

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

Reliability of force, power and velocity in a test-Retest of a bench press

Confiabilidade de força, potência e velocidade em um teste-Retest de um supino

Baena Morales, S.¹, Bautista, I.¹, Chiroso Ríos, L.J.¹, Chiroso Ríos, I.¹, Martín Tamayo, I.² y García Moreno, J.M.³

1 Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Granada (España); 2 Facultad de Psicología. Universidad de Granada (España); 3 Facultad de Sociología. Universidad de Granada (España)

Resumen: El propósito de este estudio fue analizar la fiabilidad inter-sesión de las medidas de carga (kg), fuerza pico (N), fuerza media (N), potencia media (W), potencia pico (W), velocidad media (m*s-1) y velocidad pico (m*s-1) obtenidas en tres niveles distintos de intensidades (carga inicial, máxima potencia y repetición máxima) y a través de un protocolo incremental en press de banca en máquina Smith. Dieciséis participantes (12 hombres y 4 mujeres) realizaron un test incremental hasta llegar a la 1RM en dos ocasiones diferentes, con un mínimo de 48 horas de recuperación. Todas las variables fueron registradas mediante un transductor de posición lineal. La fiabilidad test-retest fue medida mediante el índice de correlación intraclass ($ICC_{2,1}$), el error estándar de la medida (SEM) y las mínimo cambio detectable con un 95% de probabilidad (MCD95%). Para la carga inicial (CI), máxima potencia (MP) y la repetición máxima (RM). Los resultados mostraron altos valores de ICC en 1RM ($ICC_{2,1} = 0,96$, $SEM = 3,2$ kg y $MD = 9,9$ kg). La potencia y velocidad pico y media presentaron valores altos de ICC (0,91–0,98) en la CI y valores moderados-altos ($ICC_{2,1} = 0,52–0,89$) en las intensidades de MP y RM. El protocolo incremental realizado posee una adecuada fiabilidad test-retest tanto para la 1RM como para el resto de variables analizadas.

Palabras clave: Tren superior, fiabilidad, 1RM, entrenamiento de fuerza.

Abstract: The purpose of this study was to analyze the reliability of inter-session measurements of load (kg), peak force (N), mean force (N), mean power (W), peak power (W), average velocity (m * s-1) and peak velocity (m * s-1) obtained at three different levels of intensity (initial load, maximum power and maximum repetition) through an incremental protocol on bench press in a Smith machine. Sixteen healthy subjects (12 males and 4 females) participated in this study voluntarily. Subjects performed an incremental test to reach 1RM on two separate occasions, with at least a 48-hour recovery. A linear position transducer was used to record mean and peak force, power and velocity. All variables were recorded using a customized software of the linear position transducer. The test-retest reliability

was measured by the intraclass correlation index ($ICC_{2,1}$), the standard error of measurement (SEM) and minimum detectable change with 95% probability (MCD95%) for the initial load (CI), maximum power (MP) and repetition maximum (RM). The reliability analysis showed high values in 1RM ($ICC_{2,1} = 0.96$, $SEM = 3.2$ kg and $MD = 9.9$ kg). Peak power and mean and peak velocity had high ICC values (0,91–0,98) in IL and moderate–high values ($ICC_{2,1} = 0.52–0.89$) in the MP and 1RM loads. The incremental protocol performed has good reliability in 1RM as well as the rest of the variables calculated.

Keywords: Upper body, reliability, 1RM strength training.

Resumo: O propósito deste estudo, foi analisar a finalidade inter-sessão das medidas de carga (kg), pico de força (N), força média (N), potência média (W), pico de potência (W), velocidade média (m*s-1) e pico de velocidade (m*s-1) obtidas em três níveis distintos de intensidades (carga inicial, potência máxima e repetição máxima) através de um protocolo incremental em supino plano na máquina smith. Dezesesseis sujeitos (12 homens e 4 mulheres) participaram no estudo de forma voluntária. Os participantes realizaram o teste incremental até atingirem 1RM em duas ocasiões diferentes, com um intervalo mínimo de 48 horas de recuperação. Todas as variáveis foram registradas mediante um transdutor de posição linear. A fiabilidade foi medida com base no teste-reteste do índice de correlação intra-classe ($ICC_{2,1}$), erro padrão de medição (SEM) diferença mínima detectável, com 95% de probabilidade (MCD95%) para a carga inicial (CI), potência máxima (MP) e repetição máxima (RM). Os resultados apresentam altos valores de ICC no 1RM ($ICC_{2,1} = 0.96$, $SEM = 3.2$ kg e $MD = 9.9$ kg). A potência e a velocidade máxima apresentaram valores altos de ICC (0.91–0.98) na CI e valores moderados–altos ($ICC_{2,1} = 0.52–0.89$) nas intensidades de MP e RM. O protocolo incremental realizado apresenta uma adequada fiabilidade teste-reteste tanto para 1RM como para as restantes variáveis analisadas.

Palavras-chave: trem superior, fiabilidades, 1RM treino da força.

Introducción

En el entrenamiento de la fuerza, la determinación de la máxima carga que un deportista es capaz de levantar se denomina una repetición máxima (1RM). Los diferentes porcentajes de la 1RM corresponden a las diversas zonas de entrenamiento

dentro de las vertientes de la fuerza (Campos y col. 2002). Tagesson y Kvist (2007) diferencian tres zonas de entrenamiento (ligera, media y pesado) en función del porcentaje de la 1RM (60–70% RM, 75–80% RM, >85% RM, respectivamente). La correcta determinación del valor de la 1RM es el principal objetivo por parte de los entrenadores para poder aplicar, con mayor exactitud, los diferentes porcentajes de

Dirección para correspondencia [Correspondence address]: Salvador Baena Morales, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Carretera de Alfacar, s/n, 18071 Granada (España). E-mail: sbaena@ugr.es

carga de forma adecuada, tanto para deportistas de alto rendimiento como a pacientes en procesos de rehabilitación. Por otro lado, el conocimiento de otro tipo de variables como la fuerza, la potencia y la velocidad también resulta de vital importancia para la evaluación de nuestros deportistas y para la planificación deportiva, ya que el control sobre las mismas es un indicador fundamental del estado de forma y la probabilidad de lesión. El término fiabilidad hace referencia a la estabilidad en los valores obtenidos tras múltiples repeticiones de un test de evaluación (Hopkins, 2000). Siguiendo las aportaciones de Sampedro Molinonuevo (2013) unas de las líneas de mayor necesidad de investigación son aquellas que tengan un sesgo técnico y centradas en el análisis de los métodos de fuerza. Teniendo siempre presente que siempre que se realiza una intervención para testar la efectividad de algún programa de entrenamiento resulta imprescindible seleccionar variables dependientes que sean válidas y fiables.

Existen numerosos estudios (Ayala, Sainz de Baranda, De Ste Croix, y Santoja, 2013; Cronin y Henderson, 2004; Cronin, McNair, y Marshall, 2001; Hopkins, 2000; Tagesson y Kvist, 2007) que han analizado la fiabilidad de variables como la fuerza, potencia y velocidad, en diferentes cargas hasta llegar a la 1RM en distintos ejercicios. El conocimiento del comportamiento de la fiabilidad inter-sesión de las medias anteriormente citadas es fundamental para utilizar estas referencias con seguridad y precisión en un contexto deportivo y de rehabilitación.

La evidencia científica existente en referente al estudio de la fiabilidad de las variables utilizando a prueba test–retest para la determinación de la 1RM, han sido analizadas desde diferentes enfoques en función de las variables principal de estudio. En relación a la 1RM, Cronin y Henderson (2004) evaluaron el ejercicio de extensión de rodillas durante un total de cuatro veces en diez días. Estos autores concluyeron que para la evaluación de la fuerza máxima en deportistas principiantes, es necesario la repetición del test en múltiples ocasiones para poder asegurar de esta forma una buena fiabilidad en la medida obtenida. Tagesson y Kvist (2007) compararon en 23 sujetos el ejercicio de extensión de rodilla midiendo la 1RM en dos ocasiones y en días diferentes. El valor del ICC obtenido fue elevado (0,90), mientras que el SEM fue de 5,1 kg. A su vez, los autores analizaron las sesiones que son necesarias para conseguir una medida consistente en 1RM para la extensión de rodillas en sujetos principiantes, llegando a la conclusión de al menos serían necesarias un mínimo de 3 a 4 sesiones en el caso de principiantes. En segundo lugar, desde el punto de vista del análisis de la fiabilidad de las diferentes manifestaciones de la fuerza, Cronin y Henderson (2004) analizaron el pico y la media de la velocidad, potencia y fuerza en press de banca en cuatro ocasiones durante 7–9 días. Dichos autores, no encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables medidas en los dos días diferentes de evaluación, aunque desafortunadamente, estos autores no

incluyeron en sus análisis ningún estadístico de fiabilidad tal como el ICC y/o el SEM. Weiss, Fry, Gossick, Webber, y Barrow (1998) analizaron la fiabilidad del press banca a lo largo de un espectro de velocidades para las variables de fuerza y potencia pico. Cuatro velocidades fueron seleccionadas y evaluadas en dos ocasiones. Los autores concluyeron que la fuerza y la potencia pico presenta altos valores de fiabilidad en las diferentes velocidades seleccionadas (ICC-0,95 – 0,99). Por su parte, Stock, Beck, DeFreitas, y Dillon (2011) en su análisis de la fiabilidad de la velocidad de la barra durante el ejercicio del press de banca obtuvieron un ICC de moderada a alta fiabilidad del test-retest para la velocidad del 10 al 70% 1RMN (ICC70% - 0,811) y (SEM70% - 5,8 kg), sin embargo esta consistencia disminuía para las cargas altas, 80 y 90% de 1RM (ICC90% - 0,564) y (SEM90% - 12,6 kg) Los autores concluyeron que es fundamental conocer la fiabilidad test–retest antes de la realización del tratamiento, puesto que los cambios de cualquier programa de intervención serían más adecuados analizarlos obteniendo este tipo de información. Jennings, Viljoen, Durandt, y Lambert (2005) analizaron la fiabilidad de un dispositivo de desplazamiento lineal para medir la potencia muscular en ejercicios de fuerza monoarticulares y multiarticulares. Los ejercicios de curl de bíceps y squat presentaron altos niveles de fiabilidad (ICC: 0,95–0,98). Estos autores argumentan que el SEM de los ejercicios que involucran múltiples articulaciones fue mayor que aquellos ejercicios monoarticulares. Faigenbaum y col. (2012) analizaron la fiabilidad test–retest de 1RM en el ejercicio “power clean”, en sujetos adolescentes entrenados. Los resultados presentados en dicha investigación mostraron altos valores de fiabilidad (ICC = 0,98), encontrando un bajo SEM (2,3 kg). Cabe destacar que la muestra que utilizaron en ese estudio era experimentada en la realización del ejercicio, por lo que la estabilidad en la medida es mucho más fiable.

Para abordar las lagunas científica existente en la literatura y mejorar el proceso de optimización y monitorización del entrenamiento deportivo es fundamentar plantear esta investigación que tenga como propósito, (a) analizar si el test incremental de cargas utilizado para la evaluación proporciona una adecuada fiabilidad para determinar el valor de 1RM y (b) analizar la fiabilidad test–retest hasta llegar a la 1RM en press de banca, en las variables de fuerza media, fuerza pico, potencia media, potencia pico, velocidad pico y velocidad media en las intensidades de la carga inicial (CI), máxima potencia (MP) y una repetición (1RM).

Material y métodos

Participantes

Dieciséis (n=16) estudiantes de Educación Física (12 hombres y 4 mujeres) sirvieron como participantes experimentales

en este estudio. La media \pm desviación estándar de la altura, masa corporal y edad fue de $175,8 \pm 5,6$ cm, $75,4 \pm 5,72$ kg, $24,4 \pm 5,72$ años respectivamente. Todos los participantes eran adultos jóvenes habituados a la práctica deportiva y físicamente activos. Los participantes evaluado previamente superaron uno criterios de inclusión y exclusión que abarcaban aspecto como ser habituados a la práctica deportiva (al menos tres veces a la semana) y realizadores de la ejecución técnica correcta del press de banca. Firmaron un consentimiento informado previamente a la realización de investigación de acuerdo a la declaración de Helsinki y siendo previamente aprobado por un comité ético.

Procedimiento

Durante la primera visita al Laboratorio de Control del Rendimiento de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada, los sujetos realizaron una sesión de familiarización con el material de evaluación. Se realizaron las mediciones del peso corporal, talla y distancia inter-epicondilea para la posterior estandarización y ubicación del agarre en la barra. El agarre fue estandarizado de forma unilateral usando la distancia de la medida epicondilea hasta la escotadura yugular. Posteriormente, los sujetos realizaron un calentamiento estandarizado que se componía de dos partes. Una parte general de activación vegetativa y entrada en calor en cicloergómetro a 50W durante 5 minutos. La segunda parte del calentamiento correspondió a la realización, en una máquina Smith, de 4 series de 15 repeticiones con 20 kg. Tres minutos fueron dejados entre el final del calentamiento y el inicio del test incremental.

El test incremental consistía en aumentos graduales de carga hasta llegar a la 1RM. La carga inicial fue de 20 kg, produciéndose aumentos progresivos de carga de 20 kg (cuando la velocidad de la barra era mayor a $0,5 \text{ m}^*\text{s}^{-1}$) y de 5 kg (para velocidades de la barra menores a $0,5 \text{ m}^*\text{s}^{-1}$). Se realizaron 4 repeticiones para la carga inicial y 2–3 repeticiones para el resto de cargas, exceptuando la 1RM, que los sujetos sólo fueron capaces de levantar la carga una sola vez. Se les pidió a los sujetos que realizan el movimiento a la máxima velocidad posible, es decir, de forma explosiva. La velocidad de descenso de la barra fue controlada mediante instrucciones del investigador. Los sujetos debían de bajar la barra en dos tiempos y aguantar con la barra en el pecho un máximo de 2 segundos, evitando así el efecto “rebote”. Para impedir que el efecto de la fatiga afectara a los resultados, se dejaron descansos comprendidos entre 3–5 minutos. Los periodos de descanso más pequeños (3 minutos) para aquellas velocidades de la barra mayores a $0,5 \text{ m}^*\text{s}^{-1}$, y periodos de descanso más amplios (5 minutos), para velocidades de la barra inferiores a $0,5 \text{ m}^*\text{s}^{-1}$. Un intervalo de tiempo que osciló entre 48 y 96 horas fue el margen entre la realización del test en ambas oca-

siones. Cada fase concéntrica de la evaluación fue registrada mediante el uso de LPT (T-Force System, Ergotech, Murcia, España). Durante el segundo día de evaluación, los sujetos realizaron exactamente el mismo procedimiento que el primer día.

Análisis estadístico

Todos los datos fueron expresados como media y desviación estándar (SD). El test de Kolmogorov–Smirnov fue realizado para analizar la normalidad de las variables analizadas. Todas las variables cumplieron con el supuesto de normalidad. Una prueba t-test de medidas relacionadas fue realizada para evaluar la 1RM en los dos días que se realizó el test. Un análisis de la varianza de medidas repetidas (ANOVA MR) fue realizado para examinar el efecto de la Fuerza Media, Fuerza Pico, Potencia Pico, Potencia Media y Velocidad Media en las dos evaluaciones realizadas. Cuando no se pudo asumir el supuesto de esfericidad, la corrección Green–House Geisser fue utilizada. Las interacciones del ANOVA MR fueron analizadas mediante los ajustes post hoc de Bonferroni. La fiabilidad test–retest para las variables de Fuerza Media y Pico, Potencia Media y Pico, Velocidad Media y Pico y Carga fue evaluada mediante el uso del Índice de Correlación Intraclase ($ICC_{2,1}$). El error asociado a las medidas de la fuerza, potencia y carga fue analizado mediante el error estándar de la medida (SEM). Para el cálculo del SEM , se utilizó la fórmula de la raíz cuadrada de la media cuadrática de los errores (Weir, 2005). Los resultados del SEM fueron expresados en la misma unidad de medida que las variables en cuestión. Se establecieron las mínimas diferencias (MD) mediante el uso de la siguiente fórmula: $MD = SEM \times 1,96$. A su vez la estandarización de los estadísticos fue realizada siguiendo la escala de Cohen. Las diferencias significativas se establecieron al nivel de $p \leq 0,05$. Todos los análisis fueron realizados utilizando un software de análisis estadístico (SPSS Inc, Illinois, EEUU).

Para el análisis de la fiabilidad, la prueba test–retest suele ser utilizadas para determinar las diferencias entre las medidas de ambas evaluaciones, siendo el índice de correlación intraclase (ICC) y el error estándar de la medida (SEM) los estadísticos más utilizados para el análisis de la fiabilidad. Otros estadísticos, como las mínimas diferencias (MD) pueden ser utilizados para valorar si los cambios obtenidos en el rendimiento son como consecuencia de errores en la medida o de verdaderas mejoras físicas (Weir, 2005). La fiabilidad test–retest para el cálculo de 1RM varía en función de la experiencia, la edad y el sexo de los sujetos. En aquellos sujetos con mayor experiencia, los resultados del ICC son más elevados, presentando también valores más bajos de SEM y viceversa. Los resultados serán presentados a través de los gráficos Bland & Altman para representar las diferencias entre las diferentes medidas de la 1RM. Al mismo tiempo se presentan

en gráfica la heterocedasticidad de los valores residuales y los valores predichos residuales de la variable de la 1RM.

Resultados

Valor máxima de carga desplazada

El valor de la 1RM durante las evaluaciones del día 1 y 2 fueron de $59,7 \pm 17,37$ kg y $61,56 \pm 18,68$ kg, respectivamente. En términos absolutos, se levantó un 3% más de carga en el

segundo día. Los resultados de la prueba t-test para muestras dependientes indicaron que no existieron diferencias significativas ($p = 0,138$) en la carga levantada en el test incremental en ambas ocasiones evaluadas. El $ICC_{2,1}$ para la máxima carga desplazada fue de 0,98 (95% intervalo de confianza = 0,94–0,99). El SEM para la 1RM fue de 3,39 kg. El valor de las MD fue de 9,9 kg. En la Figura 1 se muestra el gráfico de las diferencias entre los valores de la 1RM en los días 1 y 2. En la Figura 2 se muestra gráficamente la asociación lineal entre las dos evaluaciones ($r = 0,967, p = 0,001$).

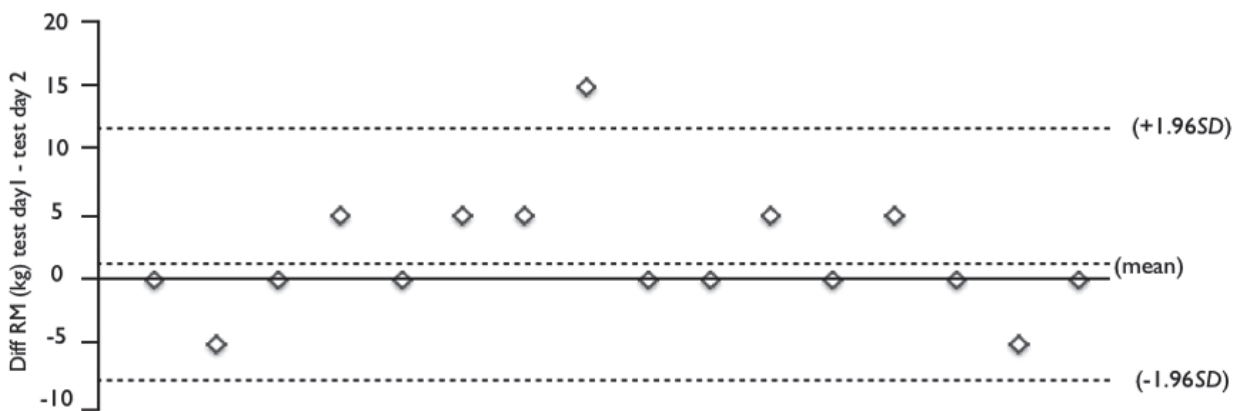


Figura 1. Gráfico Bland and Altman de las diferencias en la carga de la 1RM. El eje-x representa las diferencias entre la RM_día_2-RM_día_1 (media de 1RM). El eje-y representa las diferencias individuales entre la RM_día_2-RM_día_1. La media de las diferencias (media) y 2SD están representados mediante las líneas discontinuas.

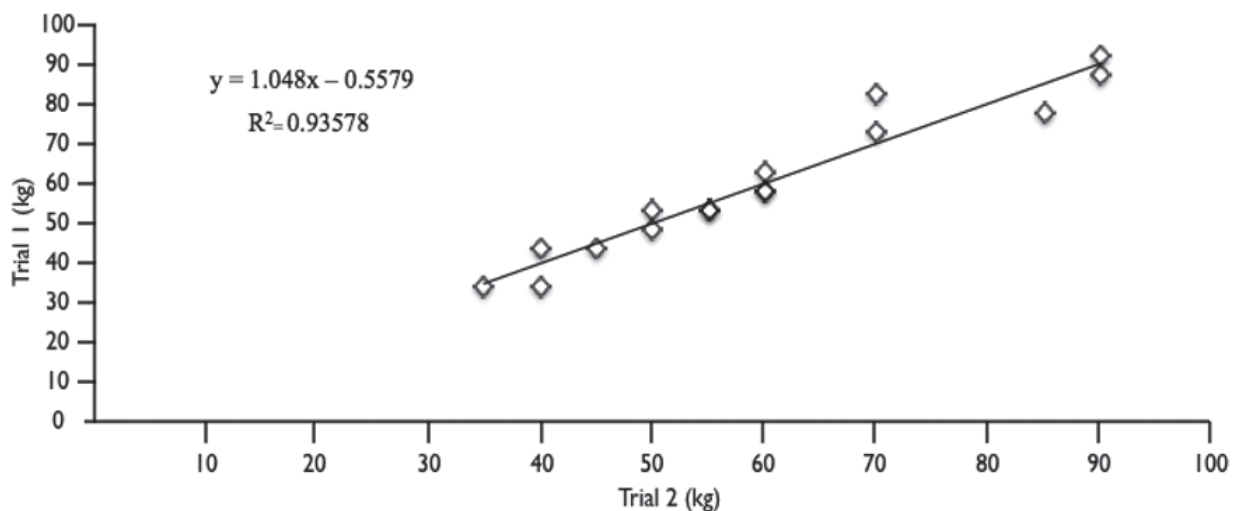


Figura 2. Relación de 1RM (kg) en las dos ocasiones que se evaluaron.

En la Figura 3 se representa los valores residuales y los valores predichos residuales de la variable de la 1RM. El valor de R^2

obtenido fue de 0,002.

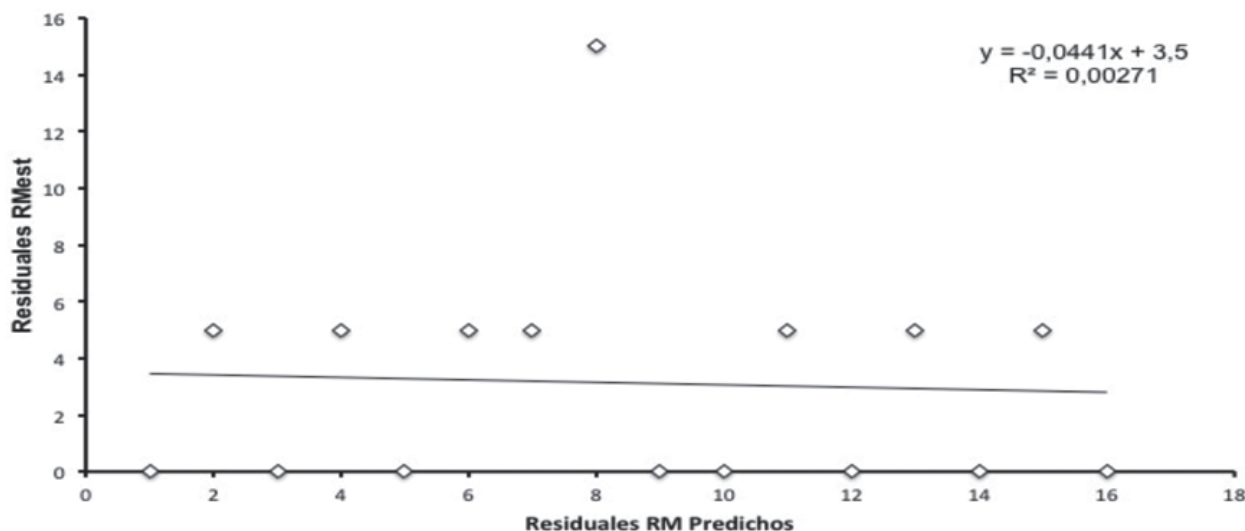


Figura 3. Valores residuales de la 1RM y predichos residuales de la 1RM.

Fuerza media, potencia media y velocidad media

Con respecto a la variable de Fuerza media el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F[1, 15]=1,69$; $p = 0,214$; $\eta^2 = 0,10$; $1-\beta = 0,23$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=3,06$; $p = 0,06$; $\eta^2 = 0,17$; $1-\beta = 0,55$). En la Figura 1 se pueden observar los valores medios de los dos días de evaluación en la variable de la Fuerza media.

En cuanto a la variable de Potencia media el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F[1, 15]=0,38$; $p = 0,849$; $\eta^2 = 0,04$; $1-\beta = 0,05$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=0,049$; $p = 0,953$; $\eta^2 = 0,03$; $1-\beta = 0,57$).

Finalmente, la variable de Velocidad media el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F[1, 15]=0,103$; $p = 0,752$; $\eta^2 = 0,07$; $1-\beta = 0,06$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=1,107$; $p = 0,344$; $\eta^2 = 0,07$; $1-\beta = 0,27$).

Fuerza pico, potencia pico y velocidad pico

En la variable de Fuerza pico el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F[1, 15]=0,076$; $p = 0,787$; $\eta^2 = 0,05$; $1-\beta = 0,05$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=3,06$; $p = 0,06$; $\eta^2 = 0,13$; $1-\beta = 0,41$). En la Figura 1 se pueden observar los valores medios de los dos días de evaluación en la variable de la Fuerza media.

En cuanto a la variable de Potencia pico el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de

la variable *día* ($F[1, 15]=0,232$; $p = 0,637$; $\eta^2 = 0,02$; $1-\beta = 0,05$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=2,206$; $p = 0,234$; $\eta^2 = 0,05$; $1-\beta = 0,34$).

Finalmente, la variable de Velocidad pico el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F[1, 15]=0,075$; $p = 0,788$; $\eta^2 = 0,05$; $1-\beta = 0,08$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=1,121$; $p = 0,373$; $\eta^2 = 0,06$; $1-\beta = 0,21$).

En la Tabla 1 se resumen los estadísticos de fiabilidad de las variables analizadas (Fuerza, Potencia, Velocidad media y pico) en las tres intensidades analizadas (CI = carga inicial; MP = máxima potencia media y RM = repetición máxima).

Tabla 1. Valores del ICC, SEM y MD en las variables de fuerza media, fuerza pico, potencia media y potencia pico.

Fuerza Pico	P valor	ICC _{2,1}	SEM (N)	MD (N)
CI	0,647	0,99	12	34
MP	0,154	0,98	27	75
RM	0,354	0,99	33	92
Fuerza Media	P valor	ICC _{2,1}	SEM (N)	MD (N)
CI	0,979	0,98	11	30
MP	0,001	0,87	49	137
RM	0,034	0,98	35	96
Potencia Pico	P valor	ICC _{2,1}	SEM (W)	MD (W)
CI	0,095	0,99	31	87
MP	0,093	0,97	48	132
RM	0,627	0,89	54	150

Potencia media	<i>P valor</i>	ICC _{2,1}	SEM (W)	MD (W)
CI	0,389	0,96	12	33
MP	0,964	0,98	18	50
RM	0,992	0,52	46	127
Velocidad pico	<i>P valor</i>	ICC _{2,1}	SEM (m*s ⁻¹)	MD (m*s ⁻¹)
CI	0,231	0,91	0,17	0,49
MP	0,758	0,52	0,24	0,69
RM	0,584	0,67	0,09	0,25
Velocidad media	<i>P valor</i>	ICC _{2,1}	SEM (m*s ⁻¹)	MD (m*s ⁻¹)
CI	0,840	0,98	0,04	0,10
MP	0,592	0,89	0,07	0,20
RM	0,273	0,53	0,06	0,17

Tabla 2. Estandarización de los estadísticos a la escala de Cohen.

Fuerza Media	Valor D de Cohen	Tamaño del efecto
CI	0,001	0,001
MP	1,397	0,573
RM	0,011	0,005
Fuerza Pico	Valor D de Cohen	Tamaño del efecto
CI	-0,026	-0,013
MP	-0,104	-0,052
RM	0,057	0,029
Velocidad Media	Valor D de Cohen	Tamaño del efecto
CI	-0,011	-0,005
MP	0,085	0,043
RM	-0,321	-0,159
Velocidad Pico	Valor D de Cohen	Tamaño del efecto
CI	0,172	0,085
MP	-0,074	-0,037
RM	-0,140	-0,070
Potencia Media	Valor D de Cohen	Tamaño del efecto
CI	0,081	0,040
MP	0,003	0,002
RM	-0,003	-0,001
Potencia Pico	Valor D de Cohen	Tamaño del efecto
CI	0,095	0,048
MP	-0,149	-0,074
RM	-0,077	-0,038

Discusión

El principal objetivo de este estudio fue analizar la fiabilidad test-retest de las variables de la 1RM, Fuerza, Potencia y Velocidad, tanto media como pico en un protocolo incremental de cargas en el ejercicio del press de banca. En las tablas 1 y

2, se muestran los resultados del *ICC*, *SEM* y *MD* para las variables de carga, fuerza pico, fuerza media, potencia pico, potencia media, velocidad pico y velocidad media.

De forma general, nuestros resultados muestran una buena fiabilidad (*ICC* = 0,96) en la máxima carga desplazada en las dos ocasiones que se realizó el test, obteniéndose un valor de *SEM* de 3,39 kg. Durante el test incremental realizado el segundo día de evaluación, un 3% más de carga máxima consiguieron levantar los participantes de nuestro estudio. El coeficiente de correlación de Pearson mostró una fuerte asociación entre ambas evaluaciones ($r = 0,967$, $r = 0,001$, ver Figura 2). El gráfico "Bland-Altman" presentado en la Figura 1 muestra que no existieron cambios sistemáticos (p.e., efecto aprendizaje) entre cada una de las evaluaciones realizadas. La ausencia de asociación entre la diferencia y la media vienen a confirmar que el método de evaluación no proporciona errores o cambios sistemáticos. A su vez, el la Figura 3 se aprecia la ausencia de relación entre los valores residuales de la 1RM y los valores predichos, por lo tanto, no se encuentran indicios de heterocedasticidad (Atkinson y Neville, 1998). Las *MD* diferencias fueron calculadas de acuerdo con lo expuesto por Weir (2005). En teoría, este estadístico nos muestra el resultado mínimo que debería haber en una próxima evaluación para que se considerasen que realmente los cambios son debidos a una mejora a causa del entrenamiento y no por un error de la medida. Nuestros resultados muestran que es necesario un cambio mínimo en la 1RM de 9,9 kg para considerarse cambios reales de rendimiento.

Para nuestro conocimiento, este es el primer estudio que analiza la fiabilidad de un test incremental de cargas hasta llegar a la 1RM en las variables de fuerza pico, fuerza media, potencia pico, potencia media y velocidad media, en las intensidades de CI, MP y RM. En cuanto a la variable de la máxima carga desplazada, los resultados presentados en nuestro estudio concuerdan con los indicados por Tagesson y Kvist (2007), en donde en ambas ocasiones donde se evaluó el ejercicio de extensión de rodillas, los sujetos que realizaron las evaluaciones consiguieron levantar un 2% más de carga. Los valores presentados de *ICC* y *SEM* fueron de 0,96 y 3,2 kg, respectivamente. Más concretamente en el ejercicio de press de banca, Cronin y Henderson (2004) analizaron los valores de la 1RM que se alcanzaban, medido en cuatro ocasiones, durante un periodo de 7 a 9 días con sujetos principiantes. Durante las 4 evaluaciones de la 1RM, se encontraron diferencias significativas ($p = 0,001$) en la carga del primer día con el resto de días evaluados, consiguiendo levantar un máximo de un 13,6% kg más de carga en la última evaluación en comparación con el resto de evaluaciones. Estos resultados entran en desacuerdo con los reportados en nuestro estudio. En las evaluaciones llevadas a cabo en nuestra investigación, no se encontraron diferencias significativas ($p = 0,138$) en la máxima carga desplazada en las dos oca-

siones que se repitió el test. Un 3% más de carga se levantó el segundo día de evaluación tras 48 horas de recuperación. Probablemente, las diferencias en el protocolo de evaluación o las características de los sujetos sea la explicación más plausible para explicar estas diferencias.

Cuando hablamos del término fiabilidad, estamos haciendo referencia a la consistencia en la medida (Hopkins, 2000). Las fuentes de errores son como consecuencia de la interacción entre diferentes factores como pueden ser el rango de estabilidad de los sujetos (experiencia previa, edad, sexo, nivel de entrenamiento), el protocolo incremental utilizado para la evaluación (tipo de máquina utilizada, aumentos de cargas para llegar a la 1RM, recuperación entre series, recuperación entre las diferentes evaluaciones) y/o el dispositivo utilizado para las mediciones (transductor de posicionamiento lineal, plataforma de fuerzas, acelerómetro). En nuestro estudio, hemos realizado un protocolo de evaluación para la consecución de la 1RM con un LPT. A su vez, las variables de fuerza, potencia y velocidad, han sido obtenidas y analizadas.

La fuerza pico y fuerza media presentan niveles altos de fiabilidad (ver Tabla 1) en las tres intensidades analizadas. En las comparaciones de la fuerza pico y media en las tres intensidades analizadas en los dos días de evaluación, no se encontraron diferencias significativas entre ambas evaluaciones. Weiss y col. (1998) midieron el pico de fuerza en diferentes velocidades en press de banca. Valores altos de *ICC* (rango: 0,95–0,98) fueron encontrados en las diferentes velocidades analizadas. Estos resultados están en concordancia con los valores obtenidos en nuestro estudio. La fuerza pico y media mostraron niveles bajos de *SEM* (rango: 12–33N [fuerza pico] y rango: 11–49N [fuerza media]) en ambas evaluaciones (ver Tabla 1).

En la potencia pico y medios valores altos de fiabilidad fueron encontrados a excepción de la potencia media en la intensidad de la 1RM. El *ICC*_{2,1} en la intensidad de la RM fue de 0,52, reportando niveles medios–bajos de fiabilidad. Además, en esta intensidad fue donde se encontraron los valores más altos de *SEM* (46 W) y *MD* (127 W) (ver Tabla 1). En el trabajo realizado por Jennings, Viljoen, Durandt, y Lambert (2005) analizaron la fiabilidad de las variables de potencia media en los ejercicios de curl de bíceps y squat, durante tres días consecutivos de evaluación. Dichos investigadores, reportaron niveles altos de *ICC* (rango: 0,95–0,98) tanto para el ejercicio que implica una sola articulación (curl de bíceps), como para el ejercicio que envuelve la participación de más de una articulación (squat).

La velocidad pico y media también fueron analizadas en las tres intensidades mencionadas anteriormente (CI, MP y RM). Valores medios–altos de fiabilidad fueron obtenidos en la CI (*ICC* = 0,98 y 0,84) para la velocidad media y pico, respectivamente. Pero el análisis del resto de cargas (MP y RM), muestran valores medios–bajos de fiabilidad (*ICC* = 0,82, 0,33 y 0,38, 0,53) para la velocidad media y pico, respecti-

vamente. Stock, Beck, DeFreitas, y Dillon (2011) analizaron la fiabilidad de la fuerza y velocidad en ejercicios de saltos con contramovimiento. Los resultados obtenidos en cuanto al *ICC* (0,79–0,99) avalan la fiabilidad de estas variables en el ejercicio evaluado. Los valores de fiabilidad obtenidos en nuestro estudio en la variable velocidad descienden cuanto mayor es la intensidad de la carga. En la investigación de Stock y col. (2011) reportaron moderados valores de *ICC* (rango: 0,56–0,81) para la velocidad media en un espectro de cargas desde el 10% hasta el 90% de 1RM y un largo *SEM* (0,06 m*s⁻¹) para la carga de 1RM, evaluado en press de banca libre. Los mencionados autores argumentan este hecho en la baja motivación de los atletas. De igual forma, nuestros resultados para la variable de velocidad pico y media, con la carga de 1RM muestran altos valores altos de *SEM* (0,10 m*s⁻¹ y 0,06 m*s⁻¹). En nuestro caso, una posible explicación a este hecho sea la heterogeneidad de la muestra y la inclusión de mujeres en el estudio. El *ICC* depende de la suma de los errores al cuadrado, es decir, de la diferencia del valor individual de cada sujeto menos la media al cuadrado. Por lo tanto, en la intensidad de la 1RM, los participantes pertenecientes al sexo femenino difieren mucho del valor que obtienen al valor de la media del grupo.

Finalmente la estandarización de los estadísticos fueron adaptados a la Escala de Cohen. Los resultados de esta escala muestran una variación en el tamaño del efecto insignificante (*valor D* ≥ 0,15) para todas las variables analizadas, exceptuando la MP de la fuerza media, donde se obtuvo un efecto medio (*valor D* ≥ 0,40 < 0,70) (Tabla 2).

En cuanto a las principales limitaciones de este estudio fue precisamente el tamaño muestral y la inclusión de participantes del sexo femenino junto a la del masculino. Aunque los resultados obtenidos en este estudio muestran que no existieron diferencias significativas en las variables analizadas en función del día y en la interacción día x intensidad. Sin embargo, la interpretación de estos resultados deben de tomarse con cautela, en primer lugar porque la muestra no eran deportistas profesionales y en segundo lugar, por el bajo tamaño muestral. Algunas otras limitaciones deben ser tenidas en cuenta para comprender mejor los resultados de este estudio. Los LPT son dispositivos que calculan el espacio, generalmente, con base en las diferencias de voltaje (Harris, Cronin, Taylor, Boris, y Sheppard, 2010). El resto de variables obtenidas son cálculos derivados de fórmulas matemáticas. A nuestro parecer, la baja fiabilidad obtenida en algunas variables como la velocidad o la potencia en cargas altas, podría ser debido a esto entre los otros hechos comentados.

Conclusiones

Los resultados presentados en este estudio, hacen referencia a una evaluación de la fiabilidad test-retest de un protocolo

incremental de cargas hasta llegar a la 1RM en press de banca. De forma general y a modo de conclusión, podemos decir que el protocolo utilizado proporciona valores fiables en la medición de la carga máxima desplazada. El resto de variables analizadas (fuerza, potencia y velocidad, y sus respectivos picos y medias) presentan moderados–altos valores de fiabilidad, exceptuando la potencia media, velocidad media y pico en la intensidad de la 1RM. Otro aspecto a considerar en la obtención de bajos *ICC* y altos *SEM* y *MD* puede ser por los sujetos que participaron en esta investigación. La heterogeneidad de la muestra y la experiencia previa, puede influir en la fiabilidad de las variables de potencia y velocidad con cargas máximas. Finalmente la escala de Cohen muestra como la mayoría de los resultados sufren una variación insignificante en el tamaño del efecto, exceptuando la MP de la fuerza media que obtuvo un efecto medio. A la luz de los resultados, el análisis de la fiabilidad test–retest de las variables de fuerza y potencia, debería ser analizado en futuros estudios con otro tipo de dispositivos que sean capaces de calcular la fuerza de

una forma directa, como las plataforma de fuerzas. De esta forma, se podría asegurar, que el error producido en estas variables no es por el dispositivo de medición.

Aplicaciones prácticas

Para poder evaluar con mayor precisión en qué medida se producen los cambios en los diferentes tratamientos utilizados, resulta necesario, sino imprescindible, la realización por parte de los deportistas una prueba test–retest previa al tratamiento. Por un lado, nos proporcionará información sobre el estado operacional actual de nuestros deportistas, pero por otro lado nos podrá ayudar en el proceso de planificación de los entrenamientos. La obtención de información tal como la fiabilidad de una medida en una determinada variable (*ICC* y *SEM*), o las *MD* que en teoría debería desarrollar nuestros deportistas en futuras evaluaciones para que se consideren cambios en el rendimiento, resulta información muy útil para la prescripción y diseño de programas de entrenamiento.

Referencias bibliográficas

1. Atkinson, G., y Neville, A. M. (1998). Statistical Methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26(4), 217–238.
2. Ayala, G., Sainz de Baranda, P., De Ste Croix, M., y Santoja, F. (2013). Fiabilidad absoluta de las medidas isocinéticas para estimar la función muscular. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 13(52), 799–830.
3. Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., y Staron R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance – training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88(1-2), 50–60.
4. Cronin, J. B., McNair, P. J., y Marshall, R. N. (2001). Velocity specificity, combination training and sport specific tasks. *The Journal of Science & Medicine in Sport*, 4(2), 168–178.
5. Cronin, J. B., y Henderson, M. E. (2004). Maximal strength and power assessment in novice weight trainers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(1), 48–52.
6. Faigenbaum, A. D., McFarland, J. E., Herman, R. E., Naclerio, F., Ratamess, N. A., Kang, J., y Myer, G. D. (2012). Reliability of the One-Repetition-Maximum Power Clean Test in Adolescent Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 432–437.
7. Harris, N. K., Cronin, J., Taylor, K. L., Boris, J., y Sheppard, J. (2010). Understanding Position Transducer Technology for Strength and Conditioning Practitioners. *Strength & Conditioning Journal*, 32(4), 66–79.
8. Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine*, 30(1), 1–15.
9. Jennings, C. L., Viljoen, W., Durandt, J., y Lambert, M. I. (2005). The reliability of the FitroDyne as a measure of muscle power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 859–863.
10. Sampedro Molinonuevo, J. (2013). Algunas consideraciones sobre el método de investigación científica del deporte. *Revista Euroamericana de Ciencias del Deporte*, 2(1), 23-25
11. Stock, M. S., Beck, T. W., DeFreitas, J. M., y Dillon, M. A. (2011). Test–Retest Reliability of Barbell Velocity During the Free-Weight Bench-Press Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 171–177.
12. Tagesson, S. K. B., y Kvist, J. (2007). Intra and interrater reliability of the establishment of one repetition maximum on squat and seated knee extension. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 801–807.
13. Weir, J. P. (2005). Quantifying Test-Retest Reliability Using THE Intraclass Correlation Coefficient. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 231–240.
14. Weiss, L. W., Fry, A. C., Gossick, E. L., Webber, J. M., & Barrow, E. H. (1998). Reliability of bench press velocity-spectrum testing. *Measurement in Physical Education & Exercise Science*, 2(4), 243–252.