

Aumento de altura en salto en jugadores universitarios de voleibol

Jump Height Increase in University Volleyball Players

PABLO QUIROGA MARABOLI
ALEJANDRO BUSTAMANTE GARRIDO
CHRISTOPHER AVENDAÑO HERNÁNDEZ

Universidad de Chile (Santiago, Chile)

SEBASTIÁN CÁCERES GUERRA
SEBASTIÁN URREA GONZÁLEZ

Estudiantes de kinesiología

Universidad de Chile (Santiago, Chile)

Correspondencia con autor

Christopher Avendaño Hernández

christopheravendano@ug.uchile.cl

Resumen

El entrenamiento del salto es fundamental para obtener un óptimo desempeño en diversos deportes, siendo el método complejo, basado en el fenómeno de potenciación posactivación (PPA), uno de los de los más utilizados para el entrenamiento de esta cualidad. Numerosos estudios respaldan la existencia de PPA representada en las variaciones de un salto vertical, sin embargo, en la literatura no se describe un protocolo estándar de entrenamiento que genere dicho fenómeno. Este estudio piloto cuantitativo cuasi experimental tiene como objetivo determinar en cuál de las zonas de fuerza descritas por Naclerio se debe entrenar para que la PPA se exprese, en mayor medida, evidenciado en las variaciones de altura de un salto Counter Movement Jump (CMJ). Se utilizó un muestreo por conveniencia de veinticinco individuos, divididos aleatoriamente en cinco grupos, cada uno correspondiente a una zona de fuerza. Luego los sujetos fueron entrenados con sentadilla media según los parámetros de cada zona. Finalmente, se obtuvo la altura del salto basándose en la fórmula de Bosco a partir de los fotogramas de una cámara digital. Existieron dos zonas de fuerza que presentaron un aumento en la altura del salto posterior a la potenciación, la zona de fuerza potencia y explosiva, sin embargo solo la primera de estas mostró resultados significativos en dicho cambio ($p < 0,05$), representados como un 7 % de aumento. Pretendemos que dichos hallazgos sean útiles para el desarrollo de nuevos estudios que permitan el diseño de nuevas metodologías de entrenamiento y rehabilitación deportiva viéndose beneficiados por sus propiedades.

Palabras clave: potenciación posactivación (PPA), salto contramovimiento (CMJ), zonas de fuerza, voleibol

Abstract

Jump Height Increase in University Volleyball Players

Jumping training is essential for optimal results in many sports, and the complex method, based on Post-Activation Potentiation (PAP), is one of the most used for this kind of training. Numerous studies support the existence of PAP variations displayed in a vertical jump, but a standard training protocol to generate such a phenomenon is not described in the literature. This quantitative quasi-experimental pilot study aims to determine which of the areas described by Naclerio require training for PAP to be expressed to a greater extent, as evidenced by the height variations in a Counter Movement Jump. We used convenience sampling of twenty five individuals, randomly divided into five groups each corresponding to an area of strength. Then the subjects were trained to squat according to the parameters of each area. Finally we obtained jump height based on the formula of Bosco from the frames of a digital camera. There were two areas of strength that showed an increase in the height of the post-potentiation jump, namely power and explosive. However, only the former showed significant results in this change ($p < 0.05$), represented as a 7% increase. We hope that these findings will be useful for developing new studies to design new training and sports rehabilitation methodologies which will benefit from their properties.

Keywords: post-activation potentiation (PAP), counter movement jump (CMJ), areas of strength, volleyball

Introducción

El presente estudio enfatiza el análisis de una cualidad física fundamental en la mayoría de las disciplinas deportivas, la potencia. El ejercicio más representativo por excelencia de esta capacidad es el salto.

Para el entrenamiento del salto, el método más utilizado es el denominado método complejo o de transferencias, basado en la aplicación de las ganancias de un entrenamiento de fuerza máxima y/o hipertrofia, en la realidad deportiva (Naclerio, 2010). El método complejo se basa en un fenómeno neuromuscular denominado potenciación posactivación (PPA), definido como un

“fenómeno por el cual se incrementa la fuerza ejercida por un músculo debido a su contracción anterior. Es una teoría que propone que la contracción previa de un músculo influye en el rendimiento mecánico de las contracciones musculares posteriores” (Lorenz, 2011).

Este estudio, de tipo piloto, centra su atención en dicho fenómeno, puesto que aumentar el conocimiento disponible sobre la PPA puede ser de gran ayuda para profesionales del deporte y la rehabilitación al producir mayor cantidad de fuerza y potencia, transitoriamente, y en un momento dado.

Considerando que en el voleibol el salto es un recurso fundamental para lograr un desempeño óptimo, trabajaremos con individuos de dicha disciplina para analizar esta potenciación o aumento transitorio de la fuerza, específicamente de la extremidades inferiores, mediante la evaluación del salto counter movement jump (CMJ) como principal herramienta de experimentación.

Marco teórico

Fuerza

La fuerza se define desde la fisiología como la capacidad del sistema neuromuscular que permite vencer u oponerse a una resistencia a través de una tensión del tejido contráctil. Esta capacidad puede ser entrenada, siendo fundamental en el ámbito deportivo para lograr potenciar todas las otras capacidades físicas requeridas en cualquier gesto deportivo. Independientemente de la clase de deporte que se practique, su preparación ocupa un espacio importante dentro de toda planificación deportiva. Es cierto que clásicamente se describen mejoras en la fuerza a través del uso de resistencias en su entrenamiento pero no debemos creer que todo deportista

debe entrenar esta cualidad de la misma manera, ya que si bien el entrenamiento de la fuerza es el sustrato fundamental su forma de expresión es diferente. En base a esto se han establecido a lo largo del tiempo distintas zonas o manifestaciones de la fuerza, tal como nos describen Naclerio y Jiménez (2007):

“En los últimos años las investigaciones en el campo del entrenamiento de la fuerza han resaltado la importancia de la relación entre el nivel de fuerza aplicada, la velocidad alcanzada y la potencia producida en los ejercicios. Así el estudio de la relación entre fuerza, velocidad y potencia en los ejercicios con resistencias, ha permitido diferenciar zonas en donde cada una de estas variables se manifiesta de forma diferente, en función del porcentaje de peso utilizado, la velocidad lograda y la potencia producida a lo largo de un espectro de resistencias desde ligeras a máximas.”

Para entender esta diferenciación se hace necesario conocer el concepto de repetición máxima (RM), esta es la máxima carga posible para un ejercicio con la que un individuo es capaz de realizar en una repetición. La RM se puede medir directamente bajo un protocolo de ejercicios o se puede calcular indirectamente en base a una serie de ecuaciones que han sido validadas. De este modo, las zonas o manifestaciones de la fuerza según Naclerio y Jiménez (2007) son:

- *Zona de fuerza explosiva:* se aplica la máxima fuerza posible contra pesos ligeros (> 30 al 60 % de 1RM). En esta zona se alcanzan los niveles más elevados de velocidad, la potencia crece progresivamente y la fuerza es baja.
- *Zona de fuerza potencia:* se aplica la mayor fuerza posible contra pesos moderados (> 60 al 80 % de 1RM). En esta zona, la velocidad de ejecución es de moderada a baja, la potencia comienza a disminuir, mientras la fuerza aumenta.
- *Zona de fuerza máxima:* se movilizan pesos superiores al 80 % de la 1RM. En esta zona se alcanzan los niveles más elevados de fuerza, la potencia es baja y la velocidad de ejecución muy baja.
- *Zona de fuerza resistencia:* existen 2 subzonas diferenciadas según el porcentaje del peso utilizado:
 - Fuerza resistencia con pesos bajos: pesos comprendidos entre el 30 y el 60 % de 1RM.
 - Fuerza resistencia con pesos altos: pesos comprendidos entre el 60 y el 80 % de 1RM.

Potenciación posactivación (PPA)

El fenómeno denominado PPA ha sido explicado fundamentalmente por dos teorías, la fosforilación de las cadenas livianas de miosina reguladoras (RLC) y la otra es el incremento en el reclutamiento de unidades motoras de alto orden.

A) *Fosforilación de las cadenas livianas de miosina reguladoras (RLC)*. La molécula de miosina cumple un rol fundamental en la contracción muscular, esta molécula es un complejo que contiene seis subunidades, formadas por dos cadenas pesadas. Cada cadena pesada tiene una terminación amino, a la cual se le llama cabeza de miosina. Esta cabeza de miosina contiene dos cadenas livianas reguladoras, cada una de estas tiene un sitio de unión para una molécula de fosfato, y que está a cargo de una enzima kinasa que es activada por la unión de las moléculas de calcio liberadas del retículo sarcoplasmático que se unen a la calmodulina. La fosforilación de las cadenas livianas reguladoras causa una alteración en la estructura de las cabezas de miosina, además está demostrado que esta fosforilación deja más sensible la interacción actina miosina a las concentraciones de calcio mioplasmático. Por consiguiente, la fosforilación de las cadenas livianas reguladoras tiene su mayor efecto a una concentración menor de calcio mioplasmático. Estos efectos potenciarían las contracciones musculares subsiguientes (Tillin & Bishop, 2009).

B) *Incremento en el reclutamiento de unidades motoras de alto orden*. Las investigaciones han demostrado que una contracción isométrica máxima eleva la capacidad de transmisión de potenciales excitatorios a través del cruce sináptico en la médula espinal. Este estado beneficioso puede durar varios minutos después de la contracción y como resultado hay un aumento en los potenciales postsinápticos para el mismo potencial presináptico durante la actividad subsiguiente (Tillin & Bishop, 2009).

Fatiga

Un factor a considerar es la coexistencia temporal de la potenciación y la fatiga en la contracción muscular. La fatiga se define como una depresión de la respuesta contráctil atribuida a una actividad contráctil anterior, evidenciada generalmente como una disminución de la fuerza esperada (Rassier & MacIntosh, 2000). A causa de esta coexistencia, cuando se busca generar el fenómeno de la potenciación, a través de la ejecución de un ejercicio desencadenante, inevitablemente coexistirán ambos fenómenos, pero la fatiga decae más rápidamente que la potenciación, es por esto que debe existir un

intervalo de tiempo desde la ejecución del estímulo desencadenante hasta el estímulo que se pretende potenciar, para dar paso a la recuperación de la fatiga y expresión pura de la potenciación.

En la actualidad, son numerosos los estudios que respaldan, con resultados significativos, la existencia del fenómeno de la PPA en la manifestación de la fuerza explosiva representada a través de los cambios en un salto vertical. En contraste, en la literatura no hay consenso en relación con un protocolo estándar que genere dicho fenómeno (Jeffreys, 2008).

Existen diversas variables que deben tomarse en cuenta para elaborar un protocolo de experimentación sobre este fenómeno, ya sea en relación con la carga o periodo de descanso y repeticiones del ejercicio potenciador. Estas variables se unifican dentro del concepto de las zonas de fuerza descrito anteriormente (Naclerio & Jiménez, 2007). Lo anterior sería la principal determinante en la variedad y poca semejanza de los resultados obtenidos hasta el día de hoy. Si bien estas conclusiones son válidas, es importante establecer una metodología estable que exprese el fenómeno de la PPA. Sin embargo, no existe consenso en cuanto a un protocolo que considere estas variables, con el objetivo de generar en mayor medida la expresión del fenómeno de PPA en un salto vertical (Jeffreys, 2008).

De este modo surge el interrogante “¿En qué zona de fuerza se debe ejecutar la sentadilla media como fenómeno potenciador para observar, en mayor medida, el fenómeno de PPA expresado en el cambio de la altura de un CMJ en voleibolistas de la Universidad de Chile?”.

El propósito de este estudio es obtener información relevante sobre un protocolo estándar en el ejercicio que desencadena el fenómeno de PPA, de tal manera que sirva de base para el desarrollo de nuevas metodologías de entrenamiento y rehabilitación deportiva que utilicen dicho fenómeno y se vean beneficiados por sus propiedades, siendo el objetivo general del mismo determinar en qué zona de fuerza se debe ejecutar la sentadilla media como fenómeno potenciador para observar, en mayor medida, el fenómeno de PPA expresado en el cambio de la altura de un CMJ en voleibolistas de la Universidad de Chile.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio piloto de tipo cuantitativo cuasi experimental, longitudinal y exploratorio. El estudio fue diseñado para determinar en qué zona de fuerza ocurre, en mayor medida, el fenómeno de la PPA expresado en la variación de la altura de un salto CMJ posterior a un protocolo de entrenamiento de sentadilla bajo los parámetros

Fase 1	5 minutos de trote continuo suave en Treadmill.
Fase 2	Ejercicios de flexibilidad dinámica de EELL en plano sagital, para cuádriceps, psoas, isquiotibiales, tríceps sural.
Fase 3	Realización de 3 saltos en el cuadrante definido para saltos, para preparación y adaptación.
Fase 4	Realización de 3 saltos en cuadrante definido para saltos.

Tabla 1. Protocolo activación para medición de saltos potenciados

de las zonas de fuerza descritas por Naclerio y Jiménez (2007). La población de estudio correspondió a los voleibolistas, hombres y mujeres, estudiantes de la Universidad de Chile durante el periodo de marzo a diciembre del año 2014. La muestra se conformó inicialmente por 25 sujetos, 12 hombres y 13 mujeres, que cumplían con los criterios de ser alumnado regular de la Universidad de Chile, participantes activos de las selecciones de voleibol de distintas facultades y que no presentaban antecedentes de lesión musculoesquelética en los tres meses previos al proceso de obtención de datos. Se utilizó el criterio de conveniencia para la elección de la muestra.

Las variables evaluadas en este estudio son de altura y el tiempo de vuelo en el salto vertical con contra movimiento (CMJ). La variable independiente es la ejecución de una sentadilla media según las zonas de fuerza descritas por Naclerio.

Para el presente estudio se utilizaron las dependencias del gimnasio de la Facultad de medicina de la Universidad de Chile.

Para la medición de la altura de los saltos se utilizó una cámara digital Samsung modelo WB100 con capacidad para grabar videos de 30 fotogramas por segundo, junto con un trípode marca Fujifilm adaptable con una altura máxima de 1,65 metros. Del mismo modo, se utilizó el *software* de análisis de movimiento Kinovea versión 0.8.15.

Para la medición de RM y protocolo de entrenamiento se utilizaron un total 140 kg de peso en discos olímpicos, distribuidos en 4 discos de 2,5 kg, 6 de 5 kg, 4 de 10 kg y 2 de 20 kg, además de dos barras olímpicas.

La muestra fue dividida de manera aleatoria, a través de un sorteo, en cinco grupos de 4 individuos que representan a cada una de las zonas de fuerza: fuerza máxima, fuerza potencia, fuerza explosiva y fuerza resistencia pesos altos y pesos bajos.

Se realizaron 2 mediciones a cada participante, la primera de estas consistió en el cálculo de la resistencia máxima directa en sentadilla media bajo el protocolo de Casas descrito por Jiménez (2005). La segunda medición consistió en cuantificar la altura del salto previo y posterior al protocolo de entrenamiento establecido según las zonas de fuerza descrita por Naclerio. Esta sesión se inició

Zona de fuerza	% 1 RM	Repeticiones por serie	Series	Pausa entre series
Máxima	90%	3	4	3'
Resistencia pesos altos	75%	8	6	3'
Resistencia pesos bajos	50%	15	5	2'
Explosiva*	45%	5	6	3'
Potencia	70%	3	3	3'

* Máxima velocidad de ejecución.

Tabla 2. Promedio de los parámetros de carga, serie, repeticiones y tiempo de descanso según zona de fuerza descrita por Naclerio

con una breve activación muscular protocolizada por Alejandro Bustamante, docente de la Facultad de medicina de la Universidad de Chile, profesor de educación física de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación y magister de entrenamiento deportivo de la Universidad Mayor; la activación se muestra en la *tabla 1*.

A continuación se realizaron 3 saltos de práctica para normalizar la técnica del CMJ, para posteriormente llevar a cabo la medición de los 3 saltos previos a la potenciación. Estos saltos fueron realizados en un área delimitada de 60 x 60 cm y registrados por la cámara antes descrita ubicada a 1,8 metros de distancia de dicho cuadrante, a una altura de 50 cm proporcionados por el trípode.

Se realizó el entrenamiento potenciador de sentadilla media con los promedios de carga, series, repeticiones y descansos definidos por las zonas de fuerza según Naclerio y Jiménez (2007), como se describe en la *tabla 2*.

El tiempo entre la ejecución del entrenamiento de la sentadilla media con carga y la medición de los saltos posteriores fueron de 10 minutos, tiempo establecido en base al metaanálisis del año 2012 que determinó que entre 8 y 12 minutos de tiempo de descanso los resultados fueron mayormente significativos (Gouvêa, Fernandes, Peixoto, Barbosa, & Chagas, 2012), por lo que usamos el promedio de estos dos valores. A continuación se registraron 3 saltos posteriores al entrenamiento, con la misma metodología de los 3 saltos previos.

Finalmente, se determinó la altura de los 6 saltos de cada individuos (3 previos y 3 posteriores al entrenamiento) a través de la fórmula de Bosco, Luhtanen,

& Komi (1983), a partir del tiempo de vuelo obtenido mediante el análisis de video con el uso del *software* Kinovea, donde cada fotograma entregado por la cámara significa 0,333 segundos. Se utilizó como técnica de enmascaramiento el simple ciego.

Para el análisis de los datos, la altura de los saltos obtenidos fueron tabulados en Excel, según la zona de fuerza entrenada, para luego ser analizados en el *software* SPSS Statics, donde se les aplicó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, para determinar si los datos se distribuían correctamente.

Posteriormente, a las zonas de fuerza que distribuyeron de manera normal, se les aplicó el *t* de Student para muestras relacionadas, mientras para aquellas zonas en que los datos no distribuyeron de forma normal, se les aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon, con el objetivo de determinar si las variaciones en la altura de los saltos fueron significativas considerando un intervalo de confianza del 95 %.

En relación con las consideraciones éticas en este estudio, la presencia de lesiones fue un factor a considerar, no obstante, los individuos que presentaban algún tipo de lesión musculoesquelética fueron descartados del estudio. El principal riesgo recayó en la medición de la RM, ya que se entrena con pesos elevados, es por esto que había un equipo de al menos 3 individuos que resguardaron la seguridad de cada sujeto al momento de dicha evaluación. Así mismo, cada protocolo e intervención de carácter físico fue supervisado por el profesor del área, Alejandro Bustamante.

Este estudio fue aprobado por el comité de ética de la facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Del mismo modo se realizó un proceso de consentimiento informado, donde se invitó a cada sujeto a participar voluntariamente de nuestro estudio detallando el proceso de investigación.

Resultados

De los 25 individuos iniciales, uno no asistió a la primera sesión por causa de una lesión y cuatro asistieron solo a la primera etapa del proceso, por lo que la muestra final consistió en 20 sujetos (10 hombres y 10 mujeres), cuyas características se especifican en la *tabla 3*.

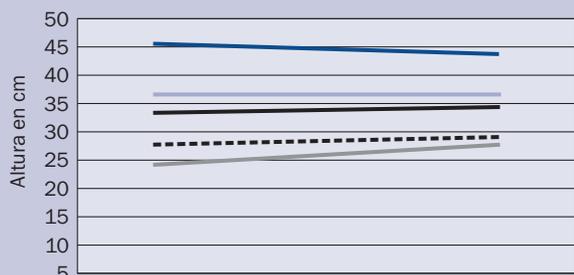
En la *tabla 4* se muestran los valores promedios de las características antropométricas y RM de los individuos participantes, según cada zona de fuerza. Cada zona fue conformada por 4 sujetos designados aleatoriamente.

	N	Mínimo	Máximo	Media	DE
Hombres					
Peso (kg)	10	60,50	86,00	76,90	8,25
Talla (m)	10	1,65	1,92	1,78	0,07
Edad (años)	10	20,00	23,00	22,00	0,94
Mujeres					
Peso (kg)	10	52,00	77,00	61,90	7,48
Talla (m)	10	1,59	1,74	1,66	0,05
Edad (años)	10	19,00	27,00	22,10	2,02

Tabla 3. Características de los participantes

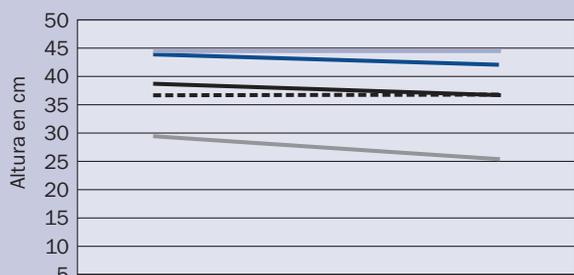
	Mínimo	Máximo	Media	DE
Zona de fuerza explosiva				
Peso (kg)	60,50	86,00	69,25	11,60
Talla (m)	1,65	1,92	1,75	0,11
Edad (años)	20,00	22,00	21,25	0,95
RM	70,00	130,00	92,50	27,23
IMC	21,13	23,33	22,28	0,90
Zona de fuerza potencia				
Peso (kg)	60,00	77,00	69,37	7,15
Talla (m)	1,64	1,84	1,72	0,08
Edad (años)	22,00	27,00	23,25	2,50
RM	70,00	120,00	98,75	20,96
IMC	21,27	26,33	23,33	2,18
Zona de resistencia pesos bajos				
Peso (kg)	52,50	81,50	63,50	12,92
Talla (m)	1,62	1,78	1,67	0,07
Edad (años)	22,00	23,00	22,50	0,57
RM	60,00	120,00	81,25	26,57
IMC	20,00	25,72	22,37	2,49
Zona de resistencia pesos altos				
Peso (kg)	62,00	85,00	73	11,22
Talla (m)	1,63	1,75	1,69	0,05
Edad (años)	19,00	22,00	21	1,41
RM	70,00	120,00	101,25	23,93
IMC	22,23	27,76	25,37	2,52
Fuerza máxima				
Peso (kg)	52,00	82	71,87	14,02
Talla (m)	1,59	1,83	1,75	0,11
Edad (años)	21,00	23	22,25	0,95
RM	65,00	130	107,50	29,58
IMC	20,57	24,60	23,09	1,89

Tabla 4. Promedio de las medidas antropométricas, edad y RM de sentadillas



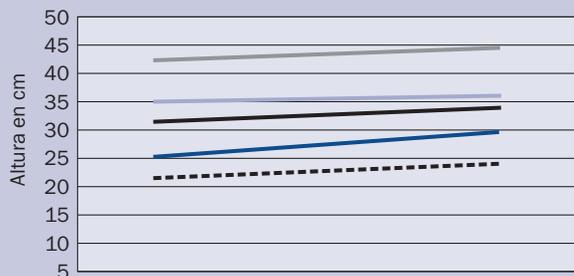
	Salto previo	Salto posterior
— Sujeto 1	24,22777729	27,99351796
- - - Sujeto 2	27,99351796	29,30925867
— Sujeto 3	36,34166594	36,34166594
— Sujeto 4	45,77870279	44,09999912
— Promedio	33,58541599	34,43611042

1. Fuerza explosiva



	Salto previo	Salto posterior
— Sujeto 1	29,30925867	25,45277727
- - - Sujeto 2	36,34166594	36,34166594
— Sujeto 3	44,09999912	44,09999912
— Sujeto 4	44,09999912	42,51203519
— Promedio	38,46273071	37,10161963

2. Fuerza máxima



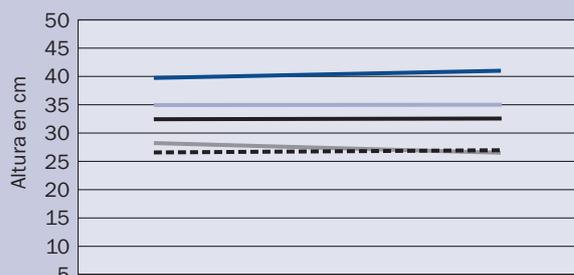
	Salto previo	Salto posterior
— Sujeto 1	42,51203619	44,09999912
- - - Sujeto 2	21,86851808	24,22777729
— Sujeto 3	34,84444375	36,34166594
— Sujeto 4	25,45277727	29,30925867
— Promedio	31,16944382	33,49467526

3. Fuerza potencia



	Salto previo	Salto posterior
— Sujeto 1	24,22777729	25,45277727
- - - Sujeto 2	44,09999912	44,09999912
— Sujeto 3	29,30925867	26,67777724
— Sujeto 4	24,22777729	25,45277727
— Promedio	30,46620309	30,42083272

4. Fuerza resistencia pesos bajos



	Salto previo	Salto posterior
— Sujeto 1	27,99351796	26,67777724
- - - Sujeto 2	26,67777724	26,76851798
— Sujeto 3	34,84444875	34,84444375
— Sujeto 4	39,33611032	40,92407326
— Promedio	32,21296232	32,30370306

5. Fuerza resistencia pesos altos

Gráficos 1-5. Promedios de los saltos previos y posteriores de cada individuo según la zona de fuerza en que se realizó el ejercicio potenciador

Existieron dos zonas de fuerza que presentaron un aumento promedio en la altura de salto, dos zonas de fuerza que no presentaron cambios y una zona que evidenció una disminución en dicho valor posterior al protocolo de entrenamiento, tal como lo muestran los gráficos 1, 2, 3, 4 y 5.

Las zonas de fuerza que presentaron un aumento en el promedio de los saltos posteriores a la potenciación fueron la zona de fuerza explosiva con un cambio de 0,85 cm de altura y la zona de fuerza potencia con un cambio de 2,32 cm de altura luego del entrenamiento de sentadilla media. De estas, solo la zona de fuerza

Zona	Media de los saltos previos (cm)	Media de los saltos posteriores (cm)	Diferencia de las alturas promedio de los saltos post y pre. (cm)	Diferencia de las alturas promedio de los saltos (post y pre). Porcentajes (cm)
Fuerza explosiva	33,58	34,43	0,85	3%
Fuerza máxima	38,46	37,10	-1,36	-4%
Fuerza potencia	31,16	33,49	2,32	7%
Fuerza RPB	30,46	30,42	-0,04	0%
Fuerza RPA	32,21	32,30	0,09	0%

Tabla 5. Media de la altura de los saltos previos y posteriores al ejercicio potenciador. Diferencia de las alturas promedio de los saltos post y preestímulo y su expresión porcentual. Todo según zona de fuerza

potencia evidenció un valor de cambio significativo ($p < 0,05$) expresado en un 7 % de aumento en la altura del salto posterior a la potenciación, como se explica en la *tabla 5*.

Las zonas de fuerza de resistencia de pesos bajos como resistencias pesos altos no presentaron variaciones significativas ($p > 0,05$), mientras que la zona de fuerza máxima evidenció una disminución del 4 % en la altura promedio de los saltos posteriores a la potenciación, la cual tampoco se califica como una diferencia significativa ($p > 0,05$) (*tabla 5*).

Discusión

En este estudio se intentó determinar si existen diferencias significativas entre las alturas de un salto CMJ realizado antes y después a un entrenamiento potenciador realizado según las diferentes zonas de fuerza descritas por Naclerio y Jiménez (2007), puesto que en la actualidad, son numerosos los estudios que respaldan, con resultados significativos, la existencia del fenómeno de la PPA en la manifestación de la fuerza explosiva representada a través de los cambios en un salto vertical. Sin embargo, en la literatura no hay consenso en relación con un protocolo estándar que genere dicho fenómeno (Jefreys, 2008).

Con este fin nos planteamos determinar en qué zona de fuerza se debe ejecutar la sentadilla media como fenómeno potenciador para observar, en mayor medida, el fenómeno de PPA expresado en el cambio de la altura de un CMJ en voleibolistas de la Universidad de Chile.

De este modo los principales hallazgos obtenidos en este estudio determinaron que dentro de las cinco zonas de fuerza descritas por Naclerio, en las que se entrenó la sentadilla media como ejercicio potenciador, solo

se encontraron diferencias significativas para la zona de fuerza potencia ($p < 0,05$).

La zona de fuerza potencia se caracteriza, tal como describe la *tabla 2*, por ser entrenada con un porcentaje de carga del 70 % de la RM de los sujetos, realizando 3 series de 3 repeticiones con descansos de 3 minutos entre cada serie, lo que se correlaciona con el estudio de Young, Jenner y Griffiths en el año 1998, que encontró diferencias significativas en saltos CMJ a través de un protocolo de potenciación con alta carga. No obstante, dicho estudio estableció un periodo de descanso de 4 minutos entre el entrenamiento potenciador y el salto posterior, lo que no se correlaciona con la bibliografía actual que describe que entre 8 y 12 minutos después a la potenciación se produce un mayor efecto del fenómeno de PPA (Gouvêa, Fernandes, Peixoto, Barbosa, & Chagas, 2012) como si se estableció en este estudio.

Un estudio realizado por Gargoulis, Aggeloussis, Kasmatis y Mavromatis (2003) demostró una mejora promedio de 2,39 ($p < 0,05$) en la altura de salto vertical tras 5 series de sentadillas media para 2 repeticiones al 20 %, 40 %, 60 %, 80 % y 90 % de 1RM y con 3 minutos de descanso entre serie, siendo resultados muy similares a los encontrados en nuestro estudio para la zona fuerza potencia, teniendo además una serie de similitudes en los protocolos empleados. En primer lugar, el tiempo de descanso entre series (3 minutos) fue el mismo considerado por el estudio de Gargoulis et al. (2003) y el entrenamiento en la zona de fuerza potencia ejecutado según los parámetros de Naclerio, en nuestro estudio. Asimismo, en ambos estudios el ejercicio potenciador fue una sentadilla media.

Por otra parte, encontramos una alta concordancia en los volúmenes relativos del entrenamiento de la sentadilla media, tal como se describe en la *tabla 6*. Sin embargo el estudio de Gargoulis et al. (2003) no

	Gargoulis et al. (2003)	Entrenamiento en zona de fuerza potencia
Series	5	3
Repeticiones	2	3
% RM	20%, 40%, 60%, 80% y 90%*	70%
Volumen relativo %	580% (5,8 RM)	630% (6,3 RM)

* Para efectos del cálculo de volumen relativo en este protocolo se deben promediar los % de RM de cada serie.

Tabla 6. Contraste de volumen relativo del protocolo de entrenamiento de Gargoulis et al. (2003), y entrenamiento en zona de fuerza potencia según Naclerio

presentó tiempo de descanso entre el entrenamiento la evaluación del salto posterior.

Si bien es cierto que los resultados de este estudio fueron concluyentes, podemos identificar algunos factores limitantes en la metodología empleada para su investigación. En primer lugar se encuentra la capacidad de grabación de la cámara utilizada (30 fotogramas por segundo) para la evaluación del tiempo de vuelo de los participantes, puesto que de haber utilizado una cámara con mayor capacidad, los datos de la altura de saltos obtenidos hubieran sido más precisos.

Por otra parte, al ser un estudio piloto, el número de individuos participantes (20) puede haber afectado la representatividad de los resultados obtenidos para cada zona de fuerza. Del mismo modo, considerando las características de los sujetos de estudio (tabla 3) no podríamos asegurar que el aumento transitorio de la fuerza encontrado al entrenar en la zona de fuerza potencia y expresado en los cambios de un salto vertical, se puedan extrapolar a otras disciplinas deportivas y a todas las edades.

En relación con las proyecciones y aplicabilidad de los resultados de este estudio, podemos entender una relevancia fundamentalmente de tipo práctica, debido a que el fenómeno de PPA requiere un protocolo estándar para la ejecución del ejercicio desencadenante. De tal manera que, considerando que al entrenar en la zona de fuerza potencia se expresa en mayor medida dicho fenómeno, se utilice dicho hallazgo para el diseño de nuevas metodologías de entrenamiento y

rehabilitación deportiva viéndose beneficiados por sus propiedades.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*, 50(2), 273-282. doi:10.1007/BF00422166
- Digby, G. (2002). Sale Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30(3), 138-143. doi:10.1097/00003677-200207000-00008
- Gargoulis, V., Aggeloussis, N., Kasmatis, P., & Mavromatis, G. A. (2003). Effect of a submaximal half squats warm-up program on vertical jumping ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 342-344.
- Gouvêa A., Fernandes I., Peixoto E., Barbosa W., & Chagas, P. (2012). The effects of rest intervals on jumping performance: A meta-analysis on post-activation potentiation studies. *Journal of Sports Sciences*, 31(5) 459-467. doi: 10.1080/02640414.2012.738924
- Grosser, M., & Müller, H. (1989). *Desarrollo muscular*. Barcelona: Hispano Europea.
- Jeffreys, I. (2008). A review of post activation potentiation and its application in strength and conditionings. *UK Strength and Conditioning Association*, 12, 17-24.
- Jiménez, A. (2005). *Entrenamiento Personal, Bases, Fundamentos y Aplicaciones* (1.ª ed.). Barcelona: Editorial Inde.
- Lorenz, D. (2011). Postactivation potentiation: An introduction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 6(3), 234-240.
- Naclerio, F. (2010). *Entrenamiento deportivo: Fundamentos y Aplicaciones en diferentes deportes*. España: Editorial Médica Panamericana.
- Naclerio, F., & Jiménez, A. (2007). Entrenamiento de la fuerza contra resistencias: Cómo determinar las zonas de entrenamiento. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2(2), 42-52. doi:10.4100/jhse.2007.22.03
- Rassier, D., & MacIntosh, B. R. (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33(5) 499-508. doi:10.1590/S0100-879X200000500003
- Tillin, A., & Bishop, D. (2009). Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147-166. doi:10.2165/00007256-200939020-00004
- Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomee, R. (2007). The Influence of Frequency, Intensity, Volume and Mode of Strength Training on Whole Muscle Cross-Sectional Area in Humans. *Sports Medicine*, 37(3), 225-264. doi:10.2165/00007256-200737030-00004
- Young, W. B., Jenner, A., & Griffiths, K. (1998). Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(2).82-84, doi:10.1519/00124278-199805000-00004