

Monograph

# Influencia de la Fuerza y la Potencia en el Rendimiento de un Test de Resistencia Muscular

Travis Triplett-McBride<sup>4</sup>, Matthew R Rhea<sup>3</sup>, Juan Carlos Colado<sup>2</sup>, Derek Bunker<sup>3</sup> y Dr. Fernando Naclerio, PhD, CSCS, CISSN, RNutr<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of the Fundamentals of Motricity and Training, European University of Madrid, Madrid, España.

<sup>2</sup>Department of Physical Education and Sports, University of Valencia, Valencia, España.

<sup>3</sup>Department of Interdisciplinary Health Sciences, AT Still University, Mesa, Arizona, Estados Unidos.

<sup>4</sup>Department of Health, Leisure and Exercise Science, Appalachian State University, Boone, North Carolina, Estados Unidos.

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la importancia de la fuerza y la potencia muscular en una prueba de rendimiento de resistencia muscular. Catorce aspirantes a bombero realizaron un test de resistencia progresiva (PRT) seguido por un test específico de repeticiones máximas (MRT40) en press de banca, en los cuales se realizaron mediciones de potencia, fuerza y resistencia muscular. Luego se realizaron las comparaciones para examinar las relaciones entre las 3 variables de aptitud muscular. Los resultados, expresados en términos absolutos y relativos al peso corporal, indicaron que el rendimiento en el MRT40 se relacionó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) con; el peso corporal ( $r = 0,78$ ), la repetición máxima (1RM) ( $r = 0,83$ ), la potencia máxima (Pmax) durante el PRT ( $r = 0,71$ ), Pmax producida con 40 kg en el PRT ( $r = 0,64$ ) y con la potencia y fuerza promedio aplicadas durante todas las repeticiones en el MRT40 ( $r = 0,78$  y  $r = 2 0,64$ , respectivamente). La carga que expresó la máxima potencia media durante el PRT fue  $47,6 \pm 9,0\%$  de 1RM y no mostró ninguna relación significativa con 1RM ni con el rendimiento en el MRT40. Concluimos que el rendimiento en éste test de resistencia específico para los miembros superiores del cuerpo depende de varias variables, entre las cuales la fuerza máxima, el peso corporal y la potencia máxima absoluta, son las más importantes. Dado que la capacidad de aplicar fuerza submáxima de manera repetida, es un requisito para los bomberos y para otras profesiones/deportes, la presente investigación sugiere que el objetivo inicial de un programa de entrenamiento para aumentar la resistencia muscular debería ser, aumentar la fuerza máxima hasta un punto donde la carga específica que está siendo levantada durante las acciones repetidas sea inferior al 40% de 1RM de los individuos. Entonces el entrenamiento subsiguiente debería centrarse en mantener los niveles de fuerza máxima y mejorar la resistencia muscular local en tareas específicas.

**Palabras Clave:** press de banca, fuerza máxima, test de repetición

## INTRODUCCION

El rendimiento en muchos deportes, algunas profesiones y algunas pruebas especiales para la selección de trabajos, depende de la capacidad de aplicar la fuerza a la mayor velocidad posible (potencia) y de realizar acciones musculares submáximas repetidas. Varios estudios (3-5, 7, 9, 10, 13, 29) han analizado la potencia producida durante diferentes

ejercicios de sobrecarga como una variable fundamental para determinar el rendimiento y también el efecto inducido por el entrenamiento. Sin embargo, tal como lo indican Dugan et al. (15) y Cronin y Sleivert (13), no hay todavía ningún criterio uniforme con respecto a cuál es la mejor manera de medir los niveles de potencia, o el grado en que la potencia puede influir sobre el rendimiento en diferentes actividades físicas.

Se ha observado que los individuos que pueden producir una mayor cantidad de fuerza máxima pueden, con la misma carga, generar mayor potencia que los individuos más débiles. Además, tienden a producir la potencia máxima (Pmax) a un porcentaje más bajo de una repetición máxima (1RM) (5). Sobre la base de la estrecha relación entre la fuerza máxima y el nivel de potencia que se alcanza al realizar ejercicios de sobrecarga (5, 13, 22), muchos estudios han utilizado esta relación como criterio fundamental para evaluar el rendimiento en diferentes actividades del entrenamiento deportivo (4, 25). Sin embargo, es interesante destacar que además de los niveles de fuerza máxima, la resistencia y potencia muscular locales alcanzadas con una carga específica, podrían limitar también el rendimiento en algunas actividades de resistencia (19, 23). A la fecha hay numerosos estudios sobre la fuerza máxima; la resistencia muscular local; o la potencia ejercida durante diferentes ejercicios de fuerza, saltos, o lanzamientos (5, 13, 20, 21, 27); sin embargo, no encontramos ningún estudio científico que determinara si hay alguna variable de fuerza o de potencia que tuviera una influencia mayor sobre el rendimiento de resistencia de los miembros superiores del cuerpo.

Además, parecería que la fuerza máxima está relacionada a la capacidad de alcanzar un buen rendimiento en un test de resistencia submáximo y además la fuerza máxima podría estar relacionada con la capacidad de generar potencia durante acciones máximas y submáximas. Por lo tanto, sería importante identificar con más detalle estas relaciones para preparar programas de ejercicios diseñados para aumentar el rendimiento en tests de resistencia muscular y en actividades profesionales o deportivas, tales como preparar a los aspirantes a bomberos en Madrid (España) para el test requerido de máximas repeticiones en press de banca con 40 kg en 40 segundos.

Según los estudios citados, nosotros planteamos la hipótesis que el rendimiento en un test de repeticiones máximas (MRT) con una carga submáxima está principalmente relacionado a la 1RM y secundariamente a la capacidad de mantener un nivel elevado de fuerza y potencia aplicada a lo largo de un gran número de repeticiones. Además, planteamos la hipótesis que el porcentaje de la carga máxima donde se obtendría Pmax (carga óptima) sería menor, porque la capacidad de la fuerza máxima es mayor. Por consiguiente, el objetivo principal de este estudio fue determinar el nivel de influencia que la fuerza y potencia máxima, medidas en un test de resistencia progresiva (PRT) y durante un test específico con 40 kg en 40 segundos (MRT40), tienen sobre el rendimiento de resistencia de los miembros superiores del cuerpo. Un objetivo adicional fue identificar la carga que expresa la mejor potencia media en el ejercicio de press de banca horizontal (durante el PRT) y determinar su asociación con la fuerza máxima y la resistencia muscular máxima.

## MÉTODOS

---

### Abordaje Experimental del Problema

Las evaluaciones se realizaron 72 horas después de la última sesión de entrenamiento de los sujetos, para minimizar los efectos de fatiga del entrenamiento.

Los tests fueron realizados en 2 sesiones separadas por un período de 48 horas, y durante éste tiempo los sujetos no debían realizar ningún tipo de actividad física. El test PRT se realizó en la primera sesión, y el test MRT40 se realizó en la segunda sesión. En el día 1, los sujetos llegaron entre las 8 y 10 am, sin desayunar, y en esas condiciones se evaluó la composición corporal. Luego desayunaron como de costumbre y 2 horas después, realizaron el PRT. El MRT40 se realizó 2 horas después del desayuno en el segundo día de evaluación, del mismo modo que el test PRT. El coeficiente de correlación intraclase fue determinado previamente en un estudio piloto realizado en nuestro laboratorio y su valor fue  $\geq 0,90$ .

La Tabla 1 muestra todos los datos que se obtuvieron para esta investigación a partir de los tests.

| Variable   | Descripción   |
|------------|---|
| 1RM        | Carra máxima (kg) utilizada en el test de resistencia progresiva (PRT)          |
| 1RM rel    | 1RM normalizada por el peso corporal  |
| Nmax40     | Fuerza máxima (newton) en 40 kg producida durante el PRT                        |
| Nmax40 rel | Nmax40 normalizada por el peso corporal   |
| Pmax40     | Potencia máxima media (watts) en 40 kg producida durante el PRT                 |
| Pmax40 rel | Pmax40 PRT normalizada según el peso corporal                                   |
| Pmax       | Potencia máxima media (watts) producida durante el PRT                          |
| Pmax rel   | Pmax normalizado por el peso corporal   |
| Carra Pmax | Carra que produjo la potencia máxima media producida durante el PRT             |
| %RM Pmax   | Porcentaje de 1RM en el cual se produce la potencia máxima media durante el PRT |
| R40s       | Máximo número de repeticiones realizadas en el test con 40 kg en 40 s (MRT40)   |
| Nmedia40s  | Fuerza media (newton) producida durante todas las repeticiones en MRT40         |
| Pmedia40s  | Potencia media (watts) producida durante todas las repeticiones en MRT40        |
| Pmax40s    | Potencia máxima media (watts) producida durante el MRT40                        |
| %N         | Porcentaje de disminución de la fuerza (newton) durante el MRT40                |
| %P         | Porcentaje de disminución de la potencia (watts) durante el MRT40               |

**Tabla 1.** Descripción de las variables analizadas. \*1RM = 1 repetición máxima.

## Sujetos

En este estudio participaron catorce aspirantes a bombero de sexo masculino, saludables de  $29,3 \pm 4,2$  años, con un peso corporal de  $77,9 \pm 8,3$  kg, talla de  $176,1 \pm 10,4$  cm y porcentaje de grasa corporal de  $12,6 \pm 5,6\%$ . Todos los sujetos estaban preparándose para las pruebas físicas de admisión al Servicio de Bomberos de la Comunidad de Madrid (España), con el mismo entrenador quien prescribía individualmente un plan de entrenamiento similar.

Todos los sujetos tenían experiencia en el entrenamiento de fuerza, habían entrenado durante por lo menos 5 años y habían utilizado el ejercicio en press de banca durante su programa de entrenamiento durante por lo menos 1 año, antes de comenzar el estudio. El estudio se realizó al final del período preparatorio, 3 semanas antes de la prueba de selección para aspirantes a bombero. Además, todos los sujetos declararon no haber consumido, durante por lo menos 6 meses, ninguna sustancia prohibida o droga, según lo establecen las reglas del Comité Olímpico Internacional. En el momento en que se realizó el estudio, ninguno de los sujetos padecía alguna contraindicación cardiovascular, musculoesquelética general o local en las articulaciones escapular-humeral o escapular-torácica. Todos los sujetos fueron informados de los procedimientos del estudio antes de participar y firmaron un consentimiento informado. El Comité de Ética de la Universidad Europea de Madrid aprobó el estudio.

## Procedimientos

### Valoración de la Composición Corporal

El peso corporal se determinó en una balanza estándar y el porcentaje de grasa corporal se determinó por el método descrito por Ross y Marflet-Jones (1991). Los pliegues cutáneos fueron medidos por el mismo investigador con un calibre de pliegues cutáneos *Harpenden* ( $10 \text{ g} \cdot \text{mm}^{-1}$  presión constante; *Country Technology, Gays Mills, WI*).

Para estimar la densidad corporal se utilizó la ecuación de Jackson y Pollock para 7 pliegues cutáneos y luego para expresar este valor en forma de porcentaje de grasa corporal, se utilizó la ecuación de Siri (28).

### Equipamiento

Uncodificador óptico rotatorio (*Real Power; Globus, Codogno, Italy*) con un registro mínimo de posición mas baja de 1 mm, se utilizó para medir la posición y calcular la velocidad, fuerza y potencia aplicadas durante cada repetición del ejercicio en press de banca en ambos tests. El cable del codificador fue conectado a la barra de manera tal, que el ejercicio pudiera realizarse libremente. El mecanismo de funcionamiento del codificador permitía que el cable se moviera en cualquier dirección vertical del movimiento y permitía enviar la posición de la barra a una interfaz conectada a una computadora, cada milésimas de segundo (1000 Hz). Para calcular la fuerza máxima y media en newton (N), velocidad en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  (v), y potencia en watts (W) producidos durante la fase concéntrica del ejercicio se utilizó un *software* patentado para el

codificador (*Real Power J110*).

### **Test de Resistencia Progresiva**

El ejercicio en press de banca horizontal fue realizado utilizando barras y discos olímpicos siguiendo la técnica descrita por Baechle et al. (2).

Sin embargo, en función de las regulaciones que rigen los tests de ingreso al Servicio de Bomberos de la Comunidad de Madrid, se permitió que los sujetos levantaran la pelvis mientras realizaban el ejercicio.

El test se realizó siguiendo el protocolo utilizado por Naclerio et al. (26) el cual se utilizó del mismo modo que en otros estudios (5, 9, 10, 24, 25). Se realizaron ocho series de 2 a 3 repeticiones. Las series, realizadas con la mayor fuerza posible, tenían períodos de descanso entre las series de entre 2 y 5 minutos, dependiendo de la magnitud de la carga que debían superar. Las dos primeras series se realizaron con una carga baja (25-45% de 1RM), la tercera y cuarta serie con carga leve-moderada (50-65% de 1RM), la quinta y sexta con carga media-alta (70-80% de 1RM) y la séptima y octava con carga máxima o cercana a la máxima (85-100% de 1RM).

Para el análisis se seleccionó la repetición que produjo la mayor potencia media en cada serie (26).

Para determinar la carga inicial de la prueba, la primera serie se realizó con aproximadamente 30% de la carga máxima estimada o de 1RM que fue previamente realizada por los sujetos (26). Dado que el test también consistía en realizar repeticiones con 40 kg (para comparar con el MRT40), la primera serie de PRT siempre se realizó con un peso menor y la segunda serie fue realizada con el peso específico (40 kg). El incremento en la carga para las siguientes series (luego de la segunda serie con 40 kg) se determinó aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{kg de aumento} = [(1\text{RM estimada (kg)} - \text{carga inicial (kg)}) / (\text{series totales} - 1)]$$

La carga inicial se definió como la carga utilizada en la primera serie y “kg de aumento” era la cantidad de peso que debía agregarse en cada serie subsiguiente.

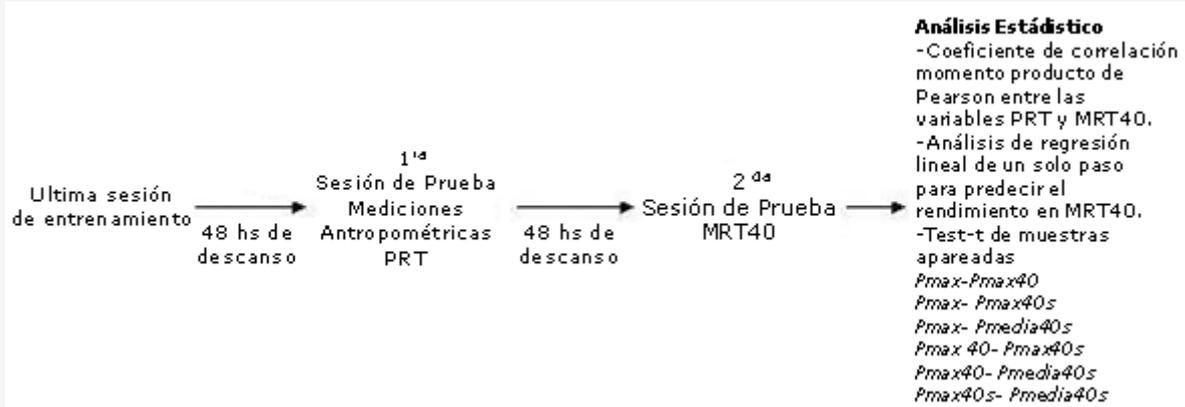
Cuando los sujetos se acercaban al valor estimado de 1RM, los períodos de descanso entre las series se incrementaban a 5 minutos y antes de empezar la última serie, se solicitó a los sujetos que realizaran tantas repeticiones como les fuera posible de modo que si realizaban más de una, se calculaba el valor de 1RM a través de la fórmula de Mayhew et al. (23).

### **Test específico (Test de Máximas Repeticiones con 40 kg)**

Ésta es una prueba competitiva que se basa en realizar el mayor número de repeticiones posibles en el ejercicio en press de banca con 40 kg en un período de 40 segundos (R40s). El mismo investigador experimentado contaba el número de repeticiones realizadas correctamente por todos los sujetos y registraba el valor. Además, se utilizó el codificador para obtener la potencia media producida en cada repetición, del mismo modo que en el test de PRT. De ésta manera, se determinaron varias variables a partir de esta prueba: (a) fuerza media (N) y potencia media (W) producida a lo largo de todas las repeticiones del MRT40 (Nmedia40s y Pmedia40s, respectivamente), (b) Pmax del test utilizando la repetición que arrojó el valor más alto en watts (Pmax40s), y (c) el cambio porcentual en la fuerza (% N) y en la potencia (% P) también fueron determinados a lo largo del test MRT40. El %N fue determinado mediante la ecuación  $(N_{\text{min}}/N_{\text{max}} \times 100)$ , donde Nmin y Nmax son los valores mínimo y máximo de fuerza aplicada obtenida durante la prueba. De manera similar, % P fue determinado mediante la ecuación  $(P_{\text{min}}/P_{\text{max}} \times 100)$  donde Pmin era el valor más bajo y Pmax el valor más alto de la potencia media obtenida durante la prueba.

### **Análisis Estadísticos**

Los datos obtenidos fueron procesados con el *software* SPSS v.12,0 para Windows. Se realizó un análisis descriptivo de las variables del estudio, y luego para determinar el grado de normalidad de los datos se aplicaron los tests de Kolmogorov-Smirnov y de Shapiro-Wilk. Para establecer la relación entre las variables se realizó un análisis de correlación de Pearson. Para obtener las variables predictivas del rendimiento se realizó un análisis de regresión lineal de un solo paso. Finalmente, se realizó un test-t de muestras apareadas para determinar las diferencias entre la potencia máxima media determinada por la carga entera movilizada en el PRT (Pmax), la carga de 40 kg del PRT (Pmax40), la potencia media máxima determinada en 1 repetición en el MRT40 (Pmax40s) y la potencia media determinada durante todas las repeticiones en el MRT40 (Pmedia40s). El nivel de significancia se fijó en  $p \leq 0,05$ . La potencia estadística para las evaluaciones estuvo comprendida entre 0,85 a 0,91. La Figura 1 muestra un esquema del diseño del estudio y los análisis estadísticos que se aplicaron.



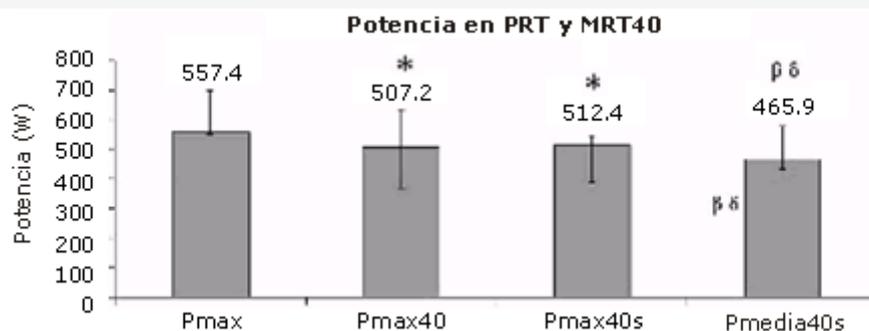
**Figura 1.** Esquema de representación del diseño del estudio.

## RESULTADOS

La Tabla 2 muestra los valores de Media y DS para las variables medidas en PRT y MRT40. En la Tabla 2 se observan diferencias significativas entre la Pmax producida en el PRT y la Pmax alcanzada con 40 kg durante el test PRT (Pmax40) y la Pmax alcanzada en la mejor repetición durante el test MRT40 (Pmax40s). Además, la Pmedia40s medida durante MRT40 fue significativamente menor que Pmax, Pmax40 ( $p \leq 0,01$ ) y Pmax40s ( $p \leq 0,05$ ). Como era de esperar, no se observaron diferencias significativas entre Pmax40 y Pmax40s (Figura 2).

|                 | <b>Variables</b> | <b>Test</b> | <b>Media</b> | <b>±DS</b> |
|-----------------|------------------|-------------|--------------|------------|
| <b>Fuerza</b>   | 1RM              | PRT         | 107,4        | 12,2       |
|                 | 1RM rel          | PRT         | 1,4          | 0,1        |
|                 | Nmax40           | PRT         | 522,8        | 42,1       |
|                 | Nmax40 rel       | PRT         | 6,7          | 0,4        |
|                 | %N               | MRT40       | -23,4        | 6,3        |
|                 | R40s             | MRT40       | 47,5         | 6,0        |
| <b>Potencia</b> | Pmax40           | PRT         | 507,2        | 125,8      |
|                 | Pmax40 rel       | PRT         | 6,5          | 1,0        |
|                 | Pmax             | PRT         | 557,4        | 140,7      |
|                 | Pmax rel         | PRT         | 7,1          | 1,3        |
|                 | Load Pmax        | PRT         | 51,4         | 9,5        |
|                 | %RM Pmax         | PRT         | 47,6         | 9,0        |
|                 | Pmedia40s        | MRT40       | 465,9        | 113,8      |
| Pmax40s         | MRT40            | 512,4       | 35,0         |            |

**Tabla 2.** Valores de Media ( $\pm$ DS) de las variables relacionadas a fuerza y potencia medidas en los tests PRT y MRT40 \*1RM = 1 Repetición máxima; MRT = Test de repeticiones máxima.



**Figura 2.** Comparación entre las variables de potencia medidas en los tests PRT y MRT40. \* Presenta diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) con Pmax.  $\beta$ = Presenta diferencias significativas con Pmax y Pmax40 ( $p \leq 0,01$ ).  $\delta$ =Presenta diferencias significativas con Pmax40 ( $p \leq 0,05$ ). MRT = Test de repeticiones máximas; Pmax=potencia máxima.

La Tabla 3 muestra el análisis de correlación momento-producto de Pearson ( $r$ ) y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) observados entre las variables antropométricas, la fuerza y la potencia determinadas en PRT y MRT40 con respecto al número máximo de repeticiones alcanzado en MRT40 (R40s). Aunque las correlaciones fueron significativas, sólo se observaron correlaciones altas en peso corporal, 1RM y Pmedia40s.

El análisis de regresión de un solo paso arrojó la siguiente ecuación de predicción:

$$\text{PRT 40} = -0,17 + 0,229 \times \text{peso corporal} + 0,278 \times \text{1RM}$$

Esta ecuación tenía un  $r = 0,84$  y  $r^2 = 0,719$ ; así, el 71,9% de la varianza compartida de los resultados de MRT40 puede ser explicada por el peso corporal y 1RM, que fueron las 2 variables medidas con las mayores correlaciones. La potencia máxima media alcanzada durante el PRT se obtuvo con el  $47,6 \pm 9,0\%$  de la repetición máxima (1RM) determinada por el test PRT (Tabla 2). Esta variable no mostró una correlación significativa con el valor de 1RM ni con el R40s alcanzado en MRT40.

|       | Variables     | r (sig)                 | r <sup>2</sup> |
|-------|---------------|-------------------------|----------------|
| PRT   | Peso corporal | 0,78 ( $p \leq 0,01$ )  | 60,8           |
|       | 1RM           | 0,81 ( $p \leq 0,01$ )  | 65,6           |
|       | Pmax          | 0,70 ( $p \leq 0,01$ )  | 49,0           |
|       | Pmax40        | 0,61 ( $p \leq 0,05$ )  | 37,2           |
|       | Nmax40        | 0,77 ( $p \leq 0,01$ )  | 59,3           |
| MRT40 | Nmedia40s     | 0,76 ( $p \leq 0,01$ )  | 57,8           |
|       | Pmedia40s     | 0,78 ( $p \leq 0,05$ )  | 61,1           |
|       | %N            | -0,64 ( $p \leq 0,05$ ) | 40,9           |

**Tabla 3.** Valores del índice de correlación y del coeficiente de determinación de Pearson obtenidos en las variables en PRT y MRT40 con el valor del número máximo de repeticiones alcanzado test MRT40 (R40s). 1RM = 1 Repetición máxima; MRT = Test de repeticiones máximas.

## DISCUSION

En el presente estudio, el valor de 1RM y el peso corporal presentaron el mayor grado de influencia sobre el rendimiento que se alcanzó en el ejercicio de resistencia específico para los miembros superiores (MRT40). Sin embargo, la potencia producida en un test progresivo con la misma carga que se utilizó en el test de resistencia no se correlacionó con la potencia producida en el test de resistencia, lo que resalta la importancia de la fuerza máxima absoluta.

Es interesante destacar que cuando estas variables se relacionan con el peso corporal, su coeficiente de correlación deja de ser significativo. Esto podría deberse al hecho que el test MRT40 involucra el movimiento de una carga absoluta y por lo tanto el rendimiento se verá limitado por la fuerza o la potencia absoluta y no por la relación de estas variables con el peso corporal de cada sujeto individual. Este hecho apoya la importancia de poder producir niveles altos de fuerza y potencia absolutas para alcanzar buenos rendimientos en un test de resistencia muscular local, como es el caso del test específico que nuestros sujetos deben realizar en la competencia para obtener un lugar en el Servicio de Bomberos.

Una de las limitaciones del presente estudio puede ser la falta de algunas mediciones antropométricas, como por ej. la longitud de las extremidades superiores que puede influir en el rendimiento en el ejercicio de press de banca (es decir, los sujetos con extremidades más largas deben levantar la carga una distancia mayor por lo que deben realizar más trabajo que aquéllos que tiene las extremidades más cortas).

Sin embargo, hasta la fecha, no hay ningún estudio similar en dónde se hayan tenido en cuenta tales variables ni en los ejercicios del para los miembros superiores ni inferiores. Nosotros coincidimos con Cronin y Sleivert (13) y Dugan et al. (15) quienes recomiendan que para obtener conclusiones definitivas, es necesario estudiar con mayor profundidad las variables que determinan el rendimiento en los ejercicios de fuerza contra resistencias, como por ej. la longitud de las extremidades superiores e inferiores.

También es importante destacar el coeficiente de correlación ( $p \leq 0,05$ ,  $r = 0,69$ ) entre 1RM y Pmax en el PRT. El mismo fue ligeramente menor que el observado por Naclerio et al. (25) en un test similar realizado por levantadores de potencia (*powerlifters*) ( $p \leq 0,05$ ,  $r=0,92$ ). Tales diferencias se deben probablemente a los diferentes tipos de entrenamiento realizados por cada uno de los 2 grupos (5, 6, 25). En el caso de los aspirantes a bombero, el entrenamiento generalmente apunta a mejorar la resistencia muscular local con una carga relativamente ligera, mientras que los levantadores de potencia buscan alcanzar la fuerza máxima entrenando con cargas moderadas o pesadas.

En otros estudios con jugadores de rugby, Baker (4,5) observó que las correlaciones entre 1RM y Pmax obtenidas en un test incremental en press de banca, también eran altas y variaban en función del tipo de entrenamiento realizado por los sujetos. Así, cuando los sujetos entrenaban con cargas altas para mejorar la fuerza máxima al principio de la temporada, la correlación era  $r=0,89$ ; sin embargo, cuando el entrenamiento pasaba a cargas más livianas y mayor velocidad, en el período preparatorio específico, la correlación bajaba a  $r=0,66$ . Esta relación disminuía aun más en el período de competición ( $r=0,58$ ) cuando el entrenamiento de la fuerza se reducía en relación con un entrenamiento más específico de rugby. Estos resultados que concuerdan con lo observado en otros estudios (5, 7, 8, 13, 29) resaltan la importancia de la fuerza en el rendimiento de todos los tipos de actividades físicas, incluidas aquellas que ponen un énfasis mayor en la potencia o en la resistencia muscular local.

En el presente estudio, la potencia máxima media se ubicó en  $47,6 \pm 9,0\%$  de 1RM, valor semejante o levemente menor que el informado por Izquierdo et al. (20), quienes evaluaron a un grupo de 70 deportistas de 5 especialidades diferentes (levantadores de pesas, jugadores de hándbol, ciclistas de ruta amateur, corredores de medio fondo y estudiantes universitarios controles, de edades similares que realizaban actividades físicas de manera recreacional) y observaron que la potencia máxima media en una máquina Smith de press de banca, estaba entre 30 y 45% de 1RM. Sin embargo, Aşçi y Açıkada (1) analizaron la 1RM y la potencia con cargas diferentes en press de banca con pesos libres en 56 deportistas (velocistas de atletismo, jugadores de básquetbol, voleibol y handbol y fisiculturistas) y observaron que la carga óptima que producía el valor de Pmax estaba entre 50 y 63% de 1RM. En ambas investigaciones, las repeticiones en press de banca para determinar la potencia fueron realizadas de manera tan explosiva como fuera posible, aunque sin soltar la barra. Los valores de potencia obtenidos en la presente investigación se obtuvieron durante las repeticiones controladas del ejercicio de press de banca, lo que podría haber tenido un efecto en la ubicación del valor de Pmax en la curva carga-potencia en relación con las otras investigaciones. Además, otras diferencias metodológicas como realizar el ejercicio en una máquina Smith (20) o utilizar un análisis de 3-dimensiones con 3 transductores lineales para medir el desplazamiento de la barra en 3 planos (1) podrían explicar las diferencias con respecto a los resultados de la presente investigación. Como mencionamos, el porcentaje de 1RM en el cual se alcanza la potencia máxima media no mostró ningún grado de influencia sobre las variables de rendimiento medidas en este estudio (1RM o R40s). Estos resultados pueden ser considerados opuestos a las conclusiones obtenidas por Baker (5) quien demostró que los sujetos más fuertes tenían una tendencia a obtener Pmax en un punto más bajo de la curva de carga-potencia, o en un porcentaje menor de 1RM. Dado el elevado coeficiente de correlación encontrado en nuestro estudio 1RM y R40s, nosotros podemos esperar una correlación negativa y significativa entre % RM Pmax y tanto 1RM como R40s. Sin embargo, en el trabajo de Baker (5), los sujetos (jugadores rugby) de 3 estudios diferentes fueron clasificados como sujetos más fuertes y menos fuertes, sobre la base del valor de 1RM multiplicado por el factor de corrección que se usa en el levantamiento de potencia internacional, y luego fueron comparados con respecto al porcentaje de la carga que expresó la potencia máxima media.

Los resultados mostraron que en 2 de los 3 estudios, los sujetos fuertes obtuvieron la potencia máxima media en un porcentaje de 1RM significativamente menor ( $p \leq 0,05$ ) ( $51,4 \pm 3,9\%$  vs.  $57,9 \pm 3,9\%$  y  $46,9 \pm 6\%$  vs.  $54,1 \pm 2,9\%$ ,

respectivamente). En el tercer estudio, los sujetos fuertes mostraron una tendencia a obtener Pmax en un menor porcentaje de 1RM ( $54,5 \pm 5,6\%$  vs.  $56,5 \pm 4,0\%$ ), pero la diferencia no fue estadísticamente significativa. Además de la diferencia mecánica respecto al lanzamiento de press de banca realizado por los sujetos evaluados por Baker (5), los sujetos en nuestro estudio demostraron niveles de fuerza más bajos. El valor promedio de 1RM de nuestros sujetos fue  $107 \pm 12,2$  kg, mientras que el promedio de los jugadores de rugby evaluados por Baker fue  $152 \pm 8,4$  vs.  $124,0 \pm 6,5$  kg,  $153,3 \pm 8,8$  vs.  $120,0 \pm 7,1$  kg, y  $131,7 \pm 4,1$  vs.  $91,7 \pm 6,8$  kg, para los sujetos fuertes y menos fuertes de los estudios 1, 2, y 3, respectivamente. Si consideramos que, en el tercer caso la diferencia con respecto al valor de Pmax obtenido sobre el %1RM no fue estadísticamente significativa, es posible que los sujetos más fuertes alcancen la Pmax en un porcentaje de 1RM significativamente menor, cuando el valor de 1RM alcanza algún umbral que está alrededor de 150 kg. Para aclarar esta diferencia, nosotros decidimos dividir nuestros sujetos en 2 grupos: (a) grupo de sujetos fuertes ( $n = 6$ ) con un 1RM  $> 100$  kg y (b) grupo de sujetos menos fuertes ( $n = 8$ ) con  $1RM \leq 100$  kg. Este procedimiento arrojó los mismos resultados observados por Baker (5). Aunque la diferencia no alcanzó la significancia estadística ( $p = 0,125$ , 95% intervalo de confianza de la diferencia), el grupo fuerte mostró una marcada tendencia a obtener el Pmax en un menor porcentaje de 1RM, con respecto al grupo menos fuerte ( $43,23 \pm 6,17$  vs.  $50,75 \pm 9,75$ ). Según estos resultados, nosotros podemos especular que el porcentaje de carga donde se alcanza la Pmax, no presenta ninguna relación con el rendimiento de fuerza o de resistencia en los sujetos menos fuertes, pero puede relacionarse de manera negativa con 1RM o con otras variables de rendimiento en los individuos más fuertes. Sin embargo, esto solo es una especulación, por lo que es necesario realizar investigaciones adicionales que comparen el valor de 1RM y el rendimiento de resistencia en los sujetos con diferentes valores de 1RM y con ejercicios diferentes.

A pesar de las limitaciones mencionadas por otros estudios (11, 12), el método de evaluación utilizado en esta investigación, demostró ser una metodología confiable para controlar la variación del rendimiento que puede producirse cuando el ejercicio de resistencia que se está evaluando, como por ej. press de banca, se realiza a lo largo de un desplazamiento predominantemente vertical (14, 17, 18). Por lo tanto, al igual que otras investigaciones previas (24,26), la metodología y los resultados del presente trabajo demuestran la utilidad, no sólo en la evaluación de los niveles de 1RM, si no que también en la evaluación de la fuerza y potencia producidas durante la prueba de PRT y el test de resistencia específico.

### Aplicaciones Prácticas

Como demostramos en el presente estudio, la fuerza máxima está relacionada con el rendimiento en los eventos de resistencia muscular. Además, se observó que la Pmax se ejercía en cargas relativas cercanas o ligeramente superiores a 40% de 1RM. En el caso de repeticiones máximas en press de banca con una carga de 40-kg, los resultados del presente estudio, pueden colaborar con la preparación para el rendimiento óptimo. Por ejemplo, el entrenamiento debería ser diseñado inicialmente para aumentar la fuerza máxima en el press de banca a un mínimo de 100 kg. Así, la carga relativa utilizada en el examen de selección de bomberos estaría por debajo de 40% de la carga máxima. Entonces el entrenamiento podría centrarse en mantener los niveles máximos de fuerza a la vez que se mejora la resistencia específica de la prueba. Otros test de resistencia submáxima (i.e, NFL, que implica 225 lb o 102 kg para las repeticiones en press de banca) o tareas laborales, podrían mejorarse según éste modelo de fuerza, potencia y resistencia muscular.

## REFERENCIAS

1. Baechle T. R., Earle R. W. and Wathen D (2000). Resistance training. In: Essentials of Strength Training and Conditioning (NSCA). Baechle, TR and Earle, RWeds. Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 395-425
2. Baker D (2001). Acute and long-term power responses to power training: Observations on the training of an elite power athlete. *Strength Cond J* 23(1): 47-56
3. Baker D (2001). Comparison of upper-body strength and power between professional and college-aged Rugby League players. *J Strength Cond Res* 15: 30-35
4. Baker D (2001). A series of studies on the training of high-intensity muscle power in Rugby League football players. *J Strength Cond Res* 15: 198-209
5. Baker D (2002). Differences in strength and power among junior-high, senior-high, college-aged, and elite professional Rugby League players. *J Strength Cond Res* 16: 581-585
6. Baker D. and Nance S (1999). The relation between strength and power in professional Rugby League players. *J Strength Cond Res* 13: 224-229
7. Baker D. and Nance S (1999). The relation between running speed and measures of strength and power in professional Rugby League players. *J Strength Cond Res* 13: 230-235
8. Baker D., Nance S. and Moore M (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *J Strength Cond Res* 15: 20-24

9. Baker D., Nance S. and Moore. M (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. *J Strength Cond Res* 15: 92-97
10. Cormie P., Deane R. and McBride J. M (2007). Methodological concerns for determining power output in the jump squat. *J Strength Cond Res* 21: 424-430
11. Cormie P., Mccauley G. O., Triplett N. T. and McBride J. M (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Med Sci Sports Exerc* 39: 340-349
12. Cronin J. and Sleivert G (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Med* 35: 213-234
13. Drinkwater E. J., Galna B., Mckenna M. J., Hunt P. H. and Pyne D. B (2007). Validation of an optical encoder during free weight resistance movements and analysis of bench press sticking point power during fatigue. *J Strength Cond Res* 21: 510-517
14. Dugan E. L., Doyle T. L. A., Humphries B., Hasson C. J. and Newton R. U (2004). Determining the optimal load for jump squats: A review of methods and calculations. *J Strength Cond Res* 18: 668-674
15. Fleck S. J. and Kraemer W. J (1997). Designing Resistance Training Programs (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics
16. Hori N., Newton R. U., Andrews W. A., Kawamori N., Mcguigan M. R. and Nosaka K (2007). Comparison of four different methods to measure power output during the hang power clean and the weighted jump squat. *J Strength Cond Res* 21: 314-320
17. Hori N., Newton R. U., Nosaka K. and Mcguigan M. R (2006). Comparison of different methods of determining power output in weightlifting exercises. *Strength Cond J* 28(2): 34-40
18. Kawamori N. and Haff G. G (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *J Strength Cond Res* 18: 675-684
19. Knuttgen H. G. and Kraemer W. J (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *J Appl Sports Sci Res* 1: 1-10
20. Mayhew J. L., Ball T. E., Arnold M. D. and Bowen J. C (1992). Relative muscular endurance performance as a predictor of bench press strength in college men and women. *J Appl Sport Sci Res* 6: 200-206
21. Naclerio F., Forte D., Colado J. C., Benavent J. Y. and Chulvi I (2007). Analysis of the force and power produced in the squat over 52 weeks training. *Med Sci Sports Exerc* 39 (Suppl 5): S293
22. Naclerio A. F., Jimenez G. A., Forte F. D. and Benito P. P (2006). Relationship between the 1RM load and strength applied or power produced during a progressive test in the bench press exercise with free weight, in powerlifters [in Spanish]. *APUNTS*. 84: 45-52
23. Naclerio F., Jimenez A., Forte D. and Colado J. C (2006). Relationship between the height of the vertical jump with the maximum force and the mechanical power reached in the power clean exercise, in different moments of the season, in a group of Spanish firefighters. *J Strength Cond Res* 20: e31
24. Ross W. D. and Marflel-Jones M. J (1991). Kineanthropometry. In: Physiological Testing of the High Performance Athlete. MacDougal, JC, Wenger, HA, and Green, HJ, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, pp. 223-308
25. Thomas G. A., Kraemer W. J., Spiering B. A., Volek J. S., Anderson J. M. and Maresh C. M (2007). Maximal power at different percentages of one repetition maximum: Influence of resistance and gender. *J Strength. Cond Res* 21: 336-342

### Cita Original

Naclerio, F. J., Colado, J. C., Rhea, M. R., Bunker, D., and Triplett, N. T. The influence of strength and power on muscle endurance test performance. *J Strength Cond Res*; 23 (5): 1482-1488, 2009.