

TRABAJO FIN DE GRADO



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

RESPUESTA AGUDA DE DOS PROTOCOLOS DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN EL EJERCICIO DE PRESS DE BANCA SOBRE LA CAPACIDAD DE REALIZAR EL MÁXIMO NÚMERO DE REPETICIONES

Autor: Germán Pérez Maroña

Tutora: Beatriz Isabel Bachero Mena

Titulación: Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

Departamento: Motricidad Humana y Rendimiento Deportivo

Modalidad de TFG: Investigación

Curso académico: 2022/2023

ÍNDICE

1.	<i>INTRODUCCIÓN</i>	1
2.	<i>MARCO TEÓRICO</i>	2
2.1.	FUERZA Y CONSIDERACIONES PARA PRESCRIBIR SU ENTRENAMIENTO	2
2.2.	INTENSIDAD	4
2.3.	VOLUMEN Y FATIGA MECÁNICA	8
3.	<i>OBJETIVOS</i>	10
4.	<i>METODOLOGÍA</i>	10
4.1.	MUESTRA	10
4.2.	VARIABLES	11
4.3.	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN.....	12
4.3.1.	SESIONES DE FAMILIARIZACIÓN	12
4.3.2.	SESIONES DE ENTRENAMIENTO (PROTOCOLO).....	12
4.4.	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN.....	13
4.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	15
5.	<i>RESULTADOS</i>	15
6.	<i>DISCUSIÓN</i>	18
7.	<i>CONCLUSIÓN</i>	22
8.	<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	23
	<i>ANEXO I</i>	27

RESUMEN

En la actualidad existe una nueva tendencia en la prescripción del entrenamiento de fuerza mediante la cual, la intensidad se controla a través de la velocidad media propulsiva (VMP) a la que se puede levantar una carga determinada y el volumen se controla a través de la pérdida de velocidad experimentada en una serie de entrenamiento con una carga determinada. Se analizó y se comparó la fatiga mecánica y metabólica experimentada por los sujetos participantes tras realizar dos protocolos de entrenamiento de fuerza en el ejercicio de press de banca. Todo ello se realizó con una misma intensidad, pero utilizando diferentes porcentajes de pérdida de velocidad en la serie de entrenamiento, analizando su efecto sobre determinadas variables de rendimiento. Además, se analizó la correlación que existe entre el porcentaje de pérdida de velocidad experimentado en cada repetición de una serie hasta el fallo y el porcentaje de repeticiones realizadas en la serie, realizada tras las sesiones de entrenamiento con ambos protocolos.

Palabras clave: entrenamiento, fuerza, velocidad, fatiga, intensidad

ABSTRACT

Actually, there is a new trend in the prescription of the strength training through which, training intensity is controlled through mean propulsive velocity (MVP) that a determined weight can be lifted and training volume is controlled through the velocity loss experienced in a training set with a determined weight. Mechanical and metabolic fatigue experienced by subjects were analyzed and compared after performing two strength training protocols in the bench press exercise. All this was done with the same intensity, but using different percentages of velocity loss in the training set, analyzing its effects on certain performance variables. Besides, the correlation that exists between the percentage of velocity loss experienced in each repetition of the set to failure and the percentage of repetitions performed in the set was analyzed, performed after the training sessions with both protocols.

Key words: training, strength, velocity, fatigue, intensity

1. INTRODUCCIÓN

La fuerza es una capacidad física y un factor de rendimiento fundamental para la práctica de cualquier deporte, además de para realizar actividades cotidianas del día a día. Se trata de una capacidad imprescindible para desenvolvernó y adaptarnos al mundo que nos rodea, ya que es necesaria para las tareas cotidianas, para desempeñar algún trabajo, para desarrollar nuestro cuerpo y para practicar cualquier actividad física y/o deporte (Rodríguez-García, 1997).

El entrenamiento de fuerza es fundamental para mejorar la salud, la estética corporal y el rendimiento deportivo (Varela-Olalla, 2019). Con dicho entrenamiento se puede experimentar hipertrofia muscular, mejora de la fuerza, la potencia, la velocidad y la resistencia muscular (Galiano et al., 2020).

Según Castro et al. (2019), el entrenamiento de fuerza no solo deben realizarlo las personas jóvenes, sino que también provoca beneficios en personas mayores, ya que tienen la misma capacidad para mejorar la fuerza que en las personas jóvenes. Estos autores afirman que el entrenamiento de fuerza provoca ganancias de fuerza muscular, de la resistencia, además del mantenimiento de la masa magra, con lo cual, las personas mayores podrían realizar las tareas cotidianas del día a día con mucha mayor facilidad que si no realizaran entrenamiento de fuerza.

A medida que se van cumpliendo años de vida, las personas van experimentando una pérdida progresiva de la masa muscular esquelética y de la fuerza a nivel general. Este proceso de pérdida se conoce como sarcopenia (Padilla et al., 2014). Aunque el envejecimiento no es el único factor que provoca la sarcopenia, sí que es inevitable que ocurra. La pérdida de masa muscular y de fuerza puede provocar en las personas mayores enfermedades degenerativas, pérdida de equilibrio, ocasionar caídas y lesiones crónicas. Es por ello que Padilla et al. (2014) consideran que uno de los mejores métodos para prevenir y/o combatir la sarcopenia es el entrenamiento de fuerza debido a la hipertrofia y a los incrementos de fuerza que provoca.

Centrándonos en las ganancias de fuerza, durante las primeras semanas de entrenamiento la mayoría de mejoras se deben a adaptaciones neuromusculares (Fleck, 1999).

En el ámbito de la salud, el entrenamiento de fuerza es fundamental debido a los numerosos beneficios que provoca. Según Ortiz (1996), los beneficios que tiene en la salud el entrenamiento de fuerza son los siguientes: prevención de la diabetes, mejora física en individuos diabéticos, ganancias de fuerza muscular y mejora de la densidad ósea, prevención de la osteoporosis en personas mayores, prevención del cáncer de colon, mejora de la resistencia cardiovascular, etc.

A menudo se suelen comentar los beneficios que tiene la fuerza en la salud física de las personas. Sin embargo, el entrenamiento de fuerza también provoca mejoras en la salud mental, mejorando las capacidades cognitivas (Padilla et al. 2014).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. FUERZA Y CONSIDERACIONES PARA PRESCRIBIR SU ENTRENAMIENTO

A lo largo de la historia, muchos autores han estudiado la fuerza como capacidad física. Es por ello que cada autor ha ido adaptando la definición del concepto fuerza a su perspectiva de entender esta capacidad, siendo muy complicado encontrar una definición que sea perfecta y exacta.

Olaso (2006) usa la segunda ley de Newton (Principio de acción de fuerzas) para definir la fuerza. Este principio dice que “la fuerza que actúa sobre un cuerpo es igual al producto de la aceleración que adquiere por una constante, característica de cada cuerpo, a la que denominamos masa” (p. 29). En base a ese principio, tanto Olaso (2006, p. 30) como González-Badillo y Ribas-Serna (2002) afirman que la fuerza, como capacidad física, es el producto de la masa de un cuerpo por su aceleración ($F = m \cdot a$), cuya unidad de medida en el Sistema Internacional (SI) es el newton (N).

Desde la perspectiva del entrenamiento, Julio Tous, en su libro “Nuevas tendencias en fuerza y musculación” adopta varias definiciones de fuerza de diferentes autores. Una de las definiciones de fuerza más completa que adopta fue la que ofrecieron por Grosser y Müller (1989), siendo la siguiente: “capacidad del sistema neuromuscular de superar resistencias a través de la actividad muscular (trabajo concéntrico), de actuar en contra de las mismas (trabajo excéntrico) o bien de mantenerlas (trabajo isométrico) (p. 18). Sin embargo, la que considera

más acertada es la que ofrecieron Siff y Verkhoshansky en 1996: “capacidad de un músculo o grupo de músculos de generar tensión muscular bajo condiciones específicas” (p. 17).

Suchomel et al. (2018) afirman que para que se produzca desarrollo de la fuerza muscular es necesario que actúen varios factores morfológicos y neuronales conjuntamente. Las personas somos capaces de manifestar fuerza debido a la acción conjunta de varias estructuras corporales como pueden ser los diferentes grupos musculares, huesos y articulaciones, tendones y ligamentos, siendo activadas todas estas estructuras por el sistema neuromuscular (Rodríguez-García, 1997).

Si bien, todas las personas no podemos manifestar la fuerza de igual modo, ya que dicha manifestación depende de una variedad de factores que son diferentes para cada persona, entre los cuales podemos mencionar los siguientes: nivel de entrenamiento, sección transversal del músculo, longitud del músculo, tipos de fibras musculares predominantes, coordinación intramuscular e intermuscular, nivel de fatiga, etc. (Ehlenz et al., 1990).

A la hora de programar y prescribir el entrenamiento de fuerza, existen numerosas variables y principios del entrenamiento que se deben contemplar para realizarlo de forma correcta. Según Padilla et al. (2014), los principios del entrenamiento que se deben seguir para conseguir beneficios son los siguientes:

- 1) Principio de sobrecarga: consiste en aplicar un estímulo que suponga una intensidad mayor que las actividades cotidianas del día a día para que se produzca una adaptación positiva.
- 2) Principio de progresión (aumento progresivo de la carga): cuando las personas se adaptan a ese nuevo estímulo aplicado, es necesario modificarlo o aumentarlo para que no se produzca un estancamiento, sino que de esa manera se busca una adaptación constante, con la mejora en los niveles de fuerza que ello conlleva.
- 3) Principio de especificidad e individualidad del entrenamiento: el entrenamiento de fuerza debe ser específico para las necesidades y objetivos de cada persona.
- 4) Principio de desentrenamiento o reversibilidad: cuando una persona pasa un tiempo determinado sin entrenar se produce una desadaptación y una regresión del nivel de entrenamiento, suponiendo una pérdida de los progresos conseguidos.

Además, existen diferentes formas de prescribir el entrenamiento de fuerza que han ido usándose y evolucionando a lo largo del tiempo. Tradicionalmente, las variables que se tenían en cuenta para prescribir el entrenamiento de fuerza son las siguientes: tipo de ejercicio, orden de los ejercicios, carga utilizada, número de repeticiones, número de series, tiempo de recuperación y velocidad de movimiento (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2011).

González-Badillo y Sánchez-Medina (2011) comentan que la forma tradicional de llevar a cabo el entrenamiento de fuerza ha sido realizar series hasta el fallo muscular. El fallo muscular consiste en realizar repeticiones hasta llegar a un momento en el que la carga no puede ser desplazada por el sujeto (Suchomel et al., 2018). Anteriormente existía la creencia de que al generar una mayor fatiga muscular y suponiendo ello un mayor carácter de esfuerzo, las ganancias de fuerza debían ser mayores. Sin embargo, la evidencia científica ha demostrado que el entrenamiento realizando series hasta el fallo muscular, no necesariamente implica mayores ganancias de fuerza. De hecho, se ha demostrado que el entrenamiento de fuerza basado en series al fallo puede ser contraproducente debido a la acumulación de excesivos niveles de fatiga tanto mecánica como metabólica (Sánchez-Medina y González-Badillo, 2010).

Para obtener mejores resultados en el entrenamiento de fuerza, resulta imprescindible controlar las diferentes variables del entrenamiento de fuerza, sobre todo de la intensidad. La intensidad es considerada, junto con el volumen, como la variable más importante para la mejora de la fuerza máxima y el RFD (producción de fuerza por unidad de tiempo), siendo este último el factor más importante en el rendimiento deportivo (Varela-Olalla, 2019; Suchomel et al., 2016).

2.2. INTENSIDAD

La intensidad es una de las variables más importantes del entrenamiento de fuerza. Los cambios en los niveles de fuerza están estrechamente relacionados con la intensidad del entrenamiento, conociéndose dicha variable como la carga relativa utilizada (Sánchez-Medina y González-Badillo, 2010).

Siempre ha sido muy común cuantificar la intensidad del entrenamiento obteniendo el 1RM de cada sujeto y a partir de ahí, realizar sesiones de entrenamiento utilizando determinadas cargas de entrenamiento correspondientes a un porcentaje concreto del 1RM (%1RM). El 1RM

es el método utilizado para medir los valores de fuerza máxima, el cual consiste en movilizar cargas, las cuales irán aumentando progresivamente hasta alcanzar una carga, con la que el sujeto solo puede realizar una sola repetición máxima. Para llevar a cabo este test de forma efectiva, el tiempo de recuperación entre cada intento debe ser completo (Rodríguez-García, 1997). Sin embargo, este método de cuantificar la intensidad de entrenamiento presenta ciertas limitaciones, ya que el 1RM real de cada sujeto puede variar rápidamente a lo largo que se van realizando las sesiones de entrenamiento debido a las adaptaciones neuromusculares que se van experimentando, por lo que el valor obtenido en un test concreto puede no ser el verdadero 1RM pasado un tiempo (Sánchez-Medina y González-Badillo, 2010). Otras desventajas que presenta el test de 1RM es el alto riesgo de lesión si no se ejecuta correctamente la técnica del ejercicio y la gran cantidad de tiempo que se necesita invertir para realizar el test correctamente (Sakamoto y Sinclair, 2006).

Otro método que se suele utilizar para cuantificar la intensidad del entrenamiento de fuerza es el uso de un cierto porcentaje de RM (%1RM). Este método consiste en cuantificar una carga con la que se puedan realizar un número concreto de repeticiones, pudiéndose estimar de esta forma el 1RM sin necesidad de realizar el test. Sin embargo, este método también presenta ciertas limitaciones, como, por ejemplo, el nivel de entrenamiento o el sexo de la persona (Sakamoto y Sinclair, 2006). Por lo tanto, cada persona deja un número de repeticiones en reserva distinto. Las repeticiones en reserva son el número de repeticiones que se quedan sin realizar hasta llegar al fallo, siendo diferente para cada individuo, por lo que supone una gran limitación de este método (González-Badillo et al., 2020).

Como alternativa, González-Badillo y Sánchez-Medina (2010) propusieron la prescripción del entrenamiento de fuerza basado en la velocidad de ejecución. Medir la velocidad real de ejecución de cada repetición realizada por cada sujeto puede ser la referencia más objetiva e individualizada para cuantificar el esfuerzo real que experimenta cada sujeto (Sánchez-Medina y González-Badillo, 2010). Estos autores demostraron que existe una estrecha relación ($R^2 = 0,98$) entre la velocidad media propulsiva (MPV) y el %1RM que supone la carga. Sánchez-Medina y González-Badillo (2010) son los primeros autores en estudiar la relación existente entre la carga relativa (%1RM), es decir, la intensidad, y la velocidad de ejecución.

Se ha comprobado que, debido a la relación tan estrecha entre la carga y la velocidad, se puede determinar de una forma muy precisa el %1RM que se está utilizando en cuanto se monitoriza la primera repetición de una serie, siempre y cuando sea realizada a la máxima velocidad (Pareja-Blanco et al., 2020; García-Ramos et al., 2018; Pestana-Melero et al., 2018).

Para cuantificar correctamente el entrenamiento de fuerza en base a la velocidad de ejecución, el sujeto debe realizar cada repetición a la mayor velocidad posible. Aquí entra en juego una manifestación de la fuerza llamada tradicionalmente fuerza explosiva o producción de fuerza en la unidad de tiempo (RFD), tratándose, según Juárez et al. (2008) de la relación entre la fuerza generada y el tiempo necesario para generarla. Estos autores comentan que, para la mejora de la fuerza explosiva, es necesario mejorar la fuerza dinámica máxima ante las diferentes cargas que se desplazan.

González Badillo (2000) demostró que existe una relación entre una intensidad determinada y su velocidad de ejecución. Es decir, cada carga utilizada tiene una velocidad de ejecución propia.

A la hora de medir la velocidad de ejecución durante la fase concéntrica del ejercicio, es necesario entender tres conceptos (García-Ramos et al., 2018; González-Badillo, 2017; Jidovtseff et al., 2011):

- 1) Velocidad media propulsiva: variable de la velocidad de la fase concéntrica, no teniendo en cuenta la fase excéntrica de la carga utilizando intensidades por debajo del 70% 1RM. De esta forma solo se tiene en cuenta la fase de aceleración positiva de la carga.
- 2) Velocidad media: velocidad promedio durante toda la fase concéntrica del ejercicio.
- 3) Velocidad pico: El valor más alto de velocidad alcanzado durante toda la fase concéntrica.

En la literatura revisada, la mayoría de estudios se centran en la medición de la velocidad media propulsiva (Sánchez-Medina y González-Badillo, 2010; González-Badillo y Sánchez-Medina 2011; González-Badillo et al., 2017; Varela-Olalla et al., 2019; González-Badillo et al., 2020). Esto es debido a que es la variable de la velocidad que se manifiesta únicamente en la fase concéntrica del movimiento, no teniendo en cuenta la fase excéntrica. De esta forma solo

se tiene en cuenta la fase de aceleración de la carga, sin aprovecharse del ciclo estiramiento-acortamiento (rebote) y evitando la fase de frenado o aceleración negativa que se produce al final de la fase concéntrica cuando las cargas son muy ligeras (González-Badillo et al., 2017).

Tabla 1. *Velocidad media propulsiva (m·s⁻¹) con cada porcentaje de la RM en cuatro ejercicios con velocidades de 1RM diferentes (Sánchez-Medina y González-Badillo, 2010).*

Carga (% 1RM)	Press banca	Dominadas	Sentadillas	Remo tumbado
40%	1,13		1,28	1,36
45%	1,04		1,21	1,28
50%	0,95	1	1,14	1,21
55%	0,87	0,92	1,07	1,13
60%	0,78	0,85	1	1,06
65%	0,7	0,77	0,92	0,99
70%	0,62	0,69	0,84	0,92
75%	0,55	0,61	0,76	0,85
80%	0,47	0,53	0,68	0,78
85%	0,39	0,45	0,59	0,72
90%	0,32	0,37	0,51	0,65
95%	0,25	0,3	0,42	0,59
100%	0,18	0,22	0,32	0,53

En la mayoría de los estudios en los que se pretende analizar los efectos del entrenamiento de fuerza y en los que se realizan mediciones de valores de intensidad, volumen y fatiga se utiliza habitualmente el press banca como ejercicio de tren superior y la sentadilla como ejercicio de tren inferior y, según vemos en la Tabla 1, para cada carga (%1RM), la velocidad media propulsiva es diferente en ambos ejercicios. La velocidad de ejecución en el press banca es menor que la velocidad de ejecución en la sentadilla. Esto se debe a que a la hora de realizar la técnica de ejecución del press banca se necesita mucho más control del movimiento, el recorrido y el desplazamiento es diferente, y a que los grupos musculares implicados son de un menor tamaño, por lo que la fatiga muscular se encuentra más localizada que en la sentadilla. Además, en el press banca se realiza solo una acción concéntrica sin aprovecharse del rebote introduciendo una pausa entre la fase excéntrica y concéntrica, mientras que en la sentadilla se aprovecha, aunque sea mínimamente, el ciclo de estiramiento-acortamiento en el momento de transición de la fase excéntrica a la fase concéntrica (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2011). En este trabajo de fin de grado nos centraremos en la velocidad de ejecución del press banca como ejercicio recomendado para ser utilizado en los entrenamientos de fuerza con el objetivo de mejorar el rendimiento de dicha capacidad (Rodiles-Guerrero et al., 2022).

Además, Sánchez-Medina y González-Badillo (2010) comprobaron que la velocidad de ejecución de cada carga apenas cambia después de realizar un entrenamiento de fuerza, manteniéndose prácticamente estable en el tiempo.

La movilización de resistencias genera una relación entre la carga y la velocidad de movimiento. La relación carga-velocidad es inversamente proporcional, es decir, a mayor resistencia a vencer, menor será la velocidad de movimiento, ya que poco a poco va apareciendo la fatiga muscular. Esto conlleva una disminución de la capacidad de producir fuerza acompañada de un consecuente aumento del esfuerzo que se tiene que realizar, ya que la fatiga provoca que la velocidad de acortamiento de la fibra disminuya, ralentizando la relajación del músculo (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2011).

Una ventaja muy a tener en cuenta del entrenamiento de fuerza basado en la velocidad de ejecución es que es posible ajustar la carga utilizada en cualquier momento del entrenamiento, por lo que se individualiza mucho más el estímulo (González-Badillo et al., 2017).

2.3. VOLUMEN Y FATIGA MECÁNICA

El volumen es otra de las variables más importantes a la hora de prescribir el entrenamiento de fuerza y está relacionado con la cantidad de series y repeticiones que se tienen que realizar. Como hemos comentado anteriormente, tradicionalmente se solían realizar series al fallo o series con un número determinado de repeticiones. Sin embargo, en base a los estudios realizados en este ámbito, se ha demostrado que es posible cuantificar el volumen de entrenamiento y la fatiga mecánica, midiendo el porcentaje de pérdida de velocidad dentro de una serie, ya que cada porcentaje de pérdida de velocidad corresponde a un porcentaje de repeticiones realizadas con respecto a las máximas que se pueden realizar (% 1RM). (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2011; González-Badillo et al., 2017; Rodríguez-Rosell et al., 2019).

Sánchez-Medina y González-Badillo (2010) propusieron un nuevo método más eficaz para cuantificar la fatiga mecánica midiendo la pérdida de velocidad. La pérdida de velocidad es definida por González-Badillo et al. (2020) como “una pérdida relativa en la velocidad de repetición desde la repetición más rápida a la repetición más lenta de cada serie”. Este método consiste en medir la pérdida de velocidad en una serie y/o medir la pérdida de velocidad antes

y después de realizar un esfuerzo utilizando una carga submáxima concreta. De esta forma, se podría cuantificar de forma real el nivel de esfuerzo experimentado. Con lo cual, a la hora de cuantificar el volumen de entrenamiento y la fatiga muscular, en lugar de realizar series de un número de repeticiones concretas, se realizan series con un porcentaje de pérdida de velocidad determinado.

Determinar cual va a ser el límite de pérdida de velocidad en el que se va a terminar la serie no se debe dejar al azar, sino que dicho límite se debe establecer previamente, en función del objetivo que se pretende conseguir con el entrenamiento, el ejercicio que se va a realizar, la experiencia de cada sujeto en el entrenamiento de fuerza usando ese ejercicio y el nivel de rendimiento del sujeto (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2011).

González-Badillo et al. (2017) demostraron que existe una relación muy estrecha ($R^2 = 0,97$) entre la pérdida de velocidad en una serie y el porcentaje de repeticiones realizadas con respecto a las máximas realizables en el press banca, utilizando cargas entre el 50% y el 85% 1RM. Además, estos autores observaron que la cantidad de repeticiones realizadas en una serie con una pérdida de velocidad determinada era muy similar para todas las cargas utilizadas, más concretamente entre cargas comprendidas entre el 50% y el 70% de 1RM. Con lo cual, en función de este estudio, se puede cuantificar la velocidad de ejecución en el entrenamiento de fuerza, pudiendo estimar el número de repeticiones que quedan en reserva en una serie.

Rodiles et al. (2022) observaron que al realizar series de pérdida de velocidad entre el 40% y el 50% aproximadamente en el ejercicio de press de banca, se estaría alcanzando un número de repeticiones realizadas cercano al fallo, mientras que entre un 20% y un 25% de pérdida de velocidad equivale a la mitad de las repeticiones que la persona puede realizar con respecto a las máximas realizables en los ejercicios de sentadilla y press banca.

Sánchez-Medina y González-Badillo (2011) hallaron que una pérdida de velocidad en el press de banca en torno al 35% equivalía a realizar la mitad más dos repeticiones respecto al máximo de repeticiones realizables y que, justo en ese punto, las concentraciones de amonio se elevaban por encima de los niveles basales. Con lo cual, estos autores no recomiendan superar ese nivel de pérdida de velocidad en el entrenamiento de fuerza en el press de banca, parando las series de entrenamiento antes de llegar a ese punto. Se ha comprobado que los beneficios en los niveles de fuerza son superiores con una pérdida de velocidad en la serie de un 20% que con

pérdidas de velocidad del 40% o al fallo (Padulo et al., 2012; Pareja-Blanco et al., 2016). Además, hay estudios que demuestran que han comprobado que realizando series de pérdida de velocidad iguales o superiores a un 40% se mejora la hipertrofia muscular, pero experimentando un cambio en las fibras musculares hacia una predominación de las fibras lentas, mientras que realizando series de pérdida de velocidad en torno al 20%, las ganancias de fuerza son similares y, además, la velocidad de contracción de las fibras no disminuye (Galiano et al., 2020). Esto demuestra que el entrenamiento de series hasta el fallo no implica necesariamente mejoras en los niveles de fuerza.

3. OBJETIVOS

Por todo lo anteriormente comentado, y con la intención de profundizar en el conocimiento sobre los efectos del entrenamiento de fuerza en el ejercicio de press de banca, el objetivo de este trabajo de fin de grado fue analizar y comparar la fatiga mecánica y metabólica producida por dos protocolos de entrenamiento de fuerza, con una misma intensidad, pero utilizando diferentes porcentajes de pérdida de velocidad en la serie, sobre diferentes variables de rendimiento en el ejercicio de press de banca.

El objetivo secundario de este trabajo fin de grado fue analizar la correlación entre el porcentaje de repeticiones realizadas en la serie y el porcentaje de pérdida de velocidad que representa cada repetición en la serie hasta el fallo que se realizó después de la sesión de entrenamiento con ambos protocolos, y comparar cómo afecta la fatiga mecánica y metabólica producida en función del protocolo de pérdida de velocidad, en ambas relaciones.

4. METODOLOGÍA

4.1. MUESTRA

La muestra estuvo formada por 14 varones sanos, estudiantes del Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte en la Universidad de Sevilla, físicamente activos, y con cierta experiencia en el entrenamiento de fuerza y en el ejercicio de press de banca. Los sujetos tenían una edad media de 24,3 (\pm 6,6) años, una estatura media de 1,8 (\pm 0,1) metros y un peso medio de 76,8 (\pm 9,5) kg, quedando reflejados estos datos en la tabla 2. Todos los sujetos que participaron en el estudio fueron informados sobre los procedimientos a seguir, así como de los riesgos y los beneficios del estudio, firmando un consentimiento informado previo al comiendo

del estudio (Anexo 1). Los criterios de exclusión a la hora de seleccionar a los sujetos fueron: realizar otra actividad física que pudiera influir en los resultados del estudio, no respetar las directrices de entrenamiento de dicho estudio (sobre todo el descanso entre cada sesión) y faltar a alguna de las sesiones de entrenamiento programadas.

Los protocolos de entrenamiento propuestos se realizaron en días diferentes, de forma aleatoria y siguiendo todas las pautas indicadas, para que no condicionaran el rendimiento de los sujetos participantes. Esto nos permitió realizar las mediciones y los análisis de las diferentes variables de forma fiable y segura.

Tabla 2. *Características de los individuos de la muestra.*

Sujetos	Edad (años)	Peso (kg)	Talla (m)	1RM (kg)
14	24,3 ± 6,6	76,8 ± 9,5	1,8 ± 0,1	83 ± 11,19

4.2. VARIABLES

Las variables de entrenamiento que se midieron en los protocolos de entrenamiento llevados a cabo en este estudio fueron las siguientes:

- La carga (kg) correspondiente al 60% de 1RM de cada sujeto.
- El valor del 1RM de cada sujeto (kg).
- La velocidad media propulsiva (VMP) de cada repetición previa a un esfuerzo determinado con el 60% de la 1RM.
- El porcentaje de pérdida de velocidad dentro de una serie (pérdida de velocidad del 20% y del 40%).
- Número de repeticiones que cada sujeto pudo realizar hasta alcanzar los porcentajes de pérdida de velocidad indicados anteriormente.
- Concentraciones de lactato en sangre después de realizar la serie de entrenamiento.
- La velocidad media propulsiva (VMP) posterior a un esfuerzo determinado con el 60% de la 1RM.
- El máximo número de repeticiones que cada sujeto pudo realizar en una serie hasta el fallo.

- La velocidad media propulsiva (VMP) de cada repetición de la serie hasta el fallo.
- La diferencia de velocidad (%) entre la mejor y la peor velocidad media propulsiva (VMP) de cada protocolo de entrenamiento de cada sujeto.

La carga utilizada para obtener todas las variables medidas en este estudio es la correspondiente al 60% de 1RM, siendo dicha carga aquella que se puede desplazar a una velocidad de 0.8 m/s en el ejercicio de press de banca.

4.3. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

4.3.1. SESIONES DE FAMILIARIZACIÓN

Se realizó una sesión inicial de familiarización con el ejercicio de press banca para que los sujetos practicasen y adquirieran la técnica de ejecución correcta exigida en el estudio. Para ello, los sujetos tenían que colocarse decúbito supino en un banco plano, con los pies colocados encima del banco. Debían sacar la barra de la máquina multipower y mantener los brazos completamente extendidos soportando el peso de la barra para, posteriormente y tras la señal del evaluador, bajar la barra hasta que tocara sobre el pecho del sujeto y, desplazar la carga verticalmente a la máxima velocidad posible tras una nueva señal del evaluador. Es decir, los sujetos solo podían realizar una repetición cuando el evaluador diera la señal y ejecutando la técnica correcta, asegurando de esta forma que los sujetos no se aprovechaban del ciclo estiramiento-acortamiento a causa del rebote de la barra sobre el pecho.

4.3.2. SESIONES DE ENTRENAMIENTO (PROTOCOLO)

En este estudio se llevaron a cabo dos sesiones de entrenamiento, en días diferentes, con un protocolo de entrenamiento cada una, es decir, un protocolo de entrenamiento que consistía en realizar una serie de entrenamiento hasta que se produjera una pérdida de velocidad del 20% y otro protocolo de entrenamiento hasta un 40% de pérdida de velocidad. El procedimiento de evaluación de cada sesión fue el siguiente:

1º) CALENTAMIENTO (2 minutos de recuperación entre series):

- 5 minutos de carrera continua.
- Movilidad articular de brazos.

- 6 repeticiones con la barra de la máquina multipower.
- 6 repeticiones con una carga del 40% de 1RM, es decir, una carga la cual puede ser desplazada a una velocidad de 1.15 m/s.
- 4 repeticiones con una carga del 50% de 1RM, es decir, una carga la cual puede ser desplazada a una velocidad de 0.97 m/s.
- 3 repeticiones con una carga del 60% de 1RM, es decir, una carga la cual puede ser desplazada a una velocidad de 0.80 m/s.

2º) EVALUACIÓN PRE ENTRENAMIENTO.

- 2 repeticiones con el 60% de 1RM (0.8 m/s)
- ⇒ *3 minutos de recuperación.*

3º) PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO.

- 1 serie con una pérdida de velocidad del 20% o del 40%.
- ⇒ *1 minuto de recuperación.*
- Medición de la concentración de lactato en sangre.
- ⇒ *30 segundos de recuperación.*

4º) EVALUACIÓN POST ENTRENAMIENTO.

- 2 repeticiones con el 60% de 1RM (0,8 m/s).
- ⇒ *1 minuto y 30 segundos de recuperación.*

5º) SERIE HASTA EL FALLO.

4.4. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Los sujetos que participaron en el estudio fueron evaluados previamente a través de la obtención de datos antropométricos como la estatura y el peso corporal. Para la obtención de la estatura se utilizó un tallímetro de pared, siendo medidos todos los sujetos descalzos. Asimismo, para la obtención del peso corporal se utilizó una báscula digital previamente calibrada, siendo también medidos todos los sujetos descalzos y sin utensilios personales encima, portando únicamente la ropa deportiva con la que iban a realizar las sesiones de entrenamiento.

Ilustración 1. *Báscula y tallímetro.*

Para medir las variables anteriormente comentadas, se utilizó un encoder vinculado al software T-Force, el cual se acoplaba a la barra de la máquina multipower, aportándonos los datos necesarios, que posteriormente fueron exportados a una plantilla de Excel para ser analizados. El T-Force System (Murcia, España) se trata de un transductor lineal de velocidad que, a través de un software, nos ofrece diversas variables de velocidad, posición y estimación de otras variables.

Ilustración 2. *Encoder T-Force.***Ilustración 3.** *Máquina multipower.*

Para medir el lactato que acumulaban los sujetos, se utilizó un analizador de lactato (Lactate Pro 2, Arkay, Japón). Tras la ejecución de la serie del protocolo de entrenamiento con el porcentaje de pérdida de velocidad correspondiente, se pinchó a los sujetos en la yema de alguno de los dedos de la mano, obteniéndose una muestra de sangre, la cual se introdujo en el analizador de lactato, mostrándonos el valor de cada uno.

Ilustración 4. *Analizador de lactato.*



4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la descripción de los resultados se utilizaron los cálculos clásicos de tendencia central: medias, de variabilidad: desviaciones típicas, el número de casos, y los valores máximos y mínimos de cada grupo de valores según los casos. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS versión 20.0 para Mac. La significatividad se estableció cuando la probabilidad de error fue igual o menor que el 5% ($p \leq 0.05$). Se aplicó una prueba T de Student para muestras relacionadas para observar las diferencias entre-grupos, dentro de cada de protocolo de pérdida de velocidad. La relación entre variables se analizó con el coeficiente de correlación bivariado de Pearson.

5. RESULTADOS

En este trabajo de fin de grado se evaluaron a 14 sujetos con una edad media de 24,3 ($\pm 6,6$) años de edad, un peso medio de 76,8 ($\pm 9,5$) kg y una altura media de 1,8 ($\pm 0,1$) metros (Tabla 2).

En cuanto a los resultados obtenidos en este trabajo de fin de grado, los cuales se encuentran recogidos en la Tabla 3, podemos observar que, con respecto a la carga correspondiente al 60% de la 1RM, la media del protocolo del 20% de pérdida de velocidad es de 49,07 ($\pm 7,12$) kg, mientras que en el protocolo del 40% de pérdida de velocidad, la media es de 48,71 ($\pm 6,87$) kg. Esto quiere decir, tal y como se pretendía, que la carga del 60% de la

1RM fue prácticamente igual en los dos protocolos de entrenamiento, no existiendo diferencias significativas entre ambos ($P = 0,637$).

Tabla 3. Resultados de las variables analizadas en los protocolos de entrenamiento en el ejercicio de press de banca.

VARIABLES	20%	40%	P - VALUE
Carga 60% (kg)	49,0714 ± 7,12487	48, 7143 ± 6,87446	0,637
Mejor VMP pre (m/s)	0,8013 ± 0,02792	0,8039 ± 0,01655	0,755
Núm rep prot	7,4286 ± 1,28388	12,7143 ± 2,43148	0,000***
Mejor VMP prot (m/s)	0,7839 ± 0,03829	0,7947 ± 0,02181	0,254
Lactato (mmol/l)	3,6500 ± 0,94442	5,0357 ± 1,38875	0,003**
Mejor VMP post (m/s)	0,7461 ± 0,04261	0,7074 ± 0,05418	0,012*
Máx núm rep fallo	18,7857 ± 5,93787	16,5714 ± 6,14835	0,000***
Pérd rend pre-post (%)	6,8229 ± 5,48282	11,9685 ± 7,02946	0,013*

Carga 60% (Carga correspondiente al 60% de la 1RM); **Mejor VMP pre** (Mejor velocidad media propulsiva pre entrenamiento); **Núm rep prot** (Número de repeticiones realizadas en la serie de entrenamiento en el ejercicio de press de banca); **Mejor VMP prot** (Mejor velocidad media propulsiva de todo el protocolo de entrenamiento); **Mejor VMP post** (Mejor velocidad media propulsiva post entrenamiento); **Máx núm rep fallo** (Máximo número de repeticiones que cada sujeto pudo realizar en la serie hasta el fallo en el ejercicio de press de banca); **Pérd rend pre-post** (Porcentaje de pérdida de rendimiento pre entrenamiento con respecto al post entrenamiento).

Lo mismo ocurre con los resultados obtenidos en las variables *Mejor VMP pre* y *Mejor VMP prot*, no existiendo diferencias significativas entre ellas ($P > 0,05$). Por el contrario, en la variable *Mejor VMP post*, la velocidad media propulsiva obtenida en el protocolo del 20% de pérdida de velocidad es mayor que en el protocolo del 40% de pérdida de velocidad, encontrando diferencias estadísticamente significativas en esta variable.

Con respecto a la variable *Pérd rend pre-post* encontramos diferencias significativas entre ambos protocolos ($P = 0,013$), observándose un mayor porcentaje de pérdida de rendimiento en el protocolo del 40% de pérdida de velocidad ($11,97 \pm 7,03$) que en el del 20% ($6,82 \pm 5,48$), ya que la diferencia entre la *mejor VMP pre* y la *mejor VMP post* es mayor en el protocolo del 40%. Además, como se ha indicado anteriormente, los valores de la variable

Mejor VMP post son mayores en el protocolo del 20% que en el protocolo del 40%, encontrándose, por lo tanto, diferencias significativas entre ambos ($P = 0,012$).

En los valores de *lactato* obtenidos en este trabajo de fin de grado se observan valores más elevados en el protocolo del 40% de pérdida de velocidad ($5,04 \pm 1,39$ mmol/l) que en el del 20% ($3,65 \pm 0,94$), encontrándose diferencias significativas entre ambos protocolos de entrenamiento ($P = 0,003$), por lo que se comprueba que el protocolo de entrenamiento con una pérdida del 40% de velocidad generó una mayor fatiga metabólica que el protocolo de entrenamiento con una pérdida del 20% de velocidad.

Las diferencias más significativas las encontramos en las variables *Núm rep prot* y *Máx núm rep fallo* ($P = 0,000$). En cuanto al *Núm rep prot*, en el protocolo del 40% de pérdida de velocidad se obtuvo un valor medio de $12,71 (\pm 2,43)$, mientras que en el protocolo del 20% de pérdida de velocidad se obtuvo un valor medio de $7,43 (\pm 1,28)$ repeticiones. En cuanto al *Máx núm rep fallo*, en el protocolo del 40% de pérdida de velocidad se obtuvo un valor medio de $16,57 (\pm 6,15)$, mientras que en el del 20% de pérdida de velocidad se obtuvo un valor medio de $18,79 (\pm 5,94)$. Con respecto a la variable *Núm rep prot*, observamos que para alcanzar una pérdida de velocidad del 40% en la serie en el ejercicio del press de banca, se necesitan realizar bastantes más repeticiones que para alcanzar una pérdida de velocidad del 20%. Por el contrario, se observa que los sujetos pudieron realizar generalmente más repeticiones en la serie hasta el fallo después de realizar el protocolo de entrenamiento con una pérdida de velocidad del 20%.

En este trabajo de fin de grado también se investigó si existía correlación entre el porcentaje de pérdida de velocidad en la serie hasta el fallo y el porcentaje de repeticiones realizadas con respecto al máximo posible en cada uno de los protocolos realizados por los sujetos participantes. Para ello, se analizó la pérdida de velocidad que suponía cada repetición que realizó cada sujeto en la serie al fallo de cada protocolo con respecto a la primera repetición. En cada repetición se alcanza un porcentaje de pérdida de velocidad determinado y se completa un porcentaje de repeticiones realizadas con respecto al máximo posible, por lo que se analizó la relación de ambas variables en ambos protocolos, encontrando que existe una correlación significativa positiva entre el porcentaje de pérdida de velocidad y el porcentaje de repeticiones completadas con respecto al máximo posible en ambos protocolos, y que esta correlación es mayor ($R^2 = 0,925$) en el protocolo del 20% de pérdida de velocidad (Figura 1).

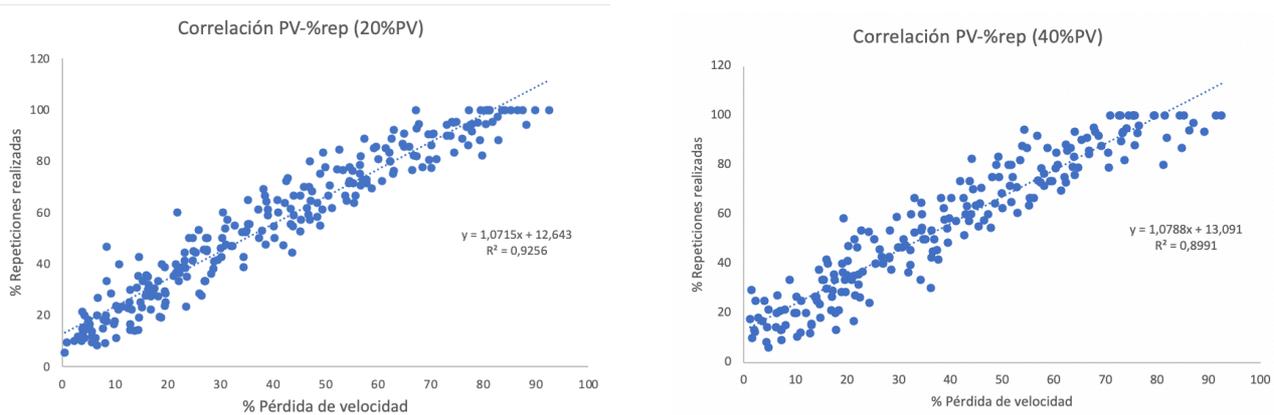


Figura 1. *Correlación existente entre el porcentaje de pérdida de velocidad y el porcentaje de repeticiones completadas con respecto al máximo posible en la serie al fallo de los protocolos del 20% y el 40% de pérdida de velocidad en el press de banca.*

6. DISCUSIÓN

El objetivo de este trabajo de fin de grado fue analizar y comparar la fatiga mecánica y metabólica producida por dos protocolos de entrenamiento de fuerza, con una misma intensidad, pero utilizando diferentes porcentajes de pérdida de velocidad en la serie, sobre diferentes variables de rendimiento utilizando el ejercicio de press de banca.

Para ello, como bien hemos comentado anteriormente, se han evaluado y analizado una serie de variables mecánicas y metabólicas de cada sujeto participante en este trabajo, antes y después de realizar dos protocolos de entrenamiento con una misma intensidad y diferente pérdida de velocidad en la serie (20% vs. 40%) en el ejercicio del press de banca y, de esta forma, ver las diferencias que pueden existir entre ambos protocolos. También se analizó la relación entre el % de pérdida de velocidad en la serie y el % de repeticiones realizadas con respecto al máximo, en cada protocolo. Durante la ejecución de los protocolos de entrenamiento se hizo hincapié constantemente en que los sujetos realizaran una buena técnica de ejecución en todo momento, proporcionándoles feedback auditivos y, de esta forma medir con garantías la velocidad media propulsiva (VMP), es decir, la variable de la velocidad de la fase concéntrica de la contracción, teniendo sólo en cuenta la fase de aceleración positiva de la carga, sin aprovechar el ciclo estiramiento-acortamiento (González-Badillo et al., 2017).

En cuanto a las variables descriptivas de ambos protocolos, podemos observar que no existen diferencias significativas en la carga utilizada en ambos protocolos, correspondiente al 60% de la 1RM ($P = 0,637$). González-Badillo y Sánchez-Medina (2010) afirman que el valor de la 1RM puede cambiar con relativa rapidez tras la realización de un número determinado de sesiones de entrenamiento. Sin embargo, los valores de la carga absoluta (kg) correspondiente al 60% de la 1RM no se han visto modificados en los participantes por la realización de los protocolos de entrenamiento propuestos en este trabajo de fin de grado, ya que no existen diferencias significativas ni en la carga levantada ni en la velocidad a la que se desplaza dicha carga, entre ambos protocolos (Tabla 3). Seguramente, esto puede ser debido a que los sujetos realizaron sólo dos protocolos de entrenamiento, en sesiones diferentes y de forma aleatoria, quedando demostrado que la realización de estas sesiones de entrenamiento no ha influenciado de manera significativa en el rendimiento de los sujetos. Este aspecto queda reforzado si analizamos los valores de la mejor VMP desarrollada previa al estímulo. Tanto en el protocolo de pérdida de velocidad de un 20% como de un 40%, la VMP a la que fue desplazada la carga correspondiente al 60% de la 1RM fue de 0,8013 m/s y 0,8039 m/s respectivamente, no existiendo diferencias significativas entre ambos protocolos ($P = 0,755$). Esto es debido a que, tal y como demostraron González-Badillo y Sánchez-Medina (2010), cada ejercicio tiene su propia velocidad de ejecución para cada 1RM y, consecuentemente, para cada porcentaje de la 1RM. La velocidad de ejecución aproximada a la que puede ser desplazada una carga correspondiente al 60% de la 1RM en el ejercicio del press de banca es de 0,8 m/s. Con lo cual, esa relación se mantiene estable en ambos protocolos de entrenamiento.

Con respecto a las variables de rendimiento analizadas en ambos protocolos, se aprecian diferencias significativas claras en el número de repeticiones realizadas en la serie ejecutada hasta alcanzar los porcentajes de pérdida de velocidad del 20% y el 40% en el ejercicio del press de banca (7,4 vs 12,7) ($P = 0,000$) (Tabla 3). Esto es evidente, ya que para alcanzar un porcentaje de pérdida de velocidad de un 40% en una serie en el ejercicio del press de banca se necesitan realizar muchas más repeticiones que para perder un 20% de velocidad. González-Badillo et al. (2017) demostraron que cuanto mayor es el porcentaje de pérdida de velocidad experimentado en una serie de entrenamiento, mayor es el número de repeticiones realizadas con respecto al máximo que se pueden realizar. Concretamente, estos autores demuestran que cuando se ha alcanzado una pérdida de velocidad en la serie de un 25%, se ha completado en torno al 46% del máximo de las repeticiones que se pueden realizar y, cuando se alcanza un

porcentaje de pérdida de velocidad en la serie del 45%, se habrían realizado en torno al 71% de las repeticiones máximas realizables, en el ejercicio de press de banca.

Estas consideraciones están estrechamente relacionadas con la fatiga, tanto mecánica como metabólica, que cada sujeto experimenta a la hora de realizar una serie de entrenamiento en el ejercicio del press de banca. Si analizamos los niveles de lactato alcanzados por los sujetos participantes, podemos observar que en el protocolo del 20% de pérdida de velocidad estos valores son inferiores ($3,65 \pm 0,94$) que los alcanzados en el protocolo del 40% de pérdida de velocidad son de ($5,04 \pm 1,39$), encontrándose diferencias significativas entre ambos ($P = 0,003$). En este sentido, se ha considerado que la pérdida de velocidad en la serie en el entrenamiento de fuerza es un indicador fiable de la fatiga metabólica experimentada tras realizar un protocolo de entrenamiento (Rodríguez Rosell et al., 2020). Cuanto mayor es el porcentaje de pérdida de velocidad alcanzado en una serie, mayor es el esfuerzo que experimenta el sujeto, y, consecuentemente, mayor es la fatiga mecánica y metabólica acusada por cada sujeto, la cual es cuantificada por dicho porcentaje de pérdida de velocidad experimentado. Como bien indican González-Badillo y Sánchez-Medina (2011), “*la disminución de la producción de fuerza va acompañada de un incremento del esfuerzo realizado*”. Estos autores demostraron que, conforme el porcentaje de repeticiones realizadas se acerca al máximo número de repeticiones que se pueden realizar, el porcentaje de pérdida de velocidad durante la serie de entrenamiento aumenta progresivamente. Con lo cual, existe una estrecha relación entre la fatiga mecánica y la fatiga metabólica experimentada en una serie de entrenamiento cuando se alcanzan ciertos porcentajes de pérdida de velocidad.

A diferencia de la mejor VMP del cada protocolo, sí encontramos diferencias entre la mejor VMP del post-estímulo de cada protocolo ($P = 0,012$), obteniéndose un valor medio de la mejor VMP post-estímulo de $0,75 (\pm 0,04)$ m/s en el protocolo del 20% de pérdida de velocidad en el ejercicio de press de banca, frente a una valor medio de $0,71 (\pm 0,05)$ m/s en el protocolo del 40% de pérdida de velocidad. Esta diferencia a favor del protocolo del 20% de pérdida de velocidad es debido a la fatiga acusada tras la ejecución de la serie de entrenamiento en cada uno de los protocolos. La serie de entrenamiento del protocolo del 40% de pérdida de velocidad generó más fatiga en los sujetos, disminuyendo el rendimiento medido a través de la VMP, en mayor medida que el protocolo de menor pérdida de velocidad. Esta mayor fatiga acumulada por el mayor número de repeticiones realizado, probablemente ha provocado una disminución en la velocidad de acortamiento de la musculatura implicada y aumentando el

tiempo de relajación (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2011). Estos autores han demostrado que, al igual que se utiliza los porcentajes de pérdida de velocidad en una serie para cuantificar la fatiga mecánica, también se puede utilizar la pérdida de velocidad post-estímulo con respecto a la VMP pre-estímulo para cuantificarla. La variable de pérdida de rendimiento del post-estímulo con respecto al pre-estímulo (*pérd rend pre-post*) está estrechamente relacionada con la variable anterior. Debido a que la mejor VMP post-estímulo en el protocolo del 40% de pérdida de velocidad es menor que la mejor VMP post-estímulo del protocolo del 20% de pérdida de velocidad a causa de la fatiga experimentada, por el mayor número de repeticiones realizado, la pérdida de rendimiento fue mayor en el protocolo del 40% de pérdida de velocidad, encontrando diferencias significativas en esta variable entre ambos protocolos ($P = 0,013$).

Si analizamos el máximo número de repeticiones en la serie hasta el fallo (*Máx núm rep fallo*) que realizaron los sujetos tras cada protocolo de entrenamiento con una pérdida de velocidad distinta en la serie, es evidente que el número de repeticiones realizado en cada protocolo, y por tanto, la pérdida de velocidad, afecta considerablemente a este número máximo de repeticiones conseguido en la serie hasta el fallo, así como a la relación que existe entre el % de pérdida de velocidad y el % de repeticiones que representa con respecto al máximo. En la serie hasta el fallo tras el protocolo del 20% de pérdida de velocidad, los sujetos realizaron una media de 18,79 ($\pm 5,94$) repeticiones, mientras que en el protocolo del 40% de pérdida de velocidad, realizaron una media de 16,57 ($\pm 6,15$) repeticiones, existiendo diferencias significativas en esta variable ($P = 0,000$). En las variables anteriormente analizadas, se ha visto que tras completar la serie del protocolo del 40% de pérdida de velocidad, la fatiga, tanto mecánica, representada por la VMP post, como metabólica, representada por los niveles de lactato, que experimentan los sujetos es mayor que en el protocolo del 20% de pérdida de velocidad. Es por ello que, a la hora de realizar la serie hasta el fallo, los sujetos realizaron un menor número de repeticiones en el protocolo del 40% de pérdida de velocidad. Galiano et al., (2020) demostraron que un grupo de sujetos que realizaron un programa de entrenamiento de fuerza de 7 semanas de duración con un 20% de pérdida de velocidad en el ejercicio del press de banca experimentó similares o superiores ganancias de fuerza que otro grupo que realizó un protocolo de entrenamiento con un 40% de pérdida de velocidad, el cual experimentó mejoras en hipertrofia muscular, pero no de fuerza, acusando un cambio en las fibras musculares con una predominancia de las fibras lentas. Esto podría indicar que no es necesario realizar entrenamientos con series hasta el fallo o con volúmenes de trabajo demasiado altos, ya que

con entrenamientos con menor volumen se pueden obtener mayores ganancias de fuerza y, sin cambios en las fibras musculares.

Por último, según las gráficas de la Figura 1, podemos observar como, aunque la relación anteriormente comentada es estable en ambos protocolos, resultó ser más estable en el protocolo del 20% de pérdida de velocidad. Esto podría ser debido a que, al experimentar un menor grado de fatiga en el protocolo del 20% de pérdida de velocidad, la relación se mantiene más estable durante la serie.

Rodríguez Rosell et al. (2020) afirman que la relación entre el % de pérdida de velocidad alcanzado y el % de repeticiones realizadas con respecto al máximo posible en una serie hasta el fallo depende de la carga levantada y del tipo de ejercicio. El % de pérdida de velocidad y el % de repeticiones realizadas con una carga determinada en el press de banca están estrechamente relacionados, independientemente de la cantidad de repeticiones que realice cada sujeto participante en una serie hasta el fallo.

7. CONCLUSIÓN

El entrenamiento de fuerza basado en la velocidad de ejecución es una tendencia actual a la hora de prescribir dicho entrenamiento, ya que es una forma útil y fiable de controlar las variables de entrenamiento más importantes, como la intensidad y el volumen, así como la fatiga, tanto mecánica como metabólica.

Se comprobó que el grado de esfuerzo que supone un determinado volumen de entrenamiento, cuantificado a través de la pérdida de velocidad en la serie, influye sobre la fatiga generada, tanto mecánica como metabólica y, por tanto, es un factor fundamental que influye en múltiples variables del entrenamiento de fuerza, en este caso en el ejercicio del press de banca. En función del porcentaje de velocidad alcanzado en una serie con dos protocolos de entrenamiento diferentes, los niveles de fatiga alcanzados varían, obteniendo diferencias significativas en ciertas variables analizadas en este trabajo de fin de grado (Tabla 3). A su vez, la fatiga (mecánica y metabólica) experimentada por los sujetos condicionó el número de repeticiones realizadas en las series de entrenamiento, así como en las series hasta el fallo de cada protocolo y, consecuentemente, la correlación entre el % de pérdida de velocidad que

supone cada repetición y el % de repeticiones realizadas con respecto al máximo posible, resultando generar más fatiga el protocolo del 40% de pérdida de velocidad.

Con lo cual, en función de lo comentado anteriormente, es posible controlar el entrenamiento de fuerza según los niveles de fatiga mecánica y metabólica alcanzados, tomando como referencia la velocidad de ejecución y la pérdida de velocidad en la serie de entrenamiento.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Academia Americana Pediatría (2001). *Entrenamiento de fuerza en niños y adolescentes*. www.g-se.com.
- Albalá, B. y Andrés, C. (s.f.). *Guía para el trabajo de fuerza basado en la velocidad de ejecución*. BC Performance. www.bcpentrenamiento personal.es
- Balshaw, T. G., Massey, G. J., Maden-Wilkinson, T. M., Morales-Artacho, A. J., McKeown, A., Appleby C. L. y Folland, J. P. (2017). Changes in agonist neural drive, hypertrophy and pre-training strength all contribute to the individual strength gains after resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, 117(4), 631-640.
- Cappa, D. (2000). *Entrenamiento de la potencia muscular*.
- Castro, L. E., Gálvez, A. Y., Guzmán, G. A. y García, A. I. (2019). Fuerza explosiva en adultas mayores, efectos del entrenamiento de fuerza máxima. *Retos*, 36, 64-68.
- Ehlenz, H., Grosser, M. y Zimmermann, E. Entrenamiento de la fuerza (1990). *Barcelona: Martínez Roca*, 16.
- Felipe, P., Avella, R. E. y Medellín, J. P. (2013). Comparación de las fórmulas indirectas y el método Kraemer y Fry para la determinación de la fuerza dinámica máxima en press banco plano. www.efdeportes.com.
- Fleck, S. (1999). Periodized strength training: a critical review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(1), 82-89.
- Galiano, C., Pareja-Blanco, F., Hidalgo, J. y Sáez, E. (2020). Low-velocity loss induces similar strength gains to moderate-velocity loss during resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(2), 340-345.
- García-Ramos, A., Haff G. G., Pestana-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., Balsalobre-Fernández, C. y Jaric, S. (2018). Feasibility of the 2-point method for

- determining the 1-repetition maximum in the bench press exercise. *Int. J. Sports Physiology Perform*, 13(4), 474-481.
- González-Badillo, J. (2000). Bases teóricas y experimentales para la aplicación del entrenamiento de fuerza al entrenamiento deportivo. *Infocoes*, 5(2), 3-14.
- González-Badillo, J. y Ribas-Serna, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Inde Publicaciones.
- González-Badillo, J. J. y Sánchez-Medina, L. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(09), 1725-1734.
- González-Badillo, J. J., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R. y Rodríguez-Rosell, D. (2017). Velocity loss as a variable for monitoring resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 38(03), 217-225.
- Grosser, M. y Müller, H. (1989). Desarrollo muscular. *Barcelona: Hispano Europea*.
- Juárez, D., Navarro, F., Aceña, R. M., González, J. M., Arija, A. y Muñoz, V. (2008). Relación entre la fuerza máxima en squat y acciones de salto, sprint y golpeo de balón. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 4(10).
- Knutten, H. G. y Kraemer, W. J. (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *Journal of Applied Sport Science Research*, 1.
- Kraemer, W. J. y Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 674-688.
- Olaso, S. (2006). *Dinámica del refuerzo muscular*. Universitat de Lleida.
- Padilla, C. J., Sánchez, P y Cuevas, M. J. (2014). Beneficios del entrenamiento de fuerza para la prevención y tratamiento de la sarcopenia. *Nutrición Hospitalaria*, 29(5), 979-988.
- Padulo, J., Mignogna, P., Mignardi, S., Tonni, F. y D'Ottavio, S. (2012). Effect of different pushing speeds on bench press. *International Journal of Sports Medicine*, 33(05), 376-380.
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Movsi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. A. L. y González-Badillo, J. J. (2016). Effects of velocity loss during resistance training on Athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(7), 724-735.
- Pareja-Blanco, F., Alcázar, J., Cornejo-Daza, P., Sánchez-Valdepeñas, J., Rodríguez-López, C., Hidalgo-de Mora, J., Sánchez-Moreno, M., Bachero-Mena, B., Alegre, L. M. y Ortega-

- Becerra, M. (2020). Effects of velocity loss in the bench press exercise on strength gains, neuromuscular adaptations, and muscle hypertrophy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(11), 2154-2166.
- Pestana-Melero, F. L. Haff, G. G., Rojas F. J., Perez-Castilla, A., Garcia-Ramos, A. (2018). Reliability of the load-velocity relationship obtained through linear and polynomial regression models to predict the 1-repetition maximum load. *Journal of Applied Biomechanics*, 34(3), 184-190.
- Rodiles-Guerrero, L., Cornejo-Daza, P. J., Sánchez-Valdepeñas, J., Alcázar, J, Rodríguez-López, C., Sánchez-Moreno, M., Alegre, L. M., León-Prados, J. A. y Pareja-Blanco, F. (2022). Specific Adaptations to 0%, 15%, 25%, and 50% velocity-loss thresholds during bench press training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(8), 1231-1241.
- Rodríguez, P. L. (1997). Fuerza, su clasificación y pruebas de valoración. *Revista española e iberoamericana de medicina de la educación física y el deporte*, 6(4), 142-154
- Rodríguez-Rossell, D., Yáñez-García, J. M., Sánchez-Medina, L., Mora-Custodio, R. y González-Badillo, J. J. (2019). Relationship between velocity loss and repetitions in reserve in the bench press and back squat exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 00(00), 1-11.
- Sakamoto, A. y Sinclair, P. J. (2006). Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 523-527.
- Sánchez-Medina, L. y González-Badillo, J. J. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347-352.
- Sánchez-Medina, L., Pallarés, J., Pérez, C., Morán-Navarro, R. y González-Badillo, J. J. (2017). Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports Medicine International Open*, 1(2), E80-E88.
- Sánchez-Medina, L. (s.f.). *Efectos de la pérdida de velocidad durante el entrenamiento de fuerza sobre el rendimiento y las adaptaciones neuromusculares*. Centro de Estudios, Investigación y Medicina del Deporte.
- Sánchez-Moreno, M., Rodiles-Guerrero, L., Rendeiro-Pinho, G., Prieto-Veloso, A. y Pareja-Blanco, F. (2023). Acute mechanical and metabolic responses to different resistance

- training protocols with equated volume load. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-12.
- Suchomel, T., Nimphius, S., Bellon, C. y Stone, M. (2018). The importance of muscular strength: training considerations. *Sports Medicine* 48, 765-785.
- Suchomel, T., Nimphius, S. y Stone, M. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419-1449.
- Tous, J. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona: Ergo.
- Varela-Olalla, D., Del Campo-Vecino, J. y García-García, J. M. (2019). Control de la pérdida de velocidad a través de la escala de esfuerzo percibido en press de banca. *Archivos de medicina del deporte*, 36(192), 215-219.
- Wayne, L. y Westcott, PhD. (2012). Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current Sports Medicine Reports*, 209-213.

ANEXO 1

CONSENTIMIENTO INFORMADO

D. mayor de edad,
con D.N.I. actuando en nombre propio,

DECLARO:

Que he sido informado por la Dra. Beatriz Bachero Mena, Dr. Luis Rodiles Guerrero y Dr. Miguel Sánchez Moreno sobre las posibles consecuencias de la realización de los test físicos en el ejercicio de press de banca, así como de los riesgos potenciales y molestias que podrían derivarse. Además. afirmo que no tengo ninguna patología que conlleve riesgos para mi salud, a la vez que he podido realizar todas las preguntas que he considerado necesarias, respondiéndome a todas ellas de manera comprensible para mí. También me ha informado de mi derecho a rechazar el tratamiento o revocar este consentimiento.

Por lo tanto, CONSIENTO en someterme a los protocolos indicados.

Si mi caso puede ser de utilidad científica y para tal fin se publican artículos científicos, autorizo su publicación siempre y cuando se me garantice el más absoluto respeto a mi intimidad y anonimato.

Firma del sujeto Firma del responsable del estudio

En Sevilla, a.....de de 2022.