

Pérdida de Velocidad como Variable de Seguimiento del Entrenamiento de la Fuerza

Juan José González-Badillo¹, Juan Manuel Yañez-García¹, Ricardo Mora-Custodio¹, David Rodríguez-Rosell¹

¹ Centro de Investigación en Rendimiento Físico y Deportivo, Universidad Pablo de Olavide, Seville, Spain

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar: 1) el patrón de disminución de la velocidad de repetición durante una única serie hasta la falla con diferentes cargas submáximas (50- 85% 1RM) en el ejercicio de press de banca; y 2) la confiabilidad del porcentaje de repeticiones realizadas, con respecto a la máxima cantidad de repeticiones que se podrían realizar, cuando se han alcanzado diferentes magnitudes de pérdida de velocidad dentro de cada serie. Veintidós varones realizaron 8 pruebas de cantidad máxima de repeticiones (MNR) con cargas de 50-55-60-65-70-75-80-85% 1RM, en orden aleatorio, cada 6-7 días. Otros 28 varones realizaron 2 pruebas separadas de MNR con 60% de 1RM. Se observó una relación muy cercana entre la pérdida relativa de velocidad en una serie y el porcentaje de repeticiones realizadas. Esta relación fue muy similar en todas las cargas, pero particularmente en las cargas de 50-70% 1RM, aunque la cantidad de repeticiones realizadas con cada carga fue significativamente diferente. Además, el porcentaje de repeticiones realizadas para una dada pérdida de velocidad presentó una alta confiabilidad absoluta. Se proporcionan ecuaciones para predecir el porcentaje de repeticiones que se pueden realizar a partir de la pérdida relativa de velocidad. Al monitorear la velocidad de repetición y usar estas ecuaciones, es posible estimar, con considerable precisión, cuántas repeticiones quedan en reserva en un ejercicio de press de banca.

Palabras claves: entrenamiento de sobrecarga basado en la velocidad, entrenamiento de la fuerza, press de banca, prescripción de ejercicio, falla muscular

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento de la fuerza (RT) está considerado un método efectivo para mejorar el rendimiento deportivo porque generalmente produce aumentos en la fuerza e hipertrofia muscular, en la producción de potencia, en la velocidad y en la resistencia muscular local [16]. Sin embargo, uno de los principales problemas que enfrentan los entrenadores, los profesionales de la fuerza y el acondicionamiento y los investigadores es cómo cuantificar objetivamente y controlar la carga de entrenamiento real utilizada por los atletas con el fin de maximizar el rendimiento [11]. Aunque se han descrito varias variables agudas para el diseño de programas de RT [3, 16], parecería que la intensidad y el volumen de ejercicio son los dos factores más importantes para determinar el tipo y el alcance de las adaptaciones neuromusculares que se obtendrán [3, 7, 8, 27]. La intensidad del ejercicio durante el RT ha sido tradicionalmente identificada con la carga relativa (porcentaje de una repetición máxima, % 1RM) o con la carga máxima que puede ser levantada una cierta cantidad de repeticiones en cada serie (p.ej. 5RM, 10RM, 15 RM) [7, 8, 11, 16]. Sin embargo, estos métodos tendrían algunas potenciales desventajas [8, 11]. Como alternativa, una investigación reciente analizó la posibilidad de utilizar la velocidad de movimiento como un indicador de carga relativa durante el ejercicio de fuerza [11, 17, 19, 23, 24]. Se han observado relaciones cercanas entre la velocidad de movimiento y % 1RM para ejercicios tales como press de banca (BP), **prone bench pull** y sentadillas [11, 17, 24], lo que permite determinar con una precisión considerable el % 1RM que se utiliza tan pronto como se realiza la primera repetición de una serie con la máxima velocidad voluntaria [11]. Tales hallazgos abren la posibilidad de monitorear, en tiempo real, la carga real (% 1RM) que se usa midiendo la velocidad de repetición durante el RT, lo que permite determinar si la carga propuesta (kg) representa realmente el % 1RM establecido para cada sesión.

Por otro lado, el volumen de entrenamiento generalmente se determina a partir de la cantidad total de series y repeticiones realizadas durante una sesión de entrenamiento [3, 13, 16]. Por lo tanto, cuando se prescribe un volumen de entrenamiento, la gran mayoría de los estudios utilizan una cantidad específica de repeticiones para completar en cada serie de ejercicios para todos los participantes. Sin embargo, se ha observado que la cantidad máxima de repeticiones que se pueden realizar frente a una carga relativa dada presenta una gran variabilidad entre individuos [22, 26, 28]. Por lo tanto, si durante una sesión de entrenamiento todos los participantes realizan la misma cantidad de repeticiones por serie con la misma carga relativa (por ejemplo, 70% 1RM), es posible que estén realizando un nivel diferente de esfuerzo (es decir, la cantidad de repeticiones que quedan en reserva en cada serie puede variar considerablemente entre individuos). Estas consideraciones sugieren que es necesario encontrar mejores formas de monitorear objetivamente el volumen de entrenamiento durante el entrenamiento con sobrecarga (RT). En consecuencia, en lugar de realizar una cantidad fija predeterminada de repeticiones, sería más apropiado detener o terminar cada serie de entrenamiento tan pronto como se detecte un cierto nivel de fatiga neuromuscular (que, a su vez, dependerá de la meta específica que se persiga) [19, 23]. Durante el RT en condiciones isoenergéticas, y asumiendo que cada repetición se realiza con esfuerzo voluntario máximo, se ha observado una disminución no intencional en la fuerza, la velocidad y por lo tanto en la producción de potencia a medida que se produce la fatiga y la cantidad de repeticiones se aproxima a la falla [15, 19, 23]. Investigaciones recientes han demostrado que el control de la velocidad de las repeticiones es un indicador objetivo, práctico y no invasivo del estrés metabólico agudo, la respuesta hormonal y la fatiga mecánica inducida por el RT [10, 18-20, 23]. Se ha observado que la velocidad de repetición describe un patrón de disminución muy similar durante una sola serie hasta la falla para cargas que van del 60% al 75% [15]. Sin embargo, hasta donde sabemos, no se ha investigado cuántas repeticiones quedan pendientes (quedan en reserva) en un ejercicio cuando se alcanza una magnitud dada de pérdida de velocidad (por ejemplo, 20, 30 o 40% de reducción en la velocidad de repeticiones). Por lo tanto, en el contexto de un enfoque de entrenamiento de sobrecarga basado en la velocidad [19, 23], se llevaron a cabo dos estudios separados. El objetivo principal del Estudio I fue analizar y comparar el patrón de disminución de la velocidad de repetición durante una única serie realizada hasta la falla en el ejercicio de BP con 8 cargas submáximas diferentes (50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 y 85% 1RM). El Estudio II consistió en un estudio complementario que tuvo como objetivo analizar la confiabilidad del porcentaje de repeticiones realizadas con respecto a la cantidad máxima hasta la falla que se podrían realizar con diferentes magnitudes de pérdida de velocidad durante una serie hasta la falla con una carga de 60% 1RM en el ejercicio de BP.

MÉTODOS

PARTICIPANTES

Un grupo de 22 varones sanos jóvenes (media±DE: edad 24,6±3,6 años, talla 1,76±0,06 m, masa corporal 75,8±7,2 kg) participaron voluntariamente en el Estudio I. Su valor de 1 RM estimada (1RMest) en el ejercicio de press de banca (BP) fue de 80,5±10,8 kg (1,05±0,11 normalizado por kg de masa corporal). Un grupo adicional de 28 varones (24,5±2,9 años, 1,77±0,07 m, 75,5±8,1 kg) participó en el Estudio II. En este caso, su 1RMest fue de 82,6±13,8 kg (1,07±0,20 normalizado por kg de masa corporal). Todos los participantes eran estudiantes de ciencias del deporte físicamente activos con al menos 8 meses de experiencia recreativa en la realización de ejercicios de BP durante entrenamiento de sobrecarga (RT). No se informaron limitaciones físicas, problemas de salud o lesiones musculoesqueléticas que pudieran afectar las pruebas. Ninguno de los participantes consumía drogas, medicamentos o sustancias que pudieran afectar el rendimiento físico o el equilibrio hormonal. La presente investigación cumplió con los estándares éticos de esta revista [12] y fue aprobada por el Comité de Ética de Investigaciones de la Universidad Pablo de Olavide. Después de recibir información sobre el propósito y los procedimientos experimentales, los participantes firmaron un formulario de consentimiento informado por escrito antes de la participación.

Diseño del estudio

Familiarización y medidas preliminares

Durante las 2 semanas previas de cada estudio (I y II), se realizaron cuatro sesiones preliminares de familiarización con el objetivo de remarcar la técnica de ejecución adecuada para el ejercicio press de banca (BP). Se realizaron varias series de práctica con diferentes cargas, y cada repetición debía realizarse con la velocidad máxima prevista, y simultáneamente los sujetos recibían retroalimentación inmediata de la velocidad proveniente de un sistema de medición y además recibían estímulo verbal por parte de un investigador entrenado. En la última sesión de familiarización, se determinaron las relaciones individuales de carga-velocidad y la fuerza en 1RMest en el ejercicio de BP mediante un test de carga progresiva (descrito con mas detalle a continuación). Durante estas sesiones también se realizaron las evaluaciones antropométricas y los exámenes médicos. La talla y la masa corporal se determinaron usando un estadiómetro y una balanza médica (Seca 710, Seca Ltd., Hamburgo, Alemania) con los participantes en ayuno matutino y vestidos solamente con ropa interior. La longitud de los brazos se midió con los participantes de pie, erguidos, con los pies separados entre sí por una distancia equivalente al ancho de los hombros y con los brazos y los dedos estirados hacia afuera. La medición se realizó en el lado derecho desde el borde lateral del acromion hasta la punta del dedo medio usando una cinta métrica inextensible (Lufkin Ultralok, Baltimore, Mary-land, EE. UU.).

Estudio I

Se utilizó un diseño de investigación transversal para analizar la magnitud de la pérdida porcentual de velocidad durante una sola serie de ejercicios BP realizada hasta la falla con 8 cargas submáximas diferentes (50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 y 85% 1RM). Cada participante realizó estas 8 sesiones en días diferentes, en orden aleatorio con un período de 6-7 días de separación entre ellas. Durante cada sesión, los participantes realizaron una prueba de la cantidad máxima de repeticiones hasta la falla (prueba MNR) con la carga correspondiente. Las cargas relativas se determinaron a partir de la relación carga-velocidad en el ejercicio BP, porque se ha demostrado que existe una relación muy estrecha entre el % 1RM y la velocidad propulsiva media (MPV) en este ejercicio [11, 24]. Por lo tanto, se utilizó una MPV fijada que debía ser alcanzada en la primera repetición (generalmente la más rápida) de la serie en cada sesión como una estimación de % 1RM, de la siguiente manera: ~ 0,93 m/s (50% 1RM), ~ 0,86 m/s (55% 1RM), ~ 0,79 m/s (60% 1RM), ~ 0,71 m/s (65% 1RM), ~ 0,62 m/s (70% 1RM), ~ 0,54 m/s (75% 1RM), ~ 0,47 m/s (80% 1RM), y ~ 0,39 m/s (85% 1RM) [9, 11]. La carga absoluta (kg) para cada participante se ajustó individualmente con el fin de que coincidiera con la velocidad asociada ($\pm 0,02$ m/s) con el % 1RM fijado para cada sesión.

Estudio II

Los participantes realizaron una prueba de MNR frente a una carga de 60 % de 1RM (~ 0,79 m/s) en 2 sesiones diferentes, separadas por 6-7 días. En ambos estudios, todos los participantes realizaron las sesiones a la misma hora del día (± 1 h) y en condiciones ambientales similares (~ 20-22 °C y ~ 55-65% de humedad). Además, los participantes debían abstenerse de realizar cualquier tipo de entrenamiento de la fuerza (RT) durante los 2 días previos a cada sesión. Todos los participantes siguieron estrictamente el mismo protocolo de entrada en calor estandarizada en todas las sesiones de evaluación. Esta entrada en calor consistió en 5 minutos de ejercicios de movilización articular y de estiramiento suaves, seguidos de 3 a 4 series con cargas progresivas (3 minutos de reposo) hasta la carga fijada correspondiente.

Procedimientos de prueba

Prueba de carga progresiva isoinercial en el ejercicio de BP.

La prueba se realizó con una máquina Smith. Los participantes se colocaron en posición supina sobre un banco plano, con los pies descansando sobre la base y las manos posicionadas sobre la barra con una separación ligeramente mayor (2-3 cm) que el ancho de los hombros. La posición en

el banco se ajustó cuidadosamente de modo que la proyección vertical de la barra coincidiera con la línea intermamaria de cada participante. Se registró la posición individual en el banco y el ancho de agarre de manera que pudieran ser reproducidos en cada levantamiento. No se permitió que los participantes rebotaran la barra en el pecho ni levantaran los hombros ni el tronco del banco. Se colocaron dos soportes para barras telescópicas con una escala de precisión a ambos lados de la máquina Smith para: (i) reproducir exactamente el rango de movimiento excéntrico individual entre pruebas; y (ii) imponer una pausa o retraso entre las fases excéntricas y concéntricas del ejercicio BP. Los soportes de barra se colocaron de modo que la barra se detuvieran ~ 1 cm por encima del pecho de cada participante. Después de bajar la barra a una velocidad excéntrica media controlada (~ 0,30-0,50 m/s), los participantes debían detenerse durante ~ 1,5 s en los soportes de la barra (descargando el peso momentáneamente pero manteniendo el contacto con la barra), y luego realizaron un empuje puramente concéntrico con una velocidad máxima prevista. Esta pausa momentánea entre fases se impuso con el fin de minimizar la contribución del efecto de rebote y permitir medidas más confiables y consistentes [17]. Cada participante recibió instrucciones precisas para realizar siempre la fase concéntrica de cada repetición de una manera explosiva, alejando la barra del pecho lo más rápido posible al escuchar el comando '¡listo!' dado por un investigador. La entrada en calor consistió en 5 minutos de ejercicios de movilización conjunta, seguidos de 2 series de 8 y 6 repeticiones (3 minutos de descanso) con cargas de 20 y 30 kg, respectivamente. La carga inicial se fijó en 20 kg para todos los participantes y aumentó gradualmente en incrementos de 10 kg. La prueba finalizó para cada participante cuando la velocidad propulsiva media (MPV) concéntrica alcanzada fuera inferior a 0,35 m/s, lo que corresponde a ~ 88% 1RM [11, 24]. Durante la prueba, se realizaron 3 repeticiones para las cargas livianas (MPV > 0,95 m/s), 2 para las medias (0,95 m/s > MPV > 0,55 m/s) y una sola para las cargas más pesadas (MPV < 0,55 m/s). Los descansos entre series variaron de 2 (cargas ligeras) a 4 min (cargas pesadas). En cada individuo se calculó el 1RMest a partir de la MPV obtenida con la carga más pesada (kg) levantada en la prueba de carga progresiva, de la siguiente manera: $(100 \cdot \text{carga}) / (8,4326 \cdot \text{MPV}^2) - (73,501 \cdot \text{MPV}) + 112,33$ [11].

Pruebas de cantidad máxima de repeticiones hasta la falla

Antes de comenzar cada serie hasta la falla (50-85% 1RM, con incrementos de 5%), se realizaron ajustes en la carga (kg) en aquellos casos en que fuera necesario para que la velocidad de la primera repetición coincidiera con la MPV blanco específica correspondiente a cada carga (ver la descripción anterior del Estudio I). Durante cada prueba, los participantes debían desplazar la barra lo más rápido posible durante la fase concéntrica de cada repetición, hasta llegar a la falla muscular. Al igual que durante la prueba de carga progresiva isoinercial, los participantes debían realizar la fase excéntrica de cada repetición de manera controlada, debían detenerse en los sujetadores de la barra durante ~ 1,5 s y luego alejar la barra del pecho lo más rápido posible al escuchar una orden.

Equipos de medición y registro de datos

En todas las sesiones se utilizó una máquina Smith (Multipower Fitness Line, Peroga, España) que garantiza un desplazamiento vertical suave de la barra a lo largo de una vía fija. Se utilizó un transductor de velocidad lineal con cable extensible (Sistema de medición dinámica T-Force, Ergotech, Murcia, España) para medir la velocidad de la barra. La velocidad instantánea se muestreó a 1000 Hz y se suavizó utilizando un filtro Butterworth paso bajo de 4to orden sin cambio de fase y frecuencia de corte de 10 Hz. El software del sistema calculó automáticamente la cinemática relevante de cada repetición, y aportó retroalimentación auditiva y visual de la velocidad en tiempo real y permitió el almacenamiento de los datos en el disco para su análisis. La confiabilidad de este sistema ha sido destacada en otros estudios [23].

Medidas de velocidad

En este estudio se utilizaron varios parámetros de medición de velocidad como variables de rendimiento: 1) velocidad propulsiva media (MPV):

promedio de los valores de velocidad de la barra en la fase de propulsión, definida como la porción de la acción concéntrica durante la cual la aceleración medida (a) es mayor que la aceleración debida a la gravedad, i. e., $a \geq -9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ [25]; 2) MPV de la repetición más rápida (generalmente la primera) en la serie (MPV_{BEST}); 3) MPV de la última repetición de la serie (MPV_{LAST}); y 4) pérdida de MPV en cada serie de ejercicio, definida como: $100 \cdot (\text{MPV}_{\text{LAST}} - \text{MPV}_{\text{BEST}}) / \text{MPV}_{\text{BEST}}$.

Análisis estadístico

Se utilizaron métodos estadísticos estándar para el cálculo de la media, la desviación estándar (DE), el coeficiente de variación (CV) y los coeficientes de correlación de Pearson (r). La significancia se fijó en $P \leq 0,05$. Todos los análisis se realizaron utilizando el software SPSS versión 17,0 (SPSS, Chicago, IL).

Estudio I

Se utilizó el test de Shapiro-Wilk para determinar la naturaleza de la distribución de datos. Las diferencias en las variables analizadas entre las 8 magnitudes de carga utilizadas (50-85%, en incrementos de 5%) se evaluaron usando un ANOVA de una vía con medidas repetidas. Se utilizó el test *post-hoc* de Bonferroni para localizar las diferencias entre pares de medias. Las relaciones entre las variables se analizaron aplicando a los datos un ajuste de polinomios de segundo orden.

Estudio II

Se utilizó el Test t de muestras pareadas para detectar las diferencias en el porcentaje de repeticiones completadas con respecto al número máximo posible entre los 2 tests MNR al 60 % 1RM para cada porcentaje de pérdida de velocidad experimentado en la serie. Se informó la confiabilidad absoluta para el porcentaje de repeticiones realizadas en cada porcentaje de pérdida de velocidad usando el error estándar de medición (SEM). Los valores del SEM se expresaron en forma de porcentaje de sus respectivas medias a través del CV [1]. Estudios previos de confiabilidad [2, 4] han establecido que variables biomecánicas con CV cercanos al 10% son confiables. Por lo tanto, se estableció un $\text{CV} \leq 10\%$ como el criterio para declarar una variable como confiable.

RESULTADOS

Estudio I

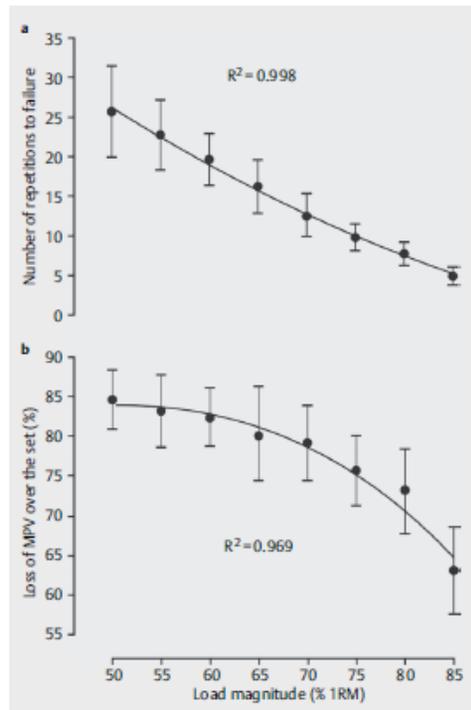
La Tabla 1 resume el patrón de disminución de la velocidad de repetición que se observó durante la realización de la serie hasta la falla realizada con cada una de las 8 cargas en estudio. No se observaron diferencias significativas entre los valores de MVP objetivo y los valores de MPV más rápidos (MPV_{BEST}) de cada serie, en ninguna de las cargas utilizadas. Las MPV promedio de la última repetición de cada serie (MPV_{LAST}) fueron muy similares en todas las cargas utilizadas (Tabla 1). A medida que la magnitud de carga aumentaba, se observó una disminución progresiva tanto en el número de repeticiones realizadas ($R^2 = 0,998$) como en la magnitud de la pérdida de MPV ($R^2 = 0,969$) (Tabla 1; Figura 1). La cantidad de repeticiones realizadas con cada carga presentó una gran variabilidad interindividual (CV: 17,3-23,5%; Tabla 2), y no se observó relación con variables antropométricas (masa corporal, altura, longitud del brazo) o mecánicas (MPV_{BEST} , MPV_{LAST} , pérdida de MPV en la serie, 1RMest y 1RMest / masa corporal) (Tabla 3).

| Carga (1RM) | MPV_{BEST} (m/s) | MPV_{LAST} (m/s) | Pérdida de Velocidad (%) | Rep | Carga (kg) |
|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|---|---|---|
| 50% (~0,93 m/s) | 0,93 ± 0,01 (0,91-0,94) | 0,14 ± 0,03 (0,09-0,22) | 84,7 ± 3,7 ^{c,d,e,f} (76,1-90,5) | 25,7 ± 5,8 ^{a,b,c,d,e,f} (19-40) | 37,7 ± 5,2 ^{b,c,d,e} (27,5-45,0) |
| 55% (~0,86 m/s) | 0,86 ± 0,01 (0,84-0,88) | 0,14 ± 0,04 (0,08-0,22) | 83,2 ± 4,6 ^{d,e,f} (74,4-90,1) | 22,7 ± 4,4 ^{b,c,d,e,f} (16-32) | 40,9 ± 7,5 ^{c,d,e} (29,0-55,0) |
| 60% (~0,79 m/s) | 0,79 ± 0,01 (0,77-0,81) | 0,13 ± 0,02 (0,09-0,19) | 82,5 ± 3,1 ^{d,e,f} (76,3-88,1) | 19,6 ± 3,4 ^{c,d,e,f} (15-26) | 44,3 ± 6,7 ^{c,d,e} (30,0-54,0) |

| | | | | | |
|-------------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 65% (~0,71 m/s) | 0,71 ±0,01 (0,69-0,73) | 0,14±0,04 (0,07-0,25) | 80,4±5,9 ^{d,e,f} (66,1-90,1) | 16,2 ± 3,4 ^{d,e,f} (12-22) | 46,8 ±1 1,9 ^{d,e} (34,5-61,0) |
| 70% (~0,62 m/s ¹) | 0,62 ±0,01 (0,60-0,64) | 0,13±0,03 (0,06-0,18) | 79,2±4,7 ^{e,f} (70,5-90,3) | 12,6±2,7 ^{e,f} (9-19) | 54,1±7,7 ^e (34,5-65,0) |
| 75% (~0,54 m/s ¹) | 0,54±0,01 (0,52-0,56) | 0,13±0,02 (0,08-0,19) | 75,7 ±4,4 ^f (65,6-84,0) | 9,8±1,7 ^f (7-13) | 57,5±13,8 (39,0-72,5) |
| 80% (~0,47 m/s) | 0,47 ±0,01 (0,45-0,49) | 0,12±0,02 (0,08-0,16) | 73,6± 5,3 ^f (65,9-82,9) | 7,7± 1,5 (5-10) | 63,0±7,6 (44,0-75,0) |
| 85% (~0,39 m/s ¹) | 0,39 ±0,01 (0,37-0,41) | 0,14±0,02 (0,11-0,18) | 63,9 ±5,1 (54,8-73,2) | 4,9±1,2(4-8) | 68,3 ±10,4 (48,0-88,0) |

Tabla 1: Estudio I. Variables descriptivas de las series de ejercicio realizadas hasta la falla con las 8 cargas diferentes analizadas. Los datos se presentan en forma de Media±DE (rango). Abreviaturas: Rep= cantidad de repeticiones realizadas en la serie; MPV_{BEST}= Velocidad propulsiva media de la repetición mas rápida (generalmente la primera) de la serie; MPV_{LAST}= Velocidad propulsiva media de la ultima repetición de la serie. Diferencias estadísticamente significativas con: ^a60% 1RM; ^b 65% 1RM; ^c70% 1RM; ^d75% 1RM; ^e80% 1RM; ^f85% 1RM

Los porcentajes de repeticiones realizadas con respecto al número máximo posible que se podía realizar en cada serie hasta la falla, cuando se alcanza una cierta magnitud de pérdida de MPV (15-75%) fueron muy similares para las cargas que iban de 50 a 70% 1RM (Tabla 4). Sin embargo, estos porcentajes de repeticiones realizadas para una magnitud dada de pérdida de MPV fueron progresivamente mayores para 75, 80 y 85% 1RM, respectivamente (Figura 2). El CV del porcentaje de repeticiones efectuadas en relación a la cantidad máxima posible en cada serie hasta la falla varió de 2,7 a 12,1%, dependiendo de la pérdida de MPV alcanzada en la serie (Tabla 2).



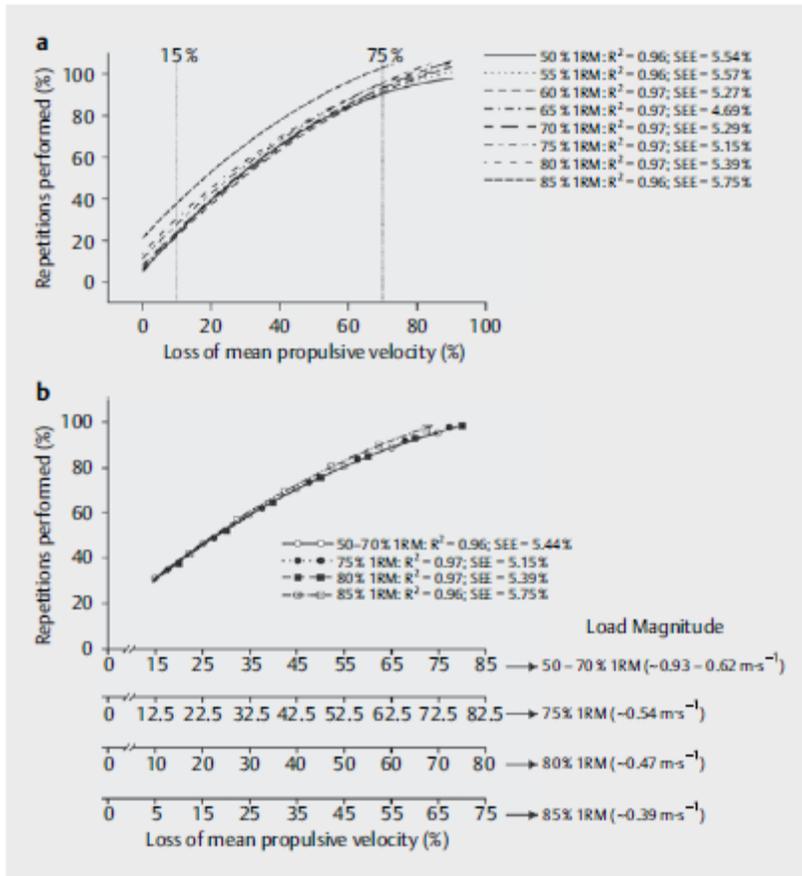
Load magnitude (%1RM)= Magnitud de la carga (%1RM); Loss of MPV over the set (%)= Pérdida de MPV durante la serie (%);

Number of repetitions to failure= Cantidad de repeticiones hasta la falla.

Figura 1: Estudio I. Relación entre la magnitud de carga y: **a** cantidad de repeticiones realizadas hasta la falla; **b** pérdida relativa de MPV durante cada serie de ejercicio de press de banca hasta la falla. Ver texto para más detalles. Las líneas de error verticales representan la desviación estándar.

| | CV (%) para cada porcentaje de pérdida de MPV | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Carga (1RM) | CV(%) para Rep | 15% | 20% | 25% | 30% | 35% | 40% | 45% | 50% | 55% | 60% | 65% | 70% | 75% |
| 50% (~0,93 m/s) | 22,4 | 11,6 | 10,1 | 9,8 | 9,5 | 9,1 | 8,8 | 8,1 | 7,3 | 6,5 | 5,1 | 4,2 | 3,8 | 3,1 |
| 55% (~0,86 m/s) | 19,5 | 11,1 | 10,6 | 9,9 | 9,1 | 8,4 | 7,9 | 7,2 | 6,3 | 5,5 | 4,7 | 3,8 | 3,1 | 2,5 |
| 60% (~0,79 m/s) | 16,8 | 11,4 | 10,9 | 9,5 | 8,5 | 7,6 | 6,9 | 6,3 | 5,6 | 5,0 | 4,5 | 4,0 | 3,6 | 3,0 |
| 65% (~0,71 m/s) | 20,9 | 8,5 | 7,5 | 7,0 | 6,5 | 6,1 | 5,7 | 5,2 | 4,6 | 4,1 | 3,5 | 3,1 | 2,7 | 2,7 |
| 70% (~0,62 m/s) | 21,5 | 11,0 | 10,5 | 9,7 | 8,8 | 8,1 | 7,4 | 6,8 | 6,1 | 5,4 | 4,8 | 4,4 | 4,1 | 4,1 |
| 75% (~0,54 m/s) | 17,5 | 10,9 | 10,3 | 9,8 | 9,2 | 8,5 | 7,8 | 7,1 | 6,3 | 5,5 | 4,7 | 4,0 | 3,5 | 3,5 |
| 80% (~0,47 m/s) | 18,9 | 11,2 | 10,8 | 10,3 | 9,9 | 9,1 | 8,5 | 7,8 | 7,0 | 6,2 | 5,6 | 5,0 | 4,3 | 4,1 |
| 85% (~0,39 m/s) | 23,5 | 12,1 | 11,0 | 10,1 | 9,2 | 8,3 | 7,4 | 6,5 | 5,5 | 4,6 | 3,8 | 3,3 | | |

Tabla 2: Estudio I: Coeficiente de variación (CV) para: i) cantidad de repeticiones realizadas en cada carga; y ii) porcentaje de repeticiones realizadas en comparación con la cantidad máxima posible una vez alcanzada una determinada pérdida de MPV en cada serie hasta la falla con la correspondiente carga relativa. Los CV correspondientes al porcentaje de repeticiones realizadas cuando se alcanzó un 70% y 75% de pérdida de MPV contra 85% 1RM no se presentan en la tabla debido a que la pérdida máxima de MPV que puede ser alcanzada en la serie con esta carga es de aprox. 65%. Abreviaturas: MPV= Velocidad propulsiva media; Rep= cantidad de repeticiones realizadas en la serie.



Repetitions performed (%)= Repeticiones realizadas; Loss of mean propulsive velocity (%)= Pérdida de velocidad propulsiva media (%); Load magnitude= Magnitud de la carga

Figura 2: Estudio I. Relación entre la magnitud de la pérdida de velocidad experimentada durante la serie y el porcentaje de repeticiones realizadas con respecto a la cantidad máxima de repeticiones hasta la falla que se pueden realizar en press de banca. **a** El porcentaje de repeticiones realizadas para una magnitud dada de pérdida de velocidad alcanzada (de 15 a 75%) fue similar para cargas entre 50 y 70 % 1RM, pero fue progresivamente mayor para cargas 75, 80 y 85% 1RM. **b** Para cargas de 75, 80 y 85% 1RM, se debe permitir una menor magnitud de pérdida de velocidad durante la serie (~ 2,5, ~ 5 y ~ 10% menos, respectivamente) para alcanzar un porcentaje similar de repeticiones realizadas en comparación con cargas de 50-70% 1RM.

| Carga (1RM) | BM (kg) | Altura (m) | AL (m) | MPV _{BEST} (m/s) | MPV _{LAST} (m/s) | Pérdida de MPV (%) | Carga (kg) | 1RM _{est} (kg) | 1RM _{est} / BM |
|-----------------|---------|------------|--------|---------------------------|---------------------------|--------------------|------------|-------------------------|-------------------------|
| 50% (~0,93 m/s) | 0,20 | -0,17 | -0,25 | 0,35 | 0,17 | -0,15 | -0,17 | -0,12 | -0,32 |

| | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|---------|---------|-------|----------|----------|----------|---------|---------|
| 55% (~0,86 m/s) | -0,44 * | -0,43 * | -0,46 * | 0,05 | -0,34 | 0,34 | -0,50 * | -0,35 | -0,04 |
| 60% (~0,79 m/s) | -0,17 | -0,43 * | -0,41 | 0,29 | 0,06 | -0,05 | -0,61 ** | -0,53 * | -0,56 * |
| 65% (~0,71 m/s) | 0,21 | -0,10 | -0,25 | 0,04 | -0,21 | 0,21 | 0,18 | 0,41 | 0,48 * |
| 70% (~0,62 m/s) | -0,12 | -0,50 * | -0,44 * | -0,24 | -0,19 | 0,17 | -0,45 * | -0,49 * | -0,56 * |
| 75% (~0,54 m/s) | -0,11 | -0,12 | -0,35 | 0,37 | -0,17 | 0,22 | -0,17 | 0,16 | 0,25 |
| 80% (~0,47 m/s) | 0,09 | 0,01 | -0,19 | 0,35 | -0,08 | 0,07 | 0,00 | -0,02 | -0,13 |
| 85% (~0,39 m/s) | 0,07 | 0,16 | 0,16 | 0,08 | -0,58 ** | -0,56 ** | -0,09 | 0,05 | -0,01 |

Tabla 3: Estudio I. Coeficientes de correlación de las relaciones observadas entre la cantidad de repeticiones realizadas en cada serie hasta la falla y diferentes variables antropométricas y mecánicas. BM=Masa Corporal; AL= Largo de brazos; MPV_{BEST}= Velocidad propulsiva media de la repetición mas rápida (generalmente la primera) de la serie; MPV_{LAST}= Velocidad propulsiva media de la ultima repetición de la serie; 1RM_{est}= 1RM estimado. Correlación estadísticamente significativa: *p<0,05; ** p<0,01

Presentamos una ecuación de predicción para estimar el porcentaje de repeticiones realizadas (% Rep) cuando se alcanza una magnitud dada de pérdida de MPV en una serie de ejercicios BP con cargas de 50-70% 1RM: % Rep = -0,00855 • MPV perdida² + 1,83311 • MPV perdida + 5,55281 (R² = 0,964, VER = 5,44%). Para 75% de 1RM, la ecuación resultante fue: % Rep = -0,00705 • MPV perdida² + 1,71404 MPV perdida + 10,74584 (R² = 0,968; SEE = 5,15%), mientras que para 80% 1RM la ecuación fue: % Rep = -0,00780 • MPV perdida² + 1,72215 MPV perdida + 13,38519 (R² = 0,965; SEE = 5,39%). Finalmente, la ecuación establecida para 85% 1RM fue: % Rep = -0,00813 • MPV perdida² + 1,74323 MPV perdida + 20,88282 (R² = 0,960; SEE = 5,75%).

| Pérdida de Velocidad (%) | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Carga (1RM) | 15% | 20 % | 25% | 30 % | 35 % | 40 % | 45% | 50% | 55% | 60% | 65% | 70% | 75% |
| 50% (~0,93 m/s) | 31,2 | 39,1 | 46,4 | 53,3 | 59,7 | 65,6 | 71,0 | 75,9 | 80,3 | 84,2 | 87,6 | 90,6 | 93,0 |
| 55% (~0,86 m/s) | 31,4 | 39,3 | 46,7 | 53,6 | 60,1 | 66,1 | 71,6 | 76,7 | 81,3 | 85,5 | 89,2 | 92,4 | 95,1 |
| 60% (~0,79 m/s) | 29,8 | 37,3 | 44,3 | 51,1 | 57,4 | 63,4 | 69,0 | 74,2 | 79,1 | 83,6 | 87,7 | 91,4 | 94,8 |
| 65% (~0,71 m/s) | 32,1 | 39,8 | 47,1 | 53,9 | 60,4 | 66,4 | 72,0 | 77,2 | 82,0 | 86,3 | 90,3 | 93,8 | 96,9 |
| 70% (~0,62 m/s) | 31,5 | 38,7 | 45,7 | 52,3 | 58,6 | 64,5 | 70,1 | 75,4 | 80,4 | 85,0 | 89,3 | 93,3 | 96,9 |
| Media±DE | 31,21±0,8 | 38,8±1,0 | 46,0±1,1 | 52,8±1,2 | 59,2±1,2 | 65,2±1,2 | 70,7±1,2 | 75,9±1,2 | 80,6±1,1 | 84,9±1,1 | 88,8±1,1 | 92,3±1,3 | 95,4±1,6 |
| CV(36) | 2,7 | 2,5 | 2,3 | 2,2 | 2,1 | 1,9 | 1,7 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,7 |

Tabla 4: Estudio 1: Porcentaje de repeticiones realizadas en comparación a la cantidad máxima posible de repeticiones que se pueden realizar una vez alcanzada una cierta magnitud de pérdida de MPV en cada serie hasta la falla con cargas de 50-70 % 1RM. MPV= Velocidad propulsiva media; CV= Coeficiente de variación

Estudio II

Los datos descriptivos y de variabilidad para las 2 pruebas de MNR realizadas frente al 60% de 1RM se presentan en la Tabla 5 y en la Tabla 6, respectivamente. No se observaron diferencias significativas en ninguna variable mecánica entre las pruebas 1 y 2 (Tabla 5). Los test *t* de muestras apareadas no revelaron diferencias significativas entre las pruebas para ningún porcentaje de repeticiones realizadas en cada magnitud de pérdida de MPV. Los porcentajes de repeticiones realizadas tuvieron una confiabilidad absoluta muy alta (CV: 2,1-6,6%), y se observaron valores de CV cada vez mas bajos a medida que se incrementaba la pérdida de MPV en las series.

| | MPV _{BEST} (m/s) | MPV _{LAST} (m/s) | Pérdida de MPV (%) | Rep | Carga (kg) |
|----------|---------------------------|---------------------------|----------------------|------------------|-------------------|
| Prueba 1 | 0,80±0,01 (0,77-0,81) | 0,14±0,04 (0,07-0,22) | 81,4±5,3 (71,3-90,9) | 17,6±3,7 (11-25) | 49,7±10,5 (28-67) |
| Prueba 2 | 0,79±0,01 (0,77-0,81) | 0,14±0,05 (0,07-0,23) | 81,8±5,7 (73,5-91,1) | 17,6±3,2 (11-25) | 49,3±10,7 (27-67) |

Tabla 5: Estudio 2: Variables descriptivas de las dos series de ejercicios hasta la falla realizados con una carga de 60% de 1RM. Los datos se presentan en forma de Media±DE (rango)

Rep= Cantidad de repeticiones realizadas en la serie; MPV_{BEST}= Velocidad propulsiva media de la repetición mas rápida (generalmente la primera) de la serie; MPV_{LAST}= Velocidad propulsiva media de la ultima repetición de la serie.

| Pérdida de MPV (%) | Prueba 1 | Prueba 2 | CV (%) |
|--------------------|-----------|-----------|--------|
| 15 % | 29,6±4,6 | 30,0±3,3 | 6,6 |
| 20 % | 37,1±5,2 | 37,4±3,8 | 6,0 |
| 25 % | 44,2±5,6 | 44,6±4,2 | 5,5 |
| 30 % | 51,0±5,8 | 51,3±4,5 | 5,1 |
| 35 % | 57,4±5,9 | 57,8± 4,7 | 4,7 |
| 40 % | 63,5± 5,9 | 63,8±4,7 | 4,3 |
| 45 % | 69,3±5,8 | 69,6±4,5 | 3,8 |
| 50 % | 74,7±5,5 | 75,0±4,3 | 3,3 |
| 55 % | 79,8±5,1 | 80,0±3,9 | 2,8 |
| 60 % | 84,6±4,6 | 84,7±3,4 | 2,4 |
| 65 % | 89,0±4,1 | 89,1±2,9 | 2,2 |
| 70 % | 93,1±3,7 | 93,1±2,6 | 2,2 |
| 75 % | 96,8±3,5 | 96,7±2,7 | 2,1 |

Tabla 6: Estudio II. Porcentaje de repeticiones realizadas y confiabilidad absoluta para cada magnitud de pérdida de MPV alcanzada en una serie hasta la falla con una carga de 60% de 1RM..MPV:=Velocidad propulsiva media; CV= Coeficiente de variación

DISCUSIÓN

Este estudio tuvo como objetivo analizar el patrón de disminución de la velocidad de repetición durante una única serie hasta la falla muscular con 8 cargas diferentes durante el ejercicio BP. El principal hallazgo del Estudio I fue que se observó una relación muy estrecha entre la pérdida

relativa de velocidad en una serie y el porcentaje de repeticiones realizadas con respecto a la cantidad máxima que se puede realizar (es decir, la proximidad a la falla muscular) (Figura 2). Este es un hallazgo interesante y práctico porque al monitorear la velocidad de repetición durante el entrenamiento de la fuerza (RT) es posible estimar, con considerable precisión, cuántas repeticiones quedan en reserva en una determinada serie de ejercicios (lo que equivale al concepto de “nivel de esfuerzo”). [8, 10, 18, 23]). En el Estudio II también observamos que el porcentaje de repeticiones realizadas para una magnitud dada de pérdida de MPV, frente a una carga de 60% de 1RM, presentó una alta confiabilidad absoluta (Tabla 6).

La estrecha relación observada entre la pérdida relativa de velocidad de repetición y el porcentaje de repeticiones realizadas fue muy similar para cargas entre 50-70% 1RM (Figura 2a, Tabla 4), aunque la cantidad de repeticiones completadas frente a cada una de estas cargas relativas fue significativamente diferente (Tabla 1). Curiosamente, para cargas más pesadas (75%, 80% y 85% 1RM), los porcentajes de repeticiones realizadas para una magnitud dada de pérdida de MPV, fueron ligeramente más altos que los observadas contra cargas de 50-70% 1RM (Figura 2) Por tal motivo, en la sección de resultados aportamos 4 ecuaciones diferentes (para cargas de 50-70% 1RM, 75% 1RM, 80% 1RM y 85% 1RM) que permiten predecir el porcentaje de repeticiones realizadas a partir de la pérdida relativa de MPV. Estas ecuaciones pueden ser utilizadas sencillamente en una hoja de cálculo o en una aplicación de software para estimar el nivel real de esfuerzo que se genera en cada set de entrenamiento, lo que permitiría tener un mejor control del estímulo de ejercicio de sobrecarga.

Una de las fortalezas del presente estudio fue que, al monitorear la velocidad de repetición y ajustar las cargas reales que deben ser levantadas a partir de la relación carga (% 1RM)-velocidad para el ejercicio BP [11, 24], nos aseguramos de que todos los participantes utilizarían una carga relativa muy similar (% 1RM) en cada sesión. De hecho, la diferencia máxima en la MPV más rápida de la serie entre individuos fue de 0,04 m/s para las 8 cargas utilizadas (Tabla 1 y Tabla 5), lo que representa una variación máxima en la carga relativa de 2,0-3,3% [11]. Los estudios previos que analizaron el patrón de disminución de la velocidad de repetición durante una única serie hasta la falla muscular contra diferentes cargas [14, 15] no utilizaron la velocidad de la primera repetición (más rápida) de la serie para determinar la magnitud de carga (% 1RM), i. e., estos estudios no verificaron si la carga real utilizada en las pruebas MNR coincidía con la carga propuesta o prescrita. Además, en este estudio la velocidad media de la última repetición en la serie fue muy similar en todas las cargas utilizadas (0,12-0,14 m/s), y fue muy similar a la informada para la carga de 1RM en este ejercicio (~0,14-0,15 m/s) [6, 11, 15], lo que indica que los participantes realmente realizaron las series hasta la falla muscular.

La cantidad promedio de repeticiones completadas durante las 8 pruebas MNR disminuyó a medida que aumentaba la magnitud de la carga (Tabla 1; Figura 1a). Este fue un resultado esperado y coincidió con lo observado en investigaciones previas [15, 22]. Una observación importante fue que la cantidad de repeticiones realizadas con cada carga (50-85% 1RM) presentó una gran variabilidad interindividual (CV ~ 20%; Tabla 2), y la cantidad mínima de repeticiones completadas representó ~ 50% de la cantidad máxima de repeticiones en las 8 cargas utilizadas (Tabla 1). Este hallazgo fue algo sorprendente teniendo en cuenta que los participantes tenían experiencia en entrenamiento de la fuerza (RT) y realizaban ejercicios contra la misma carga relativa en cada sesión. En general, no se observaron correlaciones significativas entre la cantidad de repeticiones realizadas con cada carga y las variables antropométricas o mecánicas evaluadas en el presente estudio (Tabla 3). Estudios previos tampoco lograron establecer relaciones significativas entre la cantidad de repeticiones completadas contra cargas submáximas y 1RM o 1RM/masa corporal [14, 28]. Sin embargo, algunas investigaciones han observado que la cantidad de repeticiones realizadas presentó una relación positiva con la cantidad de capilares por mm² del área transversal muscular [28], y una correlación negativa con el porcentaje de fibras de tipo II [5]. Por lo tanto, la gran variabilidad observada en la cantidad de repeticiones completadas frente a una carga determinada (% 1RM) dependería, al menos en parte, de las características musculares específicas y de los antecedentes de entrenamiento de cada participante [21].

La relación tan estrecha observada en el presente estudio entre la pérdida relativa de la velocidad de repetición y el porcentaje de repeticiones realizadas en relación a la cantidad máxima posible (Figura 2a), permite determinar con una precisión considerable el porcentaje de repeticiones que se han realizado, tan pronto como se detecta un porcentaje dado de pérdida de velocidad. Por lo tanto, por ejemplo, nuestros resultados indican que cuando un individuo alcanza una pérdida del 30% de la MPV en una serie de BP con cargas de 50-70% 1RM, habría completado ~ 50% de las repeticiones posibles (quedando sin realizar otro 50%); sin embargo, si la serie continúa hasta que se produce una pérdida del 50% de la MPV, el porcentaje de repeticiones completadas habrá aumentado a ~ 75% (quedando solo el 25% de las repeticiones en reserva) (Tabla 4; Figura 2) Esto representa un método novedoso para monitorear el volumen de entrenamiento durante el RT, que nos permite: (i) determinar el grado o el nivel de esfuerzo real que realiza un atleta durante cada ejercicio; y (ii) equiparar el nivel de esfuerzo para cada sujeto durante el entrenamiento de la fuerza (RT). Actualmente es posible controlar la velocidad a través de una cantidad cada vez mayor de sistemas de medición portátiles que se encuentran disponibles en el mercado (transductores lineales de posición y velocidad, acelerómetros y unidades de medición inercial). A diferencia de la gran variabilidad interindividual (CV ~ 20%; Tabla 2) observada para la cantidad de repeticiones realizadas frente a cada carga en estudio (50-85% 1RM), la variabilidad del porcentaje de repeticiones completadas para una magnitud dada de pérdida de MPV en la serie fue mucho menor (CV: 2,7-11,6%, dependiendo del porcentaje de pérdida de MPV que se haya experimentado; Tabla 2).

En conjunto, nuestros resultados resaltan la importancia práctica de usar la pérdida de velocidad de repetición para monitorear el nivel de esfuerzo y el volumen de entrenamiento durante ejercicios de sobrecarga. En conclusión, el presente estudio demostró que: 1) para ejercicios BP existe una relación muy estrecha entre el porcentaje de pérdida de MPV observado en una serie y el porcentaje de repeticiones realizadas con cargas entre 50-85% 1RM; 2) esta relación fue muy similar para todas las cargas, pero particularmente para aquellas que iban de 50% a 70% 1RM; 3) el número de repeticiones realizadas en una serie hasta la falla contra diferentes cargas submáximas (50-85% 1RM) presentó una alta variabilidad entre los sujetos y, en general, no se correlacionó con ninguna de las variables antropométricas o mecánicas analizadas; y 4) el porcentaje de repeticiones realizadas en relación a la cantidad máxima que pueden ser realizadas cuando se alcanza una magnitud dada de pérdida de MPV durante una serie, presentó una alta confiabilidad absoluta.

Aplicaciones prácticas

Los resultados de este estudio permiten mejorar nuestra comprensión de cómo podríamos mejorar la cuantificación y el monitoreo, y prescribir con mayor eficacia el estímulo de los ejercicios de fuerza. Los entrenadores y los profesionales de la fuerza y el acondicionamiento generalmente prescriben el volumen de entrenamiento como repeticiones por serie. Sin embargo, las conclusiones actuales indican que la cantidad de repeticiones que pueden ser realizadas frente a una carga relativa dada (% 1RM) presenta una gran variabilidad entre individuos. Por lo tanto, si durante el entrenamiento de resistencia se requiere que 2 sujetos realicen el mismo número de repeticiones por serie, es probable que puedan estar haciendo ejercicio con un grado o nivel de esfuerzo diferente. Esto es así porque el porcentaje de repeticiones completadas en relación a la cantidad máxima posible, podría ser considerablemente diferente en cada sujeto. Las conclusiones del presente estudio sugieren que, en lugar de prescribir un número fijo de repeticiones para realizar con una carga determinada, el volumen de entrenamiento durante el RT debe ser controlado utilizando la magnitud de la pérdida de velocidad alcanzada en cada ejercicio, porque la misma está muy vinculada con el nivel real de esfuerzo que se está realizando. Por lo tanto, la velocidad media de la primera repetición (que está intrínsecamente relacionada con el % 1RM que se usa) y la pérdida de velocidad porcentual alcanzada durante cada serie, son las 2 variables que deben ser prescritas y monitoreadas durante un programa de RT destinado a optimizar el rendimiento deportivo. De acuerdo con esta nueva metodología de RT basada en la velocidad, cada serie debería finalizar cuando se alcanza el porcentaje deseado de pérdida de velocidad (por ejemplo, 15, 30 o 40%). La magnitud de la pérdida de velocidad debe ser establecida de antemano dependiendo de la meta de entrenamiento específico que se desea alcanzar, el ejercicio particular que se realizará, y en función a la experiencia de entrenamiento y el nivel de rendimiento del atleta.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto no recibió ningún apoyo financiero

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés.

REFERENCIAS

- [1] Atkinson G., Nevill A.M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med.* 26: 217–238
- [2] Augustsson J., Thomee R., Linden C., Folkesson M., Tranberg R., Karlsson J. Single-leg hop testing following fatiguing exercise: reliability and biomechanical analysis. *Scand J Med Sci Sports* 2006; 16: 111–120
- [3] Bird S.P., Tarpinning K.M., Marino F.E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Med.*; 35: 841–851
- [4] Cormack S.J., Newton R.U., McGuigan M.R., Doyle T.L. (2008). Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 3: 131–144
- [5] Douris P.C., White B.P., Cullen R.R., Keltz W.E., Meli J., Mondiello D.M., Wenger D. (2006). The relationship between maximal repetition performance and muscle fiber type as estimated by noninvasive technique in the quadriceps of untrained women. *J. Strength Cond. Res.* 20: 699–703
- [6] Dufey M.J., Challis J.H. (2007). Fatigue effects on bar kinematics during the bench press. *J. Strength Cond. Res.* 21: 556–560
- [7] Fry A.C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Med.* 34: 663–679
- [8] González-Badillo J.J., Marques M.C., Sánchez-Medina L. (2011). The importance of movement velocity as a measure to control resistance training intensity. *J. Hum. Kinet.* 29A: 15–19
- [9] González-Badillo J.J., Rodríguez-Rosell D., Sánchez-Medina L., Gorostiaga E.M., Pareja-Blanco F. (2014). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *Eur. J. Sport Sci.* 1–10
- [10] González-Badillo J.J., Rodríguez-Rosell D., Sánchez-Medina L., Ribas J., López-López C., Mora-Custodio R., Yañez-García J.M., Pareja-Blanco F. (2016). Short-term recovery following resistance exercise leading or not to failure. *Int. J. Sports Med.* 37: 295–304
- [11] González-Badillo J.J., Sánchez-Medina L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int. J. Sports Med.* 31: 347–352
- [12] Harriss D.J., Atkinson G. (2015). Ethical standards in sport and exercise science research: 2016 Update. *Int. J. Sports Med.* 36: 1121–1124
- [13] Hass C.J., Feigenbaum M.S., Franklin B.A. (2001). Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Med.* 31: 953–964
- [14] Iglesias E., Boulosa D.A., Dopico X., Carballeira E. (2010). Analysis of factors that influence the maximum number of repetitions in two upper-body resistance exercises: curl biceps and bench press. *J. Strength Cond. Res.* 24: 1566–1572
- [15] Izquierdo M., González-Badillo J.J., Hakkinen K., Ibáñez J., Kraemer W.J., Altadill A., Eslava J., Gorostiaga E.M. (2006). Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *Int. J. Sports Med.* 27: 718–724
- [16] Kraemer W.J., Ratamess N.A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36: 674–688
- [17] Pallarés J.G., Sánchez-Medina L., Pérez C.E., de la Cruz-Sánchez E., Mora-Rodríguez R. (2014). Imposing a pause between the eccentric and concentric phases increases the reliability of isoinertial strength assessments. *J. Sports Sci.* 32: 1165–1175

- [18] Pareja-Blanco F., Rodríguez-Rosell D., Sánchez-Medina L., Ribas-Serna J., López-López C., Mora-Custodio R., Yáñez-García J.M., González-Badillo J.J. (2016). Acute and delayed response to resistance exercise leading or not leading to muscle failure. *Clin. Physiol. Funct. Imaging* doi:10,1111/cpf.12348
- [19] Pareja-Blanco F., Rodríguez-Rosell D., Sánchez-Medina L., Sanchís-Moysi J., Dorado C., Mora-Custodio R., Yáñez-García J.M., Morales-Álamo D., Pérez-Suárez I., Calbet J.A., González-Badillo J.J. (2016). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scand. J. Med. Sci. Sports* doi:10,1111/ sms.12678
- [20] Pareja-Blanco F., Sánchez-Medina L., Suárez-Arrones L., González-Badillo J.J. (2016). Effects of velocity loss during resistance training on performance in professional soccer players. *Int. J. Sports Physiol. Perform* doi:10,1123/ijsp.2016-0170
- [21] Richens B., Cleather D.J. (2014). The relationship between the number of repetitions performed at given intensities is different in endurance and strength trained athletes. *Biol. Sport* 31: 157–161
- [22] Sakamoto A., Sinclair P.J. (2006). Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. *J. Strength Cond. Res.*; 20: 523–527
- [23] Sánchez-Medina L., González-Badillo J.J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 43: 1725–1734
- [24] Sánchez-Medina L., González-Badillo J.J., Pérez C.E., Pallarés J.G. (2014). Velocity- and power-load relationships of the bench pull vs. bench press exercises. *Int. J. Sports Med.* 35: 209–216
- [25] Sánchez-Medina L., Pérez C.E., González-Badillo J.J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *Int. J. Sports Med.* 31: 123–129
- [26] Shimano T., Kraemer W.J., Spiering B.A., Volek J.S., Hatfeld D.L., Silvestre R., Vingren J.L., Fragala M.S., Maresch C.M., Fleck S.J., Newton R.U., Spreuwenberg L.P., Hakkinen K. (2006). Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *J. Strength Cond. Res.* 20: 819–823
- [27] Tan B. (1999). Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. *J. Strength Cond. Res.* 13: 289–304
- [28] Terzis G., Spengos K., Manta P., Sarris N., Georgiadis G. (2008). Fiber type composition and capillary density in relation to submaximal number of repetitions in resistance exercise. *J. Strength Cond. Res* 22: 845–850

Para citar este artículo en su versión original:

Juan José González-Badillo, Juan Manuel Yáñez-García, Ricardo Mora-Custodio and David Rodríguez-Rosell. (2017). *Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise*. **Int. J. Sports Med.** DOI <http://dx.doi.org/10,1055/s-0042-120324>