

Análisis cinético y cinemático de un press de banca a diferentes intensidades de carga

Kinetic and kinematic analysis of a bench press at different load intensities

*Salvador Baena-Morales, **Olalla García-Taibo, ** Moisés Vila Blanch, **Francisco Tomás González Fernández
*Universidad de Alicante, **Universidad Pontificia de Comillas

Resumen. El press de banca (PB) es uno de ejercicios con más tradición en las ciencias del deporte. Su estudio ha sido abordado desde diferentes perspectivas, principalmente analizando los efectos de variantes técnicas orientadas a mejorar la programación del entrenamiento en diferentes deportes y poblaciones. La repetición máxima ha sido utilizada como referencia para cuantificar la carga en diversidad de estudios. Sin embargo, es necesario conocer cómo ajustar las intensidades de entrenamiento para poder programar con mayor precisión. El objetivo de la presente investigación fue analizar el comportamiento de las variables cinéticas, cinemáticas y psicológicas a distintos porcentajes de la 1RM (repetición máxima) del PB. Treinta estudiantes universitarios sanos formaron parte de la muestra experimental (Edad $23 \pm 0,45$ años; talla $181,13 \pm 2,25$ cm; peso $78,25 \pm 4,81$ Kg; porcentaje muscular $52,10 \pm 0,30\%$, porcentaje graso $12,05 \pm 0,59\%$; IMC $24,12 \pm 0,84$). Los participantes realizaron una sesión de familiarización con la técnica del PB y realizaron un test incremental para la obtención de la 1RM. Después de 7 días volvieron a realizar el mismo protocolo, pero a diferentes intensidades de la 1RM (20%, 40%, 60%, 80% y 100%). Los datos obtenidos aportaron información descriptiva del comportamiento de las variables analizadas al aumentar la carga en sujetos entrenados. La presente investigación podría sugerir variaciones en las cargas de trabajo previstas y predecir posibles adaptaciones dentro de la programación del trabajo de fuerza.

Palabras clave: Repetición máxima, fuerza, velocidad, potencia, pres de banca, percepción del esfuerzo

Abstract. Bench press exercise is one of the most popular exercises in sports science. It has been studied from different approaches, mostly analyzing the effects of technical variations in order to improve training schedule on different sports and populations. The one repetition maximum has been used as a reference to quantify the load in diverse studies. However, knowing how to adjust training intensities is necessary in order to schedule training accurately. The objective of the present study was to analyze the response of kinematic, kinetic and psychological variables at different percentages of 1RM. The study sample was comprised of thirty healthy university students (Age 23 ± 0.45 years; height 181.13 ± 2.25 cm; weight 78.25 ± 4.81 Kg; muscle percentage $52.10 \pm 0.30\%$, fat percentage $12.05 \pm 0.59\%$; BMI $24,12 \pm 0.84$). The participants attended a familiarization session with the bench press technique and performed an incremental test to obtain the 1RM. They returned to carry out the same protocol seven days after, but different intensities of the 1RM were accomplished (20%, 40%, 60%, 80% and 100%). The results obtained provided descriptive data about the behaviour of the analyzed variables by increasing the load on trained subjects. The present research could suggest variations in the expected workloads and predict possible adaptations within the force work schedule.

Key words: Maximal repetition, force, velocity, power, bench press, perceived effort

Introducción

Tradicionalmente, el PB es uno de los ejercicios más utilizados en el entrenamiento de fuerza del tren superior (Carroll & Craig Liebenson, 2017). Se ha estudiado ampliamente a nivel cinético y cinemático para mejorar en el diseño de los entrenamientos, desde investigar la influencia de la variación del agarre en el patrón de activación muscular, los efectos de la manipulación de las variables de un programa para la mejora de los protocolos de entrenamiento para la hipertrofia, el efecto de diferentes ejercicios de press de pecho, la relación entre actividad EMG y la pérdida de fuerza al realizarlo en superficie estable o inestable, las consecuencias de la fatiga e incluso su ejecución a través de diferentes tipos de activación muscular (Chirosa et al., 2014; Saeterbakken, Mo, Scott, & Andersen, 2017). De hecho, además del alto rendimiento deportivo, cada vez tiene más protagonismo en los entrenamientos terapéuticos o incluso en el aumento de la densidad ósea (Padulo, Laffaye, Chaouachi, & Chamari, 2015).

En el ámbito científico, se considera una herramienta muy utilizada como test de campo (Melani et al., 2019; Padulo et al., 2015). Esta importancia del PB radica en la alta sollicitación de los grupos musculares intervinientes en la cintura

escapular (Stastny et al., 2017), requiriendo principalmente de la musculatura del pectoral y del tríceps, y secundariamente de la porción anterior del deltoides y del serrato (Goñac et al., 2017; Saeterbakken et al., 2017). Además, estos músculos forman parte esencial en numerosos deportes que requieran elevados niveles de fuerza de los miembros superiores, como por ejemplo el powerlifting (Bengtsson, Berglund, & Aasa, 2018; Helms et al., 2017; Tillaar, 2019; van den Tillaar & Ettema, 2010).

Uno de los factores que influye en la ejecución y en los efectos del PB es la intensidad de la carga (Folland & Williams, 2007), siendo el uso de la una repetición máxima (1RM) una de las referencias para cuantificar la intensidad del ejercicio más utilizadas en el ámbito científico en deportistas entrenados (Williams, Toluoso, Fedewa, & Esco, 2017). Por otro lado, la percepción de esfuerzo subjetivo (RPE) es un método ampliamente estudiado para monitorizar las cargas de entrenamiento, que ha mostrado fiabilidad y validez para utilizarse de forma aislada o combinada con otros parámetros (Haddad, Stylianides, Djaoui, Dellal, & Chamari, 2017). Para entender la relación entre la ejecución objetiva del ejercicio y la sensación del deportista, es importante acompañar los análisis cinéticos y cinemáticos en el deporte con el registro de la RPE (Kakehata, Kobayashi, Matsuo, Kanosue, & Iso, 2019). Por lo tanto, analizar y estudiar cómo afecta la variación de la intensidad de la carga sobre las variables cinemáticas, cinéticas y psicológicas de las que se componen un PB, se torna esencial a la hora de planificar y gestionar las rutinas

de entrenamiento (Carroll & Craig Liebenson, 2017; Padulo et al., 2015). Por todo ello, el conocimiento de este comportamiento y de los factores internos que componen este ejercicio, hará que la gestión de la especificidad de la carga y de la velocidad a la hora de planificar los programas de entrenamiento contribuya a la consecución de los objetivos pretendidos por deportistas recreacionales, terapéuticos o profesionales (Marcos-Pardo, González-Hernández, García-Ramos, López-Vivancos, & Jiménez-Reyes, 2019; Saeterbakken et al., 2017). De esta forma, el número de series y repeticiones totales, el descanso entre series, el orden de los ejercicios, la velocidad de ejecución, el porcentaje de trabajo de un 1RM, entre otros factores, condicionarán los efectos neuromusculares en un ejercicio de fuerza (Chirosa et al., 2014; Cornie, McGuian, y Newton, 2011). Sin embargo, es necesario su estudio de forma independiente para comprender mejor el efecto de las mismas.

Por lo tanto, el principal objetivo de esta investigación es describir el comportamiento de variables cinemáticas, cinéticas y psicológicas en la ejecución del PB en diferentes porcentajes de carga. Además, se pretende relacionar entre sí estas variables y buscar las posibles diferencias constatadas cuando el PB se realiza a diferentes intensidades de la 1RM. La hipótesis que se plantea en esta investigación es que el comportamiento de las variables analizadas tanto a nivel de cinética, cinemática y RPE registrarán un aumento aproximadamente proporcional entre los cinco rangos de la 1RM evaluados. En cuanto al análisis de las variables de potencia se espera que empiecen a descender aproximadamente al 60% de la 1RM. Los resultados obtenidos en esta investigación podrán ayudar tanto a entrenadores como a usuarios habituados al entrenamiento de fuerza a predecir el comportamiento que tendrán estas variables en un PB.

Material y métodos

Participantes

La muestra se compuso por un total de 30 participantes varones y estudiantes universitarios (edad= $23 \pm 0,4$ años; altura= $181,1 \pm 2,2$ cm; peso= $78,8 \pm 4,8$ Kg; porcentaje muscular= $52,1 \pm 0,3$ % Porcentaje grasa= $12,0 \pm 0,5$ %; IMC= $24,1 \pm 0,8$). Todos los participantes fueron seleccionados para el estudio mediante folletos informativos. Los criterios de inclusión fueron: reunir más de 3 años de experiencia (habitación) en el entrenamiento con pesas, tener una rutina diaria de entrenamiento, no padecer ninguna enfermedad que impidiese la práctica de actividad física, no tener antecedentes de trastornos neurológicos o físicos. Ningún participante fue descartado del estudio debido a ninguno de los anteriores criterios. Todos los sujetos completaron el mismo número de sesiones (más información en el procedimiento). Además, poseían visión normal o corregida y no sufrían ningún trastorno físico o neurológico que pudiera afectar a los resultados de la investigación. Los participantes fueron informados sobre los objetivos de la investigación y firmaron un consentimiento donde se les detallaban los posibles beneficios y riesgos de este. El trabajo fue diseñado y conducido de acuerdo con las normas y directrices de la Declaración de Helsinki 1975 para la investigación humana.

Material

Se utilizó una máquina Smith (Gervasport, Madrid, España). Tanto la barra como los discos utilizados fueron pesados para establecer la mayor precisión en la carga externa. Se anexó una cinta métrica a la barra, de forma que no molestaba ni perjudicaba a la ejecución técnica del gesto, para estandarizar el agarre y asegurarse que este fuera siempre el mismo. Con la barra se utilizó un transductor de velocidad lineal (T-Force System, Ergotech, Murcia, España) para la cuantificación de las variables cinemáticas (velocidad media, velocidad media propulsiva, velocidad y aceleración máximas, duración de la fase de subida, duración de la fase propulsiva y tiempo hasta velocidad media) y cinéticas (potencia media y máxima y *rate force development* o RFD). El sistema consta de una frecuencia de muestreo de 1 Khz (1000 datos/seg). La información registrada del desplazamiento de la barra fue transmitida a través de un cable enganchado en esta. El registro y procesamiento de los datos se realizó en un ordenador personal a través de una tarjeta de transmisión de datos. En la evaluación de las variables de fuerza (fuerza media y pico de fuerza máxima) se utilizó una plataforma de fuerza (PF) del sistema (KistlerGroup, Eulachstrasse, Switzerland). Este dispositivo permite registrar las fuerzas de reacción externas ejercidas en el banco durante la realización del ejercicio. Para lograr una correcta transmisión de los datos se creó una estructura sólida bajo el banco donde se ejecutaba el PB y debajo de esta estructura se ubicaba la PF. Se midió el peso total del sistema creado (suma de los pesos del sujeto, de la carga levantada, del banco y de la base sólida) antes de cada serie, evitando la transmisión incorrecta de datos. La FP cuenta con un software para el procesamiento y la gestión de los datos MARS (KistlerGroup, Eulachstrasse, Switzerland). Para la evaluación de la RPE ejercida durante la realización de cada una de las cinco intensidades, se utilizó la escala OMNI-RES. Los sujetos señalaban con el dedo un número de la escala de percepción justo después de que terminara la realización de la serie, siguiendo el procedimiento de Robertson y col. (2003).

Procedimiento

El modelo experimental de este estudio consta de tres etapas: 1) Etapa de información; 2) etapa de familiarización y 3) etapa de evaluación (tabla 1).

1.- Etapa de información: Compuesta por una sesión informativa en la que se explicaron el procedimiento a realizar, así como los beneficios y riesgos por participar en el estudio. Aquellos sujetos que estuvieran de acuerdo con la información recibida y cumplieran los criterios de inclusión del estudio, firmaron el consentimiento informado. Esta sesión se utilizó para la toma y registro de los datos antropométricos de aquellos que aceptaron participar en el estudio.

Análisis antropométrico

Se procedió al registro de los datos antropométricos de la muestra participante en el estudio. Para esta fase se requirió de la colaboración del Departamento de Fisiología Deportiva de la Universidad de Granada y de técnicos especialistas en el registro y toma de datos biomédicos y fisiológicos. Durante todo el proceso los participantes acudieron al Laboratorio ubicado en la Facultad del Deporte (Universidad de

Granada). Para el análisis antropométrico se tomaron las medidas de pliegues cutáneos (bíceps, tríceps, pectoral), circunferencias (pecho, brazo relajado, brazo contraído, muñeca), diámetros (biacromial, bicondilo del húmero, biestiloideo) y porcentajes graso y muscular, según el protocolo expuesto por la Sociedad Internacional del Desarrollo Antropométrico (ISAK, 2006).

2.- Etapa de familiarización: Compuesta por dos sesiones. La primera sesión consistió en la medición y estandarización del agarre a la barra que utilizarían los participantes durante todo el estudio. A su vez, esta sesión se utilizó para comprobar la correcta técnica de los sujetos en la ejecución del PB. Una semana después, la segunda sesión consistió en la realización de un protocolo incremental de cargas hasta alcanzar la 1RM de cada participante.

Estandarización del agarre

Hay que destacar que se cuidó minuciosamente la postura y el agarre utilizados por cada sujeto antes de cada ejecución. El agarre puede ser un factor contaminante, ya que un determinado agarre condiciona el patrón de activación de determinados músculos principales como el pectoral mayor y el deltoides anterior (McMaster, Cronin, & McGuigan, 2009).

Para la estandarización del agarre se tomó como referencia una posición decúbito supino, una flexión de codos de 90° con codos y hombros alineados. A su vez, la proyección de la barra sobre el pecho se estandarizó a 5 cm de la escotadura yugular.

Protocolo incremental de cargas

Los sujetos realizaron un test incremental para estimar cual es el peso máximo aproximado a levantar en una sola repetición para cada sujeto. Para el protocolo incremental en press de banca en pòrtico, se siguió la técnica descrita por Escamilla, Lander, & Garhammer (2000). El ejercicio de PB se realizó tumbado sobre un banco y utilizando un pòrtico (Máquina Smith). Los discos utilizados fueron previamente pesados para garantizar la mayor exactitud en los datos obtenidos. A los sujetos se les indicó que realizaran la fase concéntrica a la mayor velocidad posible y que la fase excéntrica fuera de forma controlada, descendiendo la barra hasta rozar el pecho, a 2 cm de las apófisis xifoides. Con el fin de evitar los efectos del ciclo estiramiento-acortamiento en el momento del cambio de sentido del movimiento, no se realizó la segunda repetición hasta pasados 3 segundos. Tras una señal acústica el sujeto desplazaba la barra a la máxima velocidad. Previo al test, los sujetos realizaron un calentamiento compuesto por varias fases. La primera de activación general con una carrera de 7-10 minutos, movilidad articular general y específica para el PB, estiramientos dinámicos y un calentamiento muscular específico al gesto. Todos los sujetos empezaron el test con 20 kg. La carga se incrementaba si el sujeto la superaba. Los incrementos establecidos fueron de 20 kg si la velocidad en la carga vencida era superior a 0.5 m/s, 10 kg si la carga era desplazada entre 0.5 m/s y 0.3 m/s y de 5 kg si la última carga superada era desplazada por debajo de 0.3 m/s. Por tanto, a medida que la velocidad en la ejecución del gesto disminuía, el incremento de la carga se reducía. La carga se incrementó hasta el fallo, estableciendo la

última carga superada por el sujeto como su repetición máxima (1RM) (Tabla 3). Al mismo tiempo, para evitar los efectos de la fatiga, se realizaron descansos entre series de una duración de 3 minutos para velocidades de la barra superiores a 0.5 m/s y de 5 minutos para velocidades inferiores a 0.5 m/s.

Etapa de evaluación

En esta fase se individualizaron las cargas para cada sujeto, estableciendo los porcentajes de la 1RM a partir de los datos obtenidos en la etapa anterior. Las intensidades y las repeticiones propuestas fueron las siguientes: Intensidad 1 (Int1) = 20% de la 1RM, 4 Repeticiones. Intensidad 2 (Int2) = 40% de la 1RM, 4 repeticiones. Intensidad 3 (Int3) = 60% de la 1RM, 3 repeticiones. Intensidad 4 (Int4) = 80% de la 1RM, 2 repeticiones. Intensidad 5 (Int5) = 100% de la 1RM, 1 repetición. Se proporcionaron descansos completos entres intensidades, durando aproximadamente 3 minutos para las tres primeras intensidades, y al menos 5 minutos en el caso de la Int4 y la Int5. La fiabilidad de este protocolo en el PA intra-sujeto ha sido valida (Baena-Morales et al., 2016).

Se aseguró antes de comenzar que los sujetos habían obtenido los aportes nutricionales necesarios y recomendados. En la ejecución a cada intensidad se estandarizó el ritmo de cada una de las repeticiones. Los sujetos descendían la barra hasta el pecho, aproximadamente a 2 centímetros de la apófisis xifoides, mantenían esa posición alrededor de dos segundos, evitando de esta forma el aprovechar cualquier tipo de energía elástica, y tras una señal acústica elevaban la carga a la máxima velocidad posible.

Tabla 1.

Distribución metodológica en fases y sesiones

Fase informativa	Fase de familiarización	Evaluación	
Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4
Sesión informativa.	Medición y estandarización del agarre.	Protocolo incremental	Medición de las cinco intensidades de la 1RM
Valoración antropométrica	Evaluación de la técnica.		

Análisis estadístico

La presente investigación un análisis descriptivo de los datos. Por ello, se muestran los resultados en medias y desviaciones típicas. En este sentido, los modelos cumplieron con el test de normalidad (Kolmorov-Smirnov). De forma complementaria y otorgándole más potencia al estudio, los valores máximos y mínimos también fueron mostrados para observar las dispersiones de los datos y garantizar la fiabilidad de estos antes de su exportación. Los análisis fueron realizados usando un software de análisis estadístico (SPSS v20, SPSS Inc., Chicago Illinois, EE.UU).

Resultados

En la tabla 2 se muestran los datos descriptivos expresados como media (y desviación típica). En las variables cinemáticas se midió la velocidad media de desplazamiento (VM), velocidad media propulsiva (VMP), velocidad máxima (V_{máx.}) y aceleración máxima (A_{máx.}). También se midieron variables temporales: el análisis del tiempo de subida de la barra (T_{ds}) (fase concéntrica), el tiempo transcurrido hasta alcanzar la velocidad máxima (T_{vmáx.}), y finalmente la duración de la fase propulsiva (T_{fp}). Para el análisis descriptivo de las variables cinéticas se midieron la fuerza media (FM), el pico de fuerza máxima (FPM) y la Rate Force Developed

(RFD). También se midieron la Potencia Media (PM) y la potencia máxima pico (PMP). Para las variables psicológicas o perceptivas, se utilizó la escala de la Percepción Subjetiva del Esfuerzo (RPE), describiendo la sensación de esfuerzo de 1 al 10. Todas las variables fueron medidas para las cinco intensidades descritas (Int1=20%, Int2=40%, Int3=60%, Int4=80% y Int5=100%, porcentajes todo ellos referidos a la 1RM).

Tabla 2.

Valores descriptivos, media (SD) de la cinética, fuerza, potencia, percepción y temporales en las cinco intensidades analizadas para un PB con resistencia constante.

Variables evaluadas	N	Intensidad relativa a un porcentaje del 1RM para cada sujeto				
		20%	40%	60%	80%	100%
Variables cinemáticas						
Velocidad media (m/s)	30	1,41 (0,153)	1,03 (0,101)	0,73 (0,087)	0,46 (0,07)	0,20 (0,06)
Velocidad media propulsiva (m/s)	30	1,51 (0,190)	1,09 (0,11)	0,77 (0,10)	0,47 (0,07)	0,20 (0,06)
Velocidad máxima (m/s)	30	2,63 (0,230)	1,82 (0,16)	1,26 (0,15)	0,84 (0,11)	0,47 (0,07)
Aceleración máxima (m/s ²)	30	15,15 (3,060)	7,614(1,35)	4,31 (1,17)	2,54 (0,75)	1,45 (0,40)
Variables cinéticas						
Fuerza media (N)	30	323 (57)	451 (91)	564 (107)	659 (130)	766 (144)
Fuerza pico máximo (N)	30	433 (86)	577,58 (122)	708 (157)	825 (188)	880 (169)
RFD (N/s)	30	3976 (1888)	3358 (1184)	2120 (1161)	1584 (1049)	735 (694)
Variables de Potencia						
Potencia media (W)	30	239 (40)	334 (67)	631 (82)	304 (70)	158 (66)
Potencia máxima pico (W)	30	742 (148)	759 (160)	720 (156)	598 (125)	381 (93)
Variables perceptivas						
RPE	30	0,5 (0,53)	2,26 (0,56)	4,56 (0,96)	7,03 (0,93)	9,39 (0,59)
Variables temporales						
Tiempo hasta velocidad máxima (ms)	30	266 (35)	358 (36)	566 (71)	894 (143)	2208 (999)
Tiempo hasta potencia máxima (ms)	30	217 (37)	336 (37)	524 (72)	855 (144)	2179 (1001)
Tiempo hasta fuerza máxima (ms)	30	88 (33,6)	94,86 (37,2)	99,13 (60,54)	218,93 (118,90)	654,63 (350,60)
Tiempo hasta RFD máxima (ms)	30	34,56 (25,01)	30,40 (22,36)	30,06 (25,13)	52,66 (45,39)	48,45 (46,44)
Duración fase de subida (ms)	30	411 (36)	544 (37)	726 (64)	1051 (143)	2406 (1028)
Duración fase propulsiva (ms)	30	287 (36)	430 (43)	641 (71)	1042 (148)	2406 (1028)

(m/s)=Metros por segundo. (m/s²)=Metros por segundo al cuadrado. | N=Newton. | N/s= Newton por segundo. | W= Watios |

Para conocer y predecir el posible comportamiento de las diferentes variables que forman parte de un PB en los sujetos evaluados, se presentan en la tabla 3 los porcentajes de pérdida y ganancia en el registro de valores entre los diferentes intervalos analizados (INT1=20%-40%, INT2=40%-60%, INT3=60%-80%, INT4=80%-100%) de forma específica. A su vez se representa esa pérdida o ganancia sobre el porcentaje total registrado y el correspondiente porcentaje para cada intervalo.

Tabla 3.

Representación de la pérdida/ganancia de porcentaje entre intervalos de intensidad y sobre el total específicos para un press de banca tradicional

Variables	Porcentaje pérdida/ganancia específica entre intervalos				Porcentaje pérdida/ganancia sobre el total			
	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%
Velocidad media(m/s)	-27,09	-28,71	-36,33	-56,62	-18,21	-19,30	-24,42	-38,07
Velocidad media propulsiva (m/s)	-27,42	-29,29	-39,23	-56,90	-17,94	-19,16	-25,67	-37,23
Velocidad máxima (m/s)	-30,93	-30,35	-33,73	-43,04	-22,41	-21,98	-24,43	-31,18
Aceleración máxima (m/s ²)	-49,75	-43,34	-41,12	-42,60	-28,14	-24,51	-23,26	-24,09
Fuerza media (N)	+39,63	+25,06	+16,84	+16,24	+40,53	+25,63	+17,23	+16,61
Pico de Fuerza máxima (N)	+33,39	+22,58	+16,53	+6,67	+42,18	+28,52	+20,88	+8,42
RFD (N/s)	-15,54	-36,87	-25,28	-53,60	-11,84	-28,08	-19,26	-40,82
Potencia media (W)	+39,75	+88,92	-51,82	-48,03	+17,39	+38,91	-22,68	-21,02
Potencia máxima pico (W)	+2,29	-5,14	-16,94	-36,29	+3,78	-8,47	-27,93	-59,82
RPE (expresado en puntos)*	+1,77	+2,30	+2,47	+2,36	+19,97	+25,86	+27,73	+26,54

*Los valores de pérdida/ganancia específica entre intervalos de la RPE, no aparecen mostrados en porcentajes sino en aumento de puntuación en una escala 1-10.

Discusión

El PB es un ejercicio comúnmente utilizado para mejorar los niveles de fuerza en el miembro superior. A pesar de su uso común, la investigación dirigida a la comprensión mecánica de este movimiento es escasa (Król & Golas, 2017). El presente estudio tiene como objetivo analizar el comportamiento de las variables cinéticas, cinemáticas y psicológicas a distintos porcentajes de la 1RM y la relación subsiguiente entre ellas. El registro y análisis de estas variables se fundamentan en la descripción tradicional del PB dividido en cuatro regiones (la fase de aceleración, la región de adherencia, la región de fuerza máxima y la fase de desaceleración) (Elliott, Wilson y Kerr., 1989).

Los resultados obtenidos en esta investigación van a permitir tanto a los profesionales del entrenamiento de fuer-

za como a los usuarios que trabajan habitualmente la fuerza a través del PB, conocer y predecir aproximadamente el comportamiento de una variable cinética y cinemática. Adicionalmente, se pueden establecer referencias de entrenamiento a través de la RPE, considerando, por ejemplo, como una percepción de esfuerzo de 7 es cercana a un 80% de la 1RM y por tanto, qué porcentaje de aumento o descenso se producirá en cualquiera de las variables cinéticas o cinemáticas analizadas.

A nivel cinético se muestra un aumento de los niveles de fuerza a medida que se incrementa la carga externa, tanto la media como la máxima. Sin embargo, en el caso del RFD se produce un descenso de los registros, observándose un pico máximo de descenso en la INT4 (40,82%). Para la FMED se estima un aumento promedio entre intervalos del 24,5%, aunque este aumento es menor a medida que las cargas se incrementan. El mayor aumento de fuerza máxima registrado sucede la INT1 (42,18%). En lo referente a las variables de potencia, las pérdidas o ganancias entre intervalos no describen una distribución lineal, sino que se produce un

aumento y descenso de los registros. El reparto de las medias para cada intensidad crea una distribución en curva, obteniendo los mayores valores de Watios para la potencia media (PM) a una intensidad aproximada del 60% de la 1RM. En el análisis de la Potencia Máxima Pico (P.máx) se ha observado el máximo alcance de watios al 40% de la 1 RM. La potencia media aumenta progresivamente desde el 20% al 60% de intensidad, intervalo en el que se registra el pico máximo de potencia. A partir de aquí, comienza a descender cerca de un 43% hasta alcanzar la 1RM. Sin embargo, el mejor valor de potencia máxima se alcanza en el INT1, y desde este punto decrece un 59,82% hasta la 1RM, siendo el salto del 20% al 40% cuando se produce un mayor porcentaje de crecimiento de Newtons. Este comportamiento era el esperado debido al aumento de la carga, tal y como se muestra en la tabla 3.

Si relacionamos estos datos con los analizados a nivel cinemático, se observa un descenso en los promedios a medida que aumentan las intensidades analizadas (VM, VMP, Vmáx. Amáx). Esta relación entre la carga relativa (% 1RM) y la velocidad de movimiento ha sido evaluada en diferentes ejercicios de entrenamiento de fuerza como el PB en diversas investigaciones (Conceição, Fernandes, Lewis, González, y Jimenez-Reyes, 2015). Estos resultados son lógicos debido a la interdependencia existente entre las variables evaluadas, ya que, si la ejecución se realiza a la máxima velocidad posible, los valores de velocidad, potencia, fuerza, velocidad, y las salidas de potencia obtenidas bajo una sola carga, son interdependientes (es decir, los resultados de una fuerza mayor inevitablemente producen una mayor velocidad y, en consecuencia, mayores salidas de potencia) (Marcos-Pardo et al., 2019). El descenso lineal en la velocidad sufre una mayor acentuación en la INT 4 para las variables VM y VMP. En el caso de la velocidad

media se registra un descenso entre intensidades de aproximadamente el 24%, sin embargo, este es notablemente mayor cuando el cambio de carga sucede en la INT4, donde se produce un descenso de la pérdida total de velocidad del 38%. Este comportamiento es muy similar para el registrado en el caso de la VMP. En el caso de la velocidad máxima se observa una pérdida más constante, observándose la mayor caída en el paso del 80% al 100% de la 1RM (31,18%). Estos resultados coinciden con los propuestos por Król & Garbaciak (2017), quienes destacan durante la fase de ascenso del PB, a intensidades de ejercicio muy altas (es decir, >90% 1RM), la presencia de una región de desaceleración (período de adherencia) en la que disminuye la velocidad vertical de la barra. Respecto a la Amáx, se registró una pérdida entre porcentajes de aproximadamente un 26%, siendo la pérdida más notable en la INT1 (28%). La aceleración es un indicador de las características del ejecutor, ya que según el registro de aceleración se pueden detectar las diferencias técnicas de un levantador de potencia y un culturista (Król & Garbaciak, 2017). En adición a esta idea, el registro de la aceleración puede reflejar la calidad del movimiento. Si este registro sufre muchas alteraciones, significa que la técnica deportiva es peor y que la coordinación es incorrecta. De forma general los resultados obtenidos se corresponden con el comportamiento esperado de las variables analizadas. Las variables cinéticas muestran un descenso fundamentalmente lineal y proporcional entre las diferentes intensidades evaluadas, siendo el paso del 80% al 100% de la 1RM el que mayor descenso registra, exceptuando en la variable Amáx. Destacar que la relación fuerza-velocidad es una referencia contrastada para determinar la capacidad máxima de los músculos, sin embargo debe tenerse en cuenta que las relaciones fuerza-velocidad y carga-velocidad no proporcionan la misma información (García-Ramos & Jaric, 2018)

Finalmente, se valoró la percepción subjetiva del esfuerzo para los cuatro intervalos. En este caso, en la tabla 2 no se expresa la diferencia específica entre intervalos en un porcentaje, sino en puntos. Los resultados obtenidos en nuestra investigación coinciden con los presentados en estudios antecedentes, donde la relación entre la carga y la RPE es positiva. A mayor porcentaje de carga, mayor RPE (Naclerio et al., 2011; Robertson et al., 2008). En el caso de la RPE se produce un aumento lineal entre intervalos del 24,4% a medida que aumenta un 20% la carga externa. Se observa un aumento de $2,23 \pm 0,312$ puntos por cada incremento de la intensidad de un 20% de 1RM. En este sentido, Helms et al., (2017) destaca que la RPE puede variar según el individuo, por lo que la RPE no puede ser utilizado como un único prescriptor de la carga de entrenamiento. Sin embargo, los autores presentan una relación entre la calificación del esfuerzo percibido y las repeticiones en reserva para proponer una recomendación en el aumento de la carga en ejecuciones siguientes (Zourdos et al., 2016). Esta selección de la intensidad del estímulo pre carga junto con la selección del intervalo de descanso, parece jugar un papel vital en la determinación de la efectividad de regímenes de entrenamiento complejos (Lioussis, Forsyth, Lioussis, & Tsolakis, 2013). Por lo tanto, la relación de la RPE con diferentes variables de la ejecución de PB puede servir de método de referencia para estimar potenciales cargas de trabajo o comportamientos a

nivel cinético y cinemáticos. Tiggerman et al., (2010), justificó un uso parecido con la escala de Borg considerándola un método barato y fiable para medir la intensidad.

Es preciso mencionar la importancia de este estudio exploratorio, ya que hasta donde alcanza nuestro conocimiento no existen suficientes investigaciones que analicen de forma conjunta las variables cinemáticas, cinéticas y de forma complementaria las psicológicas. De hecho, destacamos la validez e importancia de nuestro estudio, ya que pueden ayudar a desentrañar futuras investigaciones sobre las variaciones en las cargas de trabajo previstas y predecir posibles variaciones dentro de la programación del trabajo de fuerza. No obstante, el presente experimento posee una limitación de relativa importancia y que tiene que ver con la no presencia de grupo control. La falta de grupo control limitó la información que se puede extraer de nuestros datos. Por último, destacar que otra de las limitaciones de nuestro estudio es que los resultados podrían estar condicionados por la muestra no aleatoria que elegimos para el estudio. Es decir, se seleccionaron a todos los participantes de forma voluntaria y estos tenían familiarización con el trabajo de la fuerza, sin embargo, lejos de ser una limitación podría ser una potencialidad para las características de nuestra muestra para extrapolar los resultados obtenidos a otras muestras similares.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten un conocimiento más preciso de las variables que intervienen en la ejecución del PB. La comprensión del aumento o descenso en los valores a diferentes intensidades ayudará a una mejor planificación y organización del entrenamiento, y con ello contribuir a la consecución de los objetivos programados. Con los resultados obtenidos en este estudio se pueden establecer unos criterios básicos para estimar o prever el comportamiento de las variables que influyen en la ejecución de un PB a diferentes porcentajes relativos a la 1RM. Además, esta investigación estima que a similares cambios en los porcentajes de la carga externa (+20% de la 1RM), no se produce un cambio proporcional para las variables e intensidades analizadas, por lo que, a pesar de suponer una variación continua, esta no es lineal. El conocer estos comportamientos de una forma más precisa y específica en determinadas poblaciones es un paso fundamental dentro de la planificación del entrenamiento de la fuerza. Otra de las conclusiones secundarias que establecemos es que no existen diferencias significativas entre los registros de velocidad media y velocidad media propulsiva a partir del 40% de 1 RM. Las futuras investigaciones deben orientarse a realizar estudios similares, pero con muestras más específicas, desde atletas profesionales, powerlifting o iniciados en el entrenamiento de la fuerza. Por otro lado, el análisis descriptivo de otros gestos comunes en el entrenamiento deportivo (sentadilla, peso muerto etc.) será esencial para mejorar la precisión y la especificidad en la programación.

Referencias

Baena-Morales, S., Bautista, I., Chiroso Ríos, L. J., Chiroso Ríos,

- I., Martín Tamayo, I., & García Moreno, J. M. (2016). Análisis de la fiabilidad inter-sesión de las medias para la fuerza, potencia y velocidad en la realización de test-retest para press de banca. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 16(3), 81-88. Recuperado de: <https://revistas.um.es/cpd/article/view/278461>
- Bengtsson, V., Berglund, L., & Aasa, U. (2018). Narrative review of injuries in powerlifting with special reference to their association to the squat, bench press and deadlift. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, 4(1), 1-8. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000382>
- Carroll, B., & Craig Liebenson, D.C. (2017). The bench press: The most misunderstood lift in Strength & Conditioning. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 21(1), 227-229. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2016.11.010>
- Chirosa Ríos, I., Baena-Morales, S., Soria Gila, M., Bautista González, I., & Chirosa Ríos, L. (2014). Intra-repetition variable resistance training: part I-an overview. *European Journal of Human Movement*, 32, 48-60. Recuperado de: <http://www.eurjhm.com/index.php/eurjhm/article/view/326>
- Conceição, F., Fernandes, J., Lewis, M., González, J.J., & Jiménez-Reyes, P. (2016). Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. *Journal of Sport Sciences*, 34(12), 1099-1106. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1090010>
- Folland, J.P., & Williams, A.G. (2007). The adaptations to strength training: Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*, 37(2), 145-168. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737020-00004>
- García-Ramos, A., & Jaric, S. (2018). Two-point method: A quick and fatigue-free procedure for assessment of muscle mechanical capacities and the 1 repetition maximum. *Strength and Conditioning Journal*, 40(2), 54-66. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000359>
- Go³ace, A., Zwierzchowska, A., Maszczyk, A., Wilk, M., Stastny, P., & Zajc, A. (2017). Neuromuscular Control during the Bench Press Movement in an Elite Disabled and Able-Bodied Athlete. *Journal of Human Kinetics*, 60(1), 209-215. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0110>
- Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A., & Chamari, K. (2017). Session-RPE method for training load monitoring: Validity, ecological usefulness, and influencing factors. *Frontiers in Neuroscience*, 11(612). <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00612>
- Helms, E. R., Storey, A., Cross, M. R., Brown, S. R., Lenetsky, S., Ramsay, H., ... & Zourdos, M. C. (2017). RPE and velocity relationships for the Back Squat, Bench Press, and Deadlift in Powerlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 292-297. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001517>
- Takehata, G., Kobayashi, K., Matsuo, A., Kanosue, K., & Iso, S. (2019). Relationship between subjective effort and kinematics/kinetics in the 50 m sprint. *Journal of Human Sport and Exercise*, 15(1), 52-66. <https://doi.org/10.14198/jhse.2020.151.06>
- Król, H., & Golas, A. (2017). Effect of barbell weight on the structure of the flat bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(5), 1321-1337. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001816>
- Król, Henryk, & Garbaciak, B. (2017). Movement features which describe the flat bench press, *Polish Journal of Sport and Tourism*, 24(2)79-85. <https://doi.org/10.1515/pjst-2017-0008>
- Lioussis, L.D., Forsyth, J., Lioussis, C., & 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), 167-175. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0079>
- Marcos-Pardo, P.J., González-Hernández, J.M., García-Ramos, A., López-Vivancos, A., & Jiménez-Reyes, P. (2019). Movement velocity can be used to estimate the relative load during the bench press and leg press exercises in older women. *PeerJ*, 2019(8), 1-14. <https://doi.org/10.7717/peerj.7533>
- McMaster, D.T., Cronin, J., & McGuigan, M. (2009). Forms of variable resistance training. *Strength and Conditioning Journal*, 31(1), 50-64. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318195ad32>
- Melani, A., Gobbi, G., Galli, D., Carubbi, C., Masselli, E., Neri, L.M., ... & Mirandola, P. (2019). Muscle Activation in Traditional and Experimental Barbell Bench Press Exercise: A Potential New Tool for Fitness Maintenance. *Sports*, 7(10), 224. <https://doi.org/10.3390/sports7100224>
- Naclerio, F., Rodríguez-Romo, G., Barriopedro-Moro, M.I., Jiménez, A., Alvar, B.A., y Triplett, N.T. (2011). Control of resistance training intensity by the Omni perceived exertion Scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 1879-1888. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e501e9>
- Padulo, J., Laffaye, G., Chaouachi, A., & Chamari, K. (2015). Bench press exercise: The key points. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(6), 604-8. Recuperado de: <https://www.minervamedica.it/en/journals/sports-med-physical-fitness/article.php?cod=R40Y2015N06A0604>
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Aaron, D. J., Gairola, A., Kowallis, R. A., Ying Liu, Randall, C. R., Tessmer, K. A., Schnorr, T. L., Schroeder, A. E., y White, B. (2008). One repetition maximum prediction models for children using the omni rpe scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 196-201. doi: 10.1519 / JSC.0b013e31815f6283
- Saeterbakken, A. H., Mo, D. A., Scott, S., & Andersen, V. (2017). The Effects of Bench Press Variations in Competitive Athletes on Muscle Activity and Performance. *Journal of Human Kinetics*, 57(1), 61-71. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0047>
- Stastny, P., Go³ace, A., Blazek, D., Maszczyk, A., Wilk, M., Pietraszewski, P., ... & Zajac, A. (2017). A systematic review of surface electromyography analyses of the bench press movement task. *PLoS ONE*, 12(2), 1-16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171632>
- Tiggemann, C.L., Korzenowski, A.L., Brentano, M.A., Tartaruga, M.P., Alberton, C.L., y Kruel, L.F.M. (2010). Perceived exertion in different strength exercise loads in sedentary, active, and trained adults. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(8), 2032 -2041. <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32e29>
- Tillaar, R. van den. (2019). Comparison of Kinematics and Muscle Activation between Push-up and Bench Press. *Sports Medicine International Open*, 03(03), E74-E81. <https://doi.org/10.1055/a-1001-2526>
- Van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2010). The «sticking period» in a maximum bench press. *Journal of Sports Sciences*, 28(5), 529-535. <https://doi.org/10.1080/02640411003628022>
- Williams, T.D., Toluoso, D.V., Fedewa, M.V., & Esco, M.R. (2017). Comparison of Periodized and Non-Periodized Resistance Training on Maximal Strength: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 47(10), 2083-2100. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0734-y>
- Zourdos, M., Klemp, A., Dolan, C., Quiles, J., Schau, K., Jo, E., ... & Blanco, R. (2016). Novel resistance training-specific rating of perceived exertion scale measuring repetitions in reserve. *Journal of Strength & Conditioning Research*, The, 30(1), 267-275. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001049>