



Apunts Educación Física y Deportes

ISSN: 1577-4015

pubinefc@gencat.cat

Institut Nacional d'Educació Física de

Catalunya

España

BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, CARLOS; DEL CAMPO-VECINO, JUAN; TEJERO
GONZÁLEZ, CARLOS M^a; CURIEL, DIONISIO ALONSO

Relación entre potencia máxima, fuerza máxima, salto vertical y sprint de 30 metros en
atletas cuatrocentistas de alto rendimiento

Apunts Educación Física y Deportes, núm. 108, abril-junio, 2012, pp. 63-69

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya

Barcelona, España

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=551656915008>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Relación entre potencia máxima, fuerza máxima, salto vertical y sprint de 30 metros en atletas cuatrocentistas de alto rendimiento

Relationship Between Peak Power, Maximum Strength, Vertical Jump and 30 Metres Sprint in High Performance 400 Metres Athletes

CARLOS BALSALOBRE-FERNÁNDEZ

JUAN DEL CAMPO-VECINO

CARLOS Mª TEJERO-GONZÁLEZ

DIONISIO ALONSO-CURIEL

Departamento de Educación Física, Deporte y Motricidad Humana
Universidad Autónoma de Madrid (España)

Correspondencia con autor

Carlos Balsalobre-Fernández

carlos.balsalobrefernandez@uam.es

Resumen

Mediante un diseño ex post facto y valiéndose de una muestra de catorce atletas cuatrocentistas de alto rendimiento, entre los que se encuentran diferentes medallistas nacionales del Estado Español, este estudio hace tres aportaciones: la primera, describe la fuerza de extremidades inferiores de este colectivo y su capacidad de aceleración en 30 metros; la segunda, informa de la relación de covariación entre, por una parte, la variable potencia y, por otra, la fuerza máxima, la fuerza explosiva y la capacidad de aceleración, encontrándose correlaciones significativas con valores entre 0,60 y 0,81; y la tercera, se demuestra que la potencia máxima de estos deportistas se encuentra entre el 50 % y el 70 % de su Repetición Máxima en media sentadilla. Asimismo, se discuten los resultados y se argumenta que el entrenamiento de la fuerza es una condición necesaria para mejorar el rendimiento deportivo de alto nivel, postulando que los datos sobre potencia máxima encontrados en este estudio ayudarán a técnicos y deportistas a planificar sus cargas óptimas de entrenamiento.

Palabras clave: alto rendimiento deportivo, fuerza, potencia, atletismo, entrenamiento

Abstract

Relationship Between Peak Power, Maximum Strength, Vertical Jump and 30 Metres Sprint in High Performance 400 Metres Athletes

Using an ex post facto design and a sample of fourteen high performance 400 metres athletes, including several national Spanish champions, this study makes three contributions. Firstly, it describes the lower limb strength of this group and its ability to accelerate over 30 metres; secondly, it reports the covariance ratio between on the one hand the power variable and on the other maximum strength, explosive power and acceleration capabilities, finding significant correlations with values between 0.60 and 0.81; and thirdly, it shows that the peak power of these athletes is between 50 % and 70 % of their half squat maximum repetition. It also discusses the results and argues that strength training is a prerequisite for improving high-level athletic performance while suggesting that the data about peak power found in this study will help coaches and athletes to plan their optimum training loads.

Keywords: high performance sports, strength, power, athletics, training

Introducción

En la mayoría de las modalidades deportivas, el rendimiento está determinado no solo por la producción de una determinada manifestación de fuerza sino también por la capacidad de generarla en el menor tiempo posible (Cormie, McGuigan, & Newton, 2011; González-Badillo & Gorostiaga, 2002; Siff & Verkhoshansky, 2004; Tous, 1999). Por ello, el entrenamiento de la potencia se ha convertido en una herramienta fundamental a la hora de optimizar el rendimiento, principalmente en los deportes donde la fuerza explosiva y la veloci-

dad de movimiento son determinantes (Naclerio, Santos, & Pantoja, 2004). De hecho, autores como Baker y Newton (2008) demostraron con jugadores profesionales de rugby que la potencia es una variable que está relacionada significativamente con el rendimiento deportivo, de tal forma que los jugadores de primera división tienen más potencia que los de segunda división.

Como es sabido, la potencia mecánica producida en una determinada acción muscular es una función entre fuerza y velocidad del movimiento (Izquierdo & González-Badillo, 2006; Siff & Verkhoshansky, 2004). Así, un

mismo valor de potencia muscular puede producirse tanto con una carga liviana que permita realizar el ejercicio de forma veloz, como con una carga muy pesada que implique menor rapidez. Sin embargo, la máxima potencia no se alcanza ni con cargas pequeñas ni con cargas muy altas, sino con un valor intermedio donde el equilibrio entre producción de fuerza y producción de velocidad sea máximo (Cronin & Sleivert, 2005). Ese punto intermedio es el que determinará el estímulo de entrenamiento ideal a la hora de mejorar la potencia mecánica del deportista en un gesto determinado (Naclerio, 2008).

Este hecho pone de manifiesto la necesidad de utilizar algún método que permita encontrar la mejor relación entre fuerza y velocidad con el objeto de planificar cargas óptimas de entrenamiento de la potencia. En la literatura científica se han propuesto diversas herramientas para calcular la potencia mecánica y la velocidad de las acciones musculares. En este sentido, se han utilizado tanto métodos sofisticados, como los *encoders* lineales sincronizados con módulos como el MuscleLab o el Isocontrol, así como con plataformas de fuerza (Hansen, Cronin, & Newton, 2011; Izquierdo et al., 2006), hasta otros más simples basados en mediciones manuales, utilizando metrónomos y cintas métricas (Moras et al., 2009). Además, en los últimos años se han venido utilizando unos dispositivos portátiles equipados con acelerómetros que permiten medir la potencia fácilmente y sin necesidad de ordenadores (Caruso et al., 2009; El Hage, Zakhem, Moussa, & Jacob, 2011; Jidovsteff, Crielaard, Cauchy, & Croisier, 2008).

En relación con la valoración de la potencia de las extremidades inferiores, existen múltiples investigaciones que han analizado la potencia máxima de deportistas utilizando para ello el ejercicio de media sentadilla con salto y carga externa (*jump squat*). Por ejemplo, Naclerio, Rodríguez y Colado (2008), a través de un test de saltos con pesos crecientes, determinaron 3 zonas de entrenamiento de la potencia inferidas en función del porcentaje de Repetición Máxima (RM) con media sentadilla y peso libre, y la potencia producida en cada una de ellas. Así, valiéndose de una población de deportistas de diversas especialidades, determinaron que la máxima potencia en *jump squat* con peso libre y la barra por detrás, se encontraba por debajo del 40 % de la RM. Posteriormente, Naclerio, Rodríguez y Forte (2009) encontraron resultados muy similares en sujetos activos, donde la potencia máxima en *jump squat* con barra libre se situaba por debajo del 40 % de la RM.

Por su parte, Stone et al. (2003), en un estudio llevado a cabo con deportistas varones habituados al entrena-

miento con cargas, encontraron que la máxima potencia en *jump squat* se producía entre un 10 % y un 40 % de la RM. Sin embargo, Bevan et al. (2010) realizaron una valoración de la potencia del tren superior y del tren inferior en 47 jugadores de rugby profesional, obteniendo resultados muy distintos. Para la medición de la potencia de los miembros inferiores, propusieron un test *jump squat* con cargas desde el 0 % hasta el 60 % de su RM, concluyendo que los jugadores producían la máxima potencia cuando realizaban el salto sin carga externa. Resultados muy similares encontraron Dayne et al. (2011) en atletas adolescentes.

Siguiendo con el área de conocimiento del atletismo, Thomas et al. (2007) midieron la potencia en *jump squat* a atletas de la primera división de la Asociación Nacional Colegial de Atletismo de los Estados Unidos (NCAA), encontrando que los picos máximos se situaban entre el 30 % y el 50 % de la RM. Sin embargo, en otro estudio con deportistas de la misma liga deportiva, llevado a cabo por Cornie, McCaulley, Triplett y McBride (2007), se observó que la máxima potencia en el *jump squat* se produjo al 0 % de la RM.

Además, cabe destacar que de la misma manera que no hay unanimidad para establecer cuáles son las cargas óptimas para entrenar la potencia máxima de miembros inferiores, ocurre lo propio con las relaciones entre la potencia y las distintas pruebas de fuerza (Harris, Cronin, Hopkins, & Hansen, 2010). Por ejemplo, Baker y Nance (1999) encontraron correlaciones estadísticamente significativas con intensidades de asociación *r* entre 0,55 y 0,89, entre la máxima potencia en *jump squat* y la RM en media sentadilla, al igual que con otros test de fuerza como la *cargada*. En la misma dirección, Lund, Dolny y Browder (2006), en este caso con deportistas de remo femenino de alto rendimiento, midieron las correlaciones entre la RM en un *press* de piernas y la máxima potencia en dicho ejercicio. El *press* de piernas se realizó de manera concéntrica pura y con estiramiento-acortamiento. Las correlaciones encontradas se situaron en valores *r* entre 0,44 y 0,72.

Respecto a los test de salto, Rousanglou, Georgiadis y Boudolos (2008) no encontraron correlaciones estadísticamente significativas en el caso de saltadoras jóvenes entre las siguientes variables: máxima potencia en media sentadilla, *squat jump* y *counter-movement jump* (CMJ). Si bien González-Badillo y Marques (2010), con una muestra de 48 atletas, encontraron correlaciones estadísticamente significativas entre la altura en el CMJ y

la potencia producida en dicho ejercicio en sus distintas fases, con valores r que van desde 0,81 a 0,87.

En cuanto a los test de capacidad de aceleración, autores como Harris, Cronin, Hopkins y Hansen (2008), en un estudio llevado a cabo con jugadores de rugby de élite, han encontrado correlaciones significativas que varían de 0,32 a 0,53 entre, por una parte, la fuerza, la velocidad y la potencia máxima en media sentadilla y, por otra, diversos sprints de 10, 30 y 40 metros. Sin embargo, posteriormente, estos mismos autores: Harris et al. (2010), encontraron nula correlación, con valor r igual a 0,06, entre la potencia en media sentadilla y diversas variables explosivas con el sprint de 10 metros.

Por ello, una vez visto que existe gran disparidad de resultados a la hora de establecer los puntos de máxima potencia, y en coherencia con una de las líneas de investigación de los autores: el atletismo de alto rendimiento (Alonso, Balsalobre-Fernández, Del Campo, & Tejero, 2010; Alonso, Del Campo, Balsalobre-Fernández, Tejero, & Ramírez, 2012), una pertinente línea de investigación es estudiar cuáles son los valores óptimos del entrenamiento de la potencia en deportistas de alto nivel de especialidades atléticas de velocidad. Asimismo, teniendo en cuenta que las relaciones entre la potencia y las diferentes pruebas de fuerza no parecen concluyentes, es de interés conocer qué grado de covariación existe entre la potencia y otros test clásicos habituales en la valoración de velocistas de alto nivel como, por ejemplo, distintas pruebas de salto vertical y *sprints* desde posición inicial parada.

Así, este trabajo persigue tres objetivos. El primero, describir el rendimiento de un grupo de atletas cuatrocentistas de alto nivel en diferentes manifestaciones de fuerza de tren inferior: fuerza máxima, potencia máxima y fuerza explosiva, y en capacidad de aceleración en 30 metros. El segundo objetivo es conocer el grado de covariación entre, por una parte, la variable potencia máxima y, por otra, el resto de variables mencionadas. Y el tercer objetivo, identificar en qué porcentaje de la RM en media sentadilla se produce la máxima potencia.

Método

Participantes

La muestra está configurada por un total de 14 atletas, de los que 9 son hombres y 5 son mujeres, con edades comprendidas entre los 19 y los 25 años. Los participantes son deportistas de alta competición en pruebas de 400 metros lisos y 400 metros vallas, entre los que se encuentran diferentes medallistas nacionales del Estado Español. Los atletas fueron seleccionados en un Centro de Alto Rendimiento mediante muestreo no aleatorio incidental por el único motivo de acceso viable. El estudio se ha llevado a cabo respetando la Declaración de Helsinki. Se omiten marcas y perfiles personales en virtud de garantizar el anonimato de los deportistas. No obstante, una descripción media de la muestra se adjunta en la *tabla 1*. Los sujetos colaboraron de forma voluntaria y sin recibir recompensa por ello.

Diseño y variables

Diseño *ex post facto* retrospectivo con fines de inferencia correlacional (Montero & León, 2007). Variables: *a) fuerza máxima* de miembros inferiores, obtenida mediante ejercicio de media sentadilla y unidad de medida en kg.; *b) potencia máxima* de miembros inferiores, estimada con ejercicio *jump squat* y operativizada en watos; *c) fuerza explosiva* de miembros inferiores, evaluada con salto vertical sin contramovimiento (*squat jump* o SJ) y operativizada en segundos de vuelo; *d) fuerza explosiva elástica* del tren inferior, valorada mediante salto vertical con contramovimiento (*counter movement jump* o CMJ) y operativizada en segundos de vuelo, y *e) capacidad de aceleración*, inferida con sprint de 30 metros desde parado, sin orden de salida y operativizada mediante segundos de carrera.

Instrumental

Para la medición de la fuerza máxima se utilizó una barra olímpica y discos de diferentes pesos. La medición

Variables	Estadísticos descriptivos							
	Hombres				Mujeres			
	Máximo	Mínimo	Media	SD	Máximo	Mínimo	Media	SD
Edad (años)	25,00	19,00	21,89	2,26	29,00	21,00	23,20	3,35
Peso corporal (kg)	81,10	69,70	74,64	3,72	62,90	52,50	58,42	4,22
Talla (cm)	187,00	176,00	181,78	3,46	171,00	163,00	165,80	3,90
Marca personal en 400 m (s)	52,51	47,95	50,15	1,66	57,28	54,21	55,68	1,26
Marca personal en 400 mv (s)	57,47	50,73	54,24	2,70	60,32	60,32	60,32	0,00

▲
Tabla 1
Características
de los
participantes

de la potencia máxima se obtuvo mediante acelerómetro *MyoTest Pro* (Crewther et al., 2011). Para la medición de la fuerza explosiva se actuó con plataforma de rayos infrarrojos *OptoJump* de *Micro-Gate* (Glatthorn et al., 2011). Asimismo, la medición de la velocidad se llevó a cabo mediante células fotoeléctricas, utilizando para ello un kit *RaceTime 2 Light* de *Micro-Gate* (Microgate Corporation, s.f.).

Procedimiento

Los datos fueron recogidos a lo largo de un microciclo de transición inmediatamente posterior a un periodo competitivo, por lo que los atletas se encontraban en su pico de forma. Se dividió al grupo en 3 subgrupos: dos de 5 personas y uno de 4, y cada uno de esos subgrupos realizó todas las pruebas en un solo día. Para garantizar la mínima influencia de una prueba sobre otra, se siguió el protocolo de ordenación de las evaluaciones físicas propuesto por la *National Strength and Conditioning Association (NSCA)* (Earle & Baechle, 2008) que sugiere, atendiendo a criterios fisiológicos, empezar por las valoraciones antropométricas, seguido de los test de salto, el test de repetición máxima (RM), los test de potencia y las pruebas de velocidad.

Después de un calentamiento general de unos 20 minutos de duración que incluyó resistencia aeróbica ligera, movilidad articular y ejercicios de pliometría básicos y poco exigentes, comenzaron las pruebas físicas. Al terminar de pesarse y medirse, los deportistas realizaron 2 intentos tanto del salto sin contramovimiento como del salto con contramovimiento, registrándose la mejor marca. Posteriormente, se midió la repetición máxima en media sentadilla siguiendo de nuevo el protocolo de la *NSCA* (Earle & Baechle, 2008), intentando llegar a la RM en el menor número de series posibles para evitar acumular fatiga. Una vez obtenida la RM, se midió la potencia máxima producida en el ejercicio de *jump squat* a distintos porcentajes de dicha repetición máxima, empezando en el 40 % y subiendo 5 % en cada nueva serie. Cada serie constó de 2 repeticiones, considerando el mejor intento. Si el deportista producía en una serie más potencia que en la anterior, continuaba el test hasta llegar al punto en el que dicha potencia máxima no se superaba. Para finalizar, los deportistas corrieron dos repeticiones de sprint de 30 metros desde posición inicial estática (sin tacos de salida, a dos apoyos), sin orden de puesta en acción y a una distancia de la célula fotoeléctrica de 20 centímetros. Dicha célula se situó a

una altura por debajo de las rodillas de los deportistas para evitar que la activaran con los brazos o el tronco antes de tiempo. La carrera se realizó en pista profesional de material sintético (clase mundo) y con zapatillas de clavos.

Cabe destacar que cada prueba y cada serie dentro de una prueba se realizó después de un descanso lo suficientemente prolongado como para evitar la acumulación de fatiga, atendiendo de nuevo a los criterios de pausas propuestos por la *NSCA* (Earle & Baechle, 2008).

Es importante señalar que el acelerómetro utilizado tiene en cuenta el peso corporal del individuo en su cálculo de la producción de potencia. Esta característica es fundamental, dado que calcular la potencia considerando solo el peso de la carga externa puede acarrear considerables errores de medida (Dugan, Doyle, Humphries, Hasson, & Newton, 2004; Naclerio, 2008).

Los deportistas estaban familiarizados con todas las pruebas descritas, por lo que se entiende que los resultados observados no están desvirtuados por una mala ejecución técnica.

Análisis de los datos

Para conocer el rendimiento de los atletas en las distintas variables se utilizó estadística descriptiva. Posteriormente se procedió con correlación parcial para valorar el grado de asociación entre la variable potencia y el resto de variables, controlando el efecto de la edad de los deportistas. Finalmente, para indicar los porcentajes de RM en los que se produce la máxima potencia se recurrió a estadística descriptiva gráfica. Se ha utilizado la aplicación informática *IBM SPSS Statistics 19*. El nivel de confianza establecido ha sido del 95 % ($\alpha=,05$).

Resultados

Objetivo 1

En el caso de los atletas masculinos, se registró un promedio de fuerza máxima en media sentadilla de 185 kilogramos, una potencia máxima de 3.204 watos, un tiempo de vuelo en salto vertical sin contramovimiento igual a 0,59 segundos, un tiempo de vuelo en salto con contramovimiento de 0,61 segundos y un tiempo de aceleración en 30 metros igual a 4,142 segundos. Por su parte, las atletas tienen una fuerza máxima promedio en media sentadilla de 137 kilogramos, una potencia máxima igual a 1.986 watos, un salto vertical sin

contramovimiento equivalente a 0,54 segundos, un salto vertical con contramovimiento de 0,55 y un tiempo medio de carrera en 30 metros de 4,57 segundos. (*Tabla 2*)

Objetivo 2

Procediendo con correlación parcial entre, por una parte, la potencia máxima, y por otra, cada una de las variables, y controlando el efecto de variable edad sobre todas y cada una de las variables, se identifica que la máxima covariación se produce entre potencia máxima y capacidad de aceleración en 30 metros ($r = -.82$), que existe un nivel de asociación muy similar entre potencia máxima y fuerza máxima ($r = .78$) y entre potencia máxima y el salto con contramovimientos ($r = .77$), y que la correlación de menor intensidad se produce entre potencia máxima y el salto sin contramovimiento ($r = .60$). (*Tabla 3*)

Objetivo 3

Tal y como se observa en la *figura 1*, en el caso de los atletas hombres la máxima potencia se alcanza entre

el 50 % y el 70 % de la RM ($Mo = 55\%$), y en el caso de las atletas mujeres entre el 50 % y el 65 % ($Mo = 50\%$).

Discusión y conclusiones

Si bien es cierto que existen numerosos estudios que describen manifestaciones de fuerza en diferentes deportes, no hay tantos estudios sobre esta temática en atletismo de alto rendimiento, a excepción de las investigaciones con lanzadores (Ojanen, Rauhala y Häkkinen, 2007), saltadores (Liu, Zhang, & Zao, 2001) o sprinters (Slawinski et al., 2010). Por ello, uno de los objetivos del presente estudio ha sido conocer la capacidad de atletas cuatrocentistas de alto nivel a propósito de distintas variables relacionadas con su especialidad. En este sentido, se midió la fuerza máxima, la potencia máxima, la fuerza explosiva, la fuerza explosiva elástica y la capacidad de aceleración en 30 metros, encontrando valores que, a juicio de los autores de este trabajo, son coherentes con la importancia que tienen estas variables en las especialidades de velocidad en 400 metros; por ejemplo, son valores superiores a los encontrados con mediosfondistas de alto rendimiento (Balsalobre-Fernández, Alonso, Del Campo, & Tejero, en evaluación).

Variables	Atletas de velocidad			
	Hombres		Mujeres	
	M	SD	M	SD
Fuerza máxima (kg)	185	13,7	137,0	12,0
Potencia máxima (w)	3.204,4	308,3	1.986,0	287,6
Fuerza explosiva: SJ (s)	,594	,041	,544	,038
Fuerza explosiva elástica: CMJ (s)	,616	,030	,552	,043
Aceleración en 30 metros (s)	4,142	,139	4,578	,147

Tabla 2
Estadísticos descriptivos

Variables	r	p
Fuerza máxima	,78	,001
Salto sin contramovimiento (SJ)	,60	,029
Salto con contramovimiento (CMJ)	,77	,002
Aceleración en 30 metros	,82	,001

Tabla 3
Correlaciones entre potencia y el resto de variables

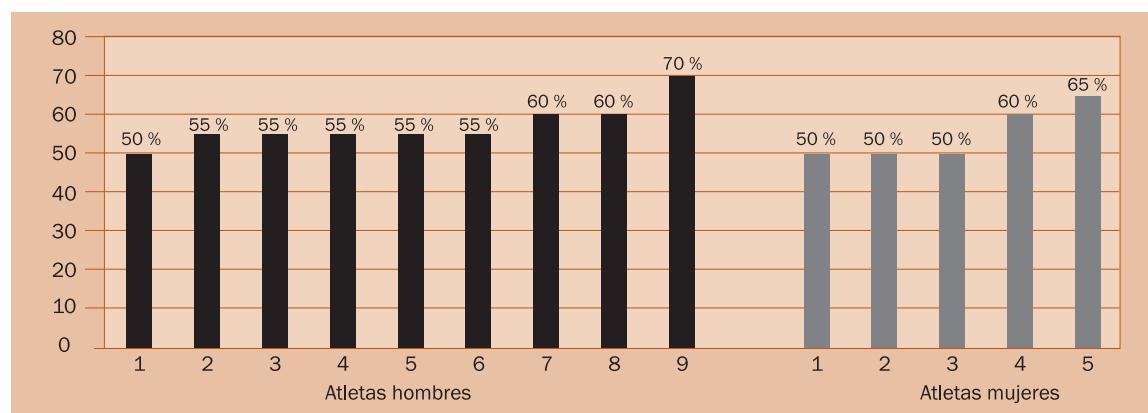


Figura 1
Potencias máximas, porcentajes de RM

Por otra parte, se quería saber cuál es la intensidad y la dirección de la relación entre la variable potencia máxima y el resto de variables. Todas las correlaciones obtenidas son estadísticamente significativas. Sobre este particular, siguiendo las directrices de Salkind (1999) a la hora de analizar relaciones de covariación, se ha observado que la relación entre potencia máxima y fuerza explosiva es de intensidad media-alta ($r = ,60$); y que la relación entre potencia máxima y fuerza máxima, y entre potencia máxima y fuerza explosivo elástica, son de intensidad alta y valores similares ($r = ,78$ y $r = ,7$, respectivamente). Al mismo tiempo, se ha obtenido una correlación significativa y de intensidad muy alta entre potencia máxima y capacidad de aceleración en 30 metros desde parado ($r = ,82$), lo cual evidencia la importancia de la potencia en el rendimiento de esfuerzos alácticos de máxima intensidad, los cuales son muy utilizados en el entrenamiento de estos deportistas. No obstante, es pertinente para futuras investigaciones realizar un test de velocidad específica, por ejemplo: 300 metros a máxima intensidad, para determinar en qué medida la potencia máxima interviene en un esfuerzo de mayor duración y exigencia láctica.

Además, se ha querido identificar el pico de potencia máxima, pues en la línea de los expresado previamente por otros autores (González-Badillo & Gorostiaga, 2002; Naclerio, 2008), esta información es de utilidad a la hora de prescribir el entrenamiento de potencia con cargas óptimas. Para ello se procedió a la determinación del punto de potencia máxima en el ejercicio de media sentadilla, observándose valores que oscilan, en el caso de los hombres, entre el 50 % y el 70 % de la RM (moda: 55 %), y en el caso de mujeres, entre el 50 % y el 65 %, (moda: 50 %). Dichos valores son más altos que los informados en otros estudios (Bevan et al., 2010; Dayne et al., 2011; Naclerio et al., 2008; Stone, O'Bryant, McCoy, Coglianese, Lehmkul, & Schilling, 2003; Thomas et al., 2007), aunque están dentro del intervalo que algunos expertos en fuerza han propuesto para este ejercicio (González-Badillo & Gorostiaga, 2002; Naclerio, 2008). No obstante, debido a que la presente investigación ha estudiado a atletas de alto nivel, entre los que se encuentran diferentes campeones nacionales del Estado Español, no podemos saber si dicha superioridad, relativa al porcentaje de la RM en el que se encuentra la máxima potencia, es debida a la diferencia de especialidad deportiva, o simplemente al mayor nivel de entrenamiento de los participantes. Entendemos por tanto que son necesarios más estudios que cuenten con deportistas de alto nivel de especialidades atléticas de velocidad. A lo que hay que añadir

que, dada la continua y cada vez más profunda especificidad del entrenamiento deportivo (Bompa, 2009; Tous, 1999), la mejor comparación sería aquella que analizara a deportistas de la misma especialidad y del mismo nivel de rendimiento.

El fin último de esta investigación, además de ampliar conocimiento científico sobre la influencia de la fuerza en el atletismo de alto rendimiento, es ayudar a técnicos y deportistas a optimizar sus cargas de entrenamiento mediante la determinación de los picos de potencia máxima de cada deportista. Por ello, siendo conscientes de la importancia del entrenamiento de la potencia con cargas individualizadas para estos atletas, una futura línea de investigación es aquella que estudie en qué medida la inclusión de estímulos de entrenamiento de potencia máxima, de acuerdo a los valores obtenidos en el presente estudio, influye en las variables que se han analizado.

Agradecimientos

Desde aquí, los autores queremos expresar nuestra gratitud a los entrenadores y deportistas del Centro de Alto Rendimiento de Madrid por su participación desinteresada en el estudio, así como por la confianza mostrada al incorporar a su entrenamiento diario estímulos propuestos a raíz de los resultados obtenidos en esta investigación.

Referencias

- Alonso, D., Balsalobre, C. del Campo, J., & Tejero, C. M. (2010, julio). Exposición hipóxica intermitente y rendimiento deportivo. *Estado de la cuestión*. Comunicación presentada al World Congress on Science in Athletics, Barcelona, España.
- Alonso, D., Del Campo, J., Balsalobre-Fernández, C., Tejero, C., & Ramírez, C. (2012). Respuesta láctica de atletas de élite ante un entrenamiento específico para la prueba de 3.000 metros lisos. *Apunts. Educación Física y Deportes* (107), 90-96.
- Baker, D. D., & Nance, S. S. (1999). The relation between strength and power in professional rugby league players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(3), 224-229. doi:10.1519/00124278-199908000-00009
- Baker, D. G., & Newton, R. U. (2008). Comparison of lower body strength, power, acceleration, speed, agility, and sprint momentum to describe and compare playing rank among professional rugby league players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 153-158. doi:10.1519/JSC.0b013e31815f9519
- Balsalobre-Fernández, C., Alonso, D., Del Campo, J., & Tejero, C. M^a. (Mayo, 2012). Identificación del pico de potencia máxima en medios fondistas de élite mediante acelerometría. Póster presentado al IV Congreso Internacional de Ciencias del Deporte y Educación Física, Universidad de Vigo, Pontevedra.
- Bevan, H. R., Bunce, P. J., Owen, N. J., Bennett, M. A., Cook, C. J., Cunningham, C. J., ... Kilduff, L. P. (2010). Optimal loading for the development of peak power output in professional rugby players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(1), 43-47. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c63c64

- Bompa, T. (2009). *Periodización del entrenamiento deportivo (programas para obtener el máximo rendimiento en 35 deportes)*. Barcelona: Paidotribo.
- Caruso, J., McLagan, J., Shepherd, C., Olson, N., Taylor, S., Gil-liland, L., ... Griswold, S. (2009). Anthropometry as a predictor of front squat performance in American college football players. *Iso-kinetics & Exercise Science*, 17(4), 243-251.
- Cormie, P., McCaulley, G. O., Triplett, N., & McBride, J. M. (2007). Optimal Loading for Maximal Power Output during Lower-Body Resistance Exercises. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 39(2), 340-349. doi:10.1249/01.mss.0000246993.71599.bf
- Cormie, P., McGuigan, M., & Newton, R. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 2 - Training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 41(2), 125-146. doi:10.2165/11538500-00000000-00000
- Crewther, B. T., Kilduff, L. P., Cunningham, D. J., Cook, C. C., Owen, N. N., & Yang, G. Z. (2011). Validating Two Systems for Estimating Force and Power. *International Journal of Sports Medicine*, 32(4), 254-258. doi:10.1055/s-0030-1270487
- Cronin, J., & Sleivert, G. (2005). Challenges in Understanding the Influence of Maximal Power Training on Improving Athletic Performance. *Sports Medicine*, 35(3), 213-234. doi:10.2165/00007256-20053503-00003
- Dayne, A. M., McBride, J. M., Nuzzo, J. L., Triplett, N. T., Skinner, J., & Burr, A. (2011). Power output in the jump squat in adolescent male athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(3), 585-589.
- Dugan, E., Doyle, T., Humphries, B., Hasson, C., & Newton, R. (2004). Determining the optimal load for jump squats: A review of methods and calculations. *Journal Of Strength And Conditioning*, 18(3), 668-674. doi:10.1519/00124278-200408000-00050
- Earle, R. W., & Baechle, T. R. (2008). *Manual NSCA: Fundamentos del entrenamiento personal*. Barcelona: Paidotribo.
- El Hage, R. R., Zakhem, E. E., Moussa, E. E., & Jacob, C. C. (2011). Acute effects of heavy-load squats on consecutive vertical jump performance. *Science & Sports*, 26(1), 44-47. doi:10.1016/j.scispo.2010.08.006
- Glatthorn, J., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F., y Maffiuletti, N. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal Of Strength And Conditioning*, 25(2), 556-560. doi:10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d
- González Badillo, J. J., & Gorostiaga, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: INDE.
- González-Badillo, J., & Marques, M. C. (2010). Relationship between kinematic factors and countermovement jump height in trained track and field athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3443-3447. doi:10.1519/JSC.0b013e3181bac37d
- Hansen, K., Cronin, J., & Newton, M. (2011). The reliability of linear position transducer and force plate measurement of explosive force-time variables during a loaded jump squat in elite athletes. *Journal Of Strength And Conditioning*, 25(5), 1447-1456. doi:10.1519/JSC.0b013e3181d85972
- Harris, N. K., Cronin, J. B., Hopkins, W. G., & Hansen, K. T. (2008). Relationship between sprint times and the strength/power outputs of a machine squat jump. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 691-698. doi:10.1519/JSC.0b013e31816d8d80
- Harris, N., Cronin, J., Hopkins, W., & Hansen, K. (2010). Inter-relationships between machine squat-jump strength, force, power and 10 m sprint times in trained sportsmen. *The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*, 50(1), 37-42.
- Izquierdo, M., & González-Badillo, J. J. (2006). Influencia del Volumen y la Intensidad en el Entrenamiento de la Fuerza y Potencia Muscular. *PublICE Standard*, 745.
- Izquierdo, M., Ibañez, J., González-Badillo, J., Häkkinen, K., Ratamess, N., Kraemer, W., ... Gorostiaga, E. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *Journal Of Applied Physiology*, 100(5), 1647-1656. doi:10.1152/japplphysiol.01400.2005
- Jidovtseff, B. B., Crielaard, J. M., Cauchy, S. S., y Croisier, J. L. (2008). Validity and reliability of an inertial dynamometer using accelerometry. *Science & Sports*, 23(2), 94-97. doi:10.1016/j.scispo.2007.12.012
- Liu, S. M., Zhang, Y. Y., & Zhao, J. J. (2001). Isokinetic strength testing of hip joint muscle in elite sprinters, hurdlers and triple jumpers from Guangdong. *Journal of Chengdu Institute of Physical Education*, 27(1), 79-82.
- Lund, R., Dolny, D., & Browder, K. (2006). Strength-power relationships during two lower extremity movements in female division I rowers. *Journal of Exercise Physiology Online*, 9(3), 41-52.
- Microgate Corporation (s.f.). Página web oficial. Disponible en <http://www.microgate.it/>
- Montero, I., & León, O. G. (2007). A guide for naming research studies in Psychology. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 7(3), 847-862.
- Moras, G., Rodríguez-Jiménez, S., Busquets, A., Tous-Fajardo, J., Pozzo, M., & Mujika, I. (2009). A metronome for controlling the mean velocity during the bench press exercise. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 23(3), 926-931. doi:10.1519/JSC.0b013e3181a0752d
- Naclerio, F. (2008). Aplicaciones del control de la potencia de movimiento en el entrenamiento de fuerza. En A. Jiménez A (Coord.) (2008). *Nuevas dimensiones en el entrenamiento de la fuerza* (pp. 225-264). Barcelona: Inde.
- Naclerio, F., Rodríguez, G., & Colado, J. (2008). Application of a jump test with increasing weights to evaluate the relation between strength-speed and potency. *Fitness & Performance Journal (Online Edition)*, 7(5), 295-300.
- Naclerio, F., Rodríguez, G., & Forte, D. (2009). Determinación de las zonas de entrenamiento de fuerza explosiva y potencia por medio de un test de saltos con pesos crecientes. *Revista Kronos*, 8(15), 53-58.
- Naclerio, F., Santos, J., & Pantoja, D. (2004). Relación entre los parámetros de fuerza, potencia y velocidad en jugadoras de softball. *Revista Kronos*, 3(6), 13-20.
- Ojanen, T., Rauhala, T., & Häkkinen, K. (2007). Strength and power profiles of the lower and upper extremities in master throwers at different ages. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 216-222. doi:10.1519/00124278-200702000-00039
- Rousanoglou, E., Georgiadis, G., & Boudolos, K. (2008). Muscular strength and jumping performance relationships in young women athletes. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 22(4), 1375-1378. doi:10.1519/JSC.0b013e31816a406d
- Salkind, N. J. (1999). *Métodos de investigación*. México: Pearson Prentice Hall.
- Siff, M., & Verkhoshansky, Y. (2004). *Súper entrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Slawinski, J., Bonnefoy, A., Levêque, J., Ontanon, G., Riquet, A., Dumas, R., & Chèze, L. (2010). Kinematic and kinetic comparisons of elite and well-trained sprinters during sprint start. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 896-905. doi:10.1519/JSC.0b013e3181ad3448
- Stone, M. H., O'Bryant, H. S., McCoy, L. L., Coglianese, R. R., Lehmkuhl, M. M., & Schilling, B. B. (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 140-147. doi:10.1519/00124278-200302000-00022
- Thomas, G. A., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Volek, J. S., Anderson, J. M., & Maresh, C. M. (2007). Maximal power at different percentages of one repetition maximum: Influence of resistance and gender. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 336-342. doi:10.1519/R-55001.1
- Tous, J. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona: Ergo.