



Determinación de las zonas de entrenamiento de fuerza explosiva y potencia por medio de un test de saltos con pesos crecientes

Establishment of explosive strength and power training zones through a jump test as weight increases

Naclerio, F.¹, Rodríguez, G.², Forte, D.¹

¹ Departamento de Fundamentos de la Motricidad y Entrenamiento Deportivo, Universidad Europea de Madrid.

² Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte – INEF, Universidad Politécnica de Madrid.

Dirección de contacto

Fernando Naclerio Ayllón: fernando.naclerio@uem.es

Fecha de recepción: 30 de marzo de 2008

Fecha de aceptación: 16 de octubre de 2008

RESUMEN

El objetivo del estudio fue analizar las diferencias entre las alturas o potencias producidas en un test de saltos con pesos crecientes utilizando distintos porcentajes de la 1 MR, así como identificar las zonas de pesos en donde se alcanzan las potencias altas y aquellas en donde no es posible saltar. 14 deportistas de diferentes especialidades realizaron un test de saltos con pesos crecientes, determinando el nivel de sobrecarga en base al valor de la 1 MR, medido previamente en el ejercicio de sentadilla con barra libre. 4 de los sujetos fueron excluidos del análisis debido a que su bajo nivel de fuerza máxima determinaba que su propio peso corporal representara una sobrecarga superior al primer rango porcentual evaluado (<40%). Los resultados obtenidos en los 10 sujetos restantes indicaron que al saltar con porcentajes <40% se logran las mayores alturas y potencias, siendo significativamente diferentes ($p < 0.05$) de las producidas con porcentajes >60% de la 1 MR. Además, al saltar con los pesos comprendidos entre el 41-50% y 51-60% de la 1 MR, aunque no se observan diferencias significativas, sí se determinan pérdidas de potencia superiores al 10% y al 20% respectivamente. De acuerdo con estos resultados, al realizar ejercicios explosivos con diferentes porcentajes de peso, pueden distinguirse tres zonas de trabajo: Zona 1 o de fuerza explosiva (<40-60%), Zona 2 o de fuerza media alta (<60-90%) y Zona 3 o de fuerza máxima (>90%).

Palabras clave: saltos verticales, 1 MR, fuerza explosiva.

ABSTRACT

The purpose of this study was to establish the difference between the high and power determined by a progressive load vertical jump test where the level of the weight was determined according to percentage of the 1 RM. Also we attempt to identify the loads zones where the subject reach the maximal power or could not jump. 14 sportsmen of different specialities undergo a progressive jump test applying the load according their 1 RM achieved in the free weight squat. Due to their low 1RM level 4 of the subject were excluded of the analysis because the own body weight determined a load percentage over the first range assessed (<40%). The results obtained from the other ten subject showed that the maximal high and power were reached with <40% and were significantly high ($p<0,05$) from the high and power produced with >60% of 1 RM. On the other hand the jump with the 41-50% and 51-60% in spit of not reach significant difference, produced a lost on the power that was over to the 10% and 20% respectively. In accordance with this results, when carrying out explosive exercises with different load percentages like a jump we can differentiate three zones: Zone 1 or explosive strength (<40-60%), Zone 2 or medium or high strength (<60-90%) and Zone 3 or maximum strength (>90%).

Key words: vertical jump, 1RM, explosive strength.

INTRODUCCIÓN

La capacidad de aplicar fuerza a la máxima velocidad posible determina los niveles de potencia muscular, el cual ha sido considerado un indicador clave de la intensidad de esfuerzos físicos (Cronin y Sleivert 2005). Este parámetro, junto con la relación determinada entre la fuerza y la velocidad en distintos ejercicios, ha sido utilizado para describir las características funcionales y los efectos de los entrenamientos aplicados en diferentes actividades físicas (Baker 2001, Naclerio y col. 2007)

Algunos autores, han aplicado los test de saltos verticales para evaluar la relación entre fuerza, velocidad y potencia, aplicando cargas externas de forma progresiva, ya sea determinadas de forma absoluta (Hakkinen y col. 1984, Rahmani y col. 2002) o con relación al peso corporal (Bosco y col. 1982). No obstante, muy pocas veces se ha establecido esta relación considerando las sobrecargas con relación al porcentaje de la 1 MR. Kellis y col.(2005), evaluaron a un grupo de estudiantes varones, que realizaron un test progresivo en sentadilla paralela, aplicando pesos de entre 10 y 100 Kg. que, posteriormente, fueron relacionados con el 7% y el 70% de la 1 MR. Estos autores, observaron que los valores más altos de potencia y velocidad se alcanzaban entre el 7% y el 14% de la 1MR, siendo estos significativamente diferentes ($p<0,05$) respecto de los producidos con pesos superiores al 14%. De todos modos, en este trabajo se calculó la 1 MR considerando sólo la sobrecarga externa, sin incluir el peso corporal como parte del

peso movilizado. Este error, aunque no influyó en los cálculos de la fuerza (N) o la potencia (W), porque se utilizó una plataforma dinamométrica, sí pudo haber influido sobre las recomendaciones realizadas en cuanto a los porcentajes de peso en donde se alcanzan los valores más altos de potencia y, por lo tanto, debería ser considerado cuando otros entrenadores o investigadores realicen test similares pero utilizando otro tipo de tecnología como los transductores de velocidad o las plataformas de contacto, en donde la inclusión o no del peso corporal puede afectar no solo la relación porcentual, sino también los cálculos de la potencia mecánica (Cormie y col. 2007).

De acuerdo con Viitasalo (1985), el test de saltos verticales, utilizando una plataforma de contacto en donde, por un lado, la velocidad de desplazamiento angular se estime por medio del tiempo de vuelo para luego calcular la altura del salto y, por otro, la fuerza se estime por el peso total movilizado (peso corporal más la sobrecarga externa en Kg.), constituye una metodología fiable para analizar la funcionalidad de los extensores de las piernas. No obstante, aunque en diversos estudios se han estandarizado los procedimientos para realizar este test (Sale 1991), nunca se ha efectuado considerando el nivel de sobrecarga respecto al valor de 1 MR, ni controlando el rango de desplazamiento angular para que sean iguales en los saltos y en la sentadilla (que indica el nivel de 1 MR o 100%). Debido a esto, es posible que muchos resultados o indicaciones respecto al nivel de la sobrecarga elegida para el entrenamiento, no se adecuen al rendi-

miento real de cada sujeto. Por consiguiente, en este estudio nos planteamos analizar las diferencias entre las alturas o las potencias producidas con distintos porcentajes de la 1 MR en un test de saltos con pesos, respetando siempre los mismos ángulos y rangos de trabajo. Como segundo objetivo, nos propusimos identificar las zonas o porcentajes de peso en donde se alcanzan las potencias más altas y diferenciarlas de aquellas en donde se observa una caída importante o en las cuales no es posible saltar.

MÉTODO

Se evaluaron 14 varones (28.7 ± 3.5 años, 177.9 ± 9.6 cm. y 76.35 ± 7.3 Kg.) voluntarios, que realizaban diferentes actividades deportivas. Todos los sujetos declararon no estar tomando ninguna sustancia dopante durante los 6 meses anteriores al estudio, estar entrenando sistemáticamente la fuerza y utilizar la sentadilla como ejercicio habitual.

Los sujetos realizaron su último entrenamiento 48 h. antes de comenzar el estudio, el cual consistió en dos evaluaciones, separadas por 48 h., entre las cuales no se realizó ningún tipo de entrenamiento físico. El día 1 se determinó el peso corporal (en ayunas) y la estatura. Posteriormente, los sujetos realizaban su desayuno habitual y regresaban al laboratorio para efectuar el test de 1 MR en el ejercicio de sentadilla con barra libre (SBL). Este ejercicio, se ejecutó apoyando la barra a la altura de la 7ª vértebra cervical, manteniendo el tronco recto y flexionando las rodillas hasta alcanzar una flexión de 90°. Desde aquí, se invertía la dirección de movimiento hasta recobrar la posición inicial. El nivel de la 1 MR, en Kg. totales, fue determinado sumando el peso externo y el 90% del peso corporal de cada sujeto (Cormie y col. 2007, Dugan y col. 2004). El día 2 se realizó un test de saltos con pesos crecientes (TSC), utilizando una plataforma de contacto (Globus Italia) y siguiendo un protocolo similar al descrito por Viitasalo (1985), aunque estableciendo el nivel de sobrecarga según el porcentaje de la 1 MR determinado previamente en SBL. De esta manera, salvo en el primer salto que se realizaba sin sobrecarga externa (ya que el porcentaje estaba determinado por la relación entre el peso corporal/1MR), el nivel de sobrecarga en los demás debía estar comprendido dentro de los siguientes rangos porcentuales: 41% a 50% en el 2º salto, 51% a 60% en el 3º, 61 a 70% en el 4º, 71 a 80% en el 5º, 81 a 90% en el 6º y más del 90% en el 7º. Aunque idealmente el TSC comprendía la realización de 7 saltos, la prueba se detenía en cuanto los sujetos no podían despegar los pies de la plataforma, es decir, si no

se medía fase de vuelo. Los saltos se ejecutaron con contramovimiento (CMJ), siguiendo la técnica descrita por Komi y Bosco (1978) aunque, al igual que en el ejercicio de SBL y para guardar la mayor similitud con éste, se controló la fase de descenso y el grado de flexión de rodillas hasta 90°. La altura del salto fue calculada según la metodología propuesta por Komi y Bosco (1978): a partir del tiempo de vuelo (tv), medido por la plataforma de contacto, se estimaba la velocidad inicial en el momento del despegue (V_i) y, posteriormente, se calculaba la altura del salto por medio de la siguiente fórmula $V_i^2/2 \cdot g$. El pico de potencia fue calculado con la fórmula definida por Sayers y col. (1999), siendo la potencia pico (vatios) = $60.7 \cdot (\text{altura del salto en cm}) + 43.5 \cdot (\text{peso corporal en kg}) - 2055$.

RESULTADOS

Cuatro sujetos fueron excluidos del análisis estadístico, ya que el 40% de la 1 MR representaba para ellos una carga inferior a su propio peso corporal y, por tanto, no pudieron ser evaluados en este rango porcentual (<40%). En consecuencia, el análisis estadístico solamente se efectuó con los 10 sujetos que completaron todos los tratamientos. En la Figura 1 se pueden observar las M y DT de los resultados obtenidos en el TSC. Las pruebas de Friedman realizadas reflejaron que el porcentaje de la 1 MR afectaba significativamente a la altura ($\chi^2(5)=50,000$; $p<0,001$) y a la potencia ($\chi^2(5)=50,000$; $p<0,001$) de cada salto. Las comparaciones post-hoc mediante la prueba de Tukey mostraron que las alturas y las potencias medias alcanzadas con pesos superiores al 60% de la 1 MR (61-70%, 71-80% y 81-90% de la 1 MR), eran significativamente inferiores respecto a las producidas con pesos <40% de la 1 MR ($p<0,05$). Asimismo, las alturas y las potencias medias logradas con pesos comprendidos entre el 71 y el 80% y entre el 81 y el 90%, fueron significativamente inferiores que las alcanzadas con pesos del 41 al 50% ($p<0,05$). Por otro lado, la altura y la potencia alcanzadas entre el 81 y el 90%, fueron significativamente inferiores que las logradas entre el 51-60% ($p<0,05$). Ningún sujeto fue capaz de saltar con pesos mayores del 90% de la 1 MR. La potencia pico mostró una curva descendente, similar a la de la altura y, aunque no se observaron diferencias significativas entre los primeros tres rangos porcentuales, ya con el 2º rango (41-50%) se produjo una caída >10% y, con el 3º (51-60%), una pérdida >20% respecto de la máxima potencia alcanzada con <40% de la 1 MR (ver Figura 1).

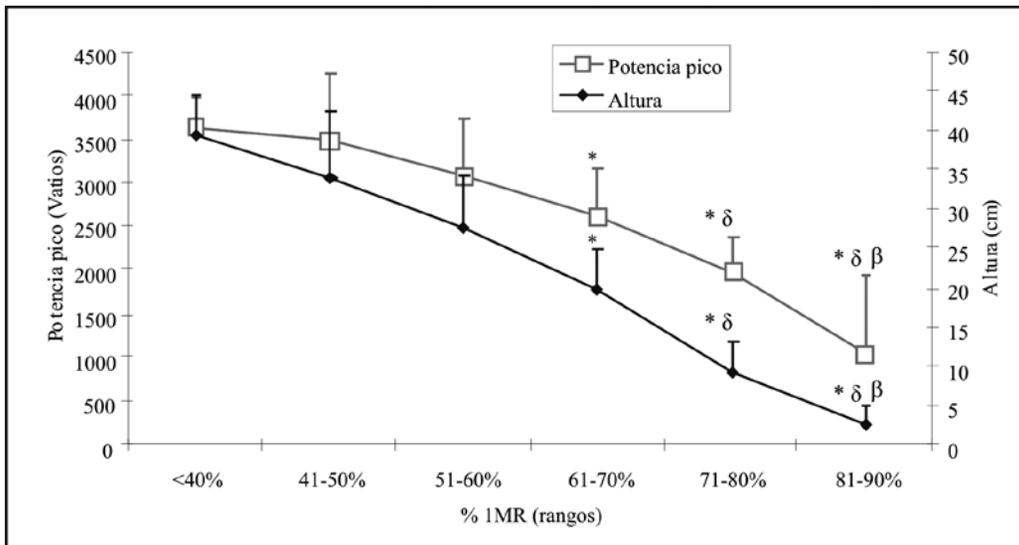


Figura 1. Valores medios y DT de la altura y la potencia calculadas en los diferentes porcentajes evaluados en cada salto.

* $p < 0,05$ respecto a la altura o a la potencia alcanzada con <40%. β $p < 0,05$ respecto a la altura o a la potencia producidas con el 41-50%. β $p < 0,05$ respecto de a la altura o a la potencia producida al 51-60%.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio, indican que al saltar con porcentajes de peso bajos (<40%), la altura y la potencia alcanzadas son significativamente más altas respecto de las alcanzadas con los porcentajes medios o altos (>60%). Por otro lado, a pesar de no observarse diferencias significativas, el pico de potencia cae más de un 10% al saltar con sobrecargas superiores al 40% y más de un 20% con pesos comprendidos entre el 51 y el 60% de la 1 MR. Este comportamiento es similar al observado en el caso de la altura, aunque ésta muestra una caída más pronunciada. Las similitudes observadas entre la altura y la potencia son de esperar, ya que ambos parámetros fueron calculados aplicando fórmulas indirectas. Estos resultados son similares a los encontrados por Viitasalo (1985) en tres estudios con estudiantes, saltadores y jugadores de voley que realizaron el test de saltos verticales en diferentes momentos, tanto de los entrenamientos (antes y después) como de la temporada. En todas las ocasiones, la relación entre fuerza y velocidad mostró una curva descendente, e incluso reflejó los efectos de los entrenamientos aplicados en cada caso. No obstante, en los estudios mencionados, la sobrecarga fue aplicada de forma absoluta y no se estableció ninguna relación con el valor de la 1 MR. Gorostiaga y col. (2004), aplicaron un test similar con pesos comprendidos entre 10 y 70 Kg., para valorar las adaptaciones de un grupo de juga-

dores de fútbol a un programa de entrenamiento de fuerza explosiva. Dichos autores indicaron que este test constituía una metodología válida para reflejar la orientación de las cargas de entrenamiento, ya que al cabo de 11 semanas los sujetos manifestaron un incremento significativo sólo en la altura alcanzada al saltar con su propio peso y con 10, 20 y 30 Kg. En este caso, tampoco se relacionó el nivel de las cargas aplicadas con los valores de la 1 MR y, por lo tanto, no es posible establecer con qué porcentaje de peso se producen estas mejoras. Por su parte, Bosco y col. (1982), establecieron las cargas en el test de saltos con pesos según su relación porcentual con el peso corporal, considerando sólo el peso externo y sin tener en cuenta el nivel de la 1 MR. Debido a ello, a pesar de la utilidad de este método para describir la relación entre fuerza y velocidad, así como para reflejar las adaptaciones a los entrenamientos, no es posible determinar en qué zonas o porcentajes de carga se evaluó a los sujetos.

Los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden con Verkhoshansky (1996), cuando indica que en los gestos deportivos, al movilizar con la mayor velocidad posible cargas superiores al 40% de la fuerza máxima, la eficiencia del gesto depende progresivamente de la fuerza absoluta, mientras que por debajo de este porcentaje se incrementa la influencia de la velocidad y la técnica de movimiento. Además, si consideramos los resultados del estudio

de Cronin y col. (2003), que indican que con pesos superiores al 60% se produce una pérdida significativa de la velocidad y un alargamiento de los tiempos de tensión durante la fase concéntrica, es evidente que además de los aspectos técnicos, la variable que más limita la eficiencia del salto es la relación entre el peso corporal y la fuerza máxima. De esta manera, la fuerza máxima constituye una capacidad que limita el rendimiento específico, el cual sólo podrá expresarse adecuadamente cuando el peso corporal, o un 90% de éste, representen sobrecargas inferiores al 40% de la 1 MR.

CONCLUSIONES

Al realizar el test de saltos con pesos crecientes, las alturas y potencias más altas se logran con los pesos más bajos (<40%-60% de la 1 MR) y, a medida que el peso se incrementa (>60%), los niveles de fuerza necesarios para movilizar la carga van siendo significativamente más elevados y se necesita más tiempo para lograrlos. De este modo, el gesto se hace más lento y se reduce la altura y la potencia producida. Por otro lado, con pesos muy altos (>90% de la 1 MR) se pierde la capacidad de saltar o realizar una acción balística. En consecuencia, al hacer ejercicios movilizándolo pesos en un amplio rango (~30%-100% de la 1 MR) con la mayor velocidad posible, la interacción entre fuerza, velocidad y potencia permite identificar tres zonas. La Zona 1, integrada por pesos bajos (~30% al 60%), en donde predomina la velocidad o

explosividad. La Zona 2, o de pesos medios (>60% al 90%), en la que predomina la fuerza, pero aún se conserva la posibilidad de realizar gestos balísticos y la Zona 3, o de pesos máximos (>90%), en donde no es posible realizar gestos balísticos y predomina la fuerza máxima. Los resultados obtenidos nos permiten recomendar que el test de saltos con pesos sea aplicado para evaluar las modificaciones que se producen en las Zonas 1 y 2 (>30% hasta el 90% de la 1MR), determinando la carga según el nivel de la 1MR e incluyendo el peso corporal o el 90% de éste como parte de la resistencia movilizada. Además, debemos considerar que la Zona 1 (fuerza explosiva) puede dividirse en dos subzonas: pesos bajos (<40%), en la que se alcanzan los valores de potencia más elevados, y pesos medios (>40% al 60%), en donde si bien las potencias producidas son muy elevadas, ya existe una pérdida superior al 10% que se asocia con un alargamiento del tiempo de tensión y la convocatoria progresiva de fibras lentas para poder completar el gesto (Hori y col. 2005). Por tanto, para evaluar los efectos del entrenamiento de saltabilidad sobre el rendimiento de fuerza explosiva, sería suficiente con valorar la relación fuerza-velocidad determinada con los pesos de la Zona 1 (30% al 60%), considerando que una mejora en la subzona de pesos bajos (<40%) indica una predominancia de la velocidad o la potencia, mientras que una mejora en la subzona de los pesos altos (>40% al 60%) indica un predominio de la fuerza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baker, D. (2001). A series of studies on the training of High Intensity Muscle Power in Rugby League Football Player. *J. Strength Cond. Res*, 15(2), 198-209.
- Bosco, C., Viitasalo, J. T., Komi, P.V. & Luhtanen, P. (1982). Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiol Scand*, 114(4), 557-565.
- Cormie, P., McBride, J. M. & McCaulley, G. O. (2007). The influence of body mass on calculation of power during lower body resistance exercise. *J. Strength and Cond. Res*, 21(4), 1042-1049.
- Cronin, J., McNair, P. J. & Marchall, R. N. (2003). Lunge performance and its determination. *J of sports sciences*, 21, 49-57.
- Cronin, J. & Sleivert, G. (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Med*, 35(3), 213-234.
- Dugan, E. L., Doyle, T. L.A., Humphries, B., Hasson, C. J. & Newton, R. U. (2004). Determining the optimal load for jump squat: A review of methods and calculations. *J. Strength and Cond. Res*, 18(3), 668-674.
- Gorostiaga, E. M., Izquierdo, M., Ruesta, M., Iribarren, I., Gonzalez-Badillo, J.J. & Ibañez, J. (2004). Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *Eur J Appl Physiol*, 91, 698-707.
- Hakkinen, K., Alen, M. & Komi, P.V. (1984). Neuromuscular, anaerobic, and aerobic performance characteristics of elite power athletes. *Eur J Appl Physiol*, 53, 97-105.
- Hori, N., Newton, R. U. & Nosaka, K. (2005). Weightlifting Exercise Enhance Athletic Performance That Requires High-Load Speed. *Strength Cond. J*, 27(4), 50-55.
- Kellis, E., Arambatzi, F. & Papadopoulos, C. (2005). Effects of load reaction force and lower limb kinematics during concentric squat. *J. of Sport Sciences*, 23(10), 1045-1055.
- Komi, P.V. & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med and Sci sports and Exc*, 10(4), 261-265.
- Naclerio, F., Forte, D., Colado, J. C., Benavent, J.Y. & Chulvi, I. (2007). Analysis of the Force and Power Produced in the Squat over 52 Weeks Training. *Med and Sci sports and Exc*, 39(5), S293.
- Rahmani, A., F, V., Dalleau, G. & Lacour, J.R. (2002). Force/Velocity and power/velocity relationships in squat exercise. *Eur J Appl Physiol*, 84(3), 227-232.
- Sayers, S. P., Harackiewicz, D.V., Harman, E. A., Frykman, P. N. & Rosenstein, M. T. (1999). Cross-Validation of three jump power equation. *Med and Sci sports and Exc*, 31(4), 572-577.
- Verkhoshansky, Y.V. (1996). Componenti e Structura Dell impegno esplosivo di Forza. *Rivista di cultura Sportiva*, 34, 15-21.
- Viitasalo, J.T. (1985). Measurement of force-velocity characteristics for sportsmen in field conditions. In Winter, D.A., Normal, R.W., Wells, R. P., Hayes, K. C. and A.E., P. (Eds.), *Biomechanics IX-A* (pp. 96-101). Champaign IL.: Human Kinetics.