

EFFECTOS DE DOS PROTOCOLOS DE POTENCIACIÓN POST-ACTIVACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO EN EL SALTO VERTICAL, EN RELACIÓN AL PERFIL F-V EN JUGADORAS DE BALONMANO DE ÉLITE

Effects of different protocols of Post-Activation Potentiation on Performance in the Vertical Jump, in relation to the F-V Profile in Female Elite Handball Players

Sergio Sánchez López¹, Manuel A. Rodríguez Pérez¹

¹SPORT Research Group (CTS-1024), Centro de Investigación CERNEP, Universidad de Almería

Correspondencia:

Manuel A. Rodríguez Pérez
Facultad de Ciencias de la Educación, Edificio Departamental A, despacho 2.55, Universidad de Almería, Ctra. Sacramento s/n,
La Cañada de San Urbano, 04120, Almería, 950 015256,
E-mail: manolo.rodriguez@ual.es

Recibido: 14/09/2017

Aceptado: 09/04/2018

Resumen

Objetivo: Conocer los efectos de dos protocolos de potenciación post activación (PAP) sobre el rendimiento en un salto con contramovimiento (CMJ) y su relación con el Perfil Fuerza-Velocidad (Perfil F-V). **Metodología:** Se evaluó la repetición máxima (RM), en el ejercicio de sentadilla, y el Perfil F-V de 9 jugadoras de balonmano de División de Honor Plata (edad, 21,3 ± 3,4 años; altura, 167,9 ± 5,82 cm; y peso, 66,51 ± 9,6 kg). Posteriormente, se realizaron dos protocolos PAP, con diferentes intensidades (3x3 65%RM y 3x3 80%RM), para comprobar efectos sobre el CMJ en diferentes tiempos de recuperación (15s/4/8/16/24 min). **Resultados:** el protocolo de 3x3 al 65%RM sufrió un descenso a los 15s del 15,03% respecto al PREtest, consiguiendo la mejor marca a los 8min, pero siendo esta un 4,5% inferior al PREtest. Tras el 3x3 al 80%RM, el salto volvió a sufrir un descenso a los 15s, esta vez del 11,61%, consiguiendo la mejor marca a los 4 y 16min, siendo esta un 6,5% inferior al PREtest. La relación entre el salto a los 15s y el desequilibrio en el Perfil F-V (FVimb) con el protocolo de 3x3 al 80%RM, pone en juego un 22% de elementos comunes ($r_s = 0,467$; $r^2 = 0,22$), mientras que con el protocolo de 3x3 al 65%RM solo pone en juego un 8% ($r_s = 0,283$; $r^2 = 0,08$).

Conclusión: Los protocolos utilizados como PAP suponen un estímulo excesivo, y pueden estar en relación con el FVimb que presentan.

Palabras clave: Calentamiento; Balonmano; Potencia; Fuerza; Velocidad

Abstract

Aim: To know the effects of two protocols of Post-Activation Potentiation (PAP) on the performance in a Countermovement Jump (CMJ) and its relationship with the Force-Velocity Profile (Profile F-V). **Methodology:** Repetition Maximum (RM) was evaluated in the squat exercise, and the FV Profile of 9 handball players of Silver Honor Division (age, 21.3 ± 3.4 years, height, 167.9 ± 5, 82 cm, and weight, 66.51 ± 9.6 kg). Subsequently, two PAP protocols were performed, with different intensities (3x3 65% RM and 3x3 80% RM), to check effects on the CMJ at different recovery times (15s / 4/8/16/24 min). **Results:** The protocol of 3x3 to 65% RM suffered a decrease at 15s of 15.03% with respect to the PREtest, achieving the best mark at 8min, but being 4.5% lower than the PREtest. After the 3x3 to 80% RM, the jump again suffered a decline at 15s, this time of 11.61%, getting the best mark at 4 and 16min, this being 6.5% lower than the PREtest. The relationship between the jump to the 15s and the imbalance of the FV Profile (FVimb) with the protocol of 3x3 to 80% RM, puts into play 22% of common elements ($r_s = 0.467$, $r^2 = 0.22$), while that with the protocol of 3x3 to 65% RM only puts at stake 8% ($r_s = 0.283$, $r^2 = 0.08$). **Conclusions:** The protocols used suppose an excessive stimulus for this type of subjects on the CMJ, which seems to be related to the FVimb that they present.

Keywords: Warm-up; Handball; Power; Force; Velocity

El salto vertical es una de las acciones determinantes del juego en el Balonmano, por lo que un incremento del rendimiento puede suponer una gran ventaja (Krüger, Pilat, Üeckert, Frech & Mooren, 2014). Existe un gran interés sobre la idea de que el rendimiento en acciones balísticas se puede ver incrementado por una contracción previa, ya sea máxima o submáxima, que puede aumentar la producción de fuerza y potencia de la actividad posterior, fenómeno conocido como Potenciación Post-Activación (PAP) (Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005; Tillin & Bishop, 2009). Estos efectos de potenciación sobre el rendimiento muscular dependen en gran medida del equilibrio entre el efecto de fatiga y el efecto de potenciación causado por el estímulo previo, que coexisten con gran variabilidad tras finalizar el estímulo previo, como se muestra en la Figura 1. De esta forma el rendimiento se puede ver incrementado si la potenciación domina y la fatiga se ve reducida, permanecer inalterado si ambos están a similar nivel, o disminuir si la fatiga predomina.

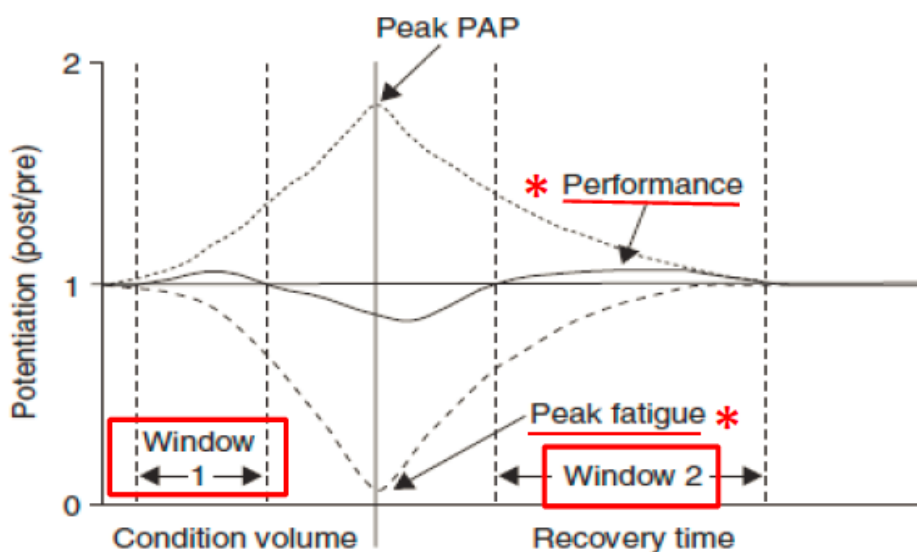


Figura 1. Modelo de relación entre potenciación y fatiga después de un estímulo previo (Adaptado de Tillin y Bishop, 2009).

El historial contráctil del músculo, tiene una elevada influencia en la capacidad del músculo para generar fuerza. Las razones fisiológicas del efecto de PAP se debe principalmente a: (1) una mayor fosforilación de las cadenas ligeras de miosina, (Tillin & Bishop, 2009). (2) mayor reclutamiento de unidades motoras (Esformes, Cameron, & Bampouras, 2010; Tillin & Bishop, 2009) (3) una disminución del ángulo de penación de las fibras musculares respecto al tendón (Mahlfeld, Franke, & Awiszus, 2004; Tillin & Bishop, 2009).

Las características del estímulo previo como las características propias del individuo, son factores determinantes de la dominancia entre ambas variables (Hodgson et al., 2005; Tillin & Bishop, 2009). Por un lado, las características del estímulo (volumen, intensidad y recuperación) condicionan fuertemente la respuesta de potenciación al estímulo. Diferentes autores afirman que los mayores niveles de potenciación se consiguen realizando múltiples series con intensidades moderadas o bajas y un tiempo de recuperación hasta la acción posterior de entre 7 y 10 minutos (Wilson et al., 2013). Sin embargo, otros autores muestran que un estímulo previo de Sentadilla con cargas submáximas (3RM) de una repetición, produce un claro efecto de potenciación en un intervalo de 4 a 12 minutos (Crewther et al., 2011). Existe bastante controversia en cuanto a las características del estímulo, en relación al volumen y la intensidad, mientras que el tiempo de recuperación hasta la acción de rendimiento muestra mayores evidencias.

Respecto a las características propias del individuo, diversos autores afirman que los individuos con mayor ratio de fuerza-potencia (W/kg) son capaces de producir mayores niveles de potenciación que los individuos con menor ratio (Seitz, de Villarreal & Haff, 2014; Tillin & Bishop, 2009). Una posible razón a esto puede ser la capacidad de asimilar fatiga de los

sujetos con mayores niveles de fuerza, como indican Hamada, Sale, & Macdougall (2000). Por lo que la respuesta a los estímulos de PAP viene condicionada por el género, la fuerza muscular, la distribución del tipo de fibra muscular y el nivel de entrenamiento de los individuos (Tillin & Bishop, 2009; Wilson et al., 2013).

Según las respuestas de los sujetos a los protocolos de PAP, se puede establecer la siguiente clasificación: (a) Respondedor positivo, (b) Respondedor negativo, (c) No-respondedor, y (d) Respondedor inconsistente (Healy & Comyns, 2017).

Así uno de los factores determinantes de la respuesta de PAP es el nivel de fuerza de los sujetos. El Perfil F-V, desarrollado por Samozino (Jiménez-Reyes et al., 2014; Jiménez-Reyes, Samozino, Brughelli, & Morin, 2016; Morin & Samozino, 2016; Samozino, Morin, Hintzy, & Belli, 2008, 2010; Samozino, Rejc, Di Prampero, Belli, & Morin, 2012) puede tener una gran relación con la respuesta de cada individuo a los protocolos PAP, pudiendo ser además una gran herramienta a la hora de establecer los protocolos PAP de forma eficiente e individualizados, determinando la relación óptima de fuerza-velocidad de cada deportista.

Originalmente, el método de evaluación del Perfil F-V se realizó utilizando el Squat Jump (SJ) (Samozino et al., 2008, 2010, 2012), pero posteriormente fue validado utilizando el salto vertical con contramovimiento (CMJ) por la mayor similitud con las acciones balísticas que se dan durante el deporte (Jiménez-Reyes et al., 2014, 2016, 2017).

La justificación de este método, se basa en que dos sujetos con los mismos valores de Potencia máxima (P_{max}) no tienen por qué tener necesariamente los mismos valores de Fuerza máxima teórica (F_0), fuerza máxima que el deportista sería capaz de aplicar cuando la velocidad es 0, y Velocidad máxima teórica (v_0), velocidad máxima que el deportista sería capaz de aplicar cuando la fuerza es 0, ya que el rendimiento de las acciones balísticas no viene determinado solamente por los valores de P_{max} , sino también por la relación mecánica entre Fuerza (F) y Velocidad (V) del salto sin carga, permitiendo conocer las relaciones óptimas (perfil óptimo) entre las propiedades mecánicas y el sistema neuromuscular de cada sujeto, con el fin de optimizar su rendimiento (Samozino et al., 2012).

De la obtención del perfil óptimo y el perfil actual de cada deportista, se calcula el porcentaje de desequilibrio (FV_{imb}) existente entre ambos perfiles. Estos desequilibrios, fueron clasificados por Jiménez-Reyes et al. (2016), con el fin de encuadrar los diferentes perfiles de deportistas que se pueden encontrar.

La hipótesis establecida fue que la recuperación de 8 minutos posterior a la realización de los protocolos PAP coincidirá con la medición más alta del rendimiento en el test debido a que la fatiga inducida por los protocolos se disipa a un ritmo mayor que la PAP (Kilduff et al., 2007; Wilson et al., 2013) y que dicha respuesta a los protocolos PAP guarda relación con la orientación del Perfil F-V de cada una de las participantes, por lo que un Perfil F-V con déficit de fuerza no responderá adecuadamente a los protocolos PAP con sobrecargas medias-altas.

Por tanto, el objetivo de este estudio fue investigar los efectos de 2 protocolos de PAP con dos intensidades diferentes sobre el salto vertical con contramovimiento (CMJ), y su relación con el Perfil F-V.

Método

Enfoque experimental del problema

Se realizó un estudio cruzado aleatorizado, para comparar los efectos producidos por la PAP sobre el salto vertical con contramovimiento (CMJ) posteriores a la realización de los protocolos de potenciación, y, además, determinar si existe relación alguna entre la respuesta a los protocolos de PAP y el tipo de Perfil F-V de los sujetos.

Se evaluó la relación fuerza-velocidad de los sujetos para determinar las cargas correspondientes a los protocolos de PAP en base a la velocidad asociada al porcentaje de la RM (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010) y el Perfil F-V para conocer la orientación de cada uno de los sujetos hacia la Fuerza (F) o la Velocidad (V) (Morin & Samozino, 2016; Samozino et al., 2008, 2010, 2012).

Una vez evaluados, los participantes fueron asignados al azar para determinar el orden de realización de los protocolos. Realizaron dos ensayos experimentales, los cuales incluyeron un calentamiento estandarizado, seguido de la evaluación del CMJ, seguidos por la aplicación del estímulo de precarga compuesto de 3 series de 3 repeticiones al 80%RM o de 3 series de 3 repeticiones al 65%RM en el ejercicio de sentadilla. Una vez realizado el protocolo PAP, se volvió a evaluar el CMJ pasados 15 segundos, 4/8/16/24 minutos de recuperación pasiva desde la realización del protocolo (Kilduff et al., 2008), para observar los efectos producidos por el protocolo.

Sujetos

Nueve jugadoras de balonmano (edad, $21,3 \pm 3,4$ años; rango de edad: 19-29 años; altura, $167,9 \pm 5,82$ cm; y peso, $66,51 \pm 9,6$ kg) pertenecientes a un club de la categoría "División de Honor Plata" de España, fueron seleccionadas para participar en este estudio. Se realizó una fase de familiarización previa de 3 semanas, con una frecuencia de 2 sesiones por semana (RM en el ejercicio de sentadilla, $62,44 \pm 3,909$ kg). El estudio fue aprobado por el comité ético de la Universidad de Almería, de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

Procedimientos

Tres semanas antes del inicio del estudio, se realizaron dos sesiones de familiarización por semana, con los ejercicios que se emplearon durante el estudio (sentadilla, CMJ y CMJ con carga). En la última sesión antes del inicio del estudio, se tomaron medidas antropométricas de altura y masa corporal (Báscula modelo 876 y Tallímetro modelo 217; SECA, Hamburgo, Alemania).

Todas las evaluaciones se llevaron a cabo en la misma instalación. Las participantes completaron la intervención en el mismo horario (21:00h – 23:00h) el primer día del microciclo (lunes), en las mismas condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa, con el fin de mantener la validez y fiabilidad de las mediciones (Ammar et al., 2015).

En cada sesión, las participantes realizaron un calentamiento estandarizado de 10 minutos (4 minutos de carrera, 4 minutos de estiramientos dinámicos, 2 sprints de 20m y 5 CMJ progresivos). Después de la recuperación activa (2 min andando) se realizaron las evaluaciones iniciales (3 tomas de datos, para registrar la mejor marca), que consistirá en 3 CMJ, con un intervalo de 2 minutos de recuperación activa entre mediciones (Dello Iacono et al., 2016; Thomas, Toward, West, Howatson, & Goodall, 2017).

Acabada la última medición, y tras una nueva recuperación activa de 2 minutos, las jugadoras comenzaron a realizar los protocolos asignados, PAP65% o PAP80%, en el ejercicio de sentadilla. Una vez acabados los protocolos, se realizó una evaluación del CMJ a los 15s/4/8/16/24min de recuperación pasiva posteriores a la realización de los protocolos PAP.

Procedimientos de Evaluación

Test de Salto: La potencia del tren inferior fue medida a través del CMJ (Bosco, Luhtanen, & Komi, 1983). La posición inicial debía ser estática, erecta y en máxima extensión de rodilla. Una vez colocadas en posición inicial, ejecutaron el salto, descendiendo a posición de sentadilla en 90° de flexión de rodilla y rápidamente ejecutando el salto, dejando las piernas en máxima extensión durante todo el tiempo de vuelo. La altura vertical del salto fue determinada en función del tiempo de vuelo, utilizando una plataforma de contacto (Chronojump-Boscosystem, Barcelona, España). Cada deportista realizó 3 CMJ con 2 min de recuperación activa entre saltos, seleccionando la mejor marca.

Test isoinercial de cargas progresivas: Las evaluaciones se realizaron usando una máquina Smith (Multipower Fitness Line, Peroga, Murcia, Spain), que solo permite el desplazamiento vertical de la barra a lo largo de una guía fija. El peso de la barra junto con el sistema de guía fue de 20,0kg.

Para la medición de las variables mecánicas (Velocidad Media Propulsiva, VMP) con las que se estimó la 1RM (Sánchez-Medina, Pérez, & González-Badillo, 2010) se utilizó un transductor lineal de velocidad (Sistema de Medición Dinámica T-Force, Ergotech, Murcia, España) (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; González-Badillo, Yañez-García, Mora-Custodio, & Rodríguez-Rosell, 2017).

Las participantes se colocaron debajo de la barra, apoyándola en sus hombros, en posición totalmente erguida, (Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell, Sánchez-Medina, Gorostiaga, & González-Badillo (2014). Para una correcta ejecución, en la bajada, la cadera debía sobrepasar la horizontal. Se estableció una carga inicial de 20 kg, que fue aumentada progresivamente con incrementos de 10 kg hasta que la velocidad de ejecución fuese igual o inferior a 0,80 m/s, para finalizar el test. Se realizaron 3 repeticiones para cargas bajas ($VMP < 1,14$ m/s) y 2 repeticiones para cargas medias ($1,14 < VMP < 0,69$ m/s). Los descansos estuvieron comprendidos entre 3 y 5 minutos, dependiendo de la carga utilizada.

Se realizó un calentamiento estándar compuesto por 5 minutos de carrera, 5 minutos de movilidad y 2 series de entre 6-8 repeticiones con la carga inicial fijada, con 3 minutos de descanso entre ellas (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; González-Badillo et al., 2017; Pareja-Blanco, Rodríguez-Rosell, Sánchez-Medina, Gorostiaga, & González-Badillo, 2014; Sanchez-Medina et al., 2010).

Perfil Fuerza – Velocidad: para determinar las relaciones fuerza-velocidad de cada sujeto, se realizó un test incremental de saltos, utilizando el salto con contramovimiento (CMJ). Cada sujeto realizó un CMJ máximo sin carga y otros cuatro con cargas adicionales comprendidas entre 8 y 25 kg. Se instruyó a las participantes para que ejecutasen el salto en línea recta, sin salir del área de salto. Se realizaron dos intentos válidos para cada carga, dejando 2 min de recuperación entre cada uno, y 4-5 minutos entre cada incremento de carga.

Las variables mecánicas Fuerza (F), Velocidad (V) y Potencia (P) se calcularon para cada ejecución utilizando el método desarrollado por Samozino et al. (2008). La altura del salto se obtuvo utilizando una plataforma de contactos (Chronojump-Boscosystem, Barcelona, España). A través de las variables simples de entrada; masa corporal, altura de salto y distancia de empuje (hpo) (correspondiente al rango de extensión de los miembros inferiores desde la posición de flexión de rodillas en 90° hasta el despegue (Samozino et al., 2008)), fueron determinadas la F, V y P de cada salto. Para ello, se midió la longitud de la pierna en extensión desde la espina ilíaca anterosuperior hasta la punta del pie con el tobillo en flexión plantar y la altura en flexión de rodilla a 90° hasta el suelo, desde la espina ilíaca anterosuperior en vertical hasta el suelo.

Utilizando la mejor ejecución con cada carga, se realizó una regresión lineal, que permitió extrapolar las relaciones F-V para la obtención de la F0 y la V0 (normalizadas a la masa corporal) que se corresponden a la intersección de la relación F-V con los ejes. El Perfil F-V se corresponde con la pendiente de la relación lineal F-V que se calculó siguiendo el método de Samozino et al. (2012) a partir de F0 y V0. A partir de la Pmax y de la Hpo obtenidas con el método de Samozino et al. (2012; 2014) se crea un Perfil F-V óptimo y un Perfil F-V teórico individual a partir de las ecuaciones desarrolladas por Samozino et al. (2012).

Protocolos PAP

Sentadilla al 65 y 80% RM. Las participantes realizaron un protocolo de 3 series de 3 repeticiones en el ejercicio de sentadilla en máquina Smith con diferentes cargas. Los periodos de descanso entre series fueron de 3 minutos. Las deportistas fueron instruidas para ejecutar las repeticiones a la máxima velocidad intencionada. Se utilizaron las cargas correspondientes al 65 y al 80% de la RM previamente evaluada. Las participantes ejecutaron el ejercicio utilizando peso libre.

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de las respuestas a los diferentes protocolos de PAP de Sentadilla, para analizar la tendencia de las respuestas del grupo al realizar los diferentes protocolos de PAP. Además, los datos se analizaron utilizando el enfoque de inferencia basada en la magnitud (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009).

Por otro lado, para el análisis inferencial, debido número de sujetos, se asumió la no normalidad de la muestra, por lo que las pruebas llevadas a cabo fueron pruebas no paramétricas. Para comprobar que las diferencias entre variables no se debieron al azar, se utilizó la prueba de Friedman. Para analizar las diferencias entre el pre- y los diferentes post-, por pares, se utilizó la prueba de Wilcoxon. Para el estudio de la relación entre las respuestas a los protocolos PAP sobre el CMJ y el FVimb, se realizó una correlación entre las diferentes variables utilizando la rho de Spearman. Debido al tamaño

muestra, los análisis pudieron tener una potencia insuficiente para detectar diferencias significativas, por lo que no podemos establecer una interpretación en base al p-valor, ya que podría ser errónea, para ello se utilizó el Tamaño del Efecto (TE). La magnitud de los cambios intra-grupo se interpretó utilizando los siguientes valores: Trivial (<0,50), pequeño (0,50 – 1,25), moderado (1,25 - 1,9), grande (>2,00) (Rhea, 2004). Todos los análisis fueron realizados usando SPSS Statistics v.21 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Resultados

La prueba de Friedman mostró que existieron diferencias significativas entre las diferentes mediciones, tanto al 65%RM (p-valor = 0,000) como para el 80%RM (p-valor = 0,000), junto con la prueba de Wilcoxon que mostró la existencia de diferencias entre el salto previo y todas las mediciones posteriores una por una (p-valor = 0,008). No se obtuvieron mejoras en las mediciones posteriores a la aplicación de los protocolos de PAP con sentadilla tanto al 65%RM como al 80%RM.

Tabla 1. Diferencias medias en cm de las distintas mediciones respecto al PREtest. de ambos protocolos, en el salto vertical.

Protocolo	Dif 15s-PRE	Dif 4min-PRE	Dif 8min-PRE	Dif 16min-PRE	Dif 24min-PRE
Salto PAP65%	-4,64±2,065	-2,52±1,01	-1,39±1,44	-2,61±1,19	-2,68±1,45
Salto PAP80%	-3,63±1,67	-2,04±1,43	-2,42±2,29	-2,06±1,15	-2,86±1,39

Valores expresados en media ± SD, PAP65%: Potenciación Post-Activación al 65% RM.

Tabla 2. Tamaño del Efecto para cada medición del POSTest respecto al PREtest en el CMJ.

Protocolo	Post 15s	Post 4min	Post 8min	Post 16min	Post 24min
Salto PAP65%	-1,13 p (-ivo)	-0,74 p (-ivo)	-0,41 t (-ivo)	-0,77 p (-ivo)	-0,87 p (-ivo)
Salto PAP80%	-1,10 p (-ivo)	-0,66 p (-ivo)	-0,77 p (-ivo)	-0,61 p (-ivo)	-0,85 p (-ivo)

+ivo: efecto positivo; -ivo: efecto negativo, t: trivial (<0,50), p: pequeño (0,50 – 1,25), m: moderado (1,25 - 1,9), g: grande (>2,00).

Sentadilla al 65%RM

En términos medios, el rendimiento en el salto vertical tuvo una fuerte disminución a los 15s de realizar el protocolo (↓15,03%). En las dos siguientes mediciones (4 y 8 min.) el rendimiento aumentó respecto a la medición de los 15s un 8,08% en la medición de los 4 min. y de un 12,39% a los 8 min. siendo este el pico máximo de rendimiento, estando aún un 4,5% por debajo del valor previo. En las dos siguientes mediciones (16 y 24 min), respecto al pico máximo de potenciación (8 min) el salto volvió a disminuir un 4,14% y 4,36%, y un 8,47% y 8,67% respecto al rendimiento inicial.

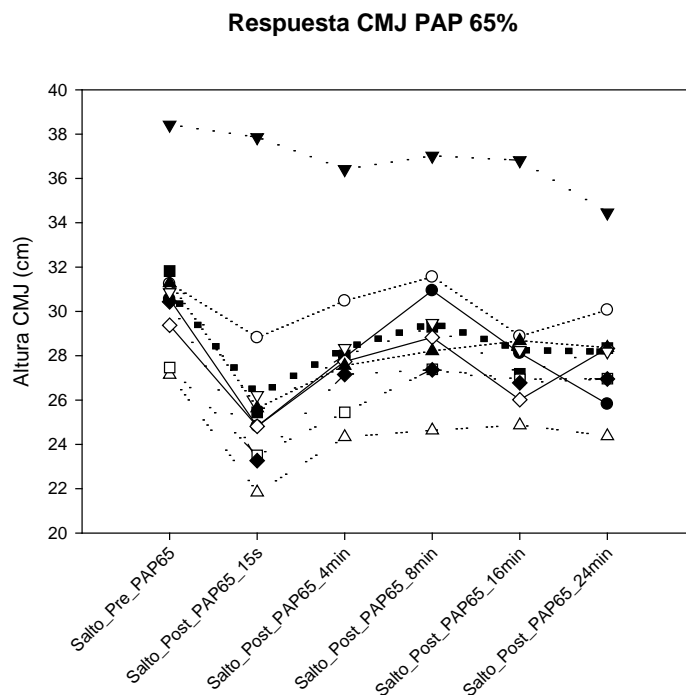


Figura 2. Cambios individuales tras la aplicación del protocolo PAP con Sentadillas al 65%RM. Destacada la línea de tendencia de la media grupal.

Sentadilla al 80%RM

Tras la aplicación de este protocolo, el rendimiento en el salto vertical tuvo una disminución menor a los 15s ($\downarrow 11,61\%$) en comparación con el protocolo anterior ($\downarrow 15,03\%$). En este caso el pico máximo de rendimiento se consiguió en tiempos diferentes al anterior, existiendo dos picos, a los 4 y a los 16 min, estando también por debajo del rendimiento inicial un 6,5%.

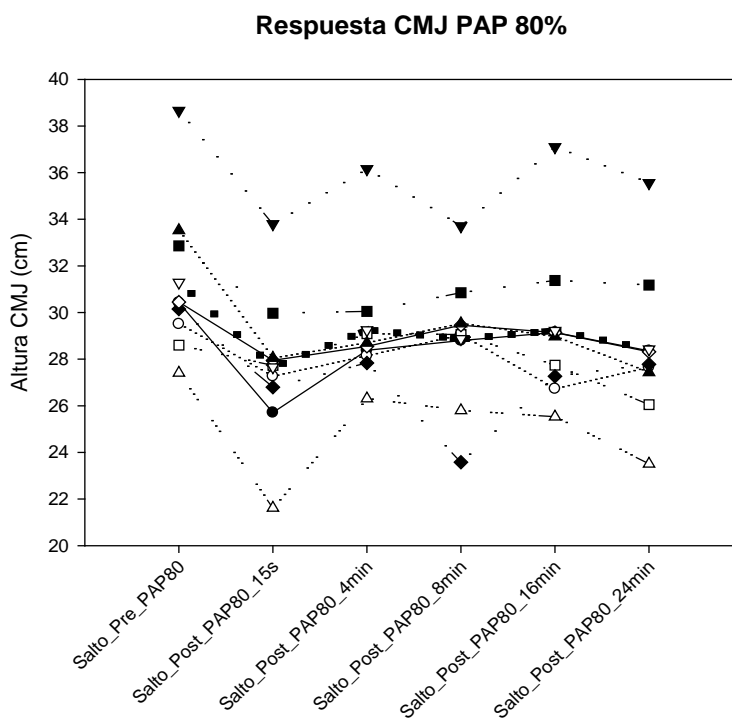


Figura 3. Cambios individuales tras la aplicación del protocolo PAP con Sentadillas al 80%RM. Destacada la línea de tendencia de la media grupal.

Relación entre la respuesta a los protocolos y el FVimb

Todos los sujetos presentaron un alto déficit de fuerza (FVimb = $58,81 \pm 16,47$). Al aplicar el coeficiente de correlación de Spearman, se encontró una relación lineal negativa ($r_s = -0,467$; $r^2 = 0,22$) entre el FVimb y la respuesta al protocolo PAP de Sentadillas al 80%RM en CMJ evaluada inmediatamente después de la realización del protocolo (15s), siendo la más alta de todas. Con el protocolo al 65%RM, sucedió lo contrario, el valor de la correlación fue positivo y muy bajo ($r_s = 0,283$; $r^2 = 0,08$). Ambas correlaciones no mostraron significación (p valor = 0,205 y 0,460, respectivamente) ya que el tamaño muestral es muy pequeño.

La relación encontrada entre el FVimb y la máxima respuesta al protocolo PAP en el ejercicio de sentadilla al 80%RM (4 y 16 min.) fue menor ($r_s = -0,183$; $r^2 = 0,03$; p valor = 0,637 y $r_s = -0,3$; $r^2 = 0,09$; p valor = 0,433 respectivamente). La misma situación se encontró con el protocolo PAP al 65%RM, donde la relación entre el FVimb y la máxima respuesta al protocolo (8 min.) también fue inferior en comparación con la respuesta obtenida inmediatamente después de realizar el protocolo ($r_s = -0,1$; $r^2 = 0,01$; p valor = 0,797).

Discusión

Como se hipotetizó, las participantes no respondieron de forma adecuada a los protocolos de PAP con sobrecargas. Como muestran los resultados, a pesar de que el protocolo de mayor sobrecarga (80%RM) tuvo una menor caída ($\downarrow 11,61\%$; TE = -1,10) en la medición realizada inmediatamente después de la aplicación del protocolo PAP (15s) que el protocolo al 65%RM ($\downarrow 15,03\%$; TE = -1,13).

El protocolo al 65%RM, permitió una mayor recuperación en las mediciones posteriores, llegando a quedarse un 4,5% (TE = -0,41) por debajo del rendimiento inicial en el punto de máxima potenciación (8 min.), mientras que el protocolo al 80%RM, en su punto de máxima potenciación (4 y 16 min.) se quedó un 6,5% (TE = -0,66 y -0,61) por debajo del rendimiento inicial.

Los resultados encontrados con el protocolo al 65%RM, concuerdan con las orientaciones de que la respuesta de máxima potenciación se encuentra en un rango de entre 7 y 10 min, utilizando cargas moderadas o bajas (Wilson et al., 2013) pero, por otro lado, al utilizar cargas altas, como la del 80%RM, la respuesta de máxima potenciación fue diferente, produciéndose a los 4 y 16 min. después de la aplicación del protocolo, similar a la propuesta de Hanson, Leigh, & Mynark (2007) donde afirman que un periodo de recuperación de 5 min., no es suficiente para provocar efectos de potenciación, pero, sin embargo, una recuperación más larga, como la medición realizada a los 16 min. tampoco fue capaz de producir efectos de potenciación, hechos que no muestran las afirmaciones de que cargas entre el 80-95%RM son intensidades adecuadas para crear un efecto positivo de potenciación (Saez de Villarreal, González-Badillo, & Izquierdo, 2007).

Puesto que se utilizaron estímulos de características variadas, el papel más relevante en cuanto a la respuesta de potenciación a un protocolo, se encuentra en las características del individuo (Tillin & Bishop, 2009; Wilson et al., 2013). En este caso, los sujetos fueron considerados como respondedores negativos (Healy & Comyns, 2017). En la literatura, el nivel de fuerza, se establece en base a la ratio Fuerza-Potencia (Tillin & Bishop, 2009), pero esta ratio puede dar lugar a confusión, ya que existen diferentes formas de obtenerla. Por este motivo, en este estudio el nivel de fuerza se consideró en base al FVimb de los sujetos (Samozino et al., 2013).

Dado que la orientación del Perfil F-V del grupo presentaba un alto déficit de fuerza (Jiménez-Reyes et al., 2016; Morin & Samozino, 2016; Samozino et al., 2013) se esperaba la no potenciación con ambos protocolos, debido al nivel de fuerza muscular de los sujetos, tal y como afirman trabajos previos (Tillin & Bishop, 2009; Wilson et al., 2013). La principal limitación para mostrar una relación clara entre el FVimb de los sujetos y las respuestas en las diferentes mediciones tras la realización de los protocolos fue el tamaño muestral del estudio, ya que con una muestra tan pequeña es difícil mostrar una relación estadística clara entre dos variables. No obstante, utilizando los valores extremos de las mediciones, en este caso, el valor del post-test a los 15s, y el valor del post-test en el momento de máxima potenciación de cada protocolo,

visualmente se puede observar que cuanto mayor es la carga, menor es el efecto de potenciación sobre el CMJ. Estadísticamente, el análisis no tiene potencia suficiente para mostrar significación debido al tamaño muestral. Los resultados arrojaron una relación lineal negativa, moderada ($r_s = -0,467$) entre el FVimb y la respuesta de potenciación inmediatamente después de realizar el protocolo de PAP al 80%RM. Interpretando los valores de r_s obtenidos, en función de la varianza explicada, se puede observar que ambas variables ponen en común un 22% de elementos comunes ($r^2 = 0,22$). Por otro lado, con el 65%RM, mostró una relación positiva, pero muy baja, donde solo se ponía en común un 8% de elementos comunes entre ambas variables ($r_s = 0,283$; $r^2 = 0,08$).

Las respuestas a los protocolos PAP, están fuertemente condicionadas por las características de los individuos (Tillin & Bishop, 2009; Wilson et al., 2013). Seitz & Haff (2015) exponen que los sujetos más débiles, obtienen mayores beneficios de potenciación con la realización de protocolos con múltiples series, pero en este caso, los sujetos de este estudio no mostraron beneficios significativos mediante la realización de protocolos PAP con múltiples series, lo que lleva a considerar la modificación del volumen e intensidad del protocolo PAP, en busca de mejores respuestas de potenciación como indican Healy & Comyns (2017).

Conclusiones

La utilización de protocolos de PAP mediante sobrecargas, con intensidades del 65% y 80%RM, provocan efectos negativos sobre el rendimiento en salto vertical para este grupo de jugadoras con un Perfil F-V con déficit de fuerza, La orientación Perfil F-V, hacia la Fuerza o la Velocidad, y FVimb pueden ser uno de los factores condicionantes de la respuesta de los sujetos tras la aplicación de un protocolo de PAP, como nos indican los principios de relación obtenidos entre las respuestas obtenidas y el FVimb.

Por ello, es necesaria una investigación más profunda y con un tamaño muestral más amplio, mediante el cual se pueda confirmar o rechazar los resultados obtenidos en este trabajo.

Referencias

- Ammar, A., Chtourou, H., Trabelsi, K., Padulo, J., Turki, M., El Abed, K., Hakim, A. (2015). Temporal specificity of training: intra-day effects on biochemical responses and Olympic-Weightlifting performances. *Journal of Sports Sciences*, 33(4), 358–68. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.944559>
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273–82.
- Crewther, B. T., Kilduff, L. P., Cook, C. J., Middleton, M. K., Bunce, P. J., & Yang, G.-Z. (2011). The acute potentiating effects of back squats on athlete performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3319–25. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318215f560>
- Dello Iacono, A., Padulo, J., Eliakim, A., Gottlieb, R., Barelli, R., & Meckel, Y. (2016). Post-activation potentiation effects on vertical and horizontal explosive performances of young handball and basketball athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(12), 1455–1464. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26398205>
- Esformes, J. I., Cameron, N., & Bampouras, T. M. (2010). Postactivation potentiation following different modes of exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1911–6. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181dc47f8>
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347–352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- González-Badillo, J. J., Yañez-García, J. M., Mora-Custodio, R., & Rodríguez-Rosell, D. (2017). Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 38(3), 217–225. <https://doi.org/10.1055/s-0042-120324>
- Hamada, T., Sale, D. G., & Macdougall, J. D. (2000). Postactivation potentiation in endurance-trained male athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(2), 403–11.
- Hanson, E. D., Leigh, S., & Mynark, R. G. (2007). Acute effects of heavy- and light-load squat exercise on the kinetic measures of vertical jumping. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1012–7. <https://doi.org/10.1519/R-20716.1>
- Healy, R., & Comyns, T. M. (2017). The Application of Postactivation Potentiation Methods to Improve Sprint Speed. *Strength and Conditioning Journal*, 39(1), 1–9. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000276>
- Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine*, 35(7), 585–95.

- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3–13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J.-B. (2016). Effectiveness of an Individualized Training Based on Force-Velocity Profiling during Jumping. *Frontiers in Physiology*, 7, 677. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00677>
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Cuadrado-Peñañiel, V., Conceição, F., González-Badillo, J. J., & Morin, J.-B. (2014). Effect of countermovement on power–force–velocity profile. *European Journal of Applied Physiology*, 114(11), 2281–2288. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2947-1>
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Pareja-Blanco, F., Conceição, F., Cuadrado-Peñañiel, V., González-Badillo, J. J., & Morin, J. B. (2017). Validity of a Simple Method for Measuring Force-Velocity-Power Profile in Countermovement Jump. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 36–43.
- 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. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1134. <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>
- Krüger, K., Pilat, C., Üeckert, K., Frech, T., & Mooren, F.C. (2014). Physical Performance Profile of Handball Players is Related to Playing Position and Playing Class. *Journal of Strength Conditioning Research*, 28(1): 117–125.
- Mahlfeld, K., Franke, J., & Awiszus, F. (2004). Postcontraction changes of muscle architecture in human quadriceps muscle. *Muscle & Nerve*, 29(4), 597–600. <https://doi.org/10.1002/mus.20021>
- Morin, J.-B., & Samozino, P. (2016). Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(2), 267–72. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0638>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E., & González-Badillo, J. (2014). Effect of Movement Velocity during Resistance Training on Neuromuscular Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(11), 916–924. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1363985>
- Rhea, M. R. (2004). Determining the Magnitude of Treatment Effects in Strength Training Research Through the Use of the Effect Size. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 918. <https://doi.org/10.1519/14403.1>
- Saez de Villarreal, E., González-Badillo, J. J., & Izquierdo, M. (2007). Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *European Journal of Applied Physiology*, 100(4), 393–401. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0440-9>
- Samozino, P., Edouard, P., Sangnier, S., Brughelli, M., Gimenez, P., & Morin, J.-B. (2013). Force-Velocity Profile: Imbalance Determination and Effect on Lower Limb Ballistic Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(6), 505–510. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1354382>
- Samozino, P., Morin, J.-B., Hintzy, F., & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*, 41(14), 2940–2945. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.028>
- Samozino, P., Morin, J.-B., Hintzy, F., & Belli, A. (2010). Jumping ability: a theoretical integrative approach. *Journal of Theoretical Biology*, 264(1), 11–8. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2010.01.021>
- Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J.-B. (2012). Optimal Force-Velocity Profile in Ballistic Movements-Altius: Citius or Fortius?. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(2), 313–322. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a>
- Sánchez-Medina, L., Perez, C. E., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2010). Importance of the Propulsive Phase in Strength Assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(2), 123–129. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1242815>
- Seitz, L. B., & Haff, G. G. (2015). Application of Methods of Inducing Postactivation Potentiation During the Preparation of Rugby Players. *Strength and Conditioning Journal*, 37(1), 40–49. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000116>
- Seitz, L. B., de Villarreal, E. S., & Haff, G. G. (2014). The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3), 706–15. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a73ea3>
- Thomas, K., Toward, A., West, D. J., Howatson, G., & Goodall, S. (2017). Heavy-resistance exercise-induced increases in jump performance are not explained by changes in neuromuscular function. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(1), 35–44. <https://doi.org/10.1111/sms.12626>
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147–166. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939020-00004>
- Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M. ... & Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-Analysis of Postactivation Potentiation and Power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 854–859. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825c2bdb>

Referencia del artículo:



Sánchez-López S., Rodríguez-Pérez, M.A. (2018). Efectos de dos protocolos de potenciación post-activación sobre el rendimiento en el salto vertical, en relación al perfil f-v en jugadoras de balonmano de élite. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte* 14(1), 17-26. <http://www.e-balonmano.com/ojs/index.php/revista/index>