PubliCE, (PubliCE) 1999

Research

Comparación de las características de Fuerza y Potencia entre Levantadores de Potencia, Levantadores Olímpicos y Velocistas

Robert U Newton[1], Allan Davie[1], Travis Triplett-McBride[1] y Jeffrey M McBride[1]

[1]*School of Exercise Science and Sport Management, Southern Cross University, Lismore, New South Wales, Australia.*

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue determinar el efecto de la participación en levantamiento de potencia, levantamiento Olímpico y velocidad, sobre las características de fuerza y potencia en el movimiento de sentadilla. Fueron realizados una evaluación estándar de sentadilla de una repetición máxima, evaluaciones de saltos desde sentadilla y saltos verticales con varias cargas. Los levantadores de potencia (PL, n=8), levantadores Olímpicos (OL, n=6), y velocistas (S, n=8) fueron significativamente más fuertes que los sujetos controles (C, n=8) ($P \leq 0.05$). Además, el grupo OL fue significativamente más fuerte que el grupo S. El grupo OL produjo picos de fuerza, producción de potencia, velocidades y alturas de salto significativamente mayores en comparación con los grupos PL y C para las pruebas de saltos con varias cargas. El grupo PL logró fuerzas pico, y pico de potencia significativamente mayores para las pruebas de saltos con varias cargas en comparación con el grupo C. Los datos indican que las características de fuerza y potencia son específicas de cada grupo y están más probablemente influenciadas por los diferentes protocolos de entrenamiento utilizados.

Palabras Clave: sentadilla, entrenamiento, rendimiento, saltos, especificidad

INTRODUCCIÓN

Una definición simple de potencia máxima, como fue establecido por Häkkinen y Komi (10), es la naturaleza explosiva de la producción de fuerza. La potencia máxima ha sido calificada como sinónimo de fuerza explosiva. Mientras que la fuerza esta relacionada a la potencia, su definición es bastante diferente. Los esfuerzos de alta producción de potencia del músculo están caracterizados por acciones musculares cortas y altas velocidades de movimiento (25). Muchos deportes implican movimientos que requieren la generación de fuerza sobre un corto período de tiempo. Estos movimientos incluyen los saltos y los piques y pueden ser mejorados por incrementos específicos en la potencia muscular, en vez de sobre la fuerza total (29). De este modo, puede ser necesario desarrollar programas de entrenamiento de la fuerza que incrementen tanto la potencia como la fuerza. Sin embargo, el debate continúa acerca de que combinación de cargas, velocidad de movimiento, producción de potencia y ejercicios deberían ser usados en el entrenamiento de fuerza para optimizar el desarrollo de la potencia muscular y el rendimiento físico (2, 10, 11, 14, 18, 19, 22, 29). El análisis transversal de grupos que se conozca que realicen tipos específicos de entrenamiento sobre un período de varios años puede proporcionar alguna idea en esta área.

Características del Entrenamiento

Se sabe que los levantadores de potencia se focalizan sobre levantamientos de baja velocidad y máxima producción de fuerza. El comienzo del movimiento es explosivo, pero el movimiento siguiente es realizado a baja velocidad debido a la carga y a la biomecánica del levantamiento implicada (5, 8, 24). Es conocido que los levantadores Olímpicos usan en su entrenamiento ambas técnicas de entrenamiento de fuerza estándar, las cuales incluyen movimientos a baja velocidad y alta carga y levantamientos de tipo explosivo como el arranque y el envión (16). Estos levantamientos permiten el uso de altas cargas y altas velocidades simultáneamente, así produciendo altas producciones de potencia (7, 8). De manera contraria, los velocistas se focalizan principalmente sobre su evento, el cual estaría caracterizado por movimientos explosivos, de baja resistencia y alta velocidad (e.g., carreras de velocidad) (23).

Fuerza y Potencia Muscular

Ha sido previamente demostrado que los levantadores de potencia no son tan fuertes y potentes como los levantadores Olímpicos (12). Esto estuvo basado en mediciones de los índices de fuerza/peso corporal y el tiempo para la producción de la fuerza isométrica pico (12). Han sido reportados incrementos en la tasa de desarrollo de la fuerza y en la producción de fuerza máxima en levantadores Olímpicos sobre un año de entrenamiento (16). Estos hallazgos sugieren que el tipo de entrenamiento usado por los levantadores Olímpicos puede ser efectivo para incrementar la fuerza muscular y la potencia de manera concurrente (15). Ha sido demostrado que el tipo de entrenamiento usado por los velocistas resulta en menores ganancias de fuerza que los métodos empleados por los levantadores Olímpicos y de potencia (9). Sin embargo, ha sido demostrado que este tipo de entrenamiento explosivo y de baja resistencia, adoptado por los velocistas, tiene un efecto dramático sobre la tasa de desarrollo de la fuerza (9). Esta observación de la curva fuerza-tiempo sugiere un músculo más potente, es decir, un músculo capaz de generar una dada cantidad de fuerza en un período de tiempo muy corto.

El propósito de esta investigación fue comparar grupos de atletas que se conoce que realizan distintos estilos de entrenamiento con el objetivo de comparar tres protocolos de ejercicios: alta fuerza, baja velocidad; alta fuerza, alta velocidad; baja fuerza, alta velocidad. En esta investigación fue hipotetizado que podría existir un perfil de características de fuerza y potencia para los levantadores de potencia (alta fuerza, baja velocidad), levantadores Olímpicos (alta fuerza, alta velocidad), y velocistas (baja fuerza, alta velocidad). De este modo, el análisis de estos tres grupos, que se conoce que realizan tipos específicos de entrenamiento sobre un período de muchos años, puede dar alguna información preliminar sobre el efecto de tal entrenamiento sobre la fuerza y potencia muscular y sobre el rendimiento físico.

Variable	Levantadores de Potencia	Levantadores Olímpicos	Velocistas	Controles
Edad (años)	24.1±1.2*†	20.2±1.1	19.8±0.8	22.3±0.8
Talla (cm)	173.9±1.4*	172.0±2.9‡§	182.1±1.7	181.1±1.9
Peso (kg)	78.2±3.7	85.3±9.5	76.9±2.6	75.6±3.3
Grasa Corporal (%)	8.7±1.3	10.4±2.8	5.6±0.2	9.5±1.6
Años de entrenamiento	4.8±1.1	3.1±0.8	3.8±0.6	----

Tabla 1. *Características de los sujetos.*
** Diferencias significativas entre el grupo PL y el grupo S.*
† Diferencias significativas entre el grupo PL y el grupo C.
‡ Diferencias significativas entre el grupo OL y S.
§ Diferencias significativas entre el grupo OL y el grupo C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sujetos

Este estudio involucro un total de 28 sujetos varones de entre 18 y 32 años de edad. A todos los sujetos con los grupos de tratamiento se les entrego un cuestionario acerca de su estado de competición. Se eligió a los sujetos para los tres grupos de tratamiento en base a que los mismos fueran competitivos a un nivel nacional. Esto incluyo sujetos que hayan estado

primeros o segundos en un evento estatal principal o un mínimo de quintos en una competición de nivel nacional de su disciplina específica. Cada grupo tenía una distribución de sujetos igual a partir de los lineamientos especificados arriba. Esto significa que los grupos fueron comparados equitativamente en términos del éxito que cada grupo había logrado en su deporte específico. El grupo control consistió de individuos moderadamente activos sin ninguna experiencia al tiempo del estudio o previa en ninguna clase de entrenamiento de la fuerza. La Tabla 1 indica el número de años de entrenamiento para cada grupo. Estos números indican el número de años que ellos han estado entrenando activamente y compitiendo en su respectivo deporte. Debido a cierta variación en el número de años de competición activa, a cada sujeto se le pidió resumir, por medio de un cuestionario, como mínimo de los últimos 3 años y como máximo de los últimos 5 años con respecto a sus protocolos de entrenamiento. Luego se les pidió que resumieran con detalles específicos sus protocolos de entrenamiento usados en los 6 meses previos al estudio. Luego de revisar la respuesta de cada sujeto a este cuestionario de entrenamiento, era seguro que al menos el 75% de su entrenamiento era específico al grupo en el cual ellos estaban clasificados. Esto significa que cada grupo tenía un estímulo de entrenamiento significativo que los otros grupos no tenían. Todos los grupos estaban conformados por sujetos que no estaban en ese momento (o en el año anterior) tomando anabólicos esteroides, hormona del crecimiento o drogas relacionadas para incremento del rendimiento de cualquier clase. Las tres organizaciones en las cuales competían los levantadores de potencia, levantadores Olímpicos y velocistas eran organizaciones libres de drogas con evaluaciones de análisis urinarios aleatorios para todos los atletas. Los sujetos no eran retirados del estudio si tomaban vitaminas, minerales u otros suplementos naturales relacionados. Se requirió que cada sujeto llenara un cuestionario de historia clínica (el cual, si era necesario, era controlado por un médico) para retirar los individuos con contraindicaciones para la participación en esta investigación. Fue obtenida una aprobación previa del Comité Ético para Experimentación con Humanos de la Universidad de Southern Cross. A todos los sujetos se les informó acerca de cualquier riesgo asociado con la participación en este estudio y se les pidió que firmaran un documento de informe de consentimiento antes de cualquier evaluación.

Diseño del Estudio

Este estudio consistió de cuatro grupos: levantadores de potencia (PL), levantadores Olímpicos (OL), velocistas (S), y controles (C) (Tabla 1). Todas las evaluaciones para un sujeto dado eran completadas en un único día. La evaluación de salto vertical era completada primero, seguida por la evaluación de una repetición máxima (1 RM) y luego los saltos desde sentadilla con 80, 60 y 90% de 1 RM con un período de recuperación de 10 minutos entre cada una de las tres evaluaciones. A los sujetos se les permitió una selección propia en su postura y la posición corporal para todas las evaluaciones, debido a su gran experiencia de entrenamiento en sus respectivas disciplinas. Sin embargo, se requirió que la postura y la posición de la barra, determinadas por el sujeto para las evaluaciones de sentadilla, siguieran los siguientes criterios específicos y fueron mantenidas constantes para todas las evaluaciones. Se requirió que el posicionamiento de la barra en la espalda fuera entre la porción superior de la escápula y la vértebra C-7. La postura de cada sujeto estaba limitada dentro de los 15 cm de la porción lateral del deltoides de los individuos. Era permitida una posición externa de los pies de hasta 30º. Se requirió que la distancia entre los talones de los pies y la barra no fuera mayor a 8 cm (ya sea de frente o detrás de la barra). No fueron establecidos criterios para las evaluaciones de salto vertical. El orden de las distintas cargas usadas en las evaluaciones de salto vertical fueron aleatorio. Los saltos desde sentadilla fueron realizados con cargas de 30, 60 y 90%, respectivamente para cada sujeto. El mejor intento de cada carga y combinación de saltos era usado para las comparaciones en base a la adherencia a una técnica apropiada y a la máxima altura de salto.

Composición Corporal

Las mediciones de pliegues cutáneos fueron obtenidas con un calibre de pliegues cutáneos Harpenden (Mentone Educational Centre, Carnegie, Victoria, Australia; apreciación, ±0.1 mm), el cual media la cantidad de grasa subcutánea en varios sitios anatómicos en el pecho, muslo y abdomen. A partir de las mediciones de pliegues cutáneos, fue determinado (17) una estimación del porcentaje de grasa corporal. La talla (Handy Height Scale, Mentone Educational Centre; apreciación, ±0.1 cm) y el peso (ID2 Multi Range Scale, Mettler, Greifensee, Suiza, apreciación, ±0.01 kg) fueron también registrados para cada sujeto.

Evaluación de Salto Vertical

En esta evaluación fue realizado un salto con contramovimiento (CMJ). Eran realizados dos saltos de prueba como entrada en calor usando el peso corporal. Los sujetos completaban luego los saltos de la evaluación, en un orden aleatorio, con el peso corporal y cargas adicionales de 20 y 40 kg logradas pidiendo a cada sujeto que sujetara una mancuerna en cada mano. El CMJ fue realizado por cada sujeto primero parado erecto. A los sujetos se le permitía realizar un rápido contramovimiento hacia abajo con un movimiento de los brazos limitado, antes de intentar saltar a una altura máxima. Este contramovimiento hacia abajo era ejecutado hasta un ángulo de rodilla de 90º y era usualmente monitoreado para cada salto. Era permitido un minuto de descanso entre cada salto y 2 minutos entre cada condición de carga. Eran realizados 3 intentos para el CMJ en cada carga dada.

Evaluación de Una Repetición Máxima

Esta evaluación fue ligeramente modificada a partir de los protocolos establecidos, previamente descritos (27). Esta evaluación fue realizada en una máquina Smith como fue previamente descrito por Wilson et al. (29). Fueron dados un número de intentos de entrada en calor en el protocolo de evaluación de 1 RM, usando 30 (8-10 repeticiones), 50 (4-6 repeticiones), 70 (2-4 repeticiones), y 90% (una repetición) de 1 RM estimada, ya sea a partir de la recomendación de los sujetos o a partir de 2-2.5 veces el peso corporal del sujeto. Desde este punto, los pesos fueron incrementados hasta el punto donde el individuo tenía 3-4 esfuerzos máximos para determinar 1 RM para el ejercicio de sentadilla de la máquina Smith. A cada sujeto se le pidió bajar la barra hasta el punto donde el ángulo de rodilla era de 90º. Se les dijo, que cuando alcanzaran la parte más baja del movimiento, la cual era marcada por medio de una señal auditiva y frenos ajustables, movieran inmediatamente el peso hacia arriba en una manera controlada, pero enérgica hasta la posición de inicio. Fueron permitidos descansos adecuados entre las pruebas (3-5 minutos).

Pruebas de 30, 60, y 90% de 1 RM

Esta evaluación implico la realización de un salto desde sentadilla (SJ) en una máquina Smith como fue previamente descrito por Wilson et al. (29). Fueron completados, dos saltos de prueba como entrada en calor únicamente con la barra. Fue usado aproximadamente el 30% de 1 RM de cada sujeto. Ha sido demostrado que la máxima producción de potencia mecánica ocurre usando cargas dentro de este rango (19, 25). Las cargas de 60 y 90% fueron consideradas cargas de entrenamiento pesadas y moderadas. La realización del salto desde sentadilla implico bajar la barra hasta el punto donde el ángulo de rodilla era de 90º. Se instruyo a los sujetos para que cuando llegaran la parte más baja del movimiento, la cual estaba señalada pro una señal auditiva y frenos ajustables, saltaran inmediatamente e hicieran un movimiento explosivo hacia arriba lo más rápido posible con sus pies perdiendo contacto con el suelo. Se les dio a los sujetos una pausa de 2 minutos entre saltos y 3 minutos entre las condiciones de carga. Fueron realizados dos intentos para el salto desde sentadilla en cada carga dada.

Análisis Biomecánico

Fueron registradas las fuerzas de reacción verticales del suelo (VGFR) durante los saltos verticales usando una plataforma de fuerza (Kirstler tipo 9287, Kirstler Instruments Corporation, Amherst, NY) montada debajo de los pies de los sujetos. Fueron realizados análisis biomecánicos estándar usando un programa de computación diseñado para el cliente desarrollado en Visual Basic (Microsoft Corporation, Redmond, WA) para determinar fuerza pico, velocidad pico, producción de potencia pico, y altura de salto. Los coeficientes de correlación intraclase (IIC) para los cálculos de estas variables en relación a las evaluaciones de salto vertical fueron 0.927, 0.951, 0.998 y 0.947, respectivamente. Las VGFR durante los saltos desde sentadilla también fueron registradas usando la plataforma de fuerza (Kirstler tipo 9287) montada debajo de los pies de los sujetos y un transductor de posición (IDM Instruments, Dandenong, Victoria, Australia; apreciación ±0.1 cm) adherido a la barra para registrar el desplazamiento de la barra. La fuerza y las mediciones de desplazamiento fueron usadas para determinar la fuerza pico, velocidad pico, producción de potencia pico, y la altura de salto, usando el programa de computación diseñado para el cliente. El ICC para los cálculos de estas variables en relación a la evaluación de salto desde sentadilla fueron 0.963, 0.775, 0.690 y 0.918, respectivamente.

Análisis Estadísticos

Las características de los sujetos fueron analizadas usando un análisis de varianza ANOVA con un test post hoc Bonferroni. Las pruebas de saltos desde sentadilla fueron analizadas usando un modelo factorial general con el peso corporal como covariable con comparaciones de contraste de grupos repetidas y simples. Todos los análisis de saltos implicaron el uso de MANOVA con el peso corporal como covariable con comparaciones de contraste de grupo repetidas y simples. La fuerza pico, pico de velocidad, pico de potencia y altura de salto fueron analizadas en combinación para cada tipo de salto y condición de carga. Luego de realizar una matriz de correlación, fue encontrado que el peso corporal tenía una correlación lineal significativa con todas las variables medidas con respecto a la fuerza y potencia en cada grupo. De este modo, el peso corporal constituía una covariable ideal, ya que el mismo no era afectado por la variable independiente, pero tenía una correlación significativa con las variables dependientes específicas. El peso corporal fue usado como una covariable para asegurar que las comparaciones estuvieran basadas solo en el factor de características del grupo. No fueron usados índices peso corporal/rendimiento, debido a las posibles diferencias en la distribución de peso en el tren superior e inferior entre los tres grupos (12). Los resultados son presentados como medias y errores estándar de acuerdo a los análisis de peso corporal como covariable. El tamaño de efecto estimado, fue de η^2=0.552 a un nivel de potencia observado de 0.991 para la fuerza de sentadilla. Además, el fue de η^2=0.405 a un nivel de potencia observado de 0.876 para la medición de potencia pico en el salto desde sentadilla con el 30% de carga. El nivel α fue elegido a una $P \leq 0.05$. Todos los análisis estadísticos fueron realizados por medio de un *software* estadístico (SPSS, Versión 7.5, SPSS Inc., Chicago, IL).

RESULTADOS

Características de los sujetos

El grupo PL tenia una edad significativamente mayor que los grupos S y C. El grupo S era significativamente más alto que los grupos PL y OL. El grupo C era significativamente más alto que el grupo OL. No hubo diferencias significativas en el peso, porcentaje de grasa corporal o años de entrenamiento entre los sujetos.

Fuerza en Sentadilla en la Máquina Smith

La fuerza en sentadilla en el ejercicio de sentadilla de la máquina Smith hasta un ángulo de rodilla de 90º fue significativamente diferente entre los grupos (Figura 1). Los grupos PL (225.5±10.8 kg), OL (243.9±12.8 kg), y S (204.3±12.5 kg) tenían una fuerza significativamente mayor en sentadilla que el grupo C (161.3±10.9 kg). El grupo OL tenía una fuerza significativamente mayor en sentadilla que el grupo S.

Saltos Verticales con Contramovimiento

La fuerza pico en el CMJ fue significativamente mayor en los grupos OL y S en comparación con el grupo C para las tres condiciones de carga (Figura 2, Tabla 2). La fuerza pico en el CMJ fue significativamente mayor en el grupo PL en comparación con el grupo C para las condiciones de carga de 20 y 40 kg. La fuerza pico en el CMJ fue significativamente diferente entre los grupos OL y PL para la condición de carga del peso corporal. La fuerza pico fue significativamente más alta para el grupo OL en comparación a los grupos PL y S para las condiciones de carga de 20 y 40 kg. La velocidad pico fue significativamente más alta para los grupos OL y S que para los grupos C y PL, para todas las condiciones de carga (Figura 3, Tabla 2). La velocidad pico para el grupo PL fue significativamente más alta que para el grupo C, solo en la condición de carga de 40 kg. La potencia pico fue significativamente más alta en los grupos PL, OL, y S en comparación al grupo C para todas las condiciones de carga (Figura 4, Tabla 2). La potencia pico fue significativamente más alta en el grupo OL en comparación con el grupo PL para todas las condiciones de carga. Además, la potencia pico fue significativamente mayor en el grupo OL en comparación con el grupo S en la condición de carga de 20 kg. La altura de salto fue significativamente más alta en los grupos OL y S en comparación con los grupos PL y C para las tres condiciones de carga (Figura 5, Tabla 2). La altura de salto fue significativamente mayor en el grupo PL en comparación con el grupo C en las condiciones de carga de 20 y 40 kg.

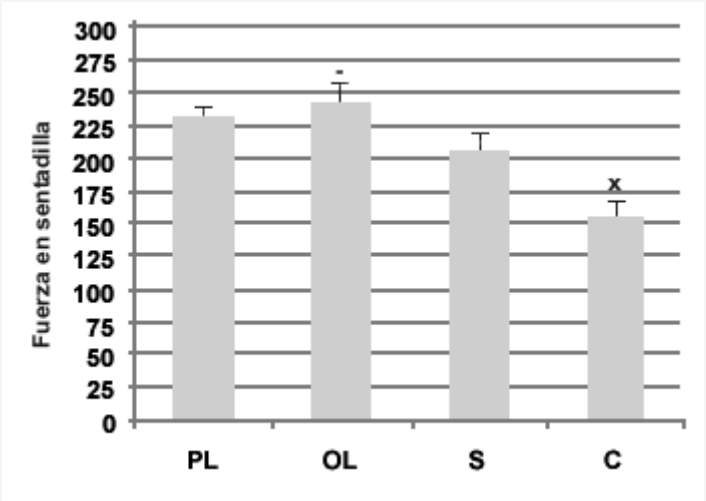


Figura 1. *Máxima fuerza de las piernas en una máquina de sentadilla Smith hasta un ángulo de la rodilla de 90º. Los valores son medias y desvíos estándar basados en el MANOVA, con el peso corporal como covariable. +, diferencias significativas entre el grupo OL y el grupo S; x, diferencias significativas entre el grupo C y los grupos PL, OL y S. Nivel de significancia a una P≤0.05.*

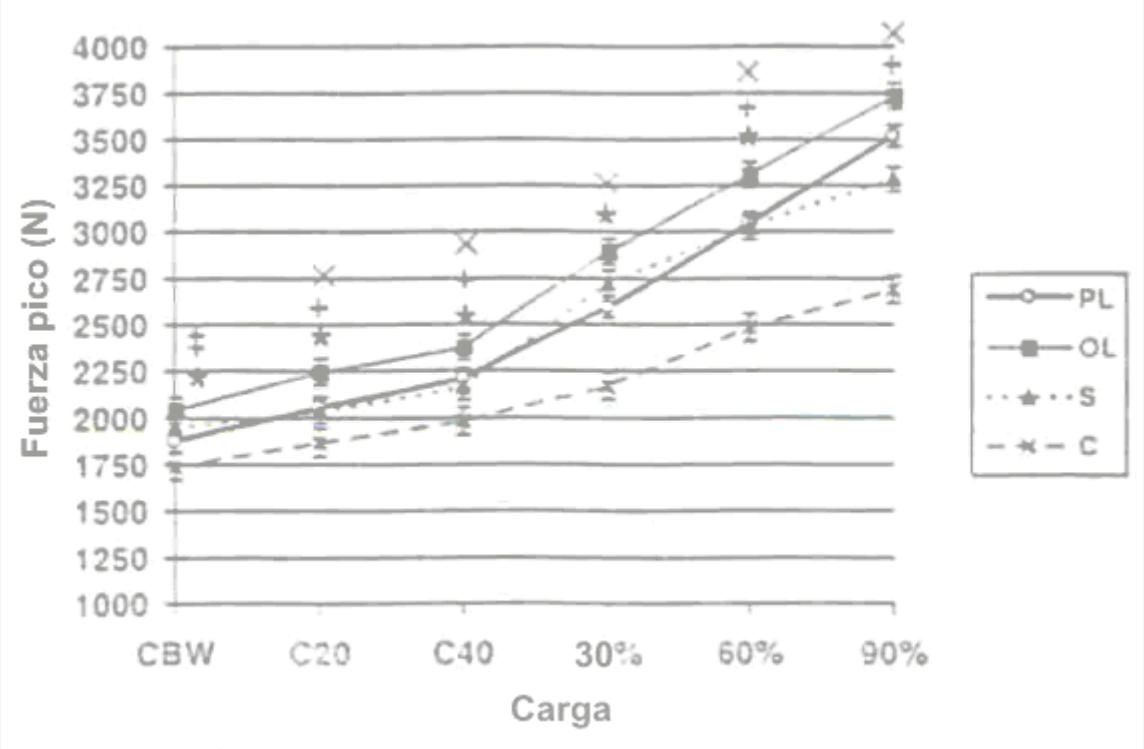


Figura 2. *Fuerza pico a varias cargas en el CMJ y SJ. Los valores son medias y desvíos estándar basados en al MANOVA con el peso corporal como covariable. * Diferencias significativas entre el grupo PL y el grupo OL. ‡ Diferencias significativas entre el grupo C y los grupos OL y S. Nivel de significancia a una P≤0.05.*

Variable	Levantadores de Potencia	Levantadores Olímpicos	Velocistas	Controles
CBW				
Fuerza Pico (N)	1854.2±49.4	2022.9±58.8	1924.9±57.2	1741.0±49.8
Velocidad Pico (m/s)	2.86±0.07	3.18±0.08	3.17±0.08	2.68±0.07
Potencia Pico (W)	4447.1±192.0	5377.8±228.2	4906.2±222.1	3737.7±193.6
Altura de Salto (cm)	39.7±2.3	48.2±2.8	49.9±2.7	33.7±2.3
C20				
Fuerza Pico (N)	2036.1±42.3	22260.0±50.3	2012.9±48.9	1867.8±42.7
Velocidad Pico (m/s)	2.55±0.06	2.89±0.07	2.83±0.07	2.41±0.06
Potencia Pico (W)	4452.4±146.1	5386.4±173.7	4809.3±169.1	3789.6±147.4
Altura de Salto (cm)	30.4±1.4	35.6±1.7	36.5±1.7	25.8±1.5
C40				
Fuerza Pico (N)	2190.8±34.0	2357.0±40.4	2140.7±39.3	1981.4±34.3
Velocidad Pico (m/s)	2.25±0.05	2.48±0.06	2.51±0.06	2.10±0.05
Potencia Pico (W)	4310±144.9	5050.0±172.3	4747.4±167.6	3631.7±146.1
Altura de Salto (cm)	22.1±1.1	26.4±1.3	27.3±1.3	18.2±1.1

Tabla 2. *Saltos con contramovimiento (medias±DS). **

Las diferencias significativas están indicadas en las Figuras 2, 3, 4 y 5.

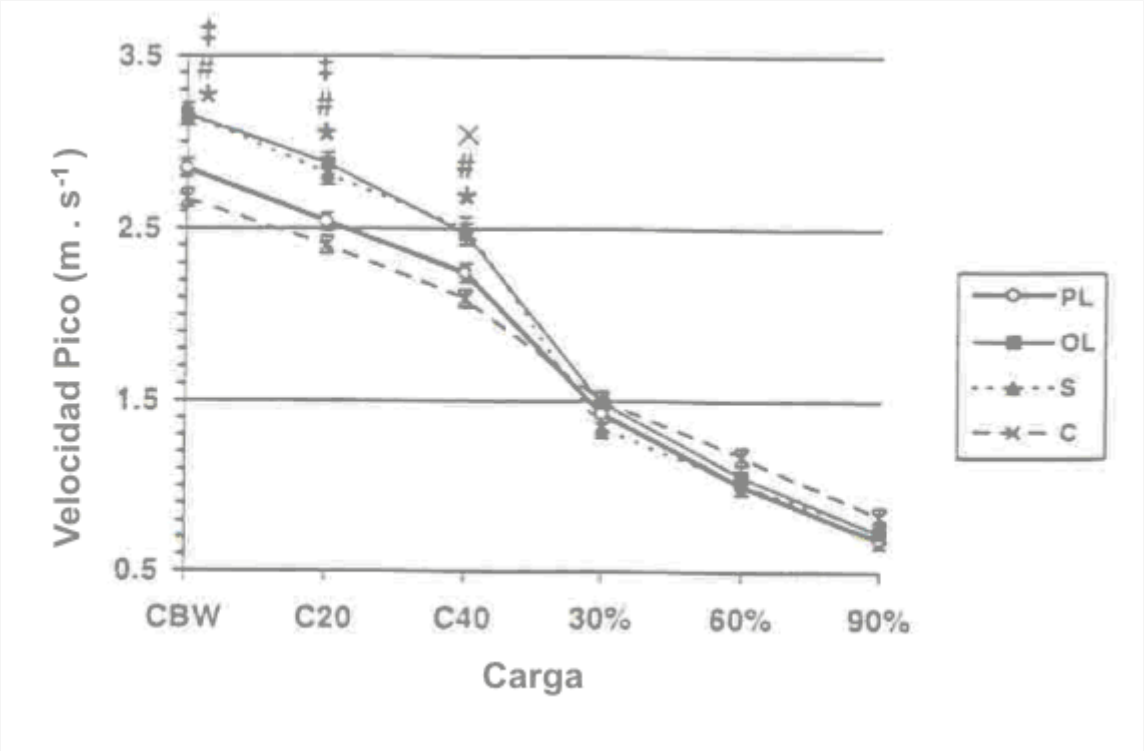


Figura 3. *Pico de velocidad a varias cargas en el CMJ y SJ. Los valores son medias y desvíos estándar basados en el MANOVA con el peso corporal como covariable. # Diferencias significativas entre el grupo PL y el grupo S. Nivel de significancia a una P≤0.05.*

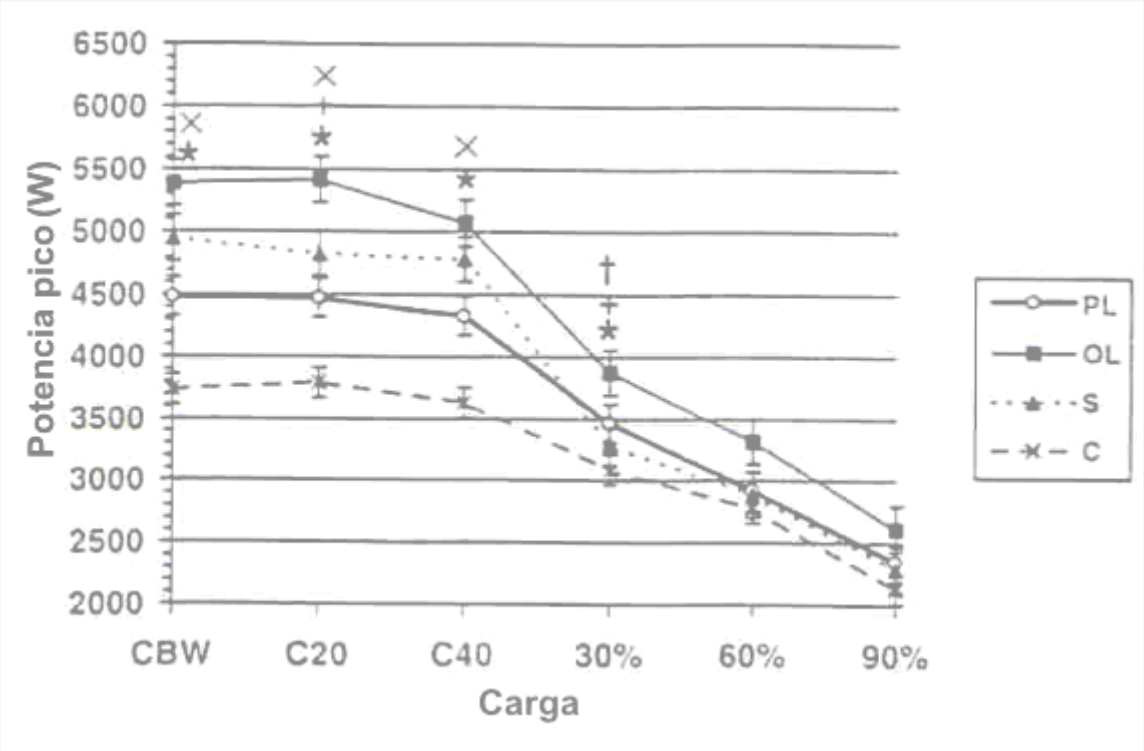


Figura 4. *Pico de potencia a varias cargas en el CMJ y SJ. Los valores son medias y desvíos estándar basados en el MANOVA con el peso corporal como covariable. † Diferencias significativas entre el grupo OL y el grupo C. Nivel de significancia a una P≤0.05.*

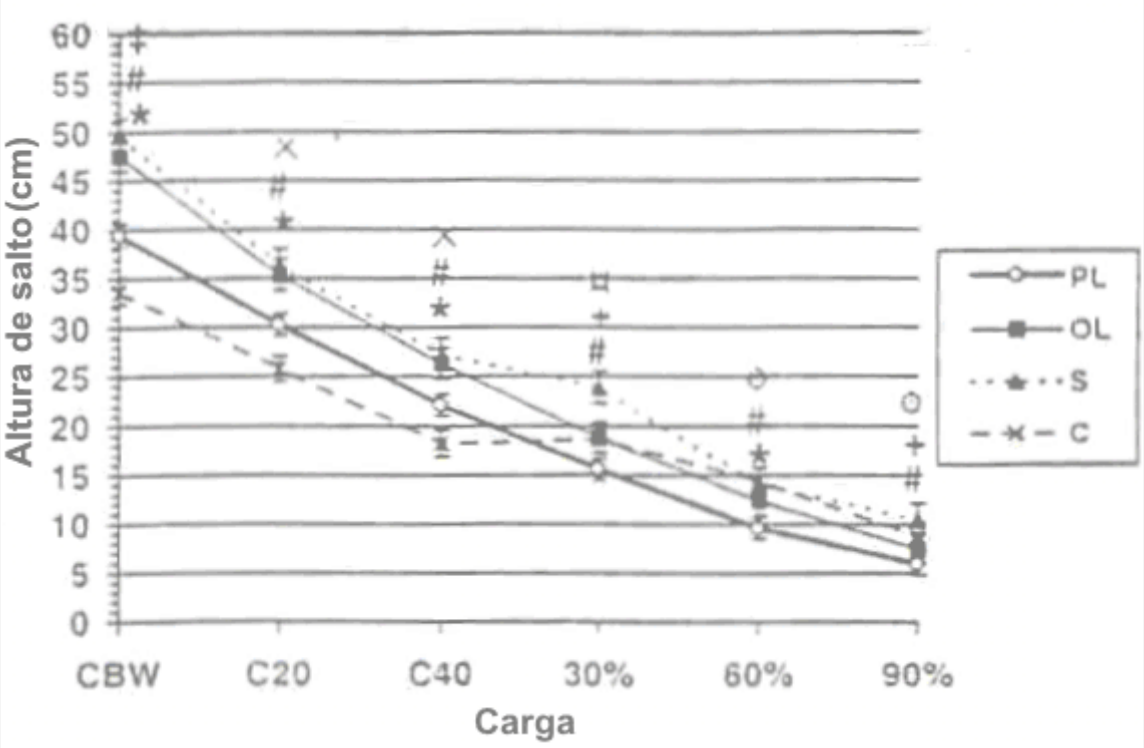


Figura 5. *Altura de salto a varias cargas en el CMJ y SJ. Los valores son medias y desvíos estándar basados en el MANOVA con el peso corporal como covariable. □ Diferencias significativas entre el grupo S y el grupo C; Φ Diferencias significativas entre el grupo PL y el grupo C. Nivel de significancia a una P≤0.05.*

Saltos desde Sentadilla

La fuerza pico fue significativamente mayor en los grupos PL, OL y S en comparación con el grupo C para las tres condiciones de carga (Figura 2, Tabla 3). La fuerza pico fue significativamente mayor en la grupo OL en comparación con el grupo PL en las condiciones de carga de 30 y 60% y en comparación con el grupo S en las condiciones de carga del 60 y 90%. La velocidad pico no fue significativamente diferente entre los grupos PL, OL, S y C para cualquiera de las condiciones de carga (Figura 3, Tabla 3). La potencia pico fue significativamente mayor en el grupo OL en comparación con los grupos PL, S y C en la condición de carga del 30 % (Figura 4, Tabla 3). La altura de salto fue significativamente mayor en el grupo S en comparación con los grupos PL, OL, y C en la condición de carga del 30% (Figura 5, Tabla 3). La altura de salto fue significativamente mayor en los grupos OL, S y C en comparación con el grupo PL en la condición de carga del 60 %. La altura de salto fue significativamente mayor en el grupo S en comparación con los grupos PL y OL en la condición de carga del 90%. La altura de salto fue significativamente más alta en el grupo C en comparación con el grupo PL en la condición de carga del 90%.

DISCUSIÓN

El principal hallazgo de esta investigación es que existen diferencias notables en la fuerza, potencia y en las mediciones de rendimiento físico relacionadas entre levantadores de potencia, levantadores Olímpicos, velocistas y sujetos controles moderadamente activos. El grupo PL era tan fuerte como los grupos OL y S pero alcanzo valores significativamente menores en las evaluaciones de rendimiento de potencia y explosividad. Esto incluyó menor producción de potencia pico, velocidad pico y altura de salto. En algunas instancias, el grupo PL rindió todavía peor que el grupo C en relación a estas

variables. El grupo OL fue comparable en fuerza al grupo PL, fue más fuerte que el grupo S, y también fue el más potente de todos los grupos. El grupo OL también rindió bien en el rendimiento físico como fue determinado por las alturas del salto vertical. El grupo S no fue tan potente como se esperaba, pero fue capaz de generar velocidades pico altas y algunos de los valores registrados más altos en las alturas de salto.

Los grupos PL, OL y S produjeron niveles de fuerza de las piernas significativamente mayores en comparación con el grupo C como podría ser esperado. Esto es debido a los efectos documentados del entrenamiento de fuerza para incrementar la fuerza muscular (20, 21, 26). Además, la similitud en la fuerza de las piernas entre los grupos OL y PL era esperada, en base a la necesidad de fuerza de piernas para la competición en ambos eventos. Sin embargo, la ausencia de diferencias significativas entre los grupos PL y S fue sorprendente. Hay que reconocer que el grupo PL puede haber estado en desventaja debido a la inhabilidad de los levantadores de potencia de utilizar la espalda baja y la articulación de la cadera en la sentadilla de la máquina Smith, lo cual es común en una sentadilla de peso libre característica del levantamiento de potencia (30). Sin embargo, esta evaluación estaba diseñada para aislar y medir únicamente la fuerza máxima de las piernas y fue consistente para todos los grupos. Este patrón de fuerza ente los grupos PL y OL es apoyado por una investigación anterior que involucro a levantadores Olímpicos, levantadores de potencia, y fisicoculturistas (12). Sin embargo, la ausencia de diferencias significativas en la fuerza de las piernas entre velocistas y levantadores de potencia no es consistente con la literatura previa. Ha sido previamente demostrado que los levantadores de potencia y los levantadores Olímpicos son más fuertes que los velocistas (9). Es posible que las investigaciones previas hayan involucrado sujetos con una mayor variabilidad en el peso corporal que esta investigación.

Variable	Levantadores de Potencia	Levantadores Olímpicos	Velocistas	Controles
CBW				
Fuerza Pico (N)	1854.2±49.4	2022.9±58.8	1924.9±57.2	1741.0±49.8
Velocidad Pico (m/s)	2.86±0.07	3.18±0.08	3.17±0.08	2.68±0.07
Potencia Pico (W)	4447.1±192.0	5377.8±228.2	4906.2±222.1	3737.7±193.6
Altura de Salto (cm)	39.7±2.3	48.2±2.8	49.9±2.7	33.7±2.3
C20				
Fuerza Pico (N)	2036.1±42.3	22260.0±50.3	2012.9±48.9	1867.8±42.7
Velocidad Pico (m/s)	2.55±0.06	2.89±0.07	2.83±0.07	2.41±0.06
Potencia Pico (W)	4452.4±146.1	5386.4±173.7	4809.3±169.1	3789.6±147.4
Altura de Salto (cm)	30.4±1.4	35.6±1.7	36.5±1.7	25.8±1.5
C40				
Fuerza Pico (N)	2190.8±34.0	2357.0±40.4	2140.7±39.3	1981.4±34.3
Velocidad Pico (m/s)	2.25±0.05	2.48±0.06	2.51±0.06	2.10±0.05
Potencia Pico (W)	4310±144.9	5050.0±172.3	4747.4±167.6	3631.7±146.1
Altura de Salto (cm)	22.1±1.1	26.4±1.3	27.3±1.3	18.2±1.1

Tabla 3. *Saltos desde sentadilla (medias±DS).*
Las diferencias significativas están indicadas en las Figuras 2, 3, 4 y 5.

Esta variabilidad y quizás la variabilidad en los índices fuerza/peso corporal podrían resultar en inexactitudes cuando se trata de determinar los niveles de fuerza entre diferentes tipos de atletas. También hay que señalar que en esta investigación el grupo S reportó una alta frecuencia no esperada de entrenamiento de sobrecarga relacionado a la fuerza.

El CMJ proporciono una abundancia de las características de que definen a los grupos. El grupo OL y S superaron consistentemente al grupo C en fuerza pico, velocidad pico y altura de salto. Sin embargo, el grupo PL tendió a rendir

mejor que el grupo C solo en las condiciones de carga de 20 y 40 kg, con la excepción de la producción de potencia pico. El grupo OL tenía fuerzas pico significativamente mayores que, ya sea el grupo PL o S. Además, el grupo OL tenía velocidades pico, producción de potencia pico y altura de salto significativamente mayores en comparación con el grupo PL. Estos patrones son apoyados por una investigación previa que implico evaluaciones de saltos verticales con carga y de tasa de desarrollo de la fuerza (12). El grupo S alcanzo algunas de las mayores alturas de salto vertical registradas. Sin embargo, ellos no mostraron producciones de fuerza o potencia significativamente mayores que, ya sea el grupo OL o PL. La velocidad pico fue consistentemente más alta para el grupo S en comparación con el grupo PL, como lo fue la altura de salto para todas las condiciones de carga. Ha sido reportada la eficiencia del grupo S en la producción de movimientos de alta velocidad (23). El bajo rendimiento del grupo PL con respecto a la velocidad pico, producción de potencia pico y altura de salto en comparación con el grupo OL y S ha sido también reportado en comparación a otros atletas de potencia (13).

Los resultados de la evaluación de SJ proporcionan cierta información adicional concerniente al mayor espectro de fuerza de la curva fuerza-velocidad. Los grupos PL, OL, y S consistentemente rindieron mejor que el grupo C solo en la fuerza pico. La fuerza pico producida por el grupo OL fue de nuevo mayor que la de, ya sea los grupos PL o S a varias cargas. Sin embargo, la velocidad pico no definió a los grupos, como lo hizo el CMJ. Uno de los hallazgos má sorprendentes fue que la potencia pico fue significativamente mayor en el grupo OL en comparación con los grupos PL, S y C en la condición de carga de 30%. El grupo S cayó dramáticamente en la producción de potencia pico en las pruebas de SJ en comparación con las pruebas previas de CMJ. Sin embargo, el grupo S todavía se las arreglo para tener alturas de salto significativamente mayores en comparación con los grupos PL y OL en varias condiciones de carga en las pruebas de SJ.

En el espectro de ambas pruebas, CMJ y SJ, la comparación entre los grupos S y OL proporciono quizás los hallazgos más interesantes. Mientras que los grupos S y OL eran similares en la altura de salto vertical, las variables relacionadas a las mediciones de plataforma de fuerza fueron diferentes. El grupo S produjo velocidades y alturas de salto mayores en comparación con el grupo OL, mientras que el grupo OL produjo mayores velocidades pico, fuerza pico, producción de potencia pico y alturas de salto vertical en comparación con el grupo PL. Estas mediciones apoyan nuestra hipótesis inicial. El grupo OL era tanto fuerte como potente. Mientras que el grupo S no era no tan fuerte y potente, este grupo todavía logró velocidades de movimiento más altas. Esta información podría estar relacionada a los protocolos de entrenamiento en los cuales el grupo OL realiza entrenamientos de alta fuerza y alta velocidad (levantamiento Olímpicos) y el grupo S realiza entrenamientos de baja fuerza y alta velocidad (sprints, movimientos pliometricos). El grupo PL también apoyo esta tendencia con producciones de fuerza equitativas, pero con velocidades pico deficientes, lo cual puede estar relacionado al entrenamiento de alta fuerza y baja velocidad realizado por el grupo PL.

Los datos indican que iniciar simplemente un ejercicio de alta carga, y baja velocidad (sentadilla) en una forma explosiva, como fue sugerido por Behm y Sale (3), constituye un estímulo insuficiente para lograr mejoras en la potencia muscular, velocidad de movimiento, o alturas de salto como fue demostrado pro el rendimiento del grupo PL. Además, en referencia a los grupos PL y C, parece que realizar entrenamientos de alta fuerza y baja velocidad contribuye poco para mejorar las capacidades de velocidad pico y altura de salto más allá de aquella de los sujetos no entrenados en fuerza sin práctica en la tarea (el grupo PL no realiza ningún tipo de entrenamiento de salto vertical). Sin embargo, las investigaciones previas sobre entrenamiento de sentadilla de alta carga y de la mejoras en la altura del salto vertical no apoyan esto, aunque las sesiones de evaluación de saltos verticales múltiples a través de todo el período de entrenamiento podría ser considerada una práctica de la tarea (11, 28). La necesidad de la práctica de la tarea para transferir los incrementos en la fuerza muscular de las piernas de las sentadilla de altas cargas a incrementos en la altura de salto es apoyada por un estudio de simulación de Bobbert y Van Soest (4).

Los datos también indican que el uso de entrenamiento de fuerza de alta intensidad y entrenamiento en el campo de baja fuerza y alta velocidad (la mayoría del grupo S utilizaba una combinación de entrenamiento de sprints y pliométrico) resulta en la habilidad de generar altas velocidades y alturas de salto y permite lograr niveles de fuerza relativamente altos, pero no permite el uso de movimientos de fuerza y alta velocidad simultáneamente en comparación con el grupo OL. Esto esta indicado por el rendimiento del grupo S. El grupo OL fue capaza de utilizar la fuerza máxima a altas velocidades y así producir las mayores potencias. Este punto es destacado por las producciones de potencia significativamente mayores del grupo OL en comparación con los otros tres grupos en la carga de salto desde sentadilla del 30%. Estos conceptos son apoyados por una investigación previa que comparó el entrenamiento con entrenamiento de fuerza tradicional (alta fuerza, baja velocidad), ejercicios de potencia máxima (fuerza moderada, alta velocidad) y ejercicios pliométricos (baja fuerza, alta velocidad) (29). Aquel estudio demostró que el entrenamiento con ejercicios de potencia máxima mejora la producción de potencia y la altura de salto vertical en comparación a las mejoras conseguidas solo en el salto vertical con los ejercicios pliométricos (29). Otra investigación indico incrementos significativamente mayores en la potencia máxima cuando se usa entrenamiento de sentadilla de alta carga y pliométrico simultáneamente en comparación con la realización de sentadilla de alta carga y ejercicios pliométicos solos (1). Así, parece que el uso de entrenamiento de sentadilla de alta carga combinado con entrenamiento de baja fuerza y alta velocidad (sprints, ejercicios pliométricos) pude ser suficiente para lograr incrementos en la potencia y el rendimiento físico en el plano vertical, como lo demostró el grupo S. Sin embargo, este entrenamiento no parece ser efectivo para lograr incrementos coincidentes en la potencia máxima y la altura de salto

vertical como el entrenamiento utilizando los levantamientos Olímpicos.

Aplicaciones Prácticas

Esta investigación provee evidencia acerca de que el entrenamiento de fuerza en el gimnasio debería estar adaptado para alcanzar las demandas de sus actividades en el campo de acuerdo a sus componentes de alta fuerza, baja velocidad (fuerza); alta fuerza, alta velocidad (fuerza, potencia); o baja fuerza, alta velocidad (rendimiento, potencia). Esta investigación extiende el principio de especificidad para incluir varias divisiones en la potencia como fue mostrado por los grupos OL (fuerza, potencia) y S (rendimiento, potencia). El grupo S pudo saltar más alto, pero no era fuerte en esta acción. El grupo OL pudo saltar alto y simultáneamente producir alta fuerza y así las más altas potencias. Esto indica, e.g., que un jugador de voley puede solo necesitar entrenamiento pliométrico y de sentadilla de alta carga para inducir incrementos en la altura de salto. Sin embargo, para maximizar la habilidad de usar altas fuerzas y altas velocidades simultáneamente (como fue indicado por el grupo OL), lo cual es necesario, e.g., en un bloqueo o tackle de fútbol americano, podría ser requerido el entrenamiento que incorpora movimientos de alta fuerza y alta velocidad (levantamientos Olímpicos o saltos desde sentadilla de altas cargas) (6). Este estudio provee evidencia preliminar para futuras investigaciones de una comparación de levantamientos Olímpicos, saltos de sentadilla de altas y bajas cargas, programas pliométricos y sus diferentes efectos sobre la fuerza muscular, la potencia muscular y el rendimiento físico.

Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada en parte por una beca de la National Strength and Conditioning Association. Nos gustaría agradecer a los docentes apoyo técnico de la School for Exercise Science and Sport Management en la Universidad de Southern Cross. También agradecemos al Dr. Meter Abernethy, Dr. Robert Neal, Margaret Barber, y a los docentes de apoyo técnico del Department of Human Movement Studies en la Universidad de Queensland.

Nota

Jeff McBride se encuentra actualmente en el Department of Biology of Physical Activity, Universidad de Jyväskylä, Jyväskylä, Finlandia. Travis Triplett se encuentra actualmente en la Universidad de Wisconsin, La Crosse, 149 Mitchel Hall, La Crosse, WI 54601.

REFERENCIAS

1. Baker, D (1997). Improving vertical jump performance through general, special and specific strength training: A brief review. *J Strength Cond Res 10: 131-136*
2. Behm, D.G. and D.G. Sale (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *J Appl Physiol 74: 359-368*
3. Bobbert, M.A., and A.J., Van Soest (1994). Effects of muscle strengthening on vertical jump height: A simulation study. *Med Sci Sports Exerc 26: 1012-1020*
4. Brown, E.W. and K. Abani (1985). Kinematics and kinetics of dead lift in adolescent power lifters. *Med Sci Sports Exerc 17: 554-563*
5. Fry, A.C. and W.J. Kraemer (1991). Physical performance characteristics of American football players. *J Appl Sport Sci Res 5: 128-138*
6. Garhammer, J (1980). Power production by Olympic wighlifters. *Med Sci Sports Exerc 12: 54-60*
7. Garhammer, J, and T. McLaughlin (1980). Power output as a function of load variation in Olympic and power lifting. *J Biomech 3: 198*
8. Jackson, A. S., and M.L. Pollock (1977). Prediction accuracy of body density, lean body weight, and total body volume equations. *Med Sci Sports 9: 197*
9. Kanehisa, H. and M. Miyashita (1983). Specificity of velocity in strength training. *Eur J Appl Physiol 52: 104-106*
10. Kaneko, M., T. Fuchimoto, J. Toil and K. Suei (1983). Training effect of different load son the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scand J Sports Sci 5: 50-55*
11. Kraemer W.J (1997). A series of studies - The physiological basis for strength training in American football: Fact over philosophy. *J Strength Cond Res 11: 131-142*
12. Lesmes, G.D., D.L. Costill, E.F. Coyle and W.J. Fink (1978). Muscle strength and power changes during maximal isometric training. *Med Sci Sports 10: 266-269*
13. Mero, A. and P.V. Komi (1986). Force-, EMG-, and elasticity-velocity relationshiops at submaximal, maximal and supramaximal running speeds in sprinters. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol 55: 553-561*
14. Morrison, W.E. and D. Edwards (1991). A temporal analysis of the squat lift at the Australian power lifting championships. Melbourne July 1990. *In: Proccedings of the 9th International Symposium of the International Soc. of Biomechanics. C.L. Tant. Ed. Ames, Iowa, Iowa State Univ, pp. 135-138*

15. Ostowski, K.J, G.J, Wilson, R.W. Weatherby, P.W. Murphy and A.D. Lyttle (1997). The effect of weight training volume on hormonal output and muscular size and function. *J Strength Cond Res 11: 148-154*
16. Wilson, G.I., A.J. Murphy and A.D. Walche (1997). Perfomance benefits from weight and plyometric training: Effects of initial strength level. *Coaching Sport Sci J 21: 3-8*
17. Wilson, G.J., R.U. Newton, A.J. Murphy and B.J. Humphries (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med Sci Sports Exerc 25: 1279-1286*
18. Wretengerg, P., Y. Feng, and U.P. Arborelius (1996). High- and low- bar squatting technique during weigth-traning. *Med Sci Sports Exerc 28: 218-224*

Cita Original

Jeffrey M. McBride, Travis Triplett-McBride, Allan Davie, y Robert U. Newton. A Comparison of Strength and Power Characteristics Between Power Lifters, Olympic Lifters, and Sprinters. J Strength Cond Res 13 (1): 58-66, 1999.