w) obtenidos en el CMJ Inicial.

Correlaciones				
Grupo de estudio			CMJ Inicial (cm)	**CMJ Inicial (w)
GC	Test 1RM (kg)	Correlación de Pearson	,45	,94
		Sig. (bilateral)	,27	,00
		N	8	8
GE	Test 1RM (kg)	Correlación de Pearson	,60	,94
		Sig. (bilateral)	,12	,00
		N	8	8

Tabla 4 – (**) La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

- Altura de salto (H):



El ANOVA de medidas repetidas tanto para el GC como el GE reveló, que la altura de salto difiere durante las distintas condiciones de aplicación del test CMJ. GC ($F = 4,38$; $p < 0,05$; η^2 parcial = 0.385) y GE ($F = 9,15$; $p < 0,05$; η^2 parcial = 0.567)

En la tabla 5 y grafico 1, se muestra la comparación entre los valores medios (M) y desviación típica (Dt) de la altura de salto (cm), para cada condición de valoración del CMJ en ambos grupos.

Grupos	Condición	M	Dt	N
Control	Inicial	35,8	3,3	8
	Post 15-seg	35,3	3,3	8
	Post 2-min	34,8	3,4	8
	Post 3-min	34,8	2,9	8
	Post 4-min	35,5	3,5	8
Experimental	Inicial	36,9	4,6	8
	Post 15-seg	35,6	3,9	8
	Post 2-min	36,7	3,4	8
	Post 3-min	36,8	3,7	8
	Post 4-min*	38,9	4,3	8

Tabla 5 – Resultados: medias (M) y desviación típica (Dt) de la altura de salto CMJ. (*) $p < 0,05$ = diferencias significativas del CMJ post 4-min respecto del pre y post 15-seg.

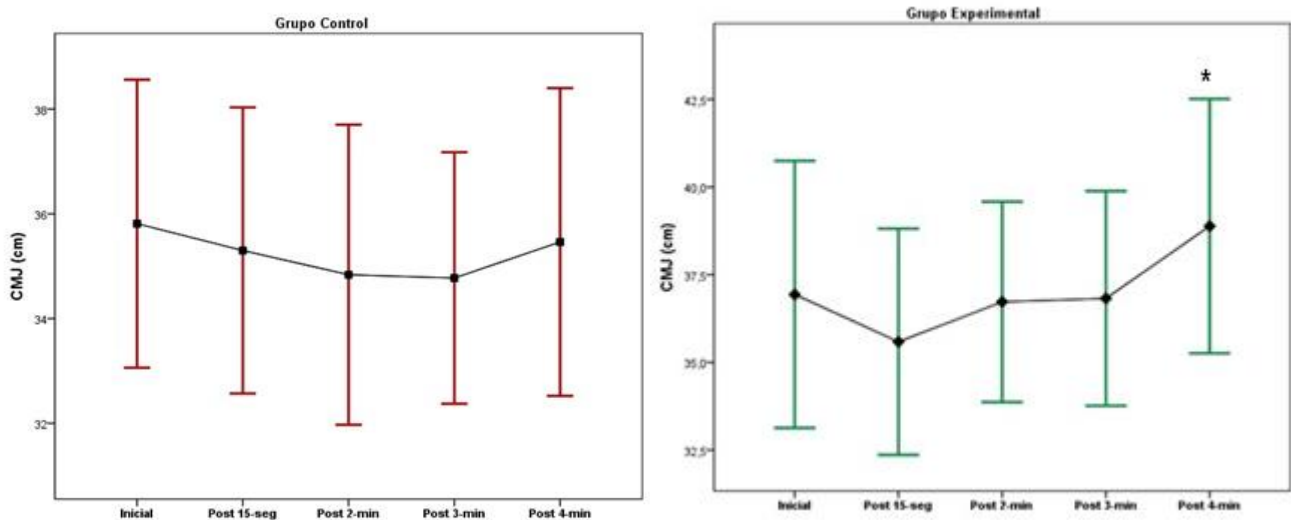


Gráfico 1 - Valores medios e intervalo de confianza (95%) de la altura de salto antes y después del estímulo de activación neuromuscular en el GE y sin estímulo para el GC. *Diferencia significativa ($p < 0,05$) respecto de la condición inicial y post 15-seg.



En cuanto a las comparaciones por pares (inicial y post), los resultados indicaron que, en el GC, no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). En cambio, en el GE se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la condición Post 4-min respecto de la Inicial (2 cm, 5,4%) y de la Post 15-seg (3,3 cm; 8,4%).

Los sujetos del GE alcanzaron su máxima H de salto después de los 4 minutos de recuperación, tras la MS con cargas elevadas. De hecho, en promedio aumentaron su altura de salto de 36,9 a 38,9 cm. Mientras que el GC no muestra modificaciones significativas en ninguno de los momentos de evaluación del CMJ.

▪ Pico de Potencia (PP):

El ANOVA de medidas repetidas tanto para el GC como el GE reveló, que el pico de potencia difiere durante las distintas condiciones de aplicación del test CMJ. GC ($F = 4,38$; $p < 0,05$; η^2 parcial = 0.385) y GE ($F = 9,15$; $p < 0,05$; η^2 parcial = 0.567)

En la tabla 6 y grafico 2, se muestra la comparación entre los valores medios (M) y desviación típica (Dt) del pico de potencia (w), para cada condición de valoración del CMJ en ambos grupos.

Grupos	Condición	M	Dt.	N
Control	Inicial	3464,8	432,7	8
	Post 15-seg	3438,1	439,4	8
	Post 2-min	3414,3	414,2	8
	Post 3-min	3410,9	421,5	8
	Post 4-min	3446,9	439,8	8
Experimental	Inicial	3803,8	606,3	8
	Post 15-seg	3733,6	586,9	8
	Post 2-min	3792,8	585,3	8
	Post 3-min	3797,9	594,6	8
	Post 4-min*	3904,8	595,7	8

Tabla 6 - Resultados: medias (M) y desviación típica (Dt) del pico de potencia. (*) $p < 0,05$ = diferencias significativas del CMJ post 4-min respecto del pre y post 15-seg

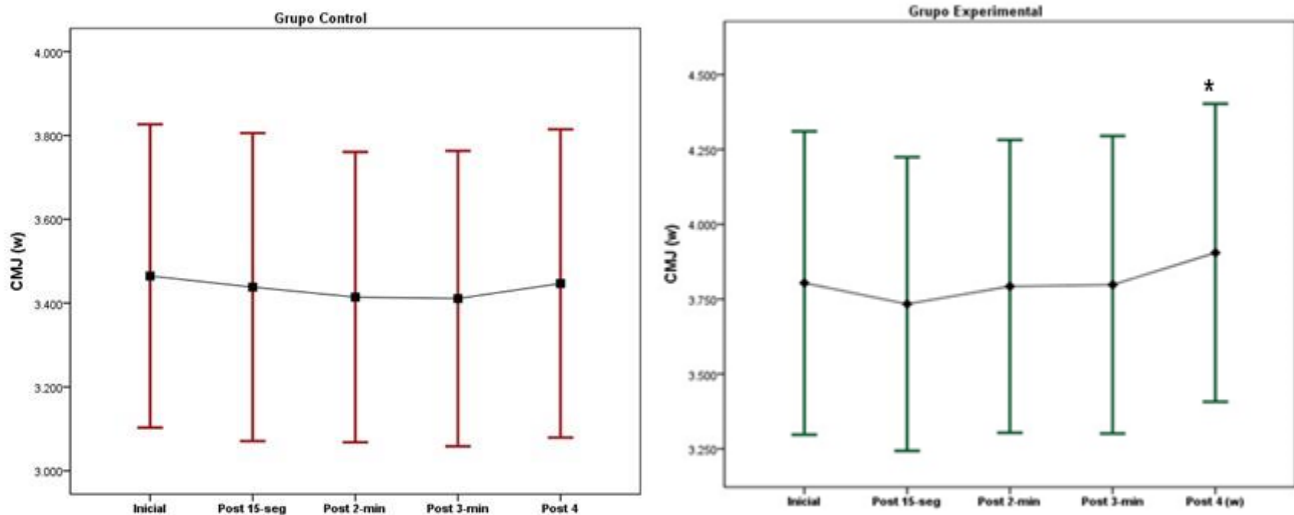


Grafico 2 - Valores medios e intervalo de confianza (95%) del pico de potencia antes y después del protocolo de activación neuromuscular en el GE y sin protocolo para el GC. *Diferencia significativa ($p < 0,05$) respecto de la condición inicial y post 15-seg

En cuanto a las comparaciones por pares (inicial y post), los resultados indicaron que, en el GC no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en el PP (w) en ningún momento. En cambio, en el GE se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la condición Post 4-min respecto de la inicial (101 w; 3%) y de la Post 15-seg (171,1 w; 5%).

Los individuos del GE alcanzaron su máximo PP después de los 4 minutos de recuperación, tras la MS con cargas elevadas. De hecho, en promedio aumentaron su PP de 3803,8 a 3904,8 w. Mientras que el GC no muestra modificaciones significativas en ninguno de los momentos de evaluación del CMJ.

▪ Porcentaje de Potenciación Post activación (PAP)

Las variables H y PP obtenidas del CMJ, también se evaluaron como un porcentaje de potenciación basado en la ecuación 2 (Chiu et al., 2003).

$$PAP = \text{Variable Potenciada} \div \text{Variable No Potenciada} \times 100 \quad (2)$$

EL porcentaje de potencia igual a 100% indica que no hay potenciación, mayor de 100% indica PAP y menos del 100% indica depresión pos-activación. El porcentaje de potenciación se calculó para CMJ a los 15-seg, 2, 3 y 4-min después del EA en el grupo



experimental. El CMJ Inicial, sirvió como el 100% de la variable no potenciada, y los CMJ post-activación representan la variable potenciada.

La H(cm) y el PP(w) expresado en porcentaje de PAP (Grafico 3) disminuyeron inmediatamente después de la aplicación del estímulo de activación, aunque esta no fue significativa ($p > 0,05$) y se recuperó de manera significativa ($p < 0,05$) por encima de los valores del CMJ inicial a los 4 min pos-activación.

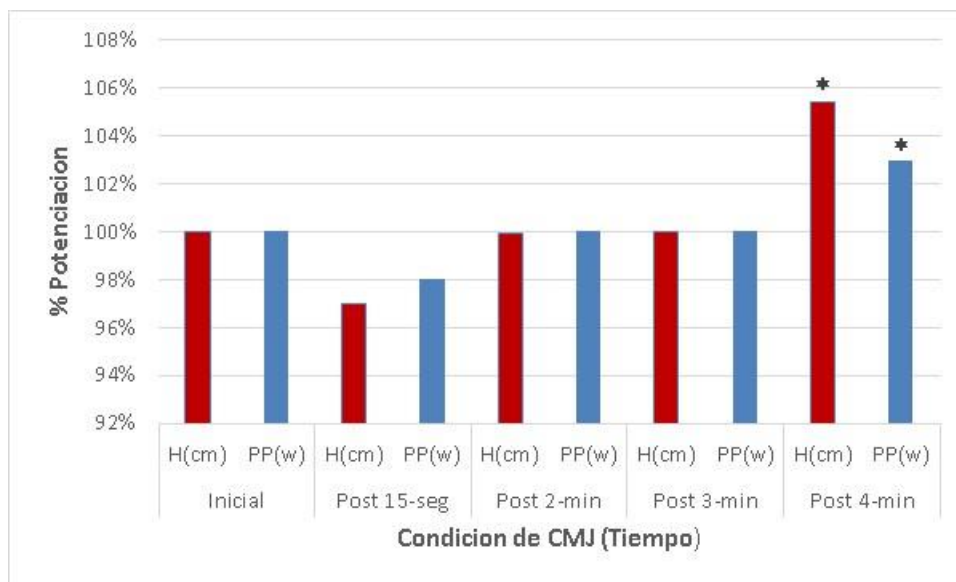


Grafico 3 - Mejora porcentual para la potencia de pico (PP) y altura de salto (H). El porcentaje de potenciación igual al 100% (valor= al CMJ inicial) indica que no hay PAP, > 100% indica PAP. * Diferencia significativa con respecto a la condición inicial ($p < 0,05$).

▪ *Niveles de Fuerza dinámica máxima y porcentaje Potenciación Post activación*

Los coeficientes de correlación de Pearson de las medidas referidas a la fuerza dinámica máxima en sentadilla (kg) y las alturas de salto (cm) y pico de potencia (w) expresada como porcentaje de PAP, así como su significación estadística, están reflejados en la tabla 6.



Correlaciones

Grupo Experimental		%PAP (cm)	%PAP (w)
	Correlación de Pearson	-,817	-,901
Test 1RM (kg)	Sig. (bilateral)	,025*	,006**
	N	7	7

Tabla 6 - Correlaciones entre las medidas de fuerza máxima y PAP. * La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral). ** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

El análisis de los resultados, demostró una correlación negativa significativa ($p < 0,05$) entre la fuerza dinámica máxima (1RM) en MS de los sujetos, y los incrementos que obtuvieron en la altura de salto (cm) y pico de potencia (w), en el CMJ a los 4-min post-activación, respecto del CMJ inicial.



IV. DISCUSION

El propósito de este estudio fue, comparar el efecto de la longitud del tiempo de recuperación (15-seg, 2,3,4-min), sobre el rendimiento en el salto vertical medido durante un CMJ, luego de la ejecución de tres series de MS con cargas elevadas ($> 85\%$ 1RM), en adultos jóvenes no deportistas, pero que entrenan la fuerza de manera sistemática. Los resultados indicaron una diferencia significativa ($p < 0,05$) en la H (cm) y PP (w) a los 4-min post-activación respecto del test inicial (2 cm, 5,4% - 101 w; 3%), y de los 15-seg post-activación (3,3 cm; 8,4% - 171,1 w; 5%).

También se intentó determinar el tiempo óptimo de recuperación para obtener potenciación post-activación, luego de ejecutar un ejercicio con cargas elevadas. Los resultados muestran que hubo una mejora significativa en la H (cm) y PP (w) con un $p = 0,03$, a los 4-min post-activación (2 cm, 5,4% - 101 w; 3%) con respecto al test inicial.

Estos resultados coinciden con los obtenidos en los trabajos por Young, Warren B et al., (1998) donde hallaron una mejora significativa (2.8%) en la altura del salto vertical en una serie de saltos post-sobrecarga en comparación con la serie efectuada pre-sobrecarga. En esta investigación los sujetos realizaron 5 saltos con contramovimiento con carga (LCMJ) antes de realizar 5RM de media sentadillas. Otra serie de LCMJ se realizó 4 min post-carga. La altura del salto vertical alcanzada en la serie de saltos realizados luego de las 5RM de media sentadilla fue estadísticamente mayor que la alcanzada en la serie de saltos precedente a las 5RM de media sentadilla ($p < 0.05$)

Después de un estímulo previo de alta intensidad, el músculo se encuentra tanto en un estado de fatiga como potenciado, y el posterior rendimiento muscular depende de la interacción entre estos dos factores y el índice de recuperación posterior a la actividad condicionante (Tillin, 2009). Por lo tanto, es posible que el efecto potenciador sea al menos inferior o igual al efecto de la fatiga durante los primeros 3 min de recuperación, mientras que a los 4 min el efecto de la PAP sea superior al efecto de la fatiga.



Por otro lado, los hallazgos de este estudio no coinciden con los resultados de Jensen y Eben (2003), que analizaron en profundidad el efecto de la PAP dentro de un período de recuperación de 4 minutos y no reportaron diferencias significativas en ningún momento.

En cambio (Kilduff et al., 2007) estudiaron en 23 sujetos entrenados en fuerza la PAP mediante un ejercicio de sentadilla previo a un CMJ con tiempos de recuperación entre un ejercicio y otro de 15 s, 4', 8', 12', 16' y 20'. Los resultados indicaron una disminución significativa del PP a los 15-seg de 2,9% e incrementos significativos a los 8-min de 6,8% y 8% a los 12-min.

Kilduff et al. (2008) compararon los resultados en CMJ ante diferentes tiempos de recuperación tras realizar 3 series de 3 repeticiones de sentadilla con una carga del 87% de la repetición máxima (1RM), siendo los tiempos de recuperación utilizados de 15 s, 4, 8, 12, 16, 20 y 24 min. Los resultados muestran que a pesar de una disminución inicial en el rendimiento del salto después del entrenamiento con resistencia pesada, éste aumentó significativamente después de 8 min de recuperación.

Finalmente, se intentó examinar la relación entre el nivel de fuerza dinámica máxima (1RM) de los adultos jóvenes no deportistas y la H(cm) y el PP(w) expresado en porcentaje de PAP. Estos correlacionaron negativamente de forma significativa (Tabla 6); los valores del CMJ Post-4min indicaron un incremento mayor en la H y el PP a medida que disminuía el valor del 1RM de los sujetos. Lo que podría indicar que los sujetos con mayor nivel de fuerza máxima requieran un tiempo mayor de recuperación para obtener mejores porcentajes de PAP.

Estos resultados no coinciden con los obtenidos por Gourgoulis et al. (2003), donde los sujetos con mayor capacidad de fuerza máxima mejoraron su capacidad de salto vertical (4.01%) más que los sujetos con menor fuerza máxima (0,42%).



V. Aplicaciones prácticas

Los hallazgos encontrados en este estudio podrían ser aplicados al método complejo de entrenamiento de la fuerza, empleando 4-min de recuperación entre el ejercicio estimulante y el potenciado.

Quedaría por investigar, que efecto tiene esta acumulación de mejoras (agudas) en la calidad de trabajo durante la sesión, sobre las mejoras (crónicas) en el rendimiento a largo plazo.



VI. Conclusiones

Los resultados de este estudio sugieren que un tiempo de recuperación de 4-min, tras la realización de un ejercicio con cargas elevadas ($> 85\% 1RM$) para los miembros inferiores, podría tener efectos positivos significativos ($p < 0,05$) sobre el rendimiento de un ejercicio pliometrico para la misma zona del cuerpo en adultos jóvenes no deportistas, que entrenan la fuerza recreativamente. Sin embargo, los mayores valores de PAP, se obtuvieron en los sujetos de menor fuerza absoluta. Lo que podría indicar que los sujetos con mayor nivel de fuerza máxima requieran un tiempo mayor de recuperación para obtener mejores porcentajes de PAP.



Bibliográficas:

- Casas, A. (2005). Evaluación de la aptitud física: selección, administración de protocolos y valores de referencia, capítulo IX. In Jiménez, G. A, (Ed.), *Entrenamiento Personalizado, bases fundamentos y aplicaciones* (1º ed., pp. 225-257). Barcelona: Inde.
- Bevan, H. R., Cunningham, D. J., Tooley, E. P., Owen, N. J., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2010). Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 701-705.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c7b68a>
- Bosco, C. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Paidotribo.
- Chiu, L. Z. F., Fry, A. C., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Brown, L. E., & Smith, S. L. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 671-677.
- Docherty, D., & Hodgson, M. J. (2007). The application of postactivation potentiation to elite sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 439-444.
- Ebben, W. P. (2002). Complex Training: A Brief Review. *Journal of Sports Science & Medicine*, 1(2), 42-46.
- González Badillo, J. J., & Gorostiaga Ayestarán, E. (2015). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo*. Recuperado de <http://g-se.com/es/entrenamiento-de-la-fuerza-y-potencia/biblioteca/fundamentos-del-entrenamiento-de-la-fuerza-aplicacion-al-alto-rendimiento-deportivo>
- González Badillo, J. J., & Ribas Serna, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. INDE.



- Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Kasimatis, P., Mavromatis, G., & Garas, A. (2003). Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 17(2), 342-344.
- Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., & Tarnopolsky, M. A. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 88(6), 2131-2137.
- Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(7), 585-595.
- Jensen, R. L., & Ebben, W. P. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 345-349.
- Jiménez Gutiérrez, A. (2005). *Entrenamiento personal: bases, fundamentos y aplicaciones*. INDE.
- Kilduff, L. P., Bevan, H. R., Kingsley, M. I. C., Owen, N. J., Bennett, M. A., Bunce, P. J., ... Cunningham, D. J. (2007). Postactivation potentiation in professional rugby players: optimal recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1134-1138. <https://doi.org/10.1519/R-20996.1>
- Kilduff, L. P., Owen, N., Bevan, H., Bennett, M., Kingsley, M. I. C., & Cunningham, D. (2008). Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *Journal of Sports Sciences*, 26(8), 795-802. <https://doi.org/10.1080/02640410701784517>



Matthews, M., O'Conchuir, C., & Comfort, P. (2009). The acute effects of heavy and light resistances on the flight time of a basketball push-pass during upper body complex training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1988-1995.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b3e076>

Naclerio, F. (2010). *Entrenamiento deportivo: Fundamentos Y Aplicaciones En Diferentes Deportes*. Editorial Medica Panamericana Sa de.

Norton, Kevin, & Olds, Tim. (1996). *Anthropometrica: A Textbook of Body Measurement for Sports and Health Courses*. UNSW Press.

Radcliffe, J. C., & Radcliffe, J. L. (1996). Effects Of Different Warm-up Protocols On Peak Power Output During A Single Response Jump Task **1127**. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(5). Recuperado de <https://insights.ovid.com/medicine-science-sports-exercise/mespex/1996/05/001/effects-different-warm-protocols-peak-power-output/1125/00005768>

Rassier, D. E., & MacIntosh, B. R. (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33(5), 499-508.
<https://doi.org/10.1590/S0100-879X2000000500003>

Robbins, D. W. (2007). Potenciación Post-Activación y su Aplicabilidad Práctica: Una Breve Revisión. *PubliCE Premium*. Recuperado de <http://g-se.com/es/fisiologia-del-ejercicio/articulos/potenciacion-post-activacion-y-su-aplicabilidad-practica-una-breve-revision-821>

Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30(3), 138-143.



Sayers, S. P., Harackiewicz, D. V., Harman, E. A., Frykman, P. N., & Rosenstein, M. T. (1999). Cross-validation of three jump power equations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(4), 572-577.

Siff, M. C., & Verkhoshansky, Y. (2004). *SUPERENTRENAMIENTO*. Editorial Paidotribo.

Tillin, N. A. (2009). Factores Moduladores de la Potenciación Post- Activación y su Efecto sobre el Rendimiento en Actividades Explosivas Subsiguientes. *PubliCE Premium*. Recuperado de <http://g-se.com/es/fisiologia-del-ejercicio/articulos/factores-moduladores-de-la-potenciacion-post-activacion-y-su-efecto-sobre-el-rendimiento-en-actividades-explosivas-subsiguientes-1132>

Vélez Blasco, M. (1992). El entrenamiento de fuerza para la mejora del salto. *Apunts Medicina de l'Esport (Castellano)*, 29(112), 139-156.

Young, Warren B, Jenner, Andrew, & Griffiths, Kerrin. (1998, mayo). Acute Enhancement of Power Performance From Heavy Load Squat... : The Journal of Strength & Conditioning Research. Recuperado 13 de abril de 2017, de LWW website: http://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/1998/05000/Acute_Enhancement_of_Power_Performance_From_Heavy.4.aspx