

Grado en Ciencias de la  
Actividad Física y del  
Deporte  
Trabajo Fin de Grado  
Curso 2017-2018



**EFEECTO AGUDO DE LA PÉRDIDA DE VELOCIDAD SOBRE EL RENDIMIENTO Y FIABILIDAD DE LAS VARIABLES PARA EVALUAR EL PRESS DE BANCA LANZADO**

Alejandro Hernández Belmonte  
José Pino Ortega

**Trabajo Fin de Grado**  
**Facultad de Ciencias del**  
**Deporte**  
**Grado en Ciencias de la**  
**Actividad Física y del**  
**Deporte**  
**Universidad de Murcia**

**EFFECTO AGUDO DE LA PÉRDIDA DE VELOCIDAD SOBRE EL RENDIMIENTO Y  
FIABILIDAD DE LAS VARIABLES PARA EVALUAR EL PRESS DE BANCA  
LANZADO**

Alejandro Hernández Belmonte  
José Pino Ortega  
Tipo de TFG: Iniciación a la Investigación

Curso: 2017-2018

Hernández Belmonte, A. (2018). Efecto agudo de la pérdida de velocidad sobre el rendimiento y fiabilidad de las variables para evaluar el press de banca lanzado. Trabajo de Fin de Grado. Murcia: Universidad de Murcia.

## RESUMEN

El presente estudio tuvo los siguientes objetivos: i) examinar la fiabilidad intra-individuo de las variables velocidad media (VM) y velocidad máxima (VMÁX) en el ejercicio press de banca lanzado (PBL) y ii) comparar el efecto agudo de la pérdida de velocidad (PV) en la serie, sobre el rendimiento posterior en este ejercicio. Para ello, 10 varones entrenados realizaron 2 protocolos de fuerza en el ejercicio press de banca (PB) con el 70% de la repetición máxima (RM), basados en 3 series con diferente PV: (A) 3 x 20% PV (PV20) y (B) 3 x 40% PV (PV40). Tanto el efecto mecánico de ambos protocolos, como la fiabilidad intra-individuo de la VM y VMÁX, fueron evaluados mediante una batería de mediciones en el ejercicio PBL: pre-ejercicio (Pre) y post-ejercicio, a los 5 (Post-5), 10 (Post-10) y 15 (Post-15) minutos. Además, se constató la fatiga metabólica mediante una muestra de lactato al finalizar la 3ª serie (Post-0). Tanto la VM ( $CV = 3.91 \pm 2.96\%$ ), como la VMÁX ( $CV = 2.04 \pm 1.03\%$ ), mostraron un  $CV < 6.5\%$  en los diferentes puntos temporales de ambos protocolos. Por su parte, mientras que el protocolo PV40 mostró una reducción significativa respecto a los niveles basales (Pre) en todos los puntos temporales: Post-5 (-6.1%,  $p < 0.01$ ), Post-10 (-3.7%,  $p < 0.01$ ) y Post-15 (-3.2%,  $p < 0.05$ ); la reducción reportada tras el protocolo PV20 no resultó significativa en ninguno de ellos. Los resultados del presente estudio permiten concluir que: i) a pesar de que tanto la VM como la VMÁX resultan excelentes para evaluar el PBL, la mayor fiabilidad intra-individuo de la VMÁX hace más adecuada la utilización de esta variable para registrar este ejercicio. ii) La realización de una PV del 40% en la serie, genera una disminución significativa en el rendimiento del tren superior en los minutos posteriores, por lo que se aconseja no exceder el 20% de PV ante estímulos de fuerza previos a la sesión específica de entrenamiento.

**Palabras claves:** lanzamiento; acción balística; velocidad media; velocidad máxima; fatiga.

Hernández Belmonte, A. (2018). Acute effect of velocity loss on the performance and variables reliability to assess the bench press throw. Trabajo de Fin de Grado. Murcia: Universidad de Murcia.

### **ABSTRACT**

The present study had the following aims: i) to examine the within-subjects reliability of mean velocity (MV) and peak velocity (PV) variables in the bench press throw exercise (BPT) and ii) to compare the acute effect of the velocity loss (VL) in the set on the subsequent performance in this exercise. Ten resistance-trained men performed two strength protocols in the bench press exercise (BP) with 70% of the maximum repetition (RM), based in 3 sets with different VL: (A) 3 x 20% VL (VL20) and (B) 3 x 40% VL (VL40). The mechanical effect of both protocols, as well as the within-subjects reliability of the MV and PV, were assessed through a battery of measurements in the BPT exercise: pre-exercise (Pre) and post-exercise, at 5 (Post-5), 10 (Post-10) and 15 (Post-15) minutes. In addition, metabolic fatigue was evaluated through a lactate sample at the end of the third set (Post-0). Both the MV ( $CV = 3.91 \pm 2.96\%$ ) and PV ( $CV = 2.04 \pm 1.03\%$ ), showed a  $CV < 6.5\%$  in the different time points of both protocols. On the other hand, while the VL40 protocol showed a significant decreased with respect to the basal levels (Pre) at all time points: Post-5 (-6.1%,  $p < 0.01$ ), Post-10 (-3.7%,  $p < 0.01$ ) and Post-15 (-3.2%,  $p < 0.05$ ); the decrease showed after the VL20 protocol was not significant in any of them. The results of the present study allow to conclude that: i) although both MV and PV are excellent for BPT evaluation, the higher within-subjects reliability of the PV makes the use of this variable more appropriate to assess this exercise. ii) The realization of a 40% VL in the set, generates a significant decrease in the upper body performance in the following minutes, so it is advisable not to exceed 20% of VL in strength stimulus prior to a specific training session.

**Keywords:** throw; ballistic action; mean velocity; peak velocity; fatigue.

## **Agradecimientos**

*En primer lugar, me gustaría dar las gracias a Dr. José Pino Ortega, tanto por acompañarme en la realización de este trabajo final de grado, como por mostrar plena confianza y apoyo en mí desde el primer día en que nos conocimos, convirtiendo la relación profesor-alumno en una relación de amistad y compañerismo.*

*En segundo lugar, dar las gracias a D. Carlos Pérez Caballero. Sin su ayuda, la realización de este proyecto no hubiese sido posible. No sólo te agradezco que pusieses a mi disposición tu tecnología y más de 40 años de experiencia, sino que te estoy enormemente agradecido por la gran persona que eres y el cariño que me has mostrado durante el breve periodo de tiempo que nos conocemos.*

*A mis amigos y compañeros Daniel Garrigós y Alejandro Bastida, por ayudarme en el diseño del presente trabajo, así como por compartir conmigo sus inmensas ganas de aprender y mejorar a diario.*

*A mis padres por ser ejemplo de lucha diaria, enseñándome el significado de las palabras trabajo, sacrificio y humildad. A mis abuelos/as por ser mi pilar fundamental y por inculcarme gran parte de los valores que tengo hoy en día. Al resto de mis familiares por el apoyo que día a día me mostráis.*

*A todas aquellas personas que me han acompañado durante este camino y a los he robado tanto tiempo por pasarlo bajo un flexo, gracias por comprenderme y nunca dejar de confiar en mí.*

*Y por último y más importante: gracias a ti. Justo cuando comenzaba la lucha que me iba a suponer este trabajo final de grado y el último año de esta etapa, tú comenzabas otra lucha mucho más importante y difícil. No sé si llegarás a leer esto alguna vez, pero me gustaría que supieses que me has enseñado a ver la parte positiva de todo, a reír con las malas noticias y a afrontar los golpes que da la vida, por lo que te voy a estar agradecido durante toda ella.*

*Gracias, muchas gracias a todos.*

## Índice

	<b>Pág.</b>
<b>1. Introducción</b>	1
<b>2. Método</b>	4
2.1. Participantes	4
2.2. Diseño experimental	5
2.3. Procedimiento	6
2.3.1. Determinación de cargas objetivo	6
2.3.2. Ejercicios de estudio	6
2.3.3. Variables de estudio	7
2.3.4. Medidas de fatiga mecánica y metabólica	7
2.3.5 Instrumentos de medición	8
2.4. Análisis estadístico	8
<b>3. Resultados</b>	9
3.1. Fiabilidad de las variables velocidad media y velocidad máxima	9
3.2. Características descriptivas de los protocolos utilizados	10
3.3. Efecto mecánico en el ejercicio press de banca lanzado	11
<b>4. Discusión</b>	13
<b>5. Conclusión</b>	16
<b>6. Aplicaciones prácticas</b>	16
<b>7. Limitaciones y futuras líneas de investigación</b>	17
<b>8. Bibliografía</b>	18

## 1. INTRODUCCIÓN

La fuerza muscular se define como la capacidad de la musculatura para deformar un cuerpo o modificar la aceleración del mismo (González-Badillo y Serna, 2002). La capacidad del ser humano para desarrollar fuerza, depende de la combinación de diferentes factores de origen morfológico y funcional como son: la arquitectura y el área de sección transversal del músculo, la rigidez músculo-tendinosa, el reclutamiento de unidades motoras, la frecuencia de impulsos nerviosos, la sincronización inter-muscular y la inhibición neuromuscular de la musculatura antagonista (Suchomel, Nimphius, Bellon y Stone, 2018). El entrenamiento de fuerza, muestra tener un efecto positivo sobre el rendimiento deportivo, tanto medio (García-Pallarés, García-Fernández, Sánchez-Medina e Izquierdo, 2010; Rønnestad, Hansen y Nygaard, 2017) como a largo plazo (Granacher et al., 2016; Sander, Keiner, Wirth y Schmidtbleicher, 2013). Del mismo modo, se ha evaluado el efecto agudo de un estímulo de fuerza sobre el rendimiento inmediatamente posterior. Esta teoría viene fundamentada por el posible incremento de fuerza tras la realización previa una contracción muscular máxima o submáxima a la que se llama actividad condicionante (AC) (Seitz y Haff, 2016). Este fenómeno es conocido como Potenciación Post Activación (PAP) y se fundamenta en que la historia contráctil de un músculo influye en el rendimiento mecánico de dicho músculo en las contracciones posteriores (Lorenz, 2011).

Este hecho, ocasiona que cada vez más deportistas realicen un estímulo de fuerza previa a la sesión de entrenamiento específico o competición, con la finalidad de alcanzar los beneficios que proporciona esta estrategia. Ahora bien, en lo que respecta a la AC que se lleva a cabo, la gestión de variables como el tipo de contracción, el tiempo de descanso, el volumen o la intensidad, juegan un papel clave en los niveles de activación alcanzada (Wilson et al., 2013). El posible efecto positivo del estímulo aplicado sobre el rendimiento deportivo inmediato, depende del balance neto entre la fatiga y la potenciación alcanzada (Rassier y Macintosh, 2000) de esta forma, el rendimiento aumentaría si la potenciación supera a la fatiga generada, mientras que disminuiría si es la fatiga quien supera la potenciación alcanzada. Por tanto, ciertos parámetros de la sesión específica del deporte en cuestión, pueden verse comprometidos como causa de una fatiga excesiva generada por el estímulo previo. Hasta la fecha, la mayoría de los trabajos que han tenido como objetivo evaluar la PAP, no han evaluado la gestión de la fatiga entre las series realizadas en la AC. En algunos casos, este hecho se debe a que solo se lleva a cabo la ejecución de una serie (Crewther et al., 2011; Weber, Brown, Coburn y Zinder, 2008; Witmer, Davis y Moir, 2010). Sin embargo,

otros trabajos emplean una AC con varias series de trabajo, sin constatar la posible fatiga generada entre ellas (Abade, Gonçalves, Vilaça y Sampaio, 2014; West, Cunningham, Crewther, Cook y Kilduff, 2013).

Una estrategia para la cuantificación de la fatiga generada por un estímulo de fuerza, reside en la medición de la velocidad de ejecución de las repeticiones realizadas por el deportista. Dentro de cada serie de trabajo, el registro de la velocidad de la primera repetición y la pérdida de velocidad (PV) que se manifiesta durante dicha serie, permite tener una información muy precisa sobre el grado de fatiga que ese estímulo ha generado en el deportista (González-Badillo, Sánchez-Medina, Pareja-Blanco y Rodríguez-Rosell, 2017). De esta forma, a medida que aumenta la PV en la serie, también lo hacen variables como el estrés mecánico, metabólico y hormonal (Sánchez-Medina y González-Badillo, 2011). En referencia a esto, se ha constatado que la realización de series de trabajo con PV cercanas al fallo muscular en ejercicios como el press de banca (PB) o la sentadilla, genera una disrupción de la homeostasis celular ocasionada por el agotamiento casi completo de las reservas de fosfocreatina, un significativo descenso de los niveles de adenosín trifosfato (ATP) y nucleótidos de adenina, así como la acumulación de marcadores de daño muscular y recuperación tardía como el lactato, el amonio, el cortisol o la creatina-quinasa (Gorostiaga et al., 2012; McCaulley et al., 2009; Sánchez-Medina y González-Badillo, 2011). Este estado de ruptura del equilibrio celular, podría constituir un entorno inoportuno para el entrenamiento específico de la modalidad deportiva inmediatamente posterior.

En referencia a esto, una serie de trabajos han evaluado las diferencias entre alcanzar el fallo muscular o no llegar a él en un estímulo de fuerza, sobre el rendimiento posterior. Estos autores encuentran en los sujetos que alcanzan el fallo muscular, una disminución inmediata y significativa del rendimiento en los ejercicios de sentadilla y PB, así como en el salto vertical (González-Badillo et al., 2016; Morán-Navarro et al., 2017; Pareja-Blanco et al., 2017). Es más, el hecho de llegar al fallo muscular ocasiona que el sujeto mantenga su rendimiento disminuido al menos 48-72h, en comparación con aquellos sujetos que llevan a cabo una PV liviana, quienes recuperan este rendimiento a las 6 horas posteriores. Sin embargo, se desconoce la recuperación dentro de esas 6 horas posteriores al estímulo, incluso a más corto plazo, lo que podría resultar de interés para aquellos deportistas que llevan a cabo su entrenamiento específico antecedido por un estímulo de fuerza. Además, aunque los trabajos anteriormente comentados evalúan el rendimiento tanto del tren superior como del tren inferior posterior a un estímulo, únicamente del tren inferior (a través del salto con



contra-movimiento) se constata en una acción balística. Por tanto, resulta necesario constatar tal efecto sobre una acción balística del tren superior.

El press de banca lanzado (PBL), es un ejemplo de acción balística del tren superior en la que el sujeto acelera la barra a lo largo de todo el rango de movimiento liberándola al final de éste (Moir, Munford, Moroski y Davis, 2017). Por su gran especificidad y relación con el rendimiento en otros gestos deportivos, como empujes o lanzamientos, así como por su capacidad para generar una elevada potencia mecánica, cada vez son más los deportistas que incluyen el PBL en su rutina de entrenamiento (Bevan, Owen, Cunningham, Kingsley y Kilduff, 2009; Cormie, McGuigan y Newton, 2011; Liossis, Forsyth, Liossis y Tsolakis, 2013; Ortega-Becerra, Pareja-Blanco, Jiménez-Reyes, Cuadrado-Peñafiel y González-Badillo, 2017; Soriano, Suchomel y Marín, 2017; West et al., 2013). Del mismo modo, este ejercicio también se ha utilizado para evaluar el rendimiento del tren superior por parte de diferentes investigadores (Pérez-Castilla, Jaric, Feriche, Padial y García-Ramos, 2018; Sreckovic et al., 2015). Y es que, el hecho de que se libere la barra al final del recorrido, evita que el atleta active su musculatura antagonista para generar fuerza en la dirección opuesta al movimiento en el momento en que la aceleración de la barra se vuelve más baja que la gravedad ( $-9.81 \text{ m/s}^2$ ) (Jarić, Ropret, Kukulj e Ilić, 1995), lo que permite evaluar realmente el potencial neuromuscular del atleta en el movimiento o musculatura objetivo (Sánchez-Medina, Pérez y González-Badillo, 2010). Esta característica, ocasiona que el PBL muestre tener una mayor fiabilidad que el PB en todas las cargas del espectro hasta el 70% de la repetición máxima (RM), especialmente ante cargas livianas ( $< 40\% \text{ RM}$ ) (García-Ramos et al., 2015a). Por otro lado, se han examinado diferentes variables entre las que se encuentran la velocidad media (VM) y la velocidad máxima (VMÁX), con la finalidad de constatar la más adecuada para la evaluación de este ejercicio. Estos trabajos, encuentran una mayor fiabilidad intra-individuo de la VMÁX y, por tanto, concluyen que esta variable resulta más adecuada para registrar el rendimiento en el este ejercicio (García-Ramos, Haff, Padial y Feriche, 2018; García-Ramos, Pestaña-Melero, Pérez-Castilla, Rojas y Haff, 2018). Sin embargo, estos autores evalúan dicha fiabilidad en condiciones exentas de fatiga en el individuo, por lo que resulta necesario constatar si la VMÁX mantiene dicha idoneidad en condiciones en las que el sujeto manifiesta una fatiga acentuada. Esto permitiría confirmar dicha variable como la más apropiada para evaluar el PBL, así como su idoneidad para analizar el efecto de estímulos de entrenamiento de diferente intensidad sobre el rendimiento en este ejercicio.

En base a la revisión de la literatura, el presente estudio presume las siguientes hipótesis: i) tanto la variable VM como la variable VMÁX obtendrán un grado de fiabilidad intra-individuo suficiente para ser consideradas excelentes para la evaluación del ejercicio PBL (**Hipótesis 1**). Por su parte, se presupone que sea la VMÁX la variable que obtenga un mayor grado de fiabilidad intra-individuo en todos los puntos temporales evaluados (**Hipótesis 2**). Finalmente, se prevé que el hecho de perder el 40% de velocidad en la serie (PV40) ocasione un descenso del rendimiento agudo mayor que aquellos casos en los que dicha pérdida se mantenga en el 20% (PV20) (**Hipótesis 3**).

Por tanto, los objetivos del presente estudios fueron: i) Examinar la fiabilidad intra-individuo de las variables VM y VMÁX en el ejercicio PBL (**Objetivo1**) y ii) comparar el efecto agudo de la PV en la serie sobre el rendimiento en este ejercicio (**Objetivo 2**).

## 2. MÉTODO

### 2.1. Participantes

10 hombres (edad  $32.7 \pm 9.7$  años, altura  $1.73 \pm 0.5$  m, peso corporal  $75.4 \pm 6.2$  kg, masa muscular  $65.3 \pm 4.6$  kg, masa grasa  $10.2 \pm 2.9$  kg) participaron voluntariamente en este estudio. Los sujetos tenían una experiencia de entrenamiento en el ejercicio PB de  $12.4 \pm 8.5$  años y una frecuencia de entrenamiento de fuerza semanal de  $4.7 \pm 1.6$  días. El valor de la 1RM media de todos los sujetos en el ejercicio PB fue de  $93.5 \pm 7.9$  kg, siendo la ratio masa muscular/repetición máxima medio de  $1.44 \pm 0.2$  kg. Los criterios para la inclusión de los sujetos en el estudio fueron: i) tener en la actualidad un valor de 1RM en PB  $\geq 70$  kg, ii) contar con una experiencia en el entrenamiento del ejercicio PB  $\geq 2$  años, iii) no estar consumiendo ningún tipo de droga, medicamento o suplemento que pueda influir en el rendimiento neuromuscular y iv) no tener ninguna dolencia o patología que le impidiese realizar correctamente el ejercicio PB y PBL. Los sujetos fueron instruidos a evitar, la realización cualquier ejercicio extenuante 48 previas a cada una de las sesiones, así como la ingesta de cualquier bebida que incluyese cafeína los días de asistencia al laboratorio. Después de haber sido informados sobre el propósito, los procedimientos a llevar a cabo y los riesgos potenciales de la investigación, los sujetos aprobaron su participación voluntaria a través de la firma de un consentimiento informado.

## 2.2. Diseño experimental

El estudio siguió un diseño experimental controlado de medidas repetidas, siendo los sujetos estudiados (variable mecánica pre-fatiga) sus propios controles. Todos los sujetos llevaron a cabo 2 protocolos diferentes de PV en el ejercicio PB, separados 48 horas entre sí: (A) 3 series con 20% de PV (PV20) y (B) 3 series con 40% de PV (PV40). En ambos protocolos, se empleó la carga correspondiente al 70% de la RM, constatada al inicio de cada uno de los protocolos a través de la velocidad de ejecución. Los sujetos realizaron un descanso de 5 minutos inter-serie en ambos protocolos (Sánchez-Medina y González-Badillo, 2011). Para comparar el efecto mecánico de los protocolos aplicados, los sujetos fueron sometidos a una batería de mediciones temporalmente secuenciada (figura 1): pre-ejercicio (Pre) y post ejercicio, a los 5 minutos (Post-5), 10 minutos (Post-10) y 15 minutos (Post-15). Por otro lado, para constatar la fatiga metabólica se obtuvo una muestra de lactato circulante en sangre al finalizar la tercera serie en ambos protocolos (Post-0). Por su parte, el análisis de la fiabilidad intra-individuo se llevó a cabo posteriormente a la ejecución de las repeticiones de PBL en los diferentes puntos temporales. Las dos sesiones realizadas por cada sujeto, se llevaron a cabo a la misma hora de la tarde y bajo condiciones ambientales similares (20°C y 60% de humedad).

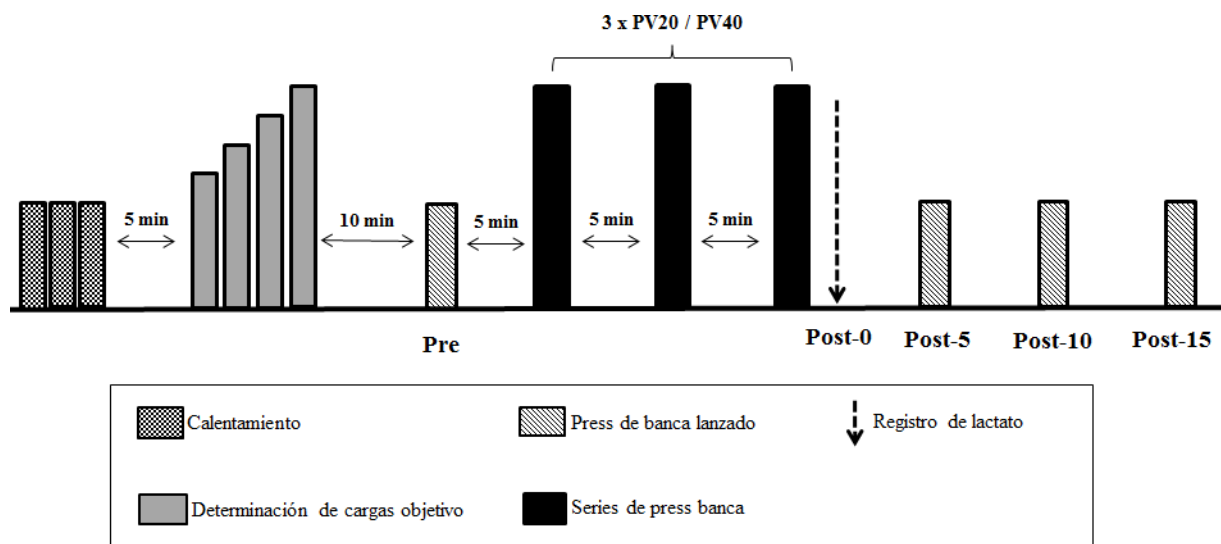


Figura 1. Representación esquemática del diseño realizado.

## 2.3. Procedimiento

### 2.3.1. Determinación de las cargas objetivo

Tras realizar un calentamiento basado en: 5 minutos de carrera continua (intensidad leve-moderada), movilidad articular, 2 series de 5 repeticiones en el ejercicio PB y 3 series (no continuas) de 3 repeticiones sub-máximas en el ejercicio PBL; se determinó una parte del perfil carga-velocidad de cada sujeto en el ejercicio PB. Para ello, los sujetos realizaron 3 repeticiones con cargas livianas ( $< 50\%$  RM) y 2 repeticiones con cargas moderadas ( $50 - 70\%$  RM). Se constató la carga correspondiente al  $70\%$  de la RM cuando la velocidad de ejecución en el ejercicio se encontró próxima a  $0,61 \pm 0,06 \text{ m/s}^{-1}$  (Sánchez-Medina, González-Badillo, Pérez y Pallarés, 2013). Una vez constatada esta carga, se obtuvo de manera indirecta el valor correspondiente al 1RM y, por último, la carga correspondiente al  $30\%$  de dicha RM a utilizar en el ejercicio PBL.

### 2.3.2. Ejercicios de estudio

*Press de banca (PB)*: Colocado decúbito supino en un banco plano, el sujeto debe apoyar los pies en el suelo (evitando ejercer fuerza con los mismos durante la ejecución). Las manos deberán colocarse sobre la barra con una separación levemente mayor al ancho biacromial. Se instruirá al sujeto a bajar la barra de forma lenta y controlada hasta el pectoral quedando ésta a unos 1-2 cm sobre la línea inter-mamaria. En dicha posición el sujeto deberá mantener el estado de alerta durante una pausa aproximada de 1,5 segundos hasta escuchar el comando del entrenador. Esta breve pausa entre la fase concéntrica y excéntrica del movimiento, permite asegurar la reproducibilidad de la medida al disminuir el rebote durante la ejecución del ejercicio (Pallarés, Sánchez-Medina, Pérez, De La Cruz-Sánchez y Mora-Rodríguez, 2014). A continuación, el sujeto será instruido a realizar cada repetición a la máxima velocidad, además se proporcionará una motivación verbal por parte del examinador y una retroalimentación auditiva de la velocidad alcanzada por parte del dispositivo utilizado.

*Press de banca lanzado (PBL)*: Siguiendo la misma secuencia del ejercicio PB, con la diferencia de que, una vez escuchado el comando del entrenador y con la barra depositada sobre el pectoral del sujeto, éste deberá lanzarla tan alto como sea posible liberándola en la parte final del rango de movimiento. Durante cada ejecución, se deberá mantener la cabeza, hombros y tronco en contacto con el banco (Soriano et al., 2017). Tras recepcionar la barra, el sujeto la depositará en la máquina Smith y esperará 12 segundos hasta una nueva repetición.

El intervalo de 12 segundos de descanso inter-repetición, ha mostrado ser óptimo para atenuar la PV dentro de la serie (García-Ramos et al., 2015b). Por otro lado, se permitió que el sujeto estableciese el agarre que le otorgase mayor comodidad, con la condición de que debería mantenerlo durante todo el protocolo, quedando éste marcado en todo momento.

De manera similar a otros trabajos (Liossis et al., 2013; West et al., 2013), ambos ejercicios se llevaron a cabo en una máquina Smith (Multipower Fitness Line, Peroga, Murcia, España) con la finalidad de evitar desviaciones en el plano horizontal que pudiesen sobreestimar los datos obtenidos (Cormie, Deane y McBride, 2007; Cormie, McBride y McCaulley, 2007; Crewther et al., 2011; Hori et al., 2007).

### 2.3.3. Variables de estudio

Las variables analizadas fueron (García-Ramos et al., 2018):

*Velocidad media (VM)*: valor de velocidad media desde el inicio de la fase concéntrica hasta que la barra alcanza la altura máxima (final de dicha fase).

*Velocidad máxima (VMÁX)*: valor máximo de velocidad instantánea alcanzado durante la fase concéntrica de la ejecución.

Se realizaron 5 repeticiones en el ejercicio PBL en cada punto temporal. Mientras que para el análisis de la fiabilidad intra-individuo de las variables VMÁX y VM, se tuvieron en cuenta las 5 repeticiones realizadas, para en análisis del efecto agudo de cada uno de los protocolos, se eliminaron los extremos (mayor y menor) y se elaboró el promedio de las 3 repeticiones centrales (Morán-Navarro et al., 2017). El hecho de realizar 5 repeticiones, además de permitir la eliminación de los valores extremos evitando posibles registros alterados por una técnica incorrecta, ha constatado no suponer una fatiga para el individuo (Boffey, Sokmen, Sollanek, Boda y Winter, 2017).

### 2.3.4. Medidas de fatiga mecánica y metabólica

El método utilizado para analizar la fatiga mecánica, examinó los cambios Pre-Post (figura 1) de la velocidad alcanzada en el PBL. Este ejercicio ha mostrado una excelente fiabilidad, especialmente ante la carga del 30% de la RM (García-Ramos et al., 2015a; García-Ramos et al., 2018b). Por otro lado, la muestra de lactato obtenida en el pulpejo del dedo al finalizar la tercera serie (Post-0), tuvo como objetivo determinar la fatiga metabólica generada como consecuencia del trabajo realizado durante cada uno de los protocolos.

### 2.3.5. Instrumentos de medición

La altura de los sujetos fue constatada en bipedestación y tras una inhalación máxima utilizando un estadiómetro (SECA, Hamburgo, Alemania). Por su parte, el peso corporal, la masa libre de grasa y la masa grasa fueron evaluadas a través de un análisis de la composición corporal utilizando un monitor compuesto por 8 electrodos (Tanita BC-418, Tanita Corporación, Tokio, Japón). En todas las ocasiones, el ejercicio evaluado fue ejecutado en una máquina guiada sin mecanismo de contrapeso (Multipower Fitness Line, Peroga, Murcia, Spain). Las variables mecánicas fueron registradas con un sistema de medición optoelectrónico (Velowin, Deportec, Murcia, España). Este dispositivo registra la posición (cada 2 milisegundos) de un reflectante emplazado en la barra con la que se ejecuta el ejercicio, obteniendo por derivación la variable velocidad con una frecuencia de adquisición de 500 Hz. Por su parte, la concentración de lactato circulante en sangre fue evaluada con el analizador portable Lactate Pro<sup>TM</sup> 2 (Arkay, Kyoto, Japón).

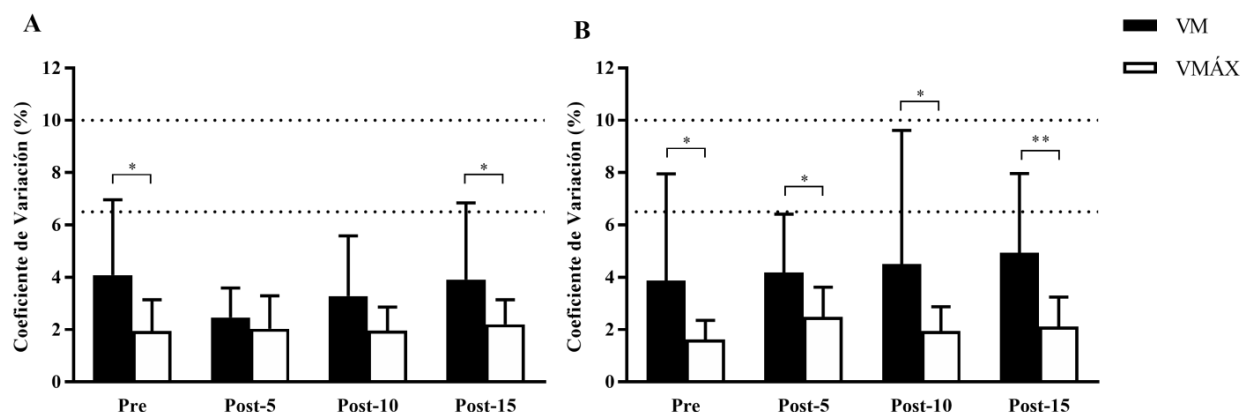
## 2.4. Análisis estadístico

Los valores se muestran como media  $\pm$  desviación estándar ( $M \pm DS$ ). La significación establecida fue de  $p < 0.05$ . La distribución de cada una de las variables de estudio, fue examinada con la prueba de normalidad Shapiro-Wilk. El coeficiente de variación (CV) utilizado para evaluar la fiabilidad intra-individuo de las variables VM y VMÁX fue calculado a través la división entre la media y la desviación estándar de las 5 repeticiones realizadas por cada sujeto y punto temporal. Por su parte, las diferencias entre CV dentro de cada uno de los protocolos se llevó a cabo a través de la prueba de Wilcoxon. Las diferencias entre los protocolos PV20 y PV40 fueron evaluadas a través de un análisis de varianzas unifactorial (ANOVA). La homogeneidad de la varianzas fue constatada mediante el estadístico de Levene. Para comparar los cambios entre los diferentes puntos temporales de medición (Pre, Post-5, Post-10 y Post-15), se llevó a cabo un análisis factorial de medidas repetidas (ANOVA) al que se aplicó el ajuste de Bonferroni. Las magnitudes de las diferencias entre el CV de la VM y VMÁX, así como de los cambios entre los puntos temporales Pre, Post-5, Post-10 y Post-15, fueron expresadas como diferencia de medias ( $d$  de Cohen, tamaño del efecto: TE). El criterio para la interpretación del TE fue el siguiente:  $<0.2$  = trivial,  $0.2 - 0.6$  = pequeño,  $0.6 - 1.2$  = moderado,  $1.2 - 2.0$  = grande, y  $> 2.0$  = muy grande (Hopkins, Marshall, Batterham y Hanin, 2009). Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el software SPSS versión 24.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Fiabilidad de las variables velocidad media y velocidad máxima

Los resultados obtenidos de las variables VM y VMÁX tras el tratamiento estadístico se muestran en la figura 2:



**Figura 2.** Comparación a través de la prueba de Wilcoxon de la fiabilidad intra-individuo de las variables VM y VMÁX en los protocolos PV20 (A) y PV40 (B). Coeficiente de variación (CV) calculado a través de la división entre la media y la desviación estándar de las 5 repeticiones realizadas por cada sujeto y punto temporal. Diferencias significativas entre VM y VMÁX: \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ . Líneas discontinuas en los valores: 10% (fiabilidad aceptable) y 6.5% (fiabilidad excelente).

Como puede apreciarse en la figura 2, se reportó un CV de la variable VM superior al obtenido sobre la VMÁX en todos los puntos temporales del protocolo PV20 (A): Pre (VM =  $4.08 \pm 2.88\%$  vs VMÁX =  $1.95 \pm 1.19\%$ ), Post-5 (VM =  $2.46 \pm 1.13\%$  vs VMÁX =  $2.04 \pm 1.26\%$ ), Post-10 (VM =  $3.29 \pm 2.30\%$  vs VMÁX =  $1.96 \pm 0.91\%$ ) y Post-15 (VM =  $3.91 \pm 2.93\%$  vs VMÁX =  $2.20 \pm 0.95\%$ ). Las diferencias entre ambas variables fueron estadísticamente significativas en los puntos temporales Pre ( $p < 0.05$ , TE = 0.97) y Post-15 ( $p < 0.05$ , TE = 0.79).

Del mismo modo, este mayor CV de la variable VM sobre la VMÁX también tuvo lugar en todos los puntos temporales del protocolo PV40 (B): Pre (VM =  $3.88 \pm 4.07\%$  vs VMÁX =  $1.63 \pm 0.73\%$ ), Post-5 (VM =  $4.19 \pm 2.23\%$  vs VMÁX =  $2.48 \pm 1.14\%$ ), Post-10 (VM =  $4.51 \pm 5.11\%$  vs VMÁX =  $1.95 \pm 0.93\%$ ) y Post-15 (VM =  $4.95 \pm 3.02\%$  vs VMÁX =  $2.11 \pm 1.13\%$ ). Las diferencias entre ambas variables fueron estadísticamente significativas en todos los puntos temporales: Pre ( $p < 0.05$ , TE = 0.77), Post-5 ( $p < 0.05$ , TE = 0.97), Post-10 ( $p < 0.05$ , TE = 0.70) y Post-15 ( $p < 0.01$ , TE = 1.25).

### 3.2. Características descriptivas de los protocolos utilizados

Las características descriptivas resultantes de la realización de los protocolos PV20 y PV40 en el ejercicio PB se muestran en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Características descriptivas de los protocolos utilizados

	<b>PV20</b>	<b>PV40</b>	<b>p - valor</b>
<b>Pérdida de velocidad (%)</b>	22.80 ± 1.60	43.30 ± 2.30	< 0.001
<b>Repeticiones por serie (n)</b>	5.57 ± 1.07	9.37 ± 2.13	< 0.001
<b>Repeticiones totales (n)</b>	16.70 ± 3.20	28.0 ± 6.38	< 0.001
<b>Velocidad de las reps (m/s<sup>-1</sup>)</b>	0.56 ± 0.03	0.48 ± 0.04	< 0.001
<b>Valores de lactato (mmol/L)</b>	4.50 ± 1.50	7.70 ± 2.00	0.001
<b>Índice de esfuerzo</b>	13.60 ± 1.50	26.40 ± 2.10	< 0.001

Los valores se muestran como media ± desviación estándar, n= 10

Pérdida de velocidad (%): Valor de pérdida de velocidad en las tres series

Repeticiones por serie (n): Valor de repeticiones en la serie de cada uno de los protocolos

Repeticiones totales (n): Suma de las repeticiones realizadas en las 3 series de cada protocolo

Velocidad de las reps (m/s<sup>-1</sup>): Velocidad de las repeticiones llevadas a cabo en cada una de las 3 series

Valores de lactato: Lactato obtenido al finalizar de la tercera serie en cada protocolo

Índice de esfuerzo: Velocidad de la 1ª repetición de la serie multiplicado por la pérdida de velocidad en la serie

El *p-valor* indica la magnitud de diferencias entre los protocolos PV20 y PV40

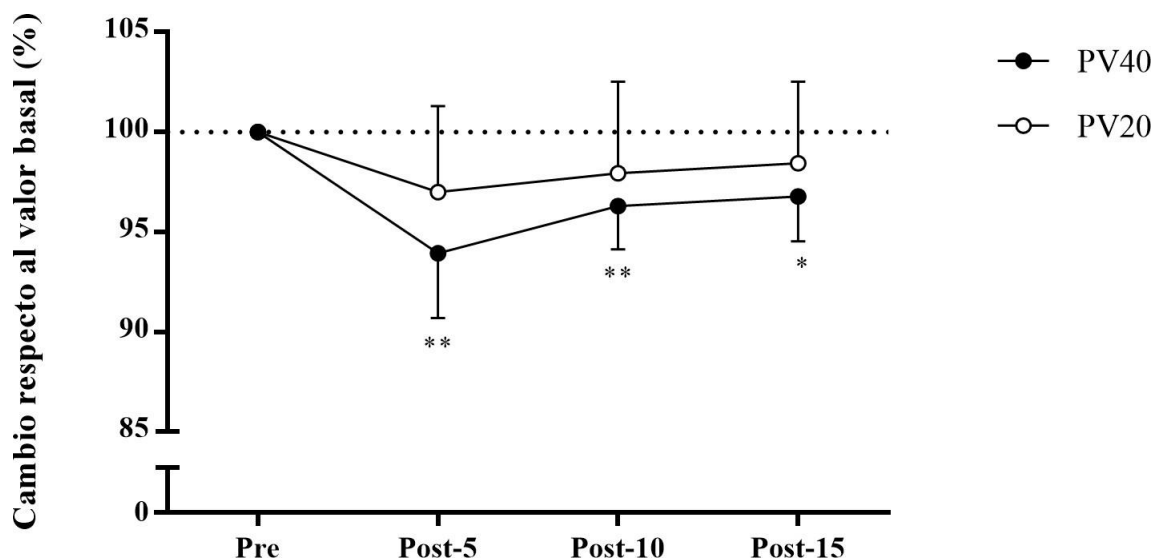
Como puede apreciarse en la Tabla 1, todos los parámetros analizados, resultantes de la realización de ambos protocolos, mostraron diferencias significativas ( $p = 0.001$ ,  $p < 0.001$ ). El protocolo PV40 se mostró superior al PV20 en todos los parámetros, a excepción de la velocidad de las repeticiones. El protocolo PV20 reportó una velocidad de las repeticiones superior al protocolo PV40 en las tres series: 1ª serie ( $0.56 \pm 0.02 \text{ m/s}^{-1}$  vs  $0.50 \pm 0.03 \text{ m/s}^{-1}$ ), 2ª serie ( $0.57 \pm 0.03 \text{ m/s}^{-1}$  vs  $0.49 \pm 0.04 \text{ m/s}^{-1}$ ) y 3ª serie ( $0.55 \pm 0.03 \text{ m/s}^{-1}$  vs  $0.46 \pm 0.05 \text{ m/s}^{-1}$ ).

Por su parte, el PV40 mostró una disminución del número de repeticiones (reps) a lo largo de las tres series: 1ª serie ( $9.5 \pm 2.32$  reps), 2ª serie ( $9.4 \pm 2.01$  reps) y 3ª serie ( $9.1 \pm 2.38$  reps). No ocurrió lo mismo en el PV20 quien mantuvo e incluso incrementó el número de repeticiones en el transcurso del protocolo: 1ª serie ( $5.2 \pm 1.03$  reps), 2ª serie ( $5.5 \pm 1.27$  reps) y 3ª serie ( $6.0 \pm 1.33$  reps).



### 3.3. Efecto mecánico en el ejercicio press de banca lanzado

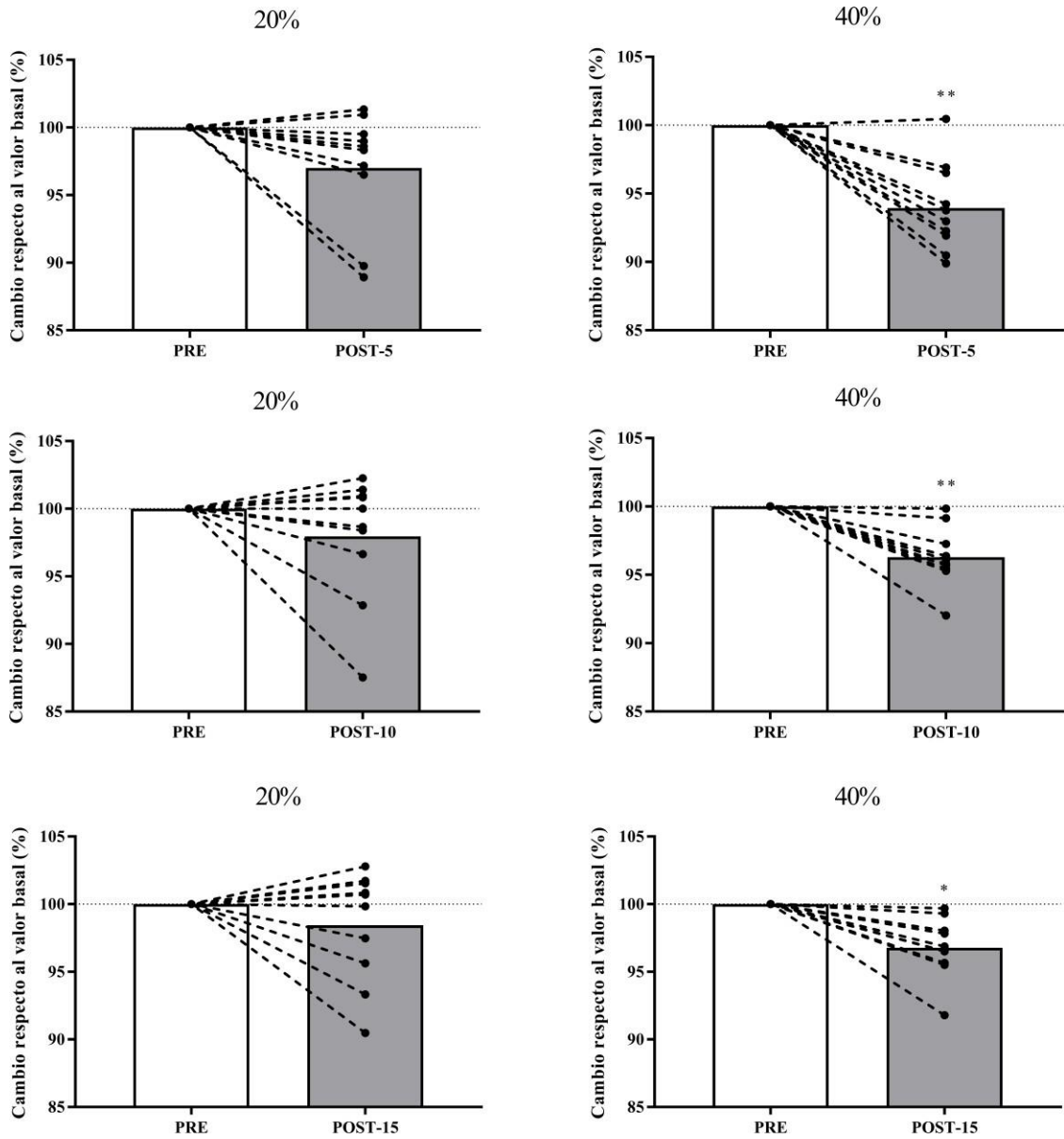
El cambio respecto a los valores iniciales (Pre) en el ejercicio PBL, tras la realización de los protocolos PV20 y PV40 se muestra en las figuras 3.1 y 3.2:



**Figura 3.1.** Análisis a través de la prueba ANOVA de medidas repetidas, de los cambios en el PBL respecto al valor inicial ilustrado con una línea discontinua en el valor 100%, tras la realización de los protocolos PV20 y PV40. Diferencias significativas entre los puntos temporales Pre y Post-5, Post-10 y Post-15 de ambos protocolos: \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ .

Como se puede apreciar en la figura 3.1, el protocolo PV40 reportó una reducción significativa de los valores obtenidos en el ejercicio PBL, en los puntos temporales Post-5 (-6.1%, TE = -1.08,  $p < 0.01$ ), Post-10 (-3.7%, TE = -0.68,  $p < 0.01$ ) y Post-15 (-3.2%, TE = -0.53,  $p < 0.05$ ) respecto a los valores iniciales (Pre).

Por su parte, el protocolo PV20 también mostró una reducción en los valores obtenidos en este ejercicio respecto a los valores iniciales (Pre), aunque en este caso, no significativa en ninguno de los puntos temporales: Post-5 (-2.9%, TE = -0.45), Post-10 (-2.0%, TE = -0.28) y Post-15 (-1.5%, TE = -0.24).



**Figura 3.2.** Análisis a través de la prueba ANOVA de medidas repetidas, de los cambios en el PBL respecto al valor inicial ilustrado con una línea de puntos en el valor 100 (%) tras la realización de los protocolos PV20 y PV40. Además, mediante una línea discontinua se muestra el comportamiento de cada sujeto individualmente. Diferencias significativas entre los puntos temporales Pre y Post5, Post-10 y Post-15 de ambos protocolos: \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$

#### 4. DISCUSIÓN

El presente estudio supuso las siguientes hipótesis i) tanto la variable VM como la variable VMÁX obtendrán un grado de fiabilidad intra-individuo suficiente para ser consideradas como excelentes para evaluar el ejercicio PBL. ii) Será la VMÁX quien obtenga un mayor grado de fiabilidad intra-individuo en el registro de este ejercicio. Por su parte iii) se prevé que el hecho de perder el 40% de velocidad en la serie (PV40) ocasione un descenso del rendimiento agudo mayor que aquellos casos en los que dicha PV se mantenga en el 20% (PV20). Los principales resultados obtenidos muestran que i) tanto la variable VM como la VMÁX resultaron lo suficientemente fiables como para evaluar el PBL en todos los puntos temporales analizados, ii) pero fue la VMÁX quien obtuvo mejores resultados en cuanto a fiabilidad intra-individuo. Por su parte, iii) se encontró un mayor descenso del rendimiento en el PBL tras la realización del protocolo PV40 en comparación con el protocolo PV20.

Los resultados obtenidos tras el análisis de la fiabilidad intra-individuo de VM y VMÁX, mostraron un CV inferior a 6.5% en ambas variables: VM ( $CV = 3.91 \pm 2.96\%$ ) y VMÁX ( $CV = 2.04 \pm 1.03\%$ ), tanto antes (Pre), como después (Post-5, Post-10 y Post-15) de la realización de los protocolos PV20 y PV40. Estos resultados, permite considerar a la VM y VMÁX como ‘‘excelentes’’ para evaluar el rendimiento en el ejercicio PBL (McMaster, Gill, Cronin y McGuigan, 2014), confirmando así nuestra **primera hipótesis**. Ahora bien, el menor CV y DS de la VMÁX otorgan a esta variable mayor fiabilidad intra-individuo, considerándola como la más apropiada para evaluar el PBL en intervenciones experimentales como la realizada en el presente estudio, confirmando así nuestra **segunda hipótesis**.

Desde el conocimiento del autor del presente estudio, ningún trabajo previo ha investigado la fiabilidad intra-individuo de estas variables en diferentes puntos temporales dentro de una intervención experimental. Aunque la fiabilidad de la variables VM y VMÁX en el ejercicio PBL, ya había sido sometidas a estudio por otros trabajos (García-Ramos et al., 2017; García-Ramos et al., 2018a; García-Ramos et al., 2018b), el bajo número de repeticiones (entre 1 y 3) y los extensos descansos (entre 4 y 5 minutos) que han utilizado estas investigaciones, proporcionaban situaciones en las posiblemente el individuo carecía de fatiga aguda o ésta podría resultar mínima. A pesar de ello, estos estudios observan una disminución de la fiabilidad de la VMÁX a medida que se incrementa la carga en el ejercicio, hipotetizando que este hecho podría estar ocasionado por la fatiga acumulada. Por ello, se

hacía necesario este análisis en situaciones en las que el sujeto no se encontrase en situación de plena recuperación.

Los resultados obtenidos en el presente estudio que otorgan mayor fiabilidad a la variable VMÁX, se encuentran en la misma línea que los obtenidos por García-Ramos et al., (2018a) quienes, tras evaluar un amplio espectro de cargas, entre las que se encontraban 27 – 37 kg (rango de cargas utilizadas en el presente estudio), encontraron una mayor fiabilidad intra-individuo de la VMÁX en comparación con la VM, tanto en la carga de 27kg (CV = 1.74% vs CV=3.08%), como en la carga de 37 kg (CV = 2.58% vs CV = 4.77%). Estos resultados fueron similares para todas las cargas evaluadas por estos autores en la versión concéntrica del PBL (CV = 2.66% vs CV = 4.2%). De manera similar García-Ramos et al., (2018b) obtuvieron una mayor fiabilidad de la VMÁX en comparación con la VM, tanto con la carga correspondiente al 30% RM (CV= 2.49% vs 3.32%), como en el resto de cargas evaluadas que fueron desde el 20% al 100% de la RM (CV= 3.5% vs CV= 4.05%). Además, la variable VMÁX ha sido comparada con otras variables, como la velocidad media propulsiva, la potencia media propulsiva o la potencia máxima, encontrándose como la variable más fiable para evaluar el PBL (García-Ramos et al., 2018c).

Por otro lado, el mayor descenso del rendimiento tras la ejecución del protocolo PV40 en comparación con el protocolo PV20, confirmó nuestra **tercera hipótesis**. En este sentido, tampoco se ha hallado literatura previa que realizase un seguimiento del rendimiento en el ejercicio PBL, posterior a la realización de dos protocolos basados en PV diferentes (PV20 y PV40). Los resultados obtenidos en el presente estudio, no mostraron un efecto potenciador del rendimiento tras la realización de ninguno de los dos protocolos evaluados. El elevado número de repeticiones llevado a cabo en ambos protocolos (especialmente en el PV40), en comparación con los estímulos que suelen aplicar las investigaciones que evalúan la PAP (3 – 9 repeticiones)(Kilduff et al., 2007; Liossis et al., 2013; West et al., 2013), podría explicar estos resultados. Ahora bien, es importante resaltar que la mayoría de estas investigaciones utilizan expresiones como el *n*RM o evalúan el porcentaje de 1RM con el que se llevará a cabo el estímulo días previos al registro de los datos, sin utilizar la velocidad de ejecución como referencia para constatar esta carga. Hay que tener en cuenta, que la elevada variabilidad intra-sujeto que muestra el *n*RM, así como el desajuste en el tiempo que presenta la RM (González-Badillo et al., 2017), podría ocasionar que el estímulo no se aplicase realmente con la intensidad objetivo. Por tanto, se recomienda que investigaciones futuras en

esta temática, utilicen la velocidad de ejecución como criterio para programar y controlar estímulos que tengan como propósito constatar el efecto de la PAP.

Por otro lado, tras la realización del protocolo PV40, se generó un descenso significativo del rendimiento en comparación con los niveles basales (Pre) en los diferentes puntos temporales evaluados: Post-5 (-6.1%, TE= -1.08, moderado), Post-10 (-3.7%, TE= -0.68, moderado) y Post-5 (-3.2%, TE= -0.53, pequeño). Por otro lado, aunque el protocolo PV20 también generó un descenso del rendimiento, éste no resultó ser significativo: Post-5 (-2.9%, TE= -0.45, pequeño), Post-10 (-2.0%, TE= -0.28, pequeño) y Post-5 (-1.5%, TE= -0.24, pequeño). Estos resultados se muestran de acuerdo a los obtenidos por García-Ramos et al., (2017), quienes encontraron un mayor descenso del rendimiento en el PBL tras alcanzar el fallo muscular con el 80% del RM en PB, en comparación con un protocolo similar que sólo realizaba la mitad de las repeticiones posibles. Sin embargo, aunque esta investigación utilizó el PBL para evaluar el rendimiento post-fatiga del tren superior, el efecto mecánico sobre este ejercicio sólo fue registrado a los 5 segundos de finalizar dicho protocolo de fatiga, por lo que se desconoce la evolución de este rendimiento con el paso de los minutos. Otras investigaciones, han evaluado el efecto agudo de diferentes estímulos de fuerza sobre el rendimiento del tren superior, utilizando la carga de 1 m/s en el ejercicio PB. Estos trabajos, muestran una acentuada pérdida de rendimiento en aquellos protocolos que llevan al sujeto a alcanzar el fallo muscular o lo sitúan cerca él, que se mantiene hasta las 48-72 horas posteriores (González-Badillo et al., 2015; Morán-Navarro et al., 2017; Pareja-Blanco et al., 2017).

Por otro lado, los valores de lactato obtenidos tras la realización del protocolo PV40, duplicó prácticamente a los obtenidos tras el protocolo PV20 ( $7.7 \pm 2.0$  mmol/L vs  $4.5 \pm 1.5$  mmol/L), explicado por la realización de repeticiones hasta un punto cercano al fallo muscular en el protocolo PV40 (Sánchez-Medina y González-Badillo, 2011). Junto a ello, la importante depleción de los niveles de fosfocreatina y nucleótidos de adenina, podría explicar el descenso del rendimiento posterior (especialmente en el punto temporal Post-5) (Gorostiaga et al., 2012; McCaulley et al., 2009). Además, la literatura ha constatado una brusca elevación de marcadores bioquímicos como la creatina-quinasa, el amonio, el cortisol, la prolactina, el factor insulínico de crecimiento, así como un descenso de los niveles de testosterona; a los 5 minutos posteriores de finalizar un protocolo de repeticiones hasta el fallo muscular (González-Badillo et al., 2015; Morán-Navarro et al., 2017; Pareja-Blanco et al., 2017). A pesar de que el protocolo PV40 llevado a cabo el presente estudio no alcanzó el fallo

muscular, la PV generada causaría una elevación de estos marcadores bioquímicos (González-Badillo et al., 2017; Sánchez-Medina y González-Badillo, 2011), quienes también podrían explicar el mayor descenso del rendimiento tras el protocolo PV40. La disrupción de la homeostasis celular que generaría la acumulación de estos biomarcadores tras un entrenamiento próximo o hasta el fallo muscular, podría ocasionar que el deportista viese disminuido su rendimiento en la sesión específica de la modalidad deportiva continua a este estímulo, así como un deterioro en la coordinación inter e intra-muscular y el control de la velocidad y aceleración de las extremidades, que podría incrementar el riesgo de lesión en el sujeto (Ferraz, van den Tillaar, Pereira y Marques, 2016; Mclean y Samorezov, 2009).

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten concluir que: i) tanto las variables velocidad media (VM) como velocidad máxima (VMÁX) resultan excelentes para evaluar el ejercicio press de banca lanzado (PBL) en una intervención experimental caracterizada por estados de fatiga variables en el sujeto (**Hipótesis 1**). ii) Dentro de la aceptabilidad de ambas variables para tal fin, la velocidad máxima (VMÁX) muestra una mayor fiabilidad intra-individuo y, por tanto, se recomienda la utilización de esta variable para evaluar el ejercicio PBL (**Hipótesis 2**). Por último, iii) la realización de un estímulo de fuerza caracterizado por una pérdida de velocidad (PV) del 40%, genera una disminución significativa en el rendimiento del tren superior en los minutos posteriores; sin embargo dicho descenso de rendimiento resulta insignificante cuando dicha PV es del 20% (**Hipótesis 3**).

## 6. APLICACIONES PRÁCTICAS

En base a los resultados obtenidos, se proponen las siguientes aplicaciones prácticas:

Se sugiere al evaluador la utilización de la VMÁX para registrar el PBL, ya sea en condiciones basales en las que el sujeto se encuentre totalmente recuperado o como estrategia para evaluar el estado de fatiga. En su defecto, la VM proporcionada por aplicaciones telefónicas o transductores lineales de velocidad también representaría, aunque con una menor fiabilidad intra-individuo, una herramienta adecuada para evaluar este ejercicio.

Por su parte, la realización de un estímulo de fuerza con una PV del 40%, ha mostrado generar un descenso agudo en el rendimiento del tren superior. Por tanto, se propone que aquellos profesionales que realicen un entrenamiento de fuerza con anterioridad al entrenamiento específico de su modalidad deportiva, no sobrepasen el 20% de en la pérdida

de velocidad o, en su defecto, utilicen los siguientes tipos de carácter del esfuerzo: 6(12), 4(8), 3(6), 2(4).

## **7. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

No obstante, el presente estudio asume ciertas limitaciones como son:

Aunque se ha constatado un descenso significativo del rendimiento tras la pérdida del 40% de velocidad, los autores consideran que hubiese sido oportuno alcanzar una mayor PV en dicho protocolo. Hay que tener en cuenta que en este ejercicio el valor máximo de PV que puede alcanzar un deportista en la serie es aproximadamente del 65%. Por tanto, se considera que investigaciones futuras deberían estudiar este efecto agudo del rendimiento ante PV mayores al 40%.

Por otro lado, se considera que la mayor simplicidad y menor musculatura implicada en el PBL, en comparación con otros movimientos como el salto vertical o el sprint lineal, ha podido atenuar la pérdida de rendimiento que ocasiona un estímulo con una PV del 40%. Por tanto, se cree conveniente trasladar este análisis al tren inferior, mediante la realización de estímulos en ejercicios como la sentadilla, y el posterior registro de acciones como el salto vertical o el sprint lineal.

La determinación de las cargas con las que se llevarían a cabo las evaluaciones (70% en el PB y 30% en el PBL), se tuvieron que realizar junto a uno de los protocolos (PV20). Aunque se intentó atenuar su influencia en la evaluación posterior (reduciendo al máximo posible el número de intentos para determinar la carga correspondiente al 70% de la RM, así como realizando un descanso pasivo previo al inicio del protocolo), se propone que futuras investigaciones de este tipo, disocien ambas evaluaciones para evitar la posible interferencia de las mismas.

El presente estudio, únicamente tuvo la posibilidad de evaluar el lactato como parámetro interno de fatiga aguda posterior al estímulo de fuerza. Se considera de interés, que futuras investigaciones evalúen parámetros tales como los marcadores bioquímicos tradicionales y novedosas técnicas como la tensiomiografía o la termografía.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Abade, E. A., Gonçalves, B. V., Vilaça, J. M., y Sampaio, J. E (2014). Acute Effects of Strength Training Programs on Vertical Jump and Technical Actions in Handball during Preseason. *Comprehensive Psychology*, 3(2). doi.org/10.2466/30.25.CP.3.2
- Bevan, H. R., Owen, N. J., Cunningham, D. J., Kingsley, M. I., y Kilduff, L. P. (2009). Complex training in professional rugby players: Influence of recovery time on upper-body power output. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1780–1785. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b3f269.
- Boffey, D., Sokmen, B., Sollanek, K., Boda, W., y Winter, S. (2017). The Effects of Load on Peak Power Output Fatigue During the Bench Throw. *Journal of Strength and Conditioning Research*. doi: 10.1519/JSC.0000000000002075.
- Cormie, P., Deane, R., y McBride, J. M. (2007). Methodological Concerns for Determining Power Output in the Jump Squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 424-430. doi: 10.1519/R-19605.1.
- Cormie, P., McBride, J. M., y McCaulley, G. O. (2007). Validation of Power Measurement Techniques in Dynamic Lower Body Resistance Exercises. *Journal of Applied Biomechanics*, 23(2), 103-118. doi.org/10.1123/jab.23.2.103.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., y Newton, R. U. (2011). Developing Maximal Neuromuscular Power: Part 2 – Training Considerations for Improving Maximal Power Production. *Sports Medicine*, 41(2), 125-146. doi.org/10.2165/11538500-000000000-00000.
- Crewther, B. T., Kilduff, L. P., Cook, C. J., Middleton, M. K., Bunce, P. J., y Yang, G.-Z. (2011). The acute potentiating effects of back squats on athlete performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3319–3325. doi:10.1519/JSC.0b013e318215f560.
- Ferraz, R. M., van den Tillaar, R., Pereira, A., y Marques, M. C. (2016). The effect of fatigue and duration knowledge of exercise on kicking performance in soccer players. *Journal of Sport and Health Science*. doi.org/10.1016/j.jshs.2016.02.001.
- García-Pallarés, J., García-Fernández, M., Sánchez-Medina, L., e Izquierdo, M. (2010). Performance changes in world-class kayakers following two different training periodization models. *European Journal of Applied Physiology*, 110(1), 99-107. doi.org/10.1007/s00421-010-1484-9.



- García-Ramos, A., Haff, G. G., Padial, P., y Feriche, B. (2018c). Reliability of power and velocity variables collected during the traditional and ballistic bench press exercise. *Sports Biomechanics*, 17(1), 117-130. doi.org/10.1080/14763141.2016.1260767.
- García-Ramos, A., Haff, G. G., Jiménez-Reyes, P., y Pérez-Castilla, A. (2018a). Assessment of upper-body ballistic performance through the bench press throw exercise: Which velocity outcome provides the highest reliability? *Journal of Strength and Conditioning Research*. doi: 10.1519/JSC.0000000000002616.
- García-Ramos, A., Padial, P., García-Ramos, M., Conde-Pipó, J., Argüelles-Cienfuegos, J., Štirn, I., y Feriche, B. (2015a). Reliability Analysis of Traditional and Ballistic Bench Press Exercises at Different Loads. *Journal of Human Kinetics*, 47, 51-59. doi.org/10.1515/hukin-2015-0061.
- García-Ramos, A., Padial, P., Haff, G. G., Argüelles-Cienfuegos, J., García-Ramos, M., Conde-Pipó, J., y Feriche, B. (2015b). Effect of Different Interrepetition Rest Periods on Barbell Velocity Loss During the Ballistic Bench Press Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(9), 2388-2396. doi.org/10.1519/JSC.0000000000000891.
- García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., y Haff, G. G. (2018b). Mean velocity vs. mean propulsive velocity vs. peak velocity: which variable determines bench press relative load with higher reliability? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(5), 1273-1279. doi.org/10.1519/JSC.0000000000001998.
- García-Ramos, A., Torrejón, A., Feriche, B., Morales-Artacho, A. J., Pérez-Castilla, A., Padial, P., y Jaric, S. (2017). Selective effects of different fatigue protocols on the function of upper body muscles assessed through the force-velocity relationship. *European Journal of Applied Physiology*, 118(2), 439-447. doi.org/10.1007/s00421-017-3786-7.
- González-Badillo, J.J., y Serna, J. R. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona, España: Inde.
- González-Badillo, J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Ribas, J., López-López, C., Mora-Custodio, R., ... Pareja-Blanco, F. (2016). Short-term Recovery Following Resistance Exercise Leading or not to Failure. *International Journal of Sports Medicine*, 37(4), 295-304. doi.org/10.1055/s-0035-1564254.
- González-Badillo, J.J., Sánchez-Medina, L., Pareja-Blanco, F., y Rodríguez-Rosell, D. (2017). *La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza*. Murcia: Ergotech.

- Gorostiaga, E. M., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J. A., Hellsten, Y., Cusso, R., Guerrero, M., ... Izquierdo, M. (2012). Energy metabolism during repeated sets of leg press exercise leading to failure or not. *PloS One*, 7(7).
- Granacher, U., Lesinski, M., Büsch, D., Muehlbauer, T., Prieske, O., Puta, C., ... Behm, D. G. (2016). Effects of Resistance Training in Youth Athletes on Muscular Fitness and Athletic Performance: A Conceptual Model for Long-Term Athlete Development. *Frontiers in Physiology*, 7(164). doi.org/10.3389/fphys.2016.00164.
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., y Hanin, J. (2009). Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3-13. doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278.
- Hori, N., Newton, R. U., Andrews, W. A., Kawamori, N., McGuigan, M, y Nosaka, K. (2007). Comparison of four different methods to measure power output during the hang power clean and the weighted jump squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 314-320. doi: 10.1519/R-22896.1.
- Jarić, S., Ropret, R., Kukolj, M., y Ilić, D. B. (1995). Role of agonist and antagonist muscle strength in performance of rapid movements. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 71(5), 464–468. doi.org/10.1007/BF00635882.
- Kilduff, L. P., Bevan, H. R., Kingsley, M. I. C., Owen, N. J., Bennett, M. A., Bunce, P. J., ... Cunningham, D. J. (2007). Postactivation Potentiation in Professional Rugby Players: Optimal Recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1134-1138. doi.org/10.1519/R-20996.1.
- Liossis, L. D., Forsyth, J., Liossis, C., y Tsolakis, C. (2013). The Acute Effect of Upper-Body Complex Training on Power Output of Martial Art Athletes as Measured by the Bench Press Throw Exercise. *Journal of Human Kinetics*, 39(1), 167-75. doi.org/10.2478/hukin-2013-0079.
- Lorenz, D. (2011). Postactivation potentiation: An introduction. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 6(3), 234-240.
- McCaulley, G. O., McBride, J. M., Cormie, P., Hudson, M. B., Nuzzo, J. L., Quindry, J. C., y Travis Triplett, N. (2009). Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy, strength and power type resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 105(5), 695-704. doi.org/10.1007/s00421-008-0951-z.
- Mclean, S. G., y Samorezov, J. E. (2009). Fatigue-Induced ACL Injury Risk Stems from a Degradation in Central Control: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(8), 1662-1673. doi.org/10.1249/MSS.0b013e31819ca07b.

- McMaster, D. T., Gill, N., Cronin, J., y McGuigan, M. (2014). A Brief Review of Strength and Ballistic Assessment Methodologies in Sport. *Sports Medicine*, 44(5), 603-623. doi.org/10.1007/s40279-014-0145-2.
- Morán-Navarro, R., Pérez, C. E., Mora-Rodríguez, R., de la Cruz-Sánchez, E., González-Badillo, J. J., Sánchez-Medina, L., y Pallarés, J. (2017). Time course of recovery following resistance training leading or not to failure. *European Journal of Applied Physiology*, 117(12), 2387-2399. doi.org/10.1007/s00421-017-3725-7.
- Ortega-Becerra, M., Pareja-Blanco, F., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñañiel, V., y González-Badillo, J. J. (2017). Determinant Factors of Physical Performance and Specific Throwing in Handball Players of Different Ages. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), 1778-1786. doi.org/10.1519/JSC.0000000000002050.
- Pallarés, J., Sánchez-Medina, L., Pérez, C. E., de La Cruz-Sánchez, E., y Mora-Rodríguez, R. (2014). Imposing a pause between the eccentric and concentric phases increases the reliability of isoinertial strength assessments. *Journal of Sports Sciences*, 32(12), 1165–1175. doi: 10.1080/02640414.2014.889844.
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Ribas-Serna, J., López-López, C., Mora-Custodio, R., ... González-Badillo, J. J. (2017). Acute and delayed response to resistance exercise leading or not leading to muscle failure. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 37(6), 630-639. doi.org/10.1111/cpf.12348.
- Pérez-Castilla, A., Jaric, S., Feriche, B., Padial, P., y García-Ramos, A. (2018). Evaluation of Muscle Mechanical Capacities Through the Two-Load Method: Optimization of the Load Selection. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(5), 1245-1253. doi.org/10.1519/JSC.0000000000001969.
- Rassier, D. E., y Macintosh, B. R. (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33(5), 499–508. doi.org/10.1590/S0100-879X2000000500003.
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., y Nygaard, H. (2017). 10 weeks of heavy strength training improves performance-related measurements in elite cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 35(14), 1435–1441. doi: 10.1080/02640414.2016.1215499.
- Sánchez-Medina, L., y González-Badillo, J.J. (2011). Velocity Loss as an Indicator of Neuromuscular Fatigue during Resistance Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(9), 1725-1734. doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880.

- Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J.J., Pérez, C.E., y Pallarés, J. (2013). Velocity- and Power-Load Relationships of the Bench Pull vs. Bench Press Exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 35(3), 209-216. doi.org/10.1055/s-0033-1351252.
- Sánchez-Medina, L., Pérez, C. E., y González-Badillo, J. J. (2010). Importance of the Propulsive Phase in Strength Assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(2), 123-129. doi.org/10.1055/s-0029-1242815.
- Sander, A., Keiner, M., Wirth, K., y Schmidtbleicher, D. (2013). Influence of a 2-year strength training programme on power performance in elite youth soccer players. *European Journal of Sport Science*, 13(5), 445-451.
- Seitz, L. B., y Haff, G. G. (2016). Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(2), 231-240. doi.org/10.1007/s40279-015-0415-7.
- Soriano, M. A., Suchomel, T. J., y Marín, P. J. (2017). The Optimal Load for Maximal Power Production During Upper-Body Resistance Exercises: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 47(4), 757-768. doi.org/10.1007/s40279-016-0626-6.
- Sreckovic, S., Cuk, I., Djuric, S., Nedeljkovic, A., Mirkov, D., y Jaric, S. (2015). Evaluation of force–velocity and power–velocity relationship of arm muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 115(8), 1779-1787. doi.org/10.1007/s00421-015-3165-1.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., y Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785. doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z.
- Wassinger, C. A., McKinney, H., Roane, S., Davenport, M. J., Owens, B., Breese, U., y Sokell, G. A (2014). The influence of upper body fatigue on dynamic standing balance. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(1), 40-46.
- Weber, K. R., Brown, L. E., Coburn, J. W., y Zinder, S. M. (2008). Acute effects of heavy-load squats on consecutive squat jump performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 726–730. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181660899.
- West, D., Cunningham, D., Crewther, B., Cook, C., y Kilduff, L. (2013). Influence of Ballistic Bench Press on Upper Body Power Output in Professional Rugby Players: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2282-2287.
- West, D. J., Cunningham, D. J., Crewther, B. T., Cook, C. J., y Kilduff, L. P. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 854–859. doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827de6f1.

- 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: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 854–859. doi: 10.1519/JSC.0b013e31825c2bdb.
- Witmer, C. A., Davis, S. E., & Moir, G. L. (2010). The acute effects of back squats on vertical jump performance in men and women. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(2), 206-213.