

Monograph

Validez de un Encoder Lineal Comercial para Calcular 1 RM en Press de Banca a Partir de la Relación Fuerza-Velocidad

Laurent Bosquet^{1,2,3}, Jeremy Porta-Benache¹ y Jérôme Blais²

¹Faculty of Sport Sciences, University of Poitiers, Poitiers, France.

²Department of Kinesiology, University of Montreal, Montreal, Canadá.

³Sport Experts association, Poitiers, France.

RESUMEN

El objetivo de este estudio ha sido evaluar la validez y la precisión de un encoder lineal comercial (Musclelab, Ergotest, Noruega) para para estimar 1 repetición máxima en el ejercicio de press de banca (1RM) a partir de la relación fuerza-velocidad. Veintisiete estudiantes y profesores de educación física (5 mujeres y 22 hombres), con antecedentes heterogéneos de entrenamiento de fuerza, participaron del presente estudio. Se llevó a cabo un test de 1RM y un test de fuerza-velocidad en el ejercicio de press de banca en orden aleatorio. El valor medio de la fuerza en 1RM fue de 61.8 ± 15.3 kg (rango: 34 a 100 kg), mientras que la 1 RM estimada mediante el programa de Musclelab a partir de la relación fuerza-velocidad fue de 56.4 ± 14.0 kg (rango: 33 a 91 kg.). Las RM real y estimada mostraron una correlación muy elevada ($r = 0.93$, $p < 0.001$) pero muy diferente (Parcialidad: 5.4 ± 5.7 kg, $p < 0.001$, $TE = 1.37$). El 95% de los límites de confianza fue ± 11.2 kg., lo que representó $\pm 18\%$ de la RM real. Se concluye que 1 RM estimada a partir de la relación fuerza-velocidad fue una buena medición para monitorear las adaptaciones inducidas por el entrenamiento, pero también que no fue lo suficientemente precisa para prescribir intensidades de entrenamiento. Es necesario que se realicen otros estudios para determinar si la edad, el sexo o el nivel inicial afectan la precisión.

Palabras Clave: diagnóstico de fuerza muscular, predicción del rendimiento, tecnología innovadora

INTRODUCCION

La capacidad para desarrollar altos niveles de fuerza para acelerar o desacelerar una extremidad o una carga externa de masa constante, a menudo definida como fuerza isoinercial (Abernethy y Jürimäe, 1996), es un factor determinante importante del rendimiento en muchos deportes. Por lo tanto, no es extraño observar que en los programas de acondicionamiento se le dé alta prioridad al desarrollo de la fuerza máxima isoinercial (Baechle y Earle, 2008). El desarrollo óptimo de la fuerza requiere no sólo de un sólido entendimiento de los mecanismos subyacentes a la fuerza máxima isoinercial y un repertorio de estrategias para mejorar estos factores subyacentes, sino también de pruebas y mediciones válidas y confiables para evaluar este componente específico de la aptitud física.

Durante muchos años se ha utilizado el test de una repetición máxima concéntrica (1 RM), que representa la carga máxima

que puede moverse en un rango de movimiento positivo (i.e. contra la gravedad), para evaluar este componente específico de la aptitud física (Logan et al., 2000). Se ha demostrado que la confiabilidad del test de 1 RM es muy elevada ($r \geq 0.90$) (Hoeger et al., 1990), haciendo de este modo que esta medición sea una herramienta útil para monitorear las adaptaciones inducidas por el entrenamiento, pero también para prescribir las intensidades del entrenamiento y ayudar a identificar un talento.

Sin embargo, en algunas poblaciones, el estado del entrenamiento, la edad o las condiciones médicas pre-existentes pueden ser contraindicaciones para realizar de manera segura un test de 1 RM (Reynolds et al., 2006). Por lo tanto, se han desarrollado ecuaciones predictivas para calcular 1 RM a partir de una prueba sub-máxima, incluyendo la cantidad de repeticiones máximas que pueden realizarse con una determinada carga absoluta (Mayhew et al., 2002) o carga relativa (Hoeger et al., 1990), o la mayor carga que se puede levantar para una cantidad de repeticiones predeterminada (Reynolds et al., 2006). La limitación de este método es que la relación entre 1 RM y el rendimiento sub-máximo está influenciada por varios factores, que incluyen la edad, el sexo, el estado de entrenamiento, la velocidad de movimiento o el grupo muscular (). Por lo tanto, la validez de estas ecuaciones está limitada a las características de la población acostumbrada a desarrollarlas.

Otra posibilidad para calcular la fuerza máxima concéntrica a partir de pruebas sub-máximas consiste en extrapolarla a partir de la relación fuerza-velocidad. La prueba habitual consiste en realizar esprints máximos cortos (alrededor de 6 s) en un cicloergómetro contra fuerzas de frenado cada vez mayores. La velocidad ($m \cdot min^{-1}$) se obtiene mediante la multiplicación de la cadencia (revoluciones $\cdot min^{-1}$) por la longitud del volante de inercia ($m \cdot revolución^{-1}$). Sargeant et al. (1981) reportaron una relación lineal negativa entre la fuerza y la velocidad en el pedaleo ($r = -0.979$), y ocasionalmente se ha utilizado la intersección de la curva de regresión lineal con el eje de la fuerza para evaluar las posibilidades máximas de atletas de elite (Vandewalle et al., 1987). Dado que esta intersección es, en teoría, equivalente a la fuerza isométrica máxima que puede desarrollarse en una tarea de pedaleo, se puede suponer que la fuerza máxima concéntrica es aproximada a este valor.

La transposición de este método para las tareas clásicas de levantamiento como el press de banca está limitado por la dificultad de obtener una medición precisa de la velocidad de la barra. Ergotest (Noruega) desarrolló un encoder lineal que permite acceder a esta información, como también a un algoritmo para estimar el valor de 1 RM a partir de la relación fuerza-velocidad. Si se confirma su precisión, esta medida podría resultar ser muy interesante para el diagnóstico de la fuerza (Wilson y Murphy, 1996). El objetivo de este estudio ha sido evaluar la validez y la precisión de un encoder lineal (Musclelab, Ergotest, Noruega) para calcular el valor de 1 RM en press de banca a partir de la relación fuerza-velocidad.

MÉTODOS

Tras una minuciosa reunión informativa todos los participantes firmaron una declaración escrita de consentimiento informado. Realizaron en un orden aleatorio un test de 1 RM en press de banca y un test de fuerza-velocidad en press de banca. Ambos tests estuvieron separados por al menos 48 horas y se realizaron en un período de 10 días. A fin de evitar cualquier fatiga residual inducida por el entrenamiento reciente, se les pidió a los participantes que se abstuvieran de realizar ejercicios agotadores el día anterior a las pruebas. Asimismo, se les pidió que llegaran al laboratorio completamente hidratados y al menos tres horas después de la última comida. No se realizó ningún control del contenido de esta comida.

Participantes

Veintisiete estudiantes o profesores de educación física (5 mujeres y 22 hombres) participaron del presente estudio. Poseían antecedentes heterogéneos en entrenamiento de fuerza, pero todos eran activos de manera recreativa (ejercitaban al menos dos veces por semana). Su edad, estatura y masa corporal eran de 29 ± 10 años, 1.77 ± 0.07 m y 71 ± 12 kg, respectivamente. El protocolo fue revisado y aprobado por el Comité de Ética de Investigación en Ciencias de la Salud de la Universidad de Montreal (Canadá) y se llevó a cabo según los estándares éticos y las leyes nacionales/internacionales.

Procedimientos

Evaluación del Ejercicio

Test de una Repetición Máxima en Press de Banca

El test de 1 RM en press de banca se realizó en una máquina Smith, que sólo permite movimientos verticales (Atlantis,

Laval, Quebec, Canadá). Los participantes se acostaban en posición supina sobre un banco con los brazos completamente extendidos. Cuando recibían la señal, bajaban la barra hasta el pecho y debían permanecer inmóviles durante cuatro segundos, antes de empujarla hasta llegar a una extensión completa sin ayuda (Wilson et al., 1991). El incremento de la carga se determinó de acuerdo al procedimiento propuesto por Tagesson y Kvist (Tagesson y Kvist, 2007). En pocas palabras, los participantes calificaron la dificultad de cada carga en una escala de Likert de 7 puntos, 30 segundos después de finalizado el movimiento. Luego, el incremento de la carga se ajustó a esta evaluación subjetiva, según el procedimiento descrito en la Tabla 1. Entre cada intento tuvieron tres minutos de recuperación pasiva (Beelen et al., 1995), y la carga se incrementó hasta el fallo de la tarea. La carga más pesada que pudo levantarse con la técnica correcta se consideró como 1 RM (en kg).

Valoración del esfuerzo percibido	Incremento de la carga (kg)
Muy, muy leve	10
Muy leve	10
Bastante leve	5
Algo difícil	5
Difícil	2
Muy difícil	2
Muy, muy difícil	1

Tabla 1. Relación entre la valoración del esfuerzo percibido para un intento y el incremento de la carga para el intento siguiente.

Test de Fuerza-Velocidad en Press de Banca

El test de fuerza-velocidad se llevó a cabo en la misma máquina Smith que el test de 1 RM en *press* de banca (Atlantis, Laval, Quebec, Canadá). Al recibir la señal, los participantes bajaban la barra hasta el pecho y debían permanecer inmóviles durante cuatro segundos antes de empujarla hasta llegar a una extensión completa con tanta rapidez como pudieran, y sin ayuda (Wilson et al., 1991). A los participantes se les permitió soltar la barra cuando fuera posible (i.e. en cargas livianas). Se realizaron dos intentos consecutivos por carga, y se registró la mejor lectura para otros análisis. Tuvieron tres minutos de recuperación pasiva entre cada intento (Beelen et al., 1995). La carga inicial se estableció en 10 kg. y se incrementó en 5 kg. en cada intento. El test finalizaba cuando la potencia disminuía durante al menos dos cargas consecutivas. La velocidad se registró uniendo una lanzadera a la parte final de la barra asegurada a un sensor infrarrojo (Musclelab, Ergotest, Noruega). La precisión de este dispositivo electrónico alcanzó la resolución de tiempo de 10 μ s con la interrupción de un transductor óptico cada 3 mm de desplazamiento. Bosco et al. (1995) reportaron que el error máximo de medición de la velocidad debido al sistema fue menor al 0.9% en cualquier caso individual. La confiabilidad relativa, que representa el grado en el cual los individuos mantienen su posición en una muestra con mediciones cotidianas repetidas, es muy elevada ($r = 0.97$), mientras que la confiabilidad absoluta, que representa el grado en el cual las mediciones repetidas varían para los individuos, es muy aceptable tanto en el entorno del laboratorio como en el del campo (coeficiente de variación = 2.3%) (Bosco et al., 1995). La velocidad promedio se calculó a través del rango de movimiento total utilizado para realizar una repetición completa (desde el pecho hasta la extensión completa), y multiplicado por la sobrecarga (en N) para obtener la potencia promedio (en N). La potencia más elevada alcanzada durante el test se consideró como la potencia pico (P_{pico} , en W). La repetición máxima (en kg.) se calculó por medio del programa (Musclelab, Ergotest, Noruega) a partir de la relación fuerza-velocidad según un algoritmo que no proporciona el fabricante.

Análisis Estadísticos

Para el cálculo de las medias y las desviaciones estándar se utilizaron métodos estadísticos estándar. La distribución normal de Gaussian de los datos se verificó mediante el test de Shapiro-Wilk, la homocedasticidad mediante un test de Levene modificado. Ambos grupos de datos coincidieron en estas hipótesis subyacentes. Se utilizó una prueba *t* para muestras dependientes a fin de probar la hipótesis nula de que 1 RM estimada a partir de la relación fuerza-velocidad no fue diferente a la RM real. La magnitud de la diferencia se evaluó mediante el tamaño del efecto (TE), calculado según la siguiente la siguiente ecuación:

$$ES = \frac{M_2 - M_1}{\frac{DE_{AGRUPADA}}{\sqrt{(1 - r)}}}$$

Dónde ES es el tamaño del efecto, M_1 y M_2 son la media de 1 RM real y de 1 RM estimada, r es la correlación producto-momento de los dos grupos de datos, y $DE_{recopilada}$ es la desviación estándar recopilada, calculada de la siguiente manera:

$$DE_{AGRUPADA} = \sqrt{\frac{(S_1^2 \times (n_1 - 1)) + (S_2^2 \times (n_2 - 1))}{(n_1 + n_2 - 2)}}$$

Dónde S_1^2 y S_2^2 son la varianza de 1 RM real y estimada, y n es la cantidad de participantes.

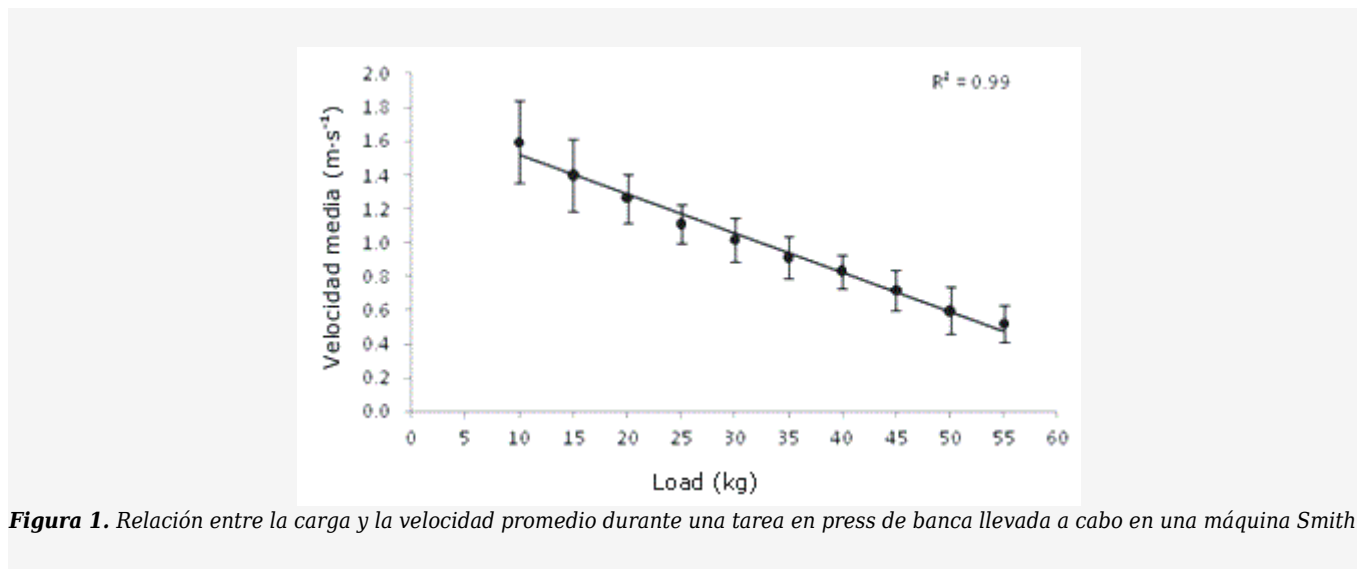


Figura 1. Relación entre la carga y la velocidad promedio durante una tarea en press de banca llevada a cabo en una máquina Smith..

La magnitud de la diferencia se consideró pequeña ($0.2 < TE \leq 0.5$), moderada ($0.5 < TE \leq 0.8$), o grande ($TE > 0.8$) (Cohen, 1988). *A posteriori* el análisis de potencia indicó que 27 participantes por grupo darían como resultado un 99% de probabilidades de obtener significancia estadística en el nivel 0.05 para el tamaño del efecto de 1.37 observado en este estudio. Se utilizó el test de correlación producto-momento de Pearson a fin de evaluar la asociación entre las dos mediciones de 1 RM. Se consideró que una correlación por encima de 0.90 era muy elevada; entre 0.70 y 0.89, elevada; y entre 0.50 y 0.69, moderada (Munro, 1997). El 95% de los límites de acuerdo se calcularon según el método de Bland y Altman (Bland y Altman, 1986). El nivel de significancia estadística se estableció en $p < 0.05$. Todos los cálculos se realizaron por medio de *Statistica 6.0* (Statsoft, Tulsa, EUA).

RESULTADOS

La cantidad de intentos requeridos para detectar 1 RM fue 4 ± 1 (rango: 3 a 6). La RM promedio fue de 61.8 ± 15.3 kg. (rango: 34 a 100 kg.). La cantidad de intentos requeridos para obtener la relación fuerza-velocidad fue 10 ± 2 (rango: 5 a 14).

En la Figura 1 se presenta la curva promedio de participantes que pudieron realizar al menos 10 intentos ($n = 19$). La P_{pico} promedio del total de la muestra fue de 265 ± 59 W (rango: 86 a 407 W) y se alcanzó al $48 \pm 9\%$ de 1 RM real (rango: 35 a 65%). La RM promedio estimada a partir de la relación fuerza-velocidad a través del programa de Muscledab fue de 56.4 ± 14.0 kg. (rango: 33 a 91 kg.). Las RM real y estimada mostraron una correlación muy elevada (Figura 2; $r = 0.93$, $p < 0.001$), aunque muy diferente (Parcialidad: 5.4 ± 5.7 kg., $p < 0.001$, $TE = 1.37$). El 95% de los límites de acuerdo fue de ± 11.2 kg. (i.e. $\pm 18\%$ de 1 RM real), sugiriendo así que la diferencia entre 1 RM real y estimada recaerá entre estos límites en 95 de 100 nuevos individuos que realizan estos tests. La ecuación de regresión lineal de la relación entre 1 RM real y estimada (Figura 2)

fue:

$$y = 1.02x + 4.25$$

Dónde x e y representan 1 RM (kg.) estimada y real, respectivamente. El coeficiente de determinación ajustado fue de 0.98 y el error de estimación estándar (SEE) fue de 5.83 kg.

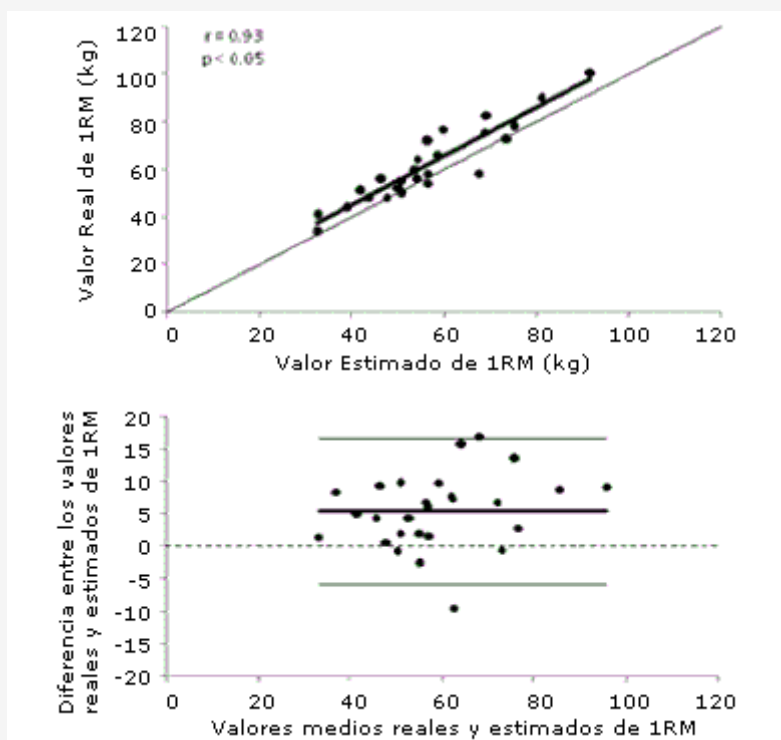


Figura 2. Panel izquierdo: asociación entre 1 RM en press en banca real y estimada. La línea discontinua es la línea de identidad. Panel derecho: Gráficos de Bland y Altman para la comparación entre 1 RM en press de banca real y estimada. La línea gruesa es la parcialidad, las líneas delgadas son el 95% de los límites de acuerdo y la línea discontinua es la parcialidad nula.

DISCUSION

El objetivo de este estudio ha sido evaluar la validez y la precisión de un codificador comercial lineal (Musclelab, Ergotest, Noruega) para calcular 1 RM en *press* de banca a partir de la relación fuerza-velocidad. El principal hallazgo fue la alta validez de este cálculo, junto con una precisión cuestionable. De modo interesante, la correlación y el 95% de los límites de acuerdo calculados en este estudio se comparan muy bien con los datos publicados en dos reportes recientes.

Mayhew et al. (2008) evaluaron la validez y precisión de las ecuaciones de predicción que se han desarrollado para calcular 1 RM en *press* de banca a partir del rendimiento sub-máximo. Reportaron una heterogeneidad muy elevada entre los métodos, que en parte estaba justificada por la cantidad de repeticiones hasta la fatiga utilizada para las predicciones (de 2 a 30). Por lo tanto, se llevó a cabo un análisis de subgrupo con ecuaciones que utilizaron no más de 10 RM. Los autores reportaron una validez muy elevada ($0.91 < ICC < 0.93$). La precisión de las predicciones, como se calculó mediante el 95% de los límites de acuerdo computados a partir de los datos que presentaron Mayhew et al. (2008) en la Tabla 4, varió del ± 14 a $\pm 21\%$ de 1 RM real (27.89 ± 4.8 kg.).

Jidovtseff et al. (2010) examinaron la relación entre 1 RM en *press* de banca y la fuerza isométrica máxima calculada a partir del perfil fuerza-velocidad en *press* de banca. Reportaron una correlación muy elevada entre 1 RM en *press* de banca real y predicha ($r = 0.98$), confirmando así la validez de este método. No proporcionaron ninguna estadística sobre la presencia de una posible parcialidad entre 1 RM en *press* de banca real y predicha, pero la precisión de la predicción, como se calculó mediante el 95% de los límites de acuerdo computados a partir de los datos que presentaron Jidovtseff et al. (2010) en el texto, fue del $\pm 13.7\%$ de 1 RM real (60 ± 19 kg.).

Por tanto, puede considerarse que el método general, que consiste en calcular 1 RM en *press* de banca a partir de la relación fuerza-velocidad, es tan válido como otros métodos que dependen del rendimiento sub-máximo. Una cuestión que

permanece pendiente es determinar si la precisión de las predicciones de Muscledlab podría mejorarse. Desafortunadamente, se desconoce el algoritmo desarrollado por Ergotest (Noruega) para calcular 1 RM a partir de la relación fuerza-velocidad. Existen varias posibilidades, que incluyen la fuerza correspondiente a una velocidad determinada o a un porcentaje de la intersección de x determinado. También es posible considerar la exclusión de datos identificada como posibles variaciones de la regresión. No obstante, estuvo más allá del alcance de este estudio poner a prueba dichas posibilidades, y el tamaño de la muestra no fue apropiado para desarrollar ecuaciones de regresión múltiple para calcular 1 RM a partir de la relación fuerza-velocidad u otras características como el sexo, la edad o el nivel inicial. Esta regresión lineal entre 1 RM real y estimada pudo haber sido utilizada con este propósito, pero el error de medición (SEE) fue el mismo que el de las estimaciones directas, y no fue mejor que el que reportaron Jidovtseff et al. (2010).

Las conclusiones del presente estudio se limitan a la tarea de levantamiento en *press* de banca llevada a cabo en una máquina Smith. No es cierto que los presentes resultados, en particular aquellos con respecto a la precisión, hubieran sido los mismos con una tarea de levantamiento en *press* de banca no guiado. Además, se requieren datos específicos para otras tareas comunes de levantamiento, como la sentadilla. Se ha escogido una población heterogénea, que incluye hombres y mujeres, como también novatos y expertos en entrenamiento de fuerza a fin de cubrir el espectro de individuos más grande que pueda utilizar este método. No puede dejarse de lado que la validez, y muy probablemente la precisión, de las predicciones de 1 RM están afectadas por estas variables. Sin embargo, el tamaño de la muestra no fue lo suficientemente grande como para realizar los análisis de subgrupo que hubieran permitido poner a prueba esta hipótesis.

CONCLUSION

El Muscledlab (Ergotest, Noruega) brinda una estimación válida de 1 RM en *press* de banca a partir de la relación fuerza-velocidad. Aunque esta estimación se compara con otros métodos que utilizan el rendimiento en un test de ≤ 10 RM, la precisión moderada de este cálculo limita su utilidad práctica. Por lo tanto, los atletas y preparadores deberían considerarla como una buena medición para el monitoreo de las adaptaciones inducidas por el entrenamiento, dado que cualquier incremento en 1 RM estimada debería reflejar una mejora real de este componente de la fuerza muscular, pero no para prescribir las intensidades del entrenamiento, siendo el error de predicción muy grande para determinar con precisión las cargas del entrenamiento. De modo más general, este estudio ilustra la importancia de utilizar la tecnología con criterio. Esto sin duda les brinda valiosa información a atletas y preparadores. Esto se cumple particularmente para el Muscledlab (Ergotest, Noruega), pues el control de la velocidad es un componente clave cuando el programa de acondicionamiento tiene como objetivo la potencia máxima. No obstante, siempre debería tenerse en cuenta que estos equipamientos sufren algunas limitaciones que pueden afectar su uso práctico.

Puntos Clave

- Algunos dispositivos comerciales permiten calcular 1 RM a partir de la relación fuerza-velocidad.
- Estos cálculos son válidos. Sin duda, su precisión no es lo suficientemente elevada para ser de ayuda práctica para la prescripción de la intensidad del entrenamiento.
- Se ha demostrado que la confiabilidad diaria de la fuerza y la velocidad medidas por el codificador lineal es muy elevada, pero la confiabilidad específica de 1 RM estimada a partir de la relación fuerza-velocidad debe estar determinada antes de decidir la utilidad de este método en el monitoreo de las adaptaciones inducidas por el entrenamiento.

AGRADECIMIENTOS

Para este trabajo no se recibió ningún tipo de financiación de parte de ninguna organización y los autores no tienen conflictos de interés que tengan relación directa con el contenido de este artículo.

REFERENCIAS

1. Baechle, T. and Earle, R (2008). Essentials of strength training and conditioning. *Human Kinetics, Champaign (Ill)*
2. Beelen, A., Sargeant, A., Jones, D. and de Ruiter, C (1995). Fatigue and recovery of voluntary and electrically elicited dynamic force in humans. *The Journal of physiology* 484 (Pt 1), 227-235
3. Bland, J. and Altman, D (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet* 8, 307-310
4. Bosco, C., Belli, A., Astrua, M., Tihanyi, J., Pozzo, R., Kellis, S., Tsar-pela, O., Foti, C., Manno, R. and Tranquilli, C (1995). A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *European Journal of Applied Physiology* 70, 379-386
5. Cohen, J (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed, L. Erlbaum Associates, Hillsdale
6. Hatfield, D., Kraemer, W., Spiering, B., Hakkinen, K., Volek, J., Shi-mano, T., Spreuwenberg, L., Silvestre, R., Vingren, J., Fragala, M., Gomez, A., Fleck, S., Newton, R. and Maresch, C (2006). The impact of velocity of movement on performance factors in resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Re-search* 20, 760-766
7. Hoeger, W., Hopkins, D., Barette, S. and Hale, D (1990). Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained and trained males and females. *Journal of Applied Sports Science Research* 4, 47-54
8. Jidovtseff, B., Harris, N., Crielaard, J. and Cronin, J (2010). Using the load-velocity relationship for 1 RM prediction. *Journal of Strength and Conditioning Research Epub ahead of print, doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b62c5f*
9. Logan, P., Fornasiero, D., Abernethy, B. and Lynch, K (2000). Protocols for the assessment of isoinertial strength. In: *Physiological tests for elite athletes. ed: Australian Sports Commission ed. Cham-paign (Ill): Human Kinetics. 200-221*
10. Mayhew, J., Johnson, B., Lamonte, M., Lauber, D. and Kemmler, W (2008). Accuracy of prediction equations for determining one repetition maximum bench press in women before and after re-sistance training. *Journal of Strength and Conditioning Re-search* 22, 1570-1577
11. Mayhew, J., Ware, J., Cannon, K., Corbett, S., Chapman, P., Bemben, M., Ward, T., Farris, B., Juraszek, J. and Slovak, J.P (2002). Validation of the NFL-225 test for predicting 1-RM bench press performance in college football players. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 42, 304-308
12. Munro, B (1997). Statistical methods for health care research. Third edition, Lippincott, New York
13. Reynolds, J., Gordon, T. and Robergs, R (2006). Prediction of one repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry. *Journal of Strength and Condition-ing Research* 20, 584-592
14. Sargeant, A., Hoinville, E. and Young, A (1981). Maximum leg force and power output during short-term dynamic exercise. *Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology* 51, 1175-1182
15. Tagesson, S. and Kvist, J (2007). Intra- and interrater reliability of the establishment of one repetition maximum on squat and seated knee extension. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21, 801-807
16. Vandewalle, H., Peres, G., Heller, J., Panel, J. and Monod, H (1987). Force-velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer. Correlation with the height of a vertical jump. *Euro-pean Journal of Applied Physiology* 56, 650-656
17. Wilson, G., Elliott, B. and Wood, G (1991). The effect on performance of imposing a delay during a stretch-shorten cycle movement. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 23, 364-370
18. Wilson, G. and Murphy, A (1996). Strength diagnosis: the use of test data to determine specific strength training. *Journal of Sports Sciences* 14, 167-173

Cita Original

Laurent Bosquet, Jeremy Porta-Benache and Jérôme Blais. Validity of a Commercial Linear Encoder to Estimate Bench Press 1 Rm from the Force-Velocity Relationship. *Journal of Sports Science and Medicine* (2010) 9, 459 - 463