

Monograph

# Exactitud de las Ecuaciones para la Estimación del Rendimiento de 1 RM en Press de Banca, Sentadilla y Peso Muerto

Dale A LeSuer<sup>1</sup>, James H McCormick<sup>2</sup>, Jerry L Mayhew<sup>3</sup>, Ronald L Wasserstein<sup>4</sup> y Michael D Arnold<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Popeyes Cardio Fitness Ctr., 5331 SW 11 PL, Topeka, Kansas 66614.*

<sup>2</sup>*Health, Physical Education & Exercise Science, Washburn University, Topeka, Kansas 66611.*

<sup>3</sup>*Human Performance Laboratory, Ball State University, Muncie, Indiana, U.S.A.*

<sup>4</sup>*Academic Affairs, Washburn University*

<sup>5</sup>*Wellness/Fitness Lab, Clark College, Vancouver, Washington 98663.*

## RESUMEN

Este estudio fue realizado para determinar la exactitud de 7 ecuaciones de estimación de 1-RM por medio de repeticiones hasta la fatiga en press de banca, sentadilla y peso muerto. En el estudio participaron, 67 estudiantes universitarios no entrenados (40 M, 27 F) que estaban inscritos en clases de entrenamiento con sobrecarga y participaron en cuatro sesiones de práctica de 45-min para aprender la técnica correcta de levantamiento y determinar la cantidad de peso que debían levantar para el test de 1-RM. Todos los coeficientes de correlación entre la 1-RM de levantamientos estimada y la alcanzada eran altos ( $r > 0,95$ ). Sin embargo, para el press de banca, las diferencias medias entre los pesos alcanzados y los estimados eran significativamente diferentes de cero en todos menos 2 ecuaciones. Para la sentadilla, la diferencia media fue significativamente diferente de cero excepto en una ecuación. Todas las ecuaciones subestimaron significativamente 1 RM en peso muerto a pesar de que se observaron elevadas correlaciones.

**Palabras Clave:** estimación de la fuerza, resistencia muscular

## INTRODUCCION

La técnica mas utilizada para evaluar la fuerza muscular es el procedimiento de la-repetición máxima (1-RM) (11). Tanto los levantadores de peso novatos como los experimentados, utilizan 1-RM para evaluar los niveles de fuerza con el fin de evaluar el entrenamiento actual y formular nuevos programas de entrenamiento. La medida de 1-RM puede preocupar a los instructores de entrenamiento de la fuerza y levantadores de pesas practicantes, debido al tiempo necesario para prepararse para realizar la-RM y el riesgo de manejar grandes cargas. Un procedimiento simple, seguro y preciso para estimar la 1-RM sería un beneficio para los especialistas de la fuerza y el acondicionamiento, para los profesionales de la medicina deportiva, entrenadores deportivos y entrenadores de sobrecarga

Se han informado siete ecuaciones (ver Tabla 1) para estimar 1-RM utilizando los pesos levantados y las repeticiones hasta la fatiga. La base de las fórmulas es la fuerte asociación entre 1-RM y el número de repeticiones (10 o menos) necesarias para alcanzar la fatiga. En el presente trabajo estudiamos la exactitud de las fórmulas de estimación que usan las repeticiones hasta la fatiga para estimar 1-RM en press de banca, sentadilla y peso muerto, utilizando un mismo conjunto de datos.

Autor	Ecuación
Brzycki (4)	$1\text{-RM} = 100 \cdot \text{peso} ( 102,78 - 2,78 \cdot \text{rep} )$
Epley (5)	$1\text{-RM} = ( 1 + 0,0333 \cdot \text{reps} ) \cdot \text{peso}$
Lander (8)	$1\text{-RM} = 100 \cdot \text{peso} / ( 101,3 - 2,67123 \cdot \text{rep} )$
Lombardi (9)	$1\text{-RM} = \text{peso} \cdot (\text{reps})^{**.1}$
Mayhew et al. (10)	$1\text{-RM} = 100 \cdot \text{peso} / ( 52,2 + 41,9 \cdot \exp [ -.055 \cdot \text{rep} ] )$
O'Conner et al. (14)	$1\text{-RM} = \text{peso} ( 1 + .025 \cdot \text{rep} )$
Wathan(18)	$1\text{-RM} = 100 \cdot \text{peso} / ( 48,8 + 53,8 \cdot \exp [ -.075 \cdot \text{rep} ] )$

**Tabla 1.** Ecuaciones para la estimación de 1 RM.

Las fórmulas fueron ajustadas para predecir el valor de 1RM. Algunas se mencionan en el artículo original en forma de % de 1RM. Exp (a) significa  $e^a$ , donde e es un símbolo matemático que hace referencia a un número aproximado a 2,7181 cuyo logaritmo natural es igual a 1. \*\* indica exponenciación.

## MÉTODOS

En el estudio participaron 67 estudiantes universitarios (40 M, 27 F) que se inscribieron en las clases de entrenamiento de la fuerza. Cada sujeto firmó un consentimiento informado después de que se le explicaran todos los riesgos y beneficios del estudio.

Durante las primeras cuatro sesiones de clase de 45-min, se les proporcionaron instrucciones estandarizadas sobre la técnica de levantamiento apropiada para cada levantamiento. Una vez familiarizados con las técnicas, los sujetos seleccionaron un peso para levantar en el test de 1-RM y un peso con el cual alcanzarían la fatiga en 10 o menos repeticiones en press de banca, sentadilla y peso muerto. Antes de realizar el levantamiento de 1-RM, los sujetos realizaron varias repeticiones de entrada en calor con un peso liviano. Para el test de 1-RM, si el sujeto tenía éxito, se agregaban 5 a 20 lbs para el próximo esfuerzo. Este paso fue repetido hasta que el sujeto no pudiera levantar la carga; así el peso máximo levantado con éxito fue registrado como 1-RM. Este procedimiento se logró en 3 a 6 esfuerzos, con 3 a 5 min de descanso entre los intentos.

El test de 1-RM para los 3 levantamientos se realizó según las pautas establecidas por la Asociación Nacional de Fuerza y Acondicionamiento (NSCA) (1, 6, 15). Las repeticiones-hasta-la-fatiga para cada levantamiento fueron realizadas de la misma manera que el test 1-RM. En el press de banca, la barra debía tocar el pecho y hacer una pausa en cada repetición antes de volver a extender completamente los brazos. En las sentadilla los muslos debían quedar paralelos al suelo cada vez. Durante el peso muerto el sujeto tenía que estar de pie derecho en cada repetición y no podría hacer rebotar la carga en el suelo.

Los sujetos fueron asignados al azar a 1 de 2 grupos. Los del grupo 1 fueron evaluados para 1-RM primero para un cierto levantamiento, y luego se les permitió descansar durante 10 min antes de realizar las repeticiones hasta la fatiga. Los sujetos del grupo 2 en primer lugar fueron evaluados con las repeticiones hasta la fatiga, para un ejercicio de levantamiento dado, luego se les permitió realizar un descanso de 10 min antes de realizar el test de 1-RM. Entre los tests de levantamientos se fijó un mínimo de 48 hrs de descanso.

Se usaron siete fórmulas para estimar 1-RM en cada levantamiento (Tabla 1). En algunos casos las fórmulas estaban expresadas en % de 1-RM, pero fueron convertidas para facilitar la comparación para estimar 1-RM.

### Análisis Estadísticos

Para cada modelo y cada tipo de levantamiento, se utilizó un test-t de muestras apareadas (medias dependientes) para

determinar si la diferencia entre la 1-RM estimada y la alcanzada era significativamente diferente de cero. Si no era posible rechazar esta hipótesis, esto sugería que el modelo arrojaba una buena estimación. Dado que se utilizaron varios test-t, se utilizó un nivel de significancia de 0,01 para las comparaciones individuales con el fin de mantener baja la tasa de error de Tipo I. Para comparar la relación lineal entre los valores alcanzados y los estimados por el modelo se utilizó la correlación producto momento de Pearson. El nivel de significancia del test estándar planteado para evaluar la hipótesis de ausencia de correlación se obtuvo mediante del software estadístico SAS.

## RESULTADOS

En la Tabla 2 se presentan las características físicas y de rendimiento de los sujetos. El número de sujetos en cada grupo (press de banca, sentadilla, peso muerto) no era el mismo porque, aunque todos realizaron los ejercicios en press de banca, algunos no quisieron ser evaluados en sentadilla y peso muerto por razones médicas.

	Varones			Mujeres		
	N	M	±SD	N	M	±SD
1-RM en press de banca (lbs)	40	180,5	40,0	27	73,3	16,2
1-RM en sentadilla (lbs)	38	250,9	57,2	22	133,6	27,2
1-RM en peso muerto (lbs)	36	297,5	54,4	29	136,6	32,4
Edad	40	20,4	3,7	23	23,3	6,2
Carga (lbs)	40	176,6	24,2	27	148,2	39,4

**Tabla 2.** Características Físicas y de rendimiento de los sujetos.

La Tabla 3 compara las repeticiones hasta la fatiga y los puntajes en cada levantamiento. Todos los coeficientes de correlación que comparaban los puntajes de repeticiones-hasta la-fatiga y rendimiento de 1-RM fueron significativos y eran superiores a  $r = 0,95$ .

Autores	Diferencias entre 1RM estimadas (lbs)		Diferencias entre 1RM alcanzadas y estimadas		Diferencia en forma de % de 1RM alcanzada	Correlación	t
	M	±SD	M	±SD			
<i>Press de banca</i>							
Brzycki	131,9	60,6	5,4	7,6	4%	0,993	5,87**
Lander	133,0	61,1	4,3	7,5	3%	0,993	4,68**
Epley	135,1	62,1	2,2	7,5	1%	0,993	2,43**
Lombardi	133,0	61,2	4,3	8,6	3%	0,990	4,14**
Mayhew	136,2	62,4	1,1	8,0	0,8%	0,992	1,16
O'Conner	129,1	59,2	8,2	8,1	6%	0,992	8,22**
Wathan	136,1	62,7	1,2	7,7	0,8%	0,992	1,22
1-RM media alcanzada= 137,3; Desviación estándar = 62,1							
<i>Sentadilla</i>							
Brzycki	197,3	75,1	10,7	18,8	0,05%	0,969	4,4**
Lander	198,9	75,7	9,1	18,8	0,04%	0,969	3,7**
Epley	201,3	76,5	6,7	19,0	0,03%	0,968	2,7**
Lombardi	196,8	74,5	11,2	19,7	0,05%	0,965	4,4**
Mayhew	196,8	74,6	11,2	19,7	0,05%	0,965	2,5**
O'Conner	191,5	72,6	16,5	18,9	0,08%	0,968	6,7**
Wathan	203,4	77,4	4,6	17,2	0,02%	0,969	1,8
1-RM media alcanzada= 208,0; Desviación estándar = 74,6							
<i>Peso muerto</i>							
Brzycki	207,4	88,3	29,1	26,8	12%	0,956	8,3**
Lander	209,2	89,1	27,3	26,8	11%	0,956	7,7**
Epley	212,5	90,3	24,0	27,1	10%	0,956	6,7**
Lombardi	209,1	89,2	27,4	28,4	11%	0,951	7,3**
Mayhew	213,9	91,3	22,6	28,0	10%	0,953	6,1**
O'Conner	202,8	86,5	33,7	27,5	14%	0,954	9,3**
Wathan	214,3	91,0	22,2	27,1	9%	0,965	6,2**
1-RM media alcanzada = 236,5; Desviación estándar = 91,7							

**Tabla 3.** Comparación entre los valores de repeticiones hasta la fatiga y los valores de 1RM \*\*p<0,01

Al evaluar las fórmulas para estimar el rendimiento en press de banca, sólo las formulas de Mayhew et al. (10) y Wathan (18) estimaron los valores de 1-RM y no difirieron significativamente de los valores de 1-RM alcanzados. Las otras fórmulas subestimaron significativamente el rendimiento en 1-RM, en un promedio de 2,2 a 5,4 lbs (0,8-6%). En las sentadilla, sólo la fórmula de Wathan (18) arrojó un valor de estimación de 1-RM que no fue significativamente diferente en promedio del rendimiento de 1-RM alcanzada. Las otras fórmulas no lograron predecir significativamente del rendimiento de 1-RM de 4,6 a 16,5 lbs (2-8%).en promedio. En el peso muerto, a pesar de que se observaron elevadas correlaciones entre el rendimiento de 1-RM estimado y el alcanzado, las fórmulas subestimaron significativamente el rendimiento en 1-RM en promedio de 22,2 a 33,7 lbs (9-14%)

## DISCUSIÓN

Los resultados revelaron que todos los coeficientes de correlación entre los levantamientos de 1-RM estimados y alcanzados eran altos ( $r > 0,95$ ). Sin embargo, en el caso del press de banca, la diferencia media entre las cargas

alcanzadas y estimadas fue significativamente diferente de cero en todas excepto en 2 ecuaciones (10,18). En el caso de la sentadilla, la diferencia media fue significativamente diferente de cero en todas excepto en 1 ecuación (18). Todas las ecuaciones subestimaron significativamente el peso muerto a pesar de las elevadas correlaciones.

Los resultados del estudio presente coinciden con los resultados obtenidos en una población mixta de varones y mujeres; las ecuaciones de Mayhew et al. (10) y Wathan (18) fueron mejores estimadores para el rendimiento en press de banca que las otras ecuaciones. En el estudio de Prinster et al. (16), se observó que la fórmula de Mayhew et al. (10) era un mejor estimador para press de banca utilizando varones universitarios. La tendencia general observada en estos estudios fue subestimar el press de banca en 1 a 5 lbs, lo que coincidía con los resultados del presente estudio.

En un estudio realizado con varones con diferentes niveles de entrenamiento (estudiantes desentrenados, estudiantes entrenados en sobrecarga, luchadores universitarios, jugadores de fútbol, jugadores de fútbol americano, estudiantes de escuela secundaria y varones de mediana edad entrenados en sobrecarga), Mayhew et al. (12) observaron que 3 ecuaciones de estimación sobrestimaron y 3 subestimaron el valor de 1-RM en press de banca.

Brzycki (4) y Ware et al. (17) observaron que <10 repeticiones hasta la fatiga eran mejores para estimar 1-RM. Además, Arnold et al. (2) y Ware et al. (17) observaron que las ecuaciones de estimación arrojaban mejores estimaciones para press de banca que para sentadillas. Arnold et. al (2) informaron que una carga de 85% de 1-RM era mejor para estimar el valor de 1-RM que una carga de 65% 1-RM.

Mayhew et al. (13) y Wathan (18) observaron una relación curvilínea entre 1-RM y las repeticiones hasta la fatiga. La mayor caída en el % 1-RM se producía entre 1 y 2 repeticiones. A partir de ese punto la relación de las repeticiones 3 a 10 con % 1-RM parecía ser relativamente lineal. A pesar de esta linealidad, las ecuaciones evaluadas en el estudio actual tendieron a subestimar el levantamiento alcanzado.

Sobre la base de información obtenida en las siguientes publicaciones, los autores seleccionaron 10-min de descanso entre los levantamiento. Fleck y Kraemer (7) establecieron que, "Es necesario tomar varios minutos de descanso entre las series pesadas y los levantamientos máximos para recuperar las reservas intramusculares de ATP y PC; ya que de otro modo no estarán disponibles para ser utilizadas en la próxima serie "(pág. 139). "Esta recuperación de las reservas de ATP y PC se lleva a cabo en varios minutos" (pág. 139).

Baechle (3) afirma que, "atletas que buscan alcanzar las repeticiones máximas o cercanas a la máxima con una carga pesada generalmente necesitan tomar 3 a 5 min entre las series de mucho peso (pág. 451).

### Aplicaciones Prácticas

Los datos sugieren que las repeticiones hasta la fatiga (10 o menos repeticiones) pueden estimar de manera precisa el valor de 1-RM. En general, las fórmulas estimaron con mayor precisión la 1-RM en press de banca, seguida por la 1RM en sentadilla y luego la 1 RM en peso muerto. Un estudio de seguimiento para determinar una fórmula específica para el peso muerto contribuiría con la precisión para este tipo de levantamientos.

## REFERENCIAS

1. Algra, B (1982). An in-depth analysis of the bench press. *NSCA Journal* 4(5):6-7,10-11,70-72
2. Arnold, M.P., J.L. Mayhew, D. Le Suer, and J. McCormick (1995). Accuracy of predicting bench press and squat performance from repetitions at low and high intensity. *Strength and Cond. Res.* 9:205-206.1995. (abstract)
3. Baechle, T.R. (Ed.) (1994). Essentials of Strength Training and Conditioning. Champaign, IL: *Human Kinetics*
4. Brzycki, M (1993). Strength testing: Predicting a one-rep max from reps to-fatigue. *JOPERD* 64:88-90
5. Epley, B (1985). Poundage chart. Boyd Epley workout. *Lincoln, NE*
6. Farley, K (1985). Analysis of the conventional deadlift. *NSCA Journal* 17(6):55-57
7. Fleck, S.J., and W.J. Kraemer (1987). Designing Resistance Training Programs. *Champaign, IL: Human Kinetics*
8. Lander, J (1985). Máximos based on reps. *NSCA Journal* 6:60-61
9. Lombardi, V.P (1989). Beginning Weight Training. *Dubuque, IA: W.C. Brown*
10. Mayhew, J.L., T.E. Ball, M.D. Arnold, and J.C. Bowen (1992). Relative muscular endurance performance as a predictor of bench press strength in college men and women. *Appl. Sport Sci. Res.* 6:200-206
11. Mayhew, J.L., J.C. Clemens, K.L. Busby, J.S. Cannon, J.S. Ware, and J.C. Bowen (1995). Cross-validation of equations to predict 1-RM bench press from repetitions-to-failure. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:S209
12. Mayhew, J.L., J.L. Prinster, J.S. Ware, D.L. Zimmer, J.R. Arbas, and M.G. Bemben (1995). Muscular endurance repetitions to predict bench press strength in men of different training levels. *Sports Med. Phys. Fitn.* 35:108-113

13. Mayhew, J.L., J.R. Ware, and J.L. Prinster (1993). Using lift repetitions to predict muscular strength in adolescent males. *NSCA Journal* 15:35-38
14. O'Conner, B., J. Simmons, and P. O'Shea (1989). *Weight Training Today*. St. Paul, MN: West Publ
15. O'Shea, P (1985). The parallel squat. *NSCA Journal* 7(1):4-6,78
16. Prinster, J.L., J.L. Mayhew, J.R. Arabas, J.W. Ware, and M.G. Bemben (1993). Prediction of maximal bench press strength from relative endurance performance in college men. *Strength and Cond. Res.* 7:185-186,1993. (abstract)
17. Ware, J.S., C.T. Clemens, J.L. Mayhew, and T.L. Johnston (1995). Muscular endurance repetitions to predict bench press and squat strength in college football players. *J. Strength and Cond. Res.* 9:99-103
18. Wathan, D. Load assignment (1994). In: *Essentials of Strength Training and Conditioning*. T.R. Baechle, ed. Champaign, IL: *Human Kinetics*, 1994. pp. 435-439.

### **Cita Original**

LeSuer, D.A., J.H. McCormick, J.L. Mayhew, R.L. Wasserstein, and M.D. Arnold. The accuracy of prediction equations for estimating 1-RM performance in the bench press, squat, and deadlift. *J. Strength Cond. Res.*; 11 (4): 211-213, 1997.