

Efecto de la resistencia variable sobre la potenciación post activación: una revisión sistemática

Álvaro C. Huerta Ojeda^{1,2,3,6}, Luis J. Chiroso Ríos^{2,3}, Rafael Guisado Barrilao^{3,4}, Ignacio J. Chiroso Ríos^{2,3}, Pablo A. Cáceres Serrano⁵

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

Recibido: 11.03.2016

Aceptado: 24.05.2016

Resumen

Introducción: Tanto la Resistencia Variable (RV) como la Potenciación Post Activación (PAP) han sido utilizadas como metodologías de entrenamiento para mejorar la fuerza explosiva en deportistas, pero hasta el momento no se sabe cuántas investigaciones existen en las principales bases de datos que relacionen ambas variables.

Objetivo: Investigar cuáles fueron los métodos de RV utilizados para generar PAP entre enero de 2011 y enero de 2016. El objetivo secundario fue visualizar las intensidades de estimulación y los cambios en los niveles de fuerza explosiva reportados en cada uno de los estudios consultados.

Método: El diseño corresponde a una Revisión Sistemática de los estudios previamente publicados que relacionaron la RV con PAP. La búsqueda sistemática incluyó artículos publicados desde enero de 2011 a enero de 2016 en Web of Science (WOS), Scopus, Sport Discuss, PubMed y Medline. Para la selección de los estudios, se identificaron sólo aquellos artículos que usaron RV como metodología de entrenamiento para generar PAP.

Resultados: Se identificaron nueve artículos, los cuales fueron estratificados según el entrenamiento que realizaban: (i) Resistencia variable intra-sesión (n = 3), (ii) Resistencia variable intra-repetición (n = 1) y (iii) Resistencia variable intra-serie (n = 5). Por otro lado, ocho de los nueve estudios consultados estuvieron centrados en los miembros inferiores y ninguno de forma específica en los miembros superiores. También se pudo observar, que todos aquellos estudios que reportaron cambios significativos en la fuerza explosiva trabajaron sobre el 80 % de 1RM.

Conclusiones: No existe evidencia suficiente para conocer el verdadero efecto de la RV sobre la PAP, más aún en los miembros superiores. Sin embargo, hay indicios que la resistencia variable intra-serie puede generar cambios agudos en los niveles de fuerza explosiva trabajando sobre un 80 % de 1RM.

Palabras clave:

Resistencia variable.
Potenciación post activación.
Fuerza explosiva.

Effect of variable resistance on post-activation potentiation: a systematic review

Summary

Introduction: The Variable Resistance (VR), as well as the Post-Activation Potentiation (PAP) have been used as training methodologies to improve the explosive strength in athletes. By the moment, there is no specific knowledge of the number of investigations connecting both variables that exist in the main data bases.

Objective: The aim of this study was to find out which were the VR methods used to generate PAP between January 2011 and January 2016. The secondary aim was to visualize the stimulus intensity and the variations in the explosive strength levels recounted in every one of the studies consulted for this research.

Method: the design is a systematic revision of the studies previously published that connected VR with PAP. The systematic research included articles published since January 2011 until January 2016 in the Web of Science (WOS), Scopus, Sport Discuss, PubMed, and Medline. For the studies selection, only those articles using VR as a training methodology to generate PAP were identified.

Results: Nine articles were identified, which were stratified according to the training performed: (i) Intra-Session Variable Resistance (n = 3), (ii) Intra-Repetition Variable Resistance (n = 1), and (iii) Intra-Set Variable Resistance (n = 5). On the other hand, eight out of nine studies were focused on the lower limbs and none of them focused specifically on the upper limbs. It was also observed that all those studies showing significant variation in explosive strength worked with over 80 % 1RM.

Conclusions: There is no conclusive evidence to identify the real effect of VR over PAP, and clearly not for the upper limbs. However, there are indicators that the Intra-Set Variable Resistance can generate acute changes in the explosive strength levels working over 80 % 1RM.

Key words:

Variable resistance.
Post activation potentiation,
Explosive strength.

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

Introducción

Son varios los métodos de entrenamientos usados para mejorar los niveles de fuerza explosiva en deportistas. Dentro de estos métodos se encuentra la pliometría¹, los entrenamientos de contraste², los protocolos dinámicos excéntricos³, las cargas isométricas⁴, la electroestimulación⁵, los entrenamientos deportivos que incorporan la Resistencia Variable (RV)⁶⁻⁹, entre otros.

En relación a los entrenamientos deportivos basados en RV, es importante mencionar que la característica principal de estos sistemas de entrenamiento es la variación o cambio de intensidad en la sesión de trabajo. En los últimos años, se ha evidenciado que esta metodología de estimulación ha adquirido un rol protagonista en diversas investigaciones⁹⁻¹⁸. Atribuyéndose los incrementos en los niveles de fuerza explosiva a la activación que se genera en el Sistema Nervioso Central el cambio de intensidades en la repetición, serie o sesión trabajo.

Alguno de los posibles beneficios de la estimulación con protocolos de RV podría ser la Potenciación Post Activación (PAP), este método de entrenamiento corresponde a un aumento transitorio de la fuerza y la potencia muscular seguida de una acción motriz previa¹⁹. La PAP puede ser conseguida por diversas formas de activación, entre ellas se encuentran las contracciones voluntarias máximas (MVC) o también llamadas contracciones voluntarias tetánicas²⁰. Por lo tanto, la PAP produciría un incremento en la fuerza explosiva de los deportistas^{19,20}.

La secuencia lógica para la generación de PAP a través de la RV posee tres fases. La primera de ellas corresponde a la evaluación de una capacidad física no potenciada. La segunda, corresponde a la aplicación de un estímulo que desencadena la potenciación (en esta fase se puede activar con RV). Mientras que en la tercera fase se vuelve a evaluar la capacidad física medida en la Fase 1, pero ahora en estado potenciado.

Hirayama (2014)¹⁴, con el propósito de conseguir PAP en los sujetos de estudio, estimuló utilizando RV como método de activación. El investigador concluyó que la RV es una buena alternativa para incrementar de forma aguda los niveles de fuerza explosiva. Sin embargo, existe poca

evidencia que vincule los distintos métodos de RV con PAP, tanto para los miembros inferiores como los miembros superiores. El objetivo principal de esta revisión sistemática fue investigar cuáles fueron los métodos de resistencia variable utilizados para generar PAP entre enero de 2011 y enero de 2016. Como objetivo secundario se analizaron las intensidades de estimulación y los cambios en los niveles de fuerza explosiva reportados en cada uno de los estudios consultados.

Método

Búsqueda bibliográfica

Para el desarrollo de esta revisión sistemática, se realizó una exhaustiva búsqueda literaria tanto a mano como electrónica. Para ello, se utilizaron las diferentes combinaciones de las palabras clave presentadas en la Tabla 1. La búsqueda electrónica identificó artículos publicados a través de *Web of Science (WOS)*, *Scopus*, *Sport Discuss*, *PubMed* y *Medline*.

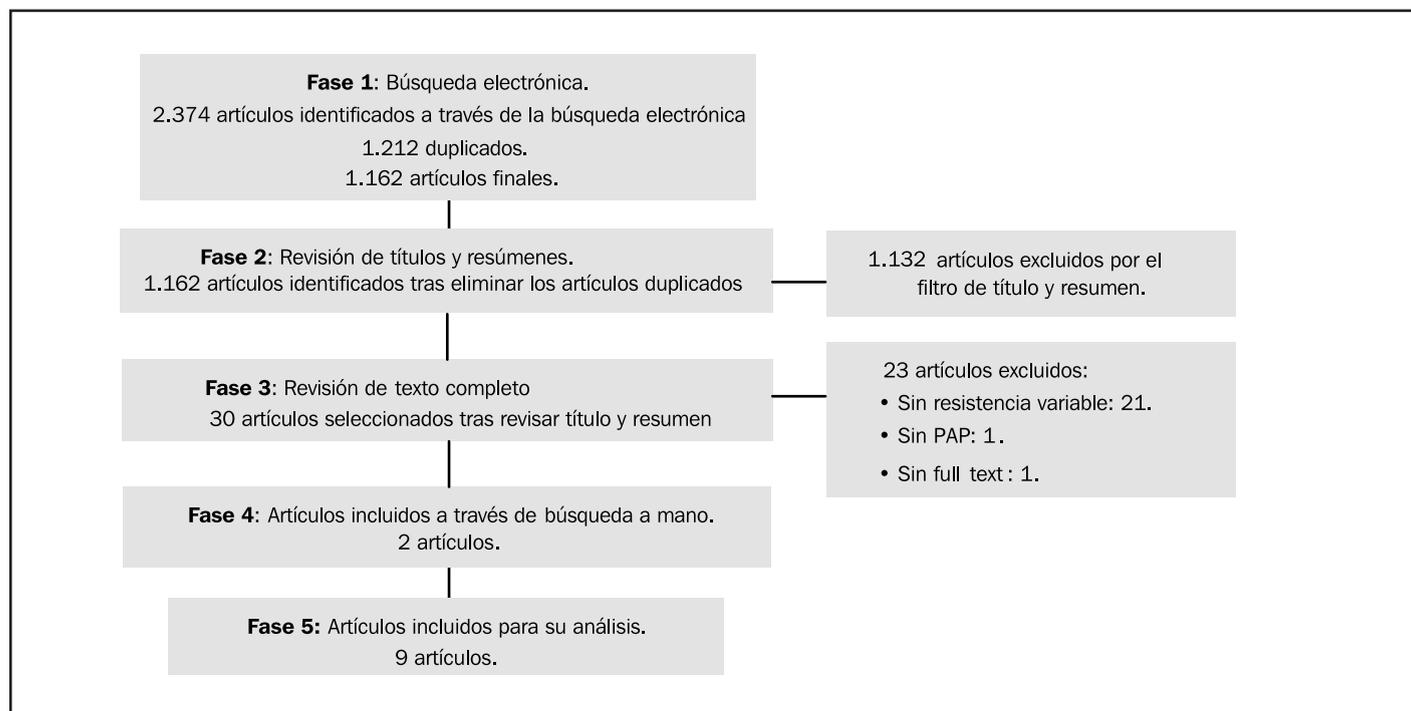
La estrategia de búsqueda se dividió en cinco fases (Figura 1). La primera fase fue una búsqueda electrónica en las diferentes bases de datos. Todos los duplicados fueron eliminados en esta fase de la búsqueda, un total de 1.162 artículos fueron identificados para el filtro de título y resumen. La fase dos consistió en una revisión de todos los títulos y resúmenes de los artículos que podían incluirse en la revisión; al final de esta fase, quedaron 30 artículos. En la fase tres, los artículos se leyeron completos, de esta forma se identificaron los artículos finales para el análisis. Tras leer los artículos completos, 23 estudios fueron eliminados, 21 de ellos no usaban resistencia variable como método de activación, uno no relacionaba la resistencia variable usada en el estudio con PAP, y uno por la imposibilidad de conseguir el texto completo. La fase cuatro consistió en añadir los artículos encontrados en la búsqueda a mano. Las referencias de los artículos añadidos fueron revisadas con la posibilidad de identificar nuevos estudios. Aquí se incluyeron dos estudios. Además, revisores independientes estuvieron de acuerdo en los 9 artículos incluidos para el análisis.

Tabla 1. Estrategia de búsqueda mediante selección y combinación de palabras clave.

Pasos	Estrategia	WOS*	Scopus	Sport Discuss	PubMed	Medline
1	post-activation potentiation	73	39	42	36	27
2	potentiation muscle	491	1.079	21	396	340
3	activation muscle	19.078	18.512	1.166	17.821	13.838
4	#1 OR #2 OR #3	19.413	19.348	1.219	18.133	14.082
5	complex training	8.832	7.045	97	14.906	5.066
6	contrast training	4.637	3.135	40	7.688	2.995
7	strength training	8.325	8.507	2.259	10.725	6.925
8	resistance training	6.046	7.117	2.010	6.452	5.597
9	#5 OR # 6 OR #7 OR # 8	24.355	21.701	3.743	32.228	17.299
10	#4 AND #9	692	539	138	568	437

*WOS (Web of Science).

Figura 1. Identificación de estudios en la revisión sistemática.



Criterios de inclusión y exclusión

Los límites de búsqueda fueron: artículos publicados en los últimos cinco años (enero de 2011 a enero 2016), escritos en inglés, portugués, francés o español y el ámbito de estudio u otros criterio respecto a la base de datos.

La importancia de cada estudio se evaluó de acuerdo a los criterios de inclusión establecidos en la Tabla 2. Los estudios que no cumplieron con los criterios de inclusión fueron excluidos. Las discrepancias encontradas se resolvieron por consenso de los investigadores.

Evaluación de la calidad metodológica

La escala Newcastle-Ottawa (NOS) se utilizó para evaluar la calidad de los estudios. La clasificación se realiza en base a tres criterios: selec-

ción (máximo cuatro estrellas), comparabilidad (máximo dos estrellas) y resultados (máximo tres estrellas). Los artículos con puntuación de siete a nueve fueron considerados de calidad metodológica *alta*, de cuatro a seis *moderada*, y menor de cuatro *baja*.

Resultados

Cantidad de resultados disponibles

La búsqueda se realizó electrónicamente y a mano. Se identificaron 2.374 artículos, de los cuales 1.212 duplicados fueron eliminados, quedando 1.162 artículos filtrados para su inclusión. Los títulos y resúmenes fueron evaluados según su relevancia para la revisión sistemática, resultando en 30 artículos. Se obtuvieron los textos completos de 29 citas. Después de aplicar los criterios de inclusión de estos documentos al texto completo, se excluyeron 23 artículos. Tras realizar la búsqueda a mano, se incluyeron dos estudios, quedando finalmente 9 artículos para analizar.

En relación a la puntuación obtenida por los artículos según la escala NOS, un estudio obtuvo una puntuación moderada, mientras que los ocho restantes obtuvieron una puntuación de calidad alta, siendo máxima en siete estudios (Tabla 3).

Resistencia variable

Aunque la PAP se puede generar en cualquier grupo muscular²⁰, las metodologías de aplicación de RV son muy amplias. En este sentido, las investigaciones revisadas permitieron observar distintos estilos de intervención en varias modalidades deportivas. Esta diversidad de mé-

Tabla 2. Criterios de inclusión.

Diseño del estudio	Experimental
Población	Adultos varones sanos deportistas (entrenados – no entrenados)
Intervención	Entrenamiento de fuerza que combina cargas y produce potenciación (agudo o crónico)
Comparador	El aumento de la PAP genera incremento de la fuerza
Resultados	Positivos y negativos

Tabla 3. Lista de artículos incluidos con puntuación según la *Newcastle-Ottawa Scale* (NOS).

	Selección	Comparabilidad	Resultados	Total
Chiu & Salem ¹¹	***		***	6
Crum <i>et al.</i> ¹²	****	**	***	9
Fukutani <i>et al.</i> ¹³	***	*	***	7
García-Pinillos <i>et al.</i> ⁷	****	**	***	9
Hirayama <i>et al.</i> ¹⁴	****	**	***	9
Miarka <i>et al.</i> ¹⁵	****	**	***	9
Nacleiro <i>et al.</i> ¹⁶	****	**	***	9
Okuno <i>et al.</i> ¹⁷	****	**	***	9
Wyland <i>et al.</i> ¹⁸	****	**	***	9

todos de aplicación de RV para generar PAP, hizo que la comparación y síntesis de los resultados fuese más compleja. Con el propósito de ordenar la información y dar cumplimiento al objetivo de esta revisión, los estudios se dividieron en tres categorías basadas en los métodos de resistencia variable: (i) Resistencia variable intra-sesión (n = 3), (ii) resistencia variable intra-repetición (n = 1) y (iii) Resistencia variable intra-serie (n = 5) (Tabla 4).

A continuación, y luego de una minuciosa revisión sistemática de los últimos cinco años, se presentan sólo aquellos estudios que relacionaron algunas de las resistencias variables (Intra-Sesión, Intra-Serie, Intra-Repetición) con PAP:

Resistencia variable intra-sesión

Este tipo de resistencia variable consiste en cambiar la intensidad de las cargas dentro de la sesión, es decir, las series de entrenamiento deben incrementar o disminuir la intensidad de trabajo. Este método de entrenamiento puede solaparse con el *Método de Contraste*, ya que la estructura es muy parecida, sin embargo su diferencia central radica en que el *Método de Contraste* siempre tiene cargas pesadas y luego una acción motriz (test físico o técnica deportiva), mientras que el de *resistencia variable intra-sesión* cambia la intensidad de la carga de forma aleatoria conforme el entrenador programe el entrenamiento. También es importante mencionar que en traducciones anglosajonas se usan los

términos "*Contrast Training*" o "*Complex Trainig*". Por tal razón, y para no cometer errores en la aplicación de los entrenamientos, se debe identificar de forma exacta la metodología utilizada (Figura 2).

García-Pinillo *et al.* (2014)⁷, desarrollaron un programa de entrenamiento durante 12 semanas, en el estudio se utilizó resistencia variable intra-sesión. Durante la primera semana de intervención, en las sesiones de entrenamiento se combinaron la media sentadilla isométrica (contracción de 40 segundos) más saltos desde sentado dentro de la misma sesión. En la segunda semana de intervención, durante las sesiones de entrenamiento, se combinaron la media Sentadilla isométrica (contracción de 60 segundos) más saltos alternando extremidad inferior derecha e izquierda dentro de la misma sesión. En las semanas posteriores, fueron variando el tiempo de contracción isométrica, la cantidad de series y saltos. Sin embargo, el tiempo de pausa entre las series fue siempre de dos minutos. Al término del estudio, los investigadores reportaron cambios significativos en la fuerza explosiva evaluada a través del CMJ sólo para el grupo experimental ($p < 0,001$), de igual forma, en el mismo estudio se reportaron cambios en el test de Balsom y la velocidad del pateo del balón. En la misma línea de estimulación, Hirayama (2014)¹⁴ estimularon con cargas incrementales a través de media Sentadilla, terminando con contracciones isométricas máximas en el mismo ejercicio, mientras que el parámetro de control fue la valoración de la fuerza explosiva a través del test CMJ (las evaluaciones se realizaron al término de cada carga). Al finalizar el estudio, los investigadores reportaron cambios en la fuerza explosiva a partir del 60% de 1RM (60% de 1RM – 80% de 1RM y CMI $p < 0,05$). En un estudio presentado Okuno *et al.* (2013)¹⁷, incrementaron las cargas dentro de la sesión de la siguiente manera: 1 x 5 al 50% 1RM + 1 x 3 al 70% 1RM + 5 x 1 al 90% 1RM, mientras que el parámetro de control fue el test *Repeated Sprint Ability* (RSA). Al finalizar el estudio, los investigadores reportaron diferencias significativas en el mejor tiempo y el tiempo promedio en el test RSA sólo para el grupo experimental ($p < 0,01$).

Resistencia variable intra-serie

Este tipo de resistencia variable consiste en cambiar la intensidad de las cargas dentro de la serie, es decir, durante el desarrollo de las series de entrenamiento se deben incrementar o disminuir las intensidades de trabajo cada cierto número de repeticiones. Este método de entrenamiento puede ser ejecutado a través de dos formas. La primera de

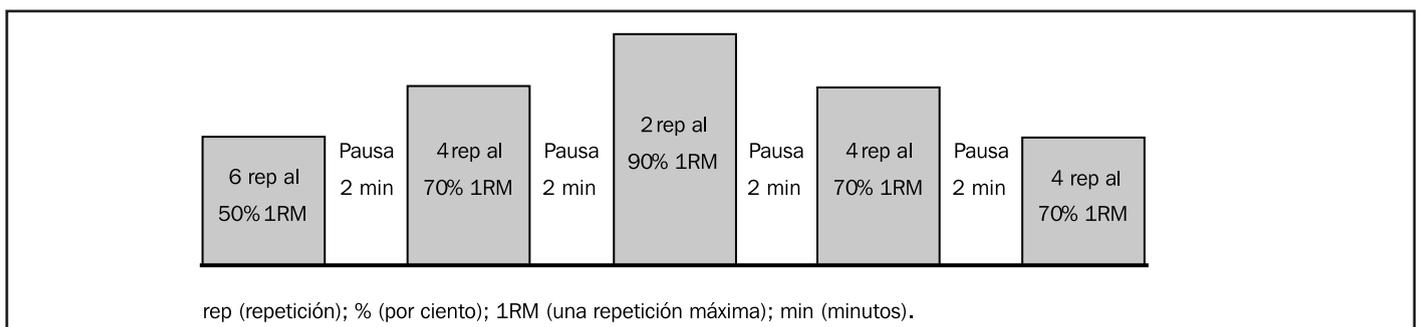
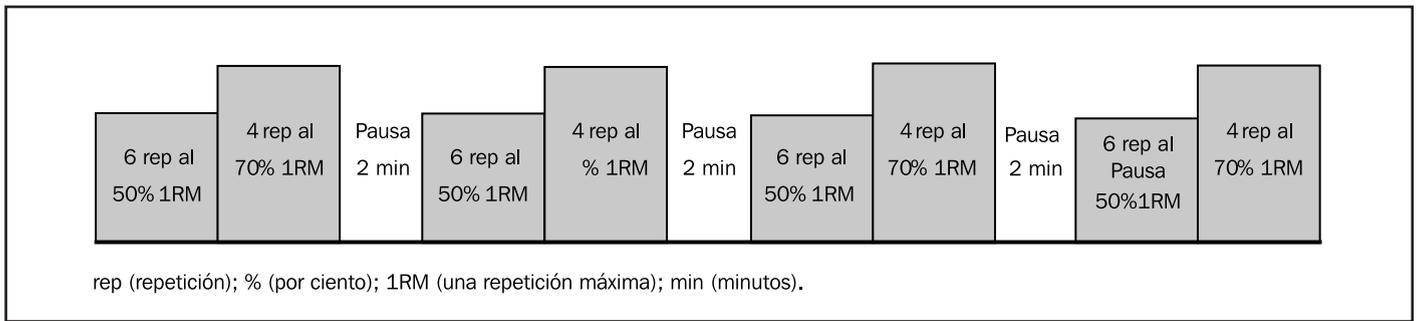
Figura 2. Ejemplo de resistencia variable intra-sesión.

Tabla 4. Características de las publicaciones que relacionan resistencia variable y PAP.

Autores	Año	Tipo de Resistencia	Tratamiento	Resultados
Chiu y Salem ¹¹	2012	Intra-Serie	a) 2 x 4 arranques (70 - 80 - 90 - 100% de 1RM). Parámetro de control: CMJ (antes, entre y al final de la sesión).	Diferencias significativas ($p < 0,05$) en CMJ desde la línea de base y la ínter medición. Diferencias significativas ($p < 0,05$) en CMJ desde la línea de base y la medición final.
Crum, <i>et al.</i> ¹²	2012	Intra-Serie	a) Control. b) 1 x 30 - 1 x 40 - 3 x 50% de 1RM en Sentadilla. c) 1 x 30 - 1 x 40 - 3 x 65% de 1RM en Sentadilla. Parámetro de control: CMJ un minuto antes de cada condición; CMJ 0,5, 3, 5, 10, y 15 minutos de cada condición.	No hubo diferencias significativas en CMJ para ninguna de las condiciones ($p > 0,05$).
Fukutani, <i>et al.</i> ³²	2104	Intra-Serie	a) Condición de pesada: 1 x 45 - 1 x 60 - 3 x 75 - 3 x 90% de 1RM en Sentadilla. b) Condiciones moderadas: 1 x 45 - 1 x 60 - 3 x 75% de 1RM en Sentadilla. Parámetro de control: 3 CMJ antes y después del ambas condiciones.	En ambas condiciones se registraron aumentos significativos en CMJ ($p > 0,05$).
García-Pinillos, <i>et al.</i> ⁷	2014	Intra-Sesión	a) Isometría + pliometría sin cargas externas. b) Control. Parámetro de control: CMJ, Velocidad en 5, 10, 20 y 30 m, test de agilidad y velocidad de pateo.	Sólo para el grupo experimental se observaron cambios significativos en CMJ, test de Balsom y velocidad de pateo del balón ($p < 0,001$). Para ambos grupos se observó una diferencia significativa en 5, 10, 20 y 30 m ($p < 0,05$).
Hirayama, <i>et al.</i> ¹⁴	2014	Intra-Sesión	a) 1 x 20 - 1 x 40 - 1 x 60 - 1 x 80% 1RM - 1 CMI en 1/2 Sentadilla. b) Control. Parámetro de control: CMJ posterior a cada ejecución.	Se observaron diferencias significativas en CMJ posterior a la aplicación de cargas con: 60% de 1RM, 80% de 1RM y CMI ($p < 0,05$).
Miarka, <i>et al.</i> ¹⁵	2011	Intra-Serie	a) Control de prueba espacial para Judo (SJFT). b) Pliometría + SJFT. c) Fuerza máxima + SJFT. d) Ejercicio de contraste + SJFT.	Se encontraron diferencias significativas en el número de lanzamiento durante la condición "b" (pliometría) al compararla con el Control ($p < 0,05$).
Nacleiro, <i>et al.</i> ¹⁶	2014	Intra-Serie	a) 1 x 80% de 1RM en 1/2 Sentadilla sin vibración. b) 1 x 80% de 1RM en 1/2 Sentadilla con vibración. c) Control. Parámetro de control: 3 CMJ y un DJ (altura óptima de caída).	Incrementos significativos en CMJ después de 4 min de recuperación ($p < 0,05$). Incrementos significativos con el protocolo volumen bajo independientemente de la condición ($p = 0,015$). Incrementos significativos en DJ con el protocolo
Okuno, <i>et al.</i> ¹⁷	2013	Intra-Sesión	a) 1 x 5 al 50% de 1RM + 1 x 3 al 70% de 1RM + 5 x 1 al 90% de 1RM. b) Control. Parámetro de control: Test de RSA (6 x 30 m).	Diferencias significativas en el mejor tiempo y tiempo promedio de RSA sólo para el grupo experimental ($p < 0,01$).
Wyland, <i>et al.</i> ¹⁸	2015	Intra-Repetición	a) Control: test <i>Sit & Rest</i> durante 5 min. b) 5 x 3 al 85% de 1RM + isometría en Sentadilla. c) 5 x 3 al 85% de 1RM + 30 % de carga adicional a través de una banda elástica. Parámetro de control: test de 10 yardas (9,1 m).	Disminución significativa en el test de 9,1 m ($p = 0,002$) a los 4 min de pausa.

CMI (Contracción Máxima Isométrica); 1RM (Una Repetición Máxima); PC (Peso Corporal); SJ (Squat Jump); CMJ (Counter Move Jump); AB (Abalakov); DJ (Drop Jump) SJFT (prueba espacial para Judo).

Figura 3. Ejemplo de resistencia variable intra-serie.



ellas se puede realizar con dispositivos electrónicos que permiten variar la resistencia cada cierto número de repeticiones de forma programada, mientras que la segunda es de forma manual, este método obliga a los entrenadores y/o ayudantes a modificar la carga. Esta última acción es igualmente exacta que el uso de dispositivos electrónicos, pero es menos eficiente (Figura 3).

En relación a esta forma de estimulación, algunos autores han reportado lo siguiente: Chiu y Salem (2012)¹¹ evidenciaron cambios significativos en la fuerza explosiva evaluada a través de CMJ ($p < 0,05$). Estos investigadores aplicaron dos series de cuatro repeticiones de arranques incrementales (80 – 80 – 90 – 100% de 1RM). Sin embargo, Crum *et al.* (2012)¹², ocupando dos métodos incrementales en Sentadilla (a: 1 x 30 – 1 x 40 – 3 x 50% de 1RM en Sentadilla. b: 1 x 30 – 1 x 40 – 3 x 65% de 1RM en Sentadilla), no reportaron cambios significativos en ninguna de las condiciones ($p > 0,05$).

En otra investigación, Fukutani *et al.* (2014)¹³ ocuparon dos métodos incrementales de entrenamiento a través de Sentadilla (a: 1 x 45 – 1 x 60 – 3 x 75 – 3 x 90% de 1RM. b: 1 x 45 – 1 x 60 – 3 x 75% de 1RM), mientras que el parámetro de control para evaluar la fuerza explosiva fue el CMJ (esta evaluación se realizó antes y después de la aplicación de los protocolos). Al finalizar el estudio, los investigadores reportaron incrementos significativos en la fuerza explosiva con ambas metodologías ($p < 0,05$). Otro estudio que buscó desencadenar PAP fue el presentado por Miarka *et al.* (2011)¹⁵, estos investigadores aplicaron tres tratamientos (Tabla 4), mientras que el parámetro de control fue un test específico aplicado al Judo (SJFT). Al término de la investigación, los autores reportaron

un incremento significativo en la cantidad de lanzamientos posterior a la aplicación de un protocolo pliométrico ($p < 0,05$), la característica específica de este método fue el incremento de las alturas de las vallas durante la serie (10 x 3 saltos 20 – 40 – 60 cm con pausa de 30 s).

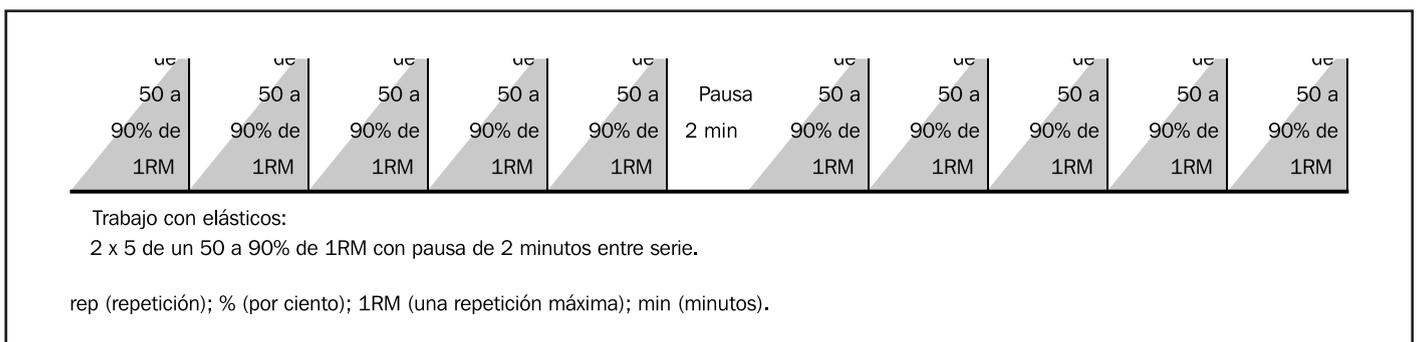
Otras metodologías utilizadas para desencadenar PAP, ha sido la combinación de ejercicio de fuerza con vibración. En este sentido, Nacleiro *et al.* (2014)¹⁶ compararon dos protocolos de Sentadilla con y sin vibración en la fase final de la serie. Estos investigadores ocuparon como parámetro de control el CMJ y *Drop Jump* (DJ). Al finalizar el estudio, los investigadores reportaron lo siguiente: incrementos significativos en CMJ después de 4 min de recuperación ($p < 0,05$), incrementos significativos en *Drop Jump* (DJ) con el protocolo de vibración después de 1 min de recuperación ($p = 0,015$).

Resistencia variable intra-repetición

Este tipo de resistencia variable consiste en cambiar la intensidad de las cargas dentro de la repetición, es decir, las repeticiones de entrenamiento deben incrementar o disminuir la intensidad de trabajo. Este método de entrenamiento puede ser ejecutado de tres maneras: con elásticos, con cadenas y/o con dispositivos electrónicos que permiten variar la resistencia de forma programada y exacta (Figura 4).

También, en la búsqueda de PAP, se han utilizado sobrecargas con bandas elásticas. En este sentido, Wyland *et al.* (2015)¹⁸ aplicaron tres condiciones experimentales. La primera de ellas definida como "control" consistió en la aplicación del test *Sit & Rest* durante 5 min. El segundo

Figura 4. Ejemplo de resistencia variable intra-repetición.



protocolo tuvo 5 series de 3 repeticiones al 85% de 1RM más una carga isométrica. El tercer tratamiento incluyó 5 series de 3 repeticiones al 85% de 1RM con una carga adicional de 30% a través de una banda elástica. El parámetro de control fue el test de 10 yardas (9,1 m). Al término del estudio, los investigadores reportaron una disminución significativa en el test de 9,1 m ($p = 0,002$) a los 4 min de pausa.

Discusión

Tipo de resistencia variable: el objetivo principal de esta revisión fue investigar cuáles fueron los métodos de resistencia variable utilizados para generar PAP. En relación a este objetivo, se pudo observar que la gran mayoría de los artículos encontrados estimularon resistencia variable intra-serie para generar PAP^{11-13,15,16}, en segundo lugar, se encontraron los entrenamientos de resistencia variable intra-sesión^{7,14,17}, y en tercer lugar, se encontraron los tratamientos de resistencia variable intra-repetición con un estudio¹⁸. Pese a que los estudios que relacionan RV con PAP pueden dividirse en tres categorías, la cantidad de estudios existentes en las más bases de datos es baja. Posiblemente, esta baja cantidad de estudios se debe a la complejidad de ambas variables. Lo anterior que en evidencia en los último cinco años, es en este período donde se han desarrollado estudios científicos serios que aborden estas metodologías de entrenamiento. A esto se suma, que variar las resistencias ya sea en la sesión, en la serie y/o en la repetición es poco eficiente, demanda tiempo, genera pausa poco controladas o eleva considerablemente los costos. Esto último hace relación a la utilización de dispositivos electrónicos que modifican las cargas automáticamente.

Duración de los estudios: en siete de los nueve estudios consultados se determinó el efecto agudo de la RV sobre la fuerza explosiva, es decir, si los métodos de activación en base a RV desencadenaban PAP en los participantes del estudio dentro de la sesión de entrenamiento. Los restantes dos estudios, se enfocaron en los efectos crónicos, es decir, las adaptaciones neuromusculares a largo plazo que produce la RV^{7,16}. También es importante analizar, que una vez realizada la revisión sistemática no se encontraron investigaciones que relacionaran RV y PAP para los miembros superiores. Por lo tanto, e independiente de los métodos de RV utilizado, ésta es una de las alternativas metodológicas para futuros estudios que busquen el desarrollo de la fuerza explosiva. Lo anterior se debe a que en todas las modalidades deportivas observadas, las extremidades inferiores son en gran medida las responsables del rendimiento deportivo, es así como se buscó PAP en futbolistas⁷, *weightlifters*¹³, levantadores de peso¹⁴, judocas¹⁵, atletas¹⁶ y handbolistas¹⁷. En estos deportes, más aún en aquellos que las categorías están delimitadas por la masa corporal de los sujetos, se deben conseguir incrementos en los niveles de potencia muscular sin aumentar considerablemente la masa muscular, por esta razón, los movimientos deben ser ejecutados a la mayor velocidad posible, así los deportistas podrán reclutar las fibras tipo II en base a la velocidad de movimiento^{21,22}.

Intensidades de estimulación: en relación al objetivo secundario de esta revisión, se pudo visualizar que todos aquellos tratamientos que usaron intensidades sobre el 75% de 1RM obtuvieron incrementos significativos en la fuerza explosiva^{11,12,16}. Lo anterior, se basa en el reclutamientos de fibras tipo II²¹, ya que este tipo de fibras son las más propensas a generar PAP²². Por el contrario, en aquellos estudios que

usaron intensidades inferiores al 70% de 1RM no se evidenciaron incrementos en la fuerza explosiva¹². Este último tipo de estímulos posee dos condiciones favorables para generar PAP, por un lado, la baja intensidad ayuda a disipar la fatiga más prontamente, y por otro, también permite reclutar fibras tipo II siempre que las velocidades de movimiento sean elevadas.

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada, no existen protocolos de resistencia variable intra-serie en zonas de potencia (0,6 a 0,9 m/s de velocidad vertical de la barra)²³ que desencadenen PAP y que hayan tenido cambios significativos en la fuerza explosiva. Consecuencia de lo anterior, es una necesidad conocer el comportamiento de la fuerza explosiva en zonas de potencia, y cómo esta fuerza se incrementa debido a la PAP de la musculatura involucrada en el movimiento.

Conclusiones

- La RV es un campo con poca evidencia científica respecto a trabajos experimentales para generar PAP de forma aguda en el rendimiento deportivo.
- Existen indicios de que el entrenamiento de RV desencadena PAP de forma aguda en miembros inferiores, mientras que la investigación con miembros superiores es prácticamente nula.
- Por ello, se requieren más investigación respecto a la relevancia que tiene la RV en el rendimiento deportivo.

Aplicaciones prácticas

Desde el punto de vista práctico, trabajar con *resistencia variable* es una buena alternativa para incrementar los niveles de fuerza explosiva de la extremidad inferior, sin embargo se debe tener en cuenta algunos aspectos:

- Para desencadenar PAP en deportes con predominio de fuerza explosiva, se debería estimular con cargas entorno al 80 % de 1RM para estimular las Fibras Tipo II
- Si se desea trabajar con ejercicios en base a la *resistencia variable intra-repetición* para desencadenar PAP, hay que disponer de algún dispositivo que permita cuantificar de manera exacta la carga de entrenamiento, ya que el uso de elásticos y/o cadenas dificulta el control de intensidad del entrenamiento.
- Si no se dispone de dispositivos que permitan controlar y/o cuantificar las intensidades de entrenamiento, es aconsejable utilizar ejercicios de *resistencia variable intra-serie* o *resistencia variable intra-sesión*, ya que este tipo de estímulos es más fácil de controlar.
- Por último, se invita a los investigadores y entrenadores a seguir probando con protocolos de RV, ojalá en zonas de potencia (0,6 a 0,9 m/s de velocidad vertical de la barra).

Bibliografía

1. Chelly M, Hermassi S, Aouadi R, Shephard R. Effects of 8-week in-season plyometric training on upper and lower limb performance of elite adolescent handball players. *J Strength Cond Res.* 2014;28(5):1401-10.

2. Talpey S, Young W, Saunders N. The acute effects of conventional, complex, and contrast protocols on lower-body power. *J Strength Cond Res.* 2014;28(2):361-6.
3. Carvalho T, Crisp A, Lopes C, Crepaldi M, Calixto R, Pereira A, et al. Effect of eccentric velocity on muscle damage markers after bench press exercise in resistance-trained men. *Gazz Med Ital.* 2015;174:1-2.
4. Oliveira F, Oliveira A, Rizatto G, Denadai B. Resistance training for explosive and maximal strength: Effects on early and late rate of force development. *J Sports Sci Med.* 2013;12(3):402.
5. Ogaya S, Takahashi H, Shioiri M, Saito A, Okajima Y. Changes in electromyographic activity after conditioning contraction. *J Phys Ther Sci.* 2012;24(10):979-83.
6. Soria-Gila M, Chiroso I, Bautista I, Baena S, Chiroso L. Effects of variable resistance training on maximal strength: A meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 2015;29(11):3260-70.
7. García-Pinillos F, Martínez-Amat A, Hita-Contreras F, Martínez-López E, Latorre-Roman P. Effects of a contrast training program without external load on vertical jump, kicking speed, sprint, and agility of young soccer players. *J Strength Cond Res.* 2014;28(9):2452-60.
8. Lorenz D. Variable resistance training using elastic bands to enhance lower extremity strengthening. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(3):410.
9. Okuno N, Tricoli V, Silva S, Bertuzzi R, Moreira A, Kiss M. Postactivation potentiation on repeated-sprint ability in elite handball players. *J Strength Cond Res.* 2013;27(3):662-8.
10. Gómez-Navarrete J, Solana R, Horrillo J, Murillo D. Influencia aguda de la aplicación de un tratamiento de fuerza basado en el método de contrastes combinado, sobre la precisión y la velocidad del lanzamiento en balonmano. *Ebm Recide.* 2011;7(1):5-16.
11. Chiu L, Salem G. Potentiation of vertical jump performance during a snatch pull exercise session. *J Appl Biomech.* 2012;28(6):627-35.
12. Crum A, Kawamori N, Stone M, Haff G. The acute effects of moderately loaded concentric-only quarter squats on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 2012;26(4):914-25.
13. Fukutani A, Takei S, Hirata K, Miyamoto N, Kanehisa H, Kawakami Y. Influence of the intensity of squat exercises on the subsequent jump performance. *J Strength Cond Res.* 2014;28(8):2236-43.
14. Hirayama K. Acute effects of an ascending intensity squat protocol on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 2014;28(5):1284-8.
15. Miarka B, Del Vecchio F, Franchini E. Acute effects and postactivation potentiation in the special judo fitness test. *J Strength Cond Res.* 2011;25(2):427-31.
16. Naclerio F, Faigenbaum A, Larumbe-Zabala E, Ratamess N, Kang J, Friedman P, et al. Effectiveness of different postactivation potentiation protocols with and without whole body vibration on jumping performance in college athletes. *J Strength Cond Res.* 2014;28(1):232-9.
17. Okuno N, Tricoli V, Silva SB, Bertuzzi R, Moreira A, Kiss M. Postactivation potentiation on repeated-sprint ability in elite handball players. *J Strength Cond Res.* 2013;27(3):662-8.
18. Wyland T, Van Dorin JD, Reyes G. Postactivation potentiation effects from accommodating resistance combined with heavy back squats on short sprint performance. *J Strength Cond Res.* 2015;29(11):3115-23.
19. Sale D. Postactivation potentiation: Role in performance. *Br J Sports Med.* 2004;38(4):386-7.
20. Sale D. Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev.* 2002;30(3):138-43.
21. López-Chicharro J, Fernández-Vaquero A. *Fisiología del ejercicio*. 3a ed. Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana; 2010. p.91-7
22. Tillin N, Bishop D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Med.* 2009;39(2):147-66.
23. Bautista I, Chiroso I, Chiroso L, Martín I, González A, Robertson R. Development and validity of a scale of perception of velocity in resistance exercise. *J Sports Sci Med.* 2014; 13:542-9.