PubliCE, (PubliCE) 2002

Research

Efectos de los Saltos con Cargas altas y bajas sobre el Desarrollo de la Fuerza, la Potencia y la Velocidad

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

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

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue examinar el efecto de un programa de entrenamiento de 8 semanas con saltos con cargas livianas vs. pesadas sobre varias mediciones del rendimiento físico y la actividad electromiográfica (EMG). 26 hombres atléticos con varios niveles de experiencia en entrenamiento de la fuerza realizaron sesiones de saltos con cargas con el 30 % (JS30, n=9) o el 80 % (JS80, n=10) de su repetición máxima en sentadilla (1 RM) o formaron parte del grupo control (C, n=7). Fueron realizadas las siguientes evaluaciones antes y después del entrenamiento: test de agilidad, 20 m de carrera, y sentadilla con salto con el 30 % (30J), 55 % (55J) y 80 % de su 1 RM. Para los saltos fueron calculadas las siguientes variables: fuerza pico, velocidad pico (PV), potencia pico (PP), altura de salto, y EMG promedio (fase concéntrica). Hubo incrementos significativos en la PP y la PV en 30J, 55J y 80J para el grupo JS30 ($p \leq 0.05$). El grupo JS30 también incrementó significativamente la fuerza en 1 RM con una tendencia hacia el incremento en los tiempos en la carrera de 20 m. De manera contraria, el grupo JS80 incrementó significativamente tanto la PF como la PP en 55J y 80J e incrementó significativamente la 1 RM, pero tuvo un rendimiento significativamente menor en la carrera de 20 m. En 30J el porcentaje de incremento del grupo JS30 en la actividad EMG fue significativamente diferente con respecto al grupo C. Esta investigación indica que el entrenamiento de sentadilla con salto con cargas livianas resulta en incrementos en las capacidades de velocidad de movimiento y que los cambios específicos para la velocidad en la actividad muscular juegan un rol clave en esta adaptación.

Palabras Clave: EMG, saltos, carrera, agilidad

INTRODUCCION

Numerosos estudios han examinado el efecto del control voluntario de la velocidad de movimiento durante el entrenamiento de la fuerza y otros estudios han examinado la implicancia del entrenamiento pliométrico sobre el desarrollo de la potencia (1, 14, 20, 21, 31). Uno de los puntos principales de controversia acerca del desarrollo de la potencia a través del entrenamiento de la fuerza ha sido el tipo de carga que debe ser usada (23). De acuerdo a Wilson et al. (30) hay dos ideas conflictivas: (a) la percepción acerca de que es necesario usar altas cargas [80-100 % de una repetición máxima (1 RM)] para inducir el reclutamiento de unidades motoras de alto umbral en base al principio del tamaño (22, 24), y (b) entrenar a una velocidad que esta más cerca de la velocidad real de los movimientos atléticos dinámicos [usando cargas bajas (30-40 % de la fuerza isométrica máxima)] para mantener la especificidad de la velocidad de entrenamiento y maximizar la producción de potencia (15, 16, 19, 26). Algunos estudios han mostrado mayores incrementos en la producción de potencia máxima y en la saltabilidad usando cargas bajas (30-40 % de 1 RM) (15, 30). Un

estudio reportó que el entrenamiento de altas cargas (80-100 % de 1 RM) resultó en mayores incrementos en la velocidad de movimiento y en la tasa de desarrollo de la fuerza por sobre un entrenamiento con cargas más bajas (24). Así, el asunto continua sin una solución.

Behm y Sale (3) han propuesto que es la intención de mover una carga dada rápidamente y no la carga real lo que determina la respuesta de entrenamiento. En base al principio del tamaño, del reclutamiento de unidades motoras, es sugerido que el entrenamiento con cargas bajas no resulta en la generación de fuerzas suficientemente altas para causar un reclutamiento muscular suficiente (22). De este modo, Behm y Sale (3) sugieren que intentar mover una carga alta rápidamente puede ser el mejor método para mejorar los movimientos relacionados a la velocidad-fuerza y así al rendimiento atlético dinámico. Sin embargo, el estudio de Behm y Sale (3) está en contraste a otros estudios que no encontraron un efecto del entrenamiento isométrico o de baja velocidad sobre la fuerza de alta velocidad (15, 17, 19). Sin embargo, estas investigaciones no le pidieron a los sujetos acelerar la carga lo más rápido posible. Ninguna investigación conocida ha comparado el entrenamiento de cargas altas y bajas en donde cada grupo intente mover el peso tan rápido como sea posible sin una fase de deceleración significativa como ocurre en el entrenamiento de la fuerza tradicional.

Ha sido investigado el incremento en la potencia muscular mediado por la adaptación del sistema nervioso, indicando una respuesta diferente con respecto a los cambios observados con el incremento de la fuerza muscular (8). Ha sido sugerido que los movimientos explosivos usados de manera característica para el desarrollo de la potencia resultan en una descarga de alta frecuencia de la unidades motoras de alto umbral y en reclutamientos selectivos de unidades motoras de alta frecuencia en comparación con los movimientos lentos (4, 6, 11). Las diferencias en el desarrollo de la fuerza y la potencia están apoyadas por la observación de las curvas electromiografía (EMG)-fuerza asociadas con diferentes tipos de entrenamiento (7, 10). Existe alguna evidencia acerca de cambios específicos para la velocidad en la EMG, indicando la posible respuesta diferente del sistema nervioso en los cambios de la fuerza muscular vs. la potencia muscular (8). El factor previamente mencionado de la intención de moverse rápido en un movimiento dado puede jugar un rol vital en este tipo de adaptación (3). Sin embargo, la velocidad a la cual es realizado un movimiento puede también resultar en diferentes adaptaciones del sistema nervioso. De este modo, el propósito de esta investigación fue comparar el entrenamiento de la fuerza explosiva (sentadilla con salto) con cargas altas vs. bajas y su efecto sobre las mediciones del rendimiento físico tanto en el plano vertical como el horizontal y los cambios asociados en la actividad muscular (EMG).

METODOS

Sujetos

Este estudio implico un total de 26 sujetos varones atléticos en edades entre 18 y 30 años con 2 a 4 años de experiencia en entrenamiento de la fuerza. La mayoría de los sujetos estaban también implicados en algún tipo de actividad deportiva a nivel de club. Fueron elegidos sujetos que no estuvieran tomando ni hubieran tomado previamente anabólicos esteroides, hormona del crecimiento, o alguna otra droga relacionada de aumento del rendimiento de algún tipo. Sin embargo, los individuos eran aceptados si tomaban vitaminas, minerales o suplementos naturales relacionados (distinto de monohidrato de creatina). Se le pidió a cada sujeto que completara un cuestionario de historia clínica, si era necesario, revisado por un médico para eliminar aquellos individuos con contraindicaciones para la participación en la investigación. Para la realización de este experimento fue obtenida la aprobación del Comité de Ética de la Universidad de Southern Cross. Todos los sujetos fueron informados acerca de cualquier riesgo asociado con la participación en el estudio y firmaron un documento de consentimiento antes de cualquier evaluación.

Diseño del Estudio

Este fue un estudio longitudinal que implico tres grupos (Tabla 1). Dos grupos experimentales realizaron sentadilla con salto, usando, ya sea, cargas de 30 % (JS30) o 80 % de su 1 RM previamente determinada en el ejercicio de sentadilla. El tercer grupo sirvió como grupo control (C). Los sujetos fueron emparejados y asignados a un grupo en base de su índice 1 RM en sentadilla/ masa corporal, asegurando que el promedio para cada grupo no era estadísticamente diferente. Hubo dos períodos de evaluación que duraron aproximadamente 2 semanas separados por una fase de entrenamiento de 8 semanas de duración. Los períodos de evaluación implicaron 2 días separados (día 1 y día 2). El día 1 implicó la evaluación de la composición corporal, un test T de agilidad, y una carrera de 20 m. En el día 2 fueron realizadas una evaluación de 1 RM en sentadilla y una evaluación de sentadilla con salto con diferentes cargas. Durante las evaluaciones de 1 RM y de saltabilidad, fue utilizada la EMG. Antes de cada sesión de evaluación los sujetos pedaleaban en una bicicleta estacionaria durante 5 minutos con un ajuste de carga baja estándar (105 W, Cicloergómetro Monark, Monark-Crescent AB, Varberg, Suecia). Aproximadamente 2 minutos después comenzaban las evaluaciones. Fueron recolectados datos de confiabilidad para ciertas variables dependientes 1 mes antes de las evaluaciones en un grupo separado de sujetos no relacionados a

esta investigación. Los datos de coeficiente intraclase y error técnico son proporcionados junto con las variables dependientes más abajo.

	JS30 (n=9)		JS80 (n=10)		C (n=7)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Edad (años)	24.2±1.8	---	21.6±0.8	---	22.3±1.8	---
Talla (cm)	181.7±3.5	---	179.5±2.0	---	176.5±3.0	---
Masa corporal (kg)	84.4±4.6	84.6±4.7	80.5±3.8	80.6±3.9	79.1±4.2	81.1±3.7
Grasa corporal (%)	11.7±1.2	11.1±1.1	10.7±1.5	10.8±1.6	12.5±2.4	13.5±2.4
Perímetro del muslo (cm)	56.2±1.8	56.6±1.9	54.5±1.6	55.5±1.4*	55.2±1.4	55.8±1.0

Tabla 1. *Características de los sujetos. Los valores representan medias±DS. Pre= antes del entrenamiento; post= después del entrenamiento; JS30= sentadilla con salto con el 30 % de 1 repetición máxima (1 RM); JS80= sentadilla con salto con el 80 % de 1 RM; C= sujetos controles. *Diferencia significativa desde la condición Pre a Post para el grupo (p≤0.05).*

Protocolo de Entrenamiento

Todo el entrenamiento fue realizado usando una máquina Smith similar a la que ya ha sido previamente utilizada (30). Esta máquina Smith fue equipada con un sistema de frenado que minimiza la carga excéntrica durante el entrenamiento con saltos desde sentadilla. Además, fue adherido a la barra un transductor de posición (Celesco Transducer Products, Chatsworth, CA) para registrar el desplazamiento de la barra. Las mediciones de desplazamiento fueron usadas para determinar la potencia pico (PP), la altura de salto (JH) y el trabajo para cada repetición usando un programa de computación desarrollado en Visual Basic (Microsoft Corporation, Seattle, WA). La fase de entrenamiento para los dos grupos experimentales implico un entrenamiento exacto supervisado dos veces por semana. Ambos grupos realizaron una entrada en calor en una bicicleta estacionaria durante 5 minutos con un ajuste de carga baja estándar (105 W, Cicloergómetro Monark). El grupo JS30 luego realizaba una serie de entrada en calor con sentadilla con salto de 6 repeticiones con la barra (25 kg). Este grupo luego procedía a realizar 5 series de saltos desde sentadilla con el 30 % de 1 RM. El grupo JS80 realizaba 2 series de entrada en calor de saltos desde sentadilla, una con la barra y la otra con el 50 % de su 1 RM. En cada serie de entrada en calor los sujetos realizaban 6 repeticiones. El grupo JS80 luego realizaba 4 series de saltos desde sentadilla con el 80 % de su 1 RM. El número de series para cada grupo fue elegido con la idea de equiparar las cargas de trabajo totales al final del período de entrenamiento. El número de repeticiones realizadas en cada serie después de las series de entrada en calor fue determinado por una disminución en la PP de 15 %. El nivel de corte de 15 % fue elegido como un punto arbitrario correspondiente a una disminución significativa en la velocidad de la barra consistente para los dos grupos. Fueron permitidos 3 minutos de descanso entre cada serie. Cada repetición fue realizada haciendo el movimiento normal de sentadilla hasta un ángulo de 80° y luego realizando un movimiento explosivo hacia arriba y saltando hasta la altura máxima. Los sujetos movían la barra tan rápido como fuera posible para cada una de las repeticiones, ejerciendo tanta fuerza como fuera posible tan rápido como fuera posible. El grupo control no realizó ningún entrenamiento adicional y se le pidió que mantuviera su régimen de actividad diario usual entre los períodos de entrenamiento. Los 3 grupos fueron instruidos para no realizar ningún otro entrenamiento explosivo específico para el tren inferior, ni carreras de máxima velocidad, ni saltos, fuera del entrenamiento del que ellos habían estado participando como parte de sus actividades atléticas en curso. Fueron obtenidos registros de la actividad del tren inferior de todos los sujetos para asegurar que los patrones de actividad del tren inferior permanecieran constantes.

Evaluación de 1 RM

Esta evaluación fue ligeramente modificada a partir de los protocolos previamente descritos (27). Esta evaluación fue realizada usando una máquina Smith estándar. Fue permitido que los sujetos realizaran un número de intentos de entrada en calor en el protocolo de evaluación de 1 RM usando el 30 % (8-10 repeticiones), 50 % (4-6 repeticiones), 70 % (2-4 repeticiones), y 90 % (1 repetición) de 1 RM estimada, ya sea por la recomendación de los sujetos o calculando el valor de manera que el peso fuera igual a 2-2.5 veces la masa corporal de los sujetos. A partir de este punto los pesos fueron incrementados a un punto donde el individuo tenía 3-4 esfuerzos máximos para determinar 1 RM (ICC [coeficiente de correlación intraclase]=0.998, % TEM [porcentaje de error técnico de medición]=1.66). A cada sujeto se le pidió bajar la barra hasta el punto que el ángulo de la rodilla fuera de 80°, punto que estaba marcado por topes ajustables. Fue permitido un descanso adecuado entre los intentos (3-5 minutos).

Evaluación de la Sentadilla con Salto

Esta evaluación implico la realización de una sentadilla con salto en una máquina Smith estándar sobre una plataforma de fuerza (Kistler, tipo 9287, Kistler Instrument Corporation, Amherst, MA) con un transductor de posición (Celesco Transducer Products) colocado en la barra. Fueron realizados dos saltos de prueba como entrada en calor con la barra sola. Fueron usadas cargas de evaluación de 30 % (30J), 55 % (55J), y 80 % (80J) de la 1 RM de los individuos. La realización de la sentadilla con salto implico un descenso rápido pero controlado de la barra hasta un ángulo de rodilla de 80°, el cual estaba marcado por topes ajustables. Se les pidió a los sujetos que cuando alcanzaran la parte más baja del movimiento inmediatamente aceleraran hacia arriba tan rápido como fuera posible, tratando de saltar a una altura máxima (JS30, ICC=0.625, %TEM=5.89) (JS55, ICC=0.933, %TEM=4.67) (JS80, ICC=0.955, %TEM=4.69). Fueron realizados dos intentos para la sentadilla con salto para cada carga dada, los cuales eran precedidos por 4 intentos de entrada en calor con la barra sola (25 kg). La fuerza y las mediciones de desplazamiento fueron usadas para determinar la fuerza pico (PF), velocidad pico (PV) y potencia pico (PP) usando un programa de computación (Visual Basic) aplicando métodos biomecánicos estándar. El ICC para el cálculo de PF, PV y PP fue de 0.989 (%TEM=2.68), 0.560 (%TEM=2.93), y 0.936 (%TEM=6.14), respectivamente.

Electromiografía

La EMG fue usada durante la evaluación de 1 RM, y durante las evaluaciones de 30J, 55J, y 80J. Un módulo preamplificado de electrodo de superficie de plata/cloruro de plata (Quantec, Brisbane, Australia) fue colocado en el vientre del músculo vasto lateral, distal al punto motor. Cada módulo contenía 2 electrodos activos y 1 electrodo de referencia equidistante a 2 cm. Todos los módulos fueron apropiadamente aplicados al músculo que quería ser estudiado con los electrodos alineados en paralelo a las fibras musculares. La ubicación de los electrodos fue cuidadosamente medida y marcada para asegurar la colocación en la posición exactamente igual para las evaluaciones realizadas antes (Pre) y después (Post) del entrenamiento. Este laboratorio ha reportado previamente altos niveles de confiabilidad entre distintos días para las mediciones de EMG integrada (28). La señal bioeléctrica amplificada fue registrada usando una computadora y una tarjeta análoga a digital (C10-DAS80, Computer Boards, Mansfield, MA) y fue almacenada en un disco de computadora para los análisis posteriores. La EMG (mv) para 1 RM y las sentadillas con salto (30J, 55J, 80J) fue calculada por rectificaciones de onda completa y promediada a través de la fase concéntrica.

Evaluación de Agilidad T y Carrera de 20 m

La evaluación de agilidad T (AGT) implicó una serie de movimientos de ida y vuelta, y movimientos laterales para pasar a través de un recorrido en forma de T marcado con conos (25) (ICC=0.914, %TEM=2.09). La carrera de 20 m implico una partida detenida. Se les pidió a los sujetos acelerar tan rápido como fuera posible a través de una serie de 4 referencias de tiempo que medían el tiempo instantáneamente a 5 m (SPRG1), 10 m (SPRG2), y 20 m (SPRG3) (ICC=0.847, %TEM=1.98). Fueron permitidos 2 minutos de descanso entre cada intento y 5 minutos entre las diferentes evaluaciones.

Composición Corporal

Fueron obtenidas mediciones de pliegues cutáneos con calibres Harpenden (British Indicators Ltd., Herts, Inglaterra) y fueron determinadas estimaciones de porcentaje de grasa corporal y masa corporal magra (13). También fueron registrados el perímetro del muslo, la talla y la masa corporal de cada sujeto.

Análisis Estadísticos

Fue usado un análisis de mediciones repetidas de modelo lineal general con un test post hoc Bonferoni para determinar las diferencias entre y dentro de los grupos. Fue usado análisis de varianza a una vía para determinar diferencias significativas entre los grupos en cambio porcentual. Fueron determinados coeficientes de correlación de Pearson para las variables seleccionadas. El criterio de nivel α fue establecido a una $p \leq 0.05$. Se estimó una dimensión de efecto $\eta^2=0.569$ a un nivel de potencia observado de 1.0 para la 1 RM. Se estimó una dimensión de efecto de $\eta^2=0.387, 0.371, 0.164, 0.170$ a una potencia observada de 0.954, 0.941, 0.530, 0.547 para PF, PP, PV y JH respectivamente para 30J. Se estimó una dimensión de efecto de $\eta^2=0.235, 0.441$ a un nivel de potencia observado de 0.578, 0.931 para la EMG promedio durante las sentadillas con salto con el 30 y 80 % de 1 RM, respectivamente. Todos los análisis estadísticos fueron realizados a través del uso de un programa estadístico (SPSS, Versión 8.0, SPSS Inc., Chicago, IL).

	JS30		JS80		C	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Entrenamientos (nro.)	---	13.7±0.6	---	13.4±0.5	---	---
Total de series (nro.)	---	81.4±3.2	---	80.1±2.8	---	---
Total de repeticiones (nro.)	---	529.9±24.8	---	459.1±23.2	---	---
Trabajo total (J)	---	168876±15011 **	---	240919±21590	---	---
1 RM (kg)	145.8±9.8	157.8±10.2 *	152.3±10.1	167.8±10.3 *	146.8±8.1	155.0±7.5
Indice 1 RM/masa corporal	1.74±0.10	1.87±0.09 *	1.90±0.10	2.09±0.08 *	1.89±0.13	194±0.11

Tabla 2. *Protocolo de entrenamiento y fuerza en senadilla (1 RM). 1 RM= 1 repetición máxima; JS30= sentadilla con salto con el 30 % de 1 RM, JS80=sentadilla con salto con el 80 % de 1 RM; C= grupo control. Los valores están presentados como medais±DS. * Diferencia significativa desde la condición Pre a Post para ese grupo. ** Diferencia significativa entre el grupo JS30 y JS80 (p≤0.05).*

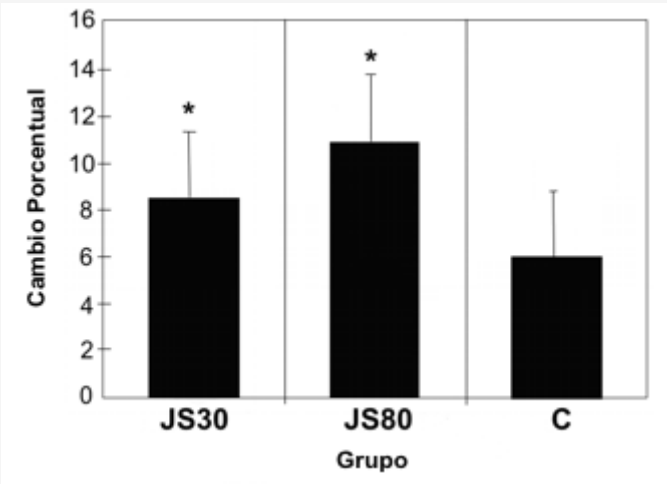


Figura 1. *Cambio porcentual en la fuerza máxima en sentadilla (1 RM) desde antes (Pre) hasta después (Post) del período de entrenamiento. * Diferencia significativa desde la condición Pre a Post para ese grupo (p≤0.05).*

RESUTALDOS

Características de los Sujetos

No hubo diferencias significativas entre o dentro de los grupos para ninguna de las variables de las características de los sujetos, excepto para el perímetro del muslo, en las condiciones Pre o Post (Tabla 1). El perímetro del muslo ser incrementó significativamente en el grupo JS80 desde la condición Pre a Post.

Protocolo de Entrenamiento

No hubo diferencias significativas entre el número de entrenamientos o el número total de series (incluyendo las series de entrada en calor) o las repeticiones realizadas, entre los grupos JS30 y JS80 (Tabla 2). Hubo una diferencia significativa en el trabajo total realizado entre estos 2 grupos. Sin embargo, no fueron encontradas correlaciones significativas entre el trabajo total y los cambios en el rendimiento relevante.

Sentadilla (1 RM)

Hubo un incremento significativo en la 1 RM para los grupos JS30 y JS80 desde la condición Pre a Post (Figura 1). También hubo un incremento significativo en el índice 1 RM-masa corporal (índice 1 RM/masa corporal) para los grupos JS30 y JS80 (Tabla 2).

Sentadilla con Salto

El grupo JS30 incrementó significativamente la PP, PV y JH en 30J (Figura 2). El incremento porcentual en JH en el grupo JS30 fue significativamente mayor en comparación con el grupo JS80. El grupo JS80 incrementó significativamente en la variable PF en 30J.

En 55J el grupo JS30 incrementó significativamente PF, PP y PV, mientras que el grupo JS80 incremento significativamente PF y PP (Figura 3).

En 80J el grupo JS30 incrementó significativamente en PF, PP y PV, mientras que los grupos JS80 y C incrementaron en PF y PP (Figura 4).

No hubo diferencias significativas entre los grupos para PF, PV, PP, o JH en las condiciones Pre o Post entrenamiento (Tabla 3).

Electromiografía

La EMG para la fase concéntrica se incrementó significativamente en 55J, 80J y 1 RM para los grupos JS30 y JS80 (Figura 5). Sin embargo, el grupo JS30 también incrementó significativamente la EMG promedio durante 30J. No hubo cambios significativos en la EMG promedio durante la fase concéntrica durante ninguna de las evaluaciones para el grupo C. El cambio porcentual en la EMG promedio fue significativamente mayor en JS30 en comparación con el grupo C para 30J y fue significativamente mayor en el grupo JS80 en comparación con el grupo C para 80J.
Test de Agilidad T y Carrera de 20 m

El grupo JS30 disminuyó significativamente en AGT desde la condición Pre a Post (Figura 6). El cambio porcentual en SPRG2 fue significativamente diferente entre los grupos JS30 y JS 80. El grupo JS80 disminuyó significativamente en AGT. Sin embargo, no hubo ningún incremento significativo en SPRG1 desde la condición Pre a Post para el grupo JS80.

No hubo diferencias significativas en AGT, SPRG1, SPRG2 o SPRG3 entre los grupos, tanto en la condición Pre o Post (Tabla 4).

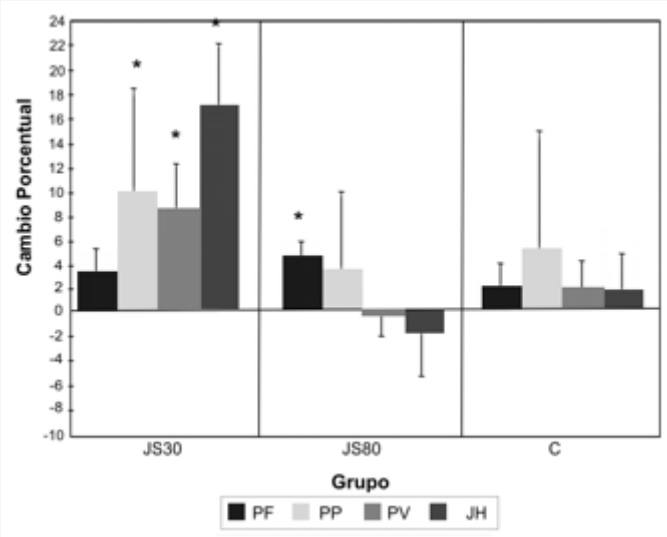


Figura 2. *Cambio porcentual en la fuerza pico (PF), potencia pico (PP), velocidad pico (PV) y altura de salto (JH) desde antes del período de entrenamiento (Pre) hasta después del período de entrenamiento (Post) para la evaluación de sentadilla con salto con el 30 % de 1 RM (30J). * =diferencia significativa desde la condición Pre a Post para el grupo. + = diferencia significativa entre los grupos JS30 y JS80 (p≤0.05).*

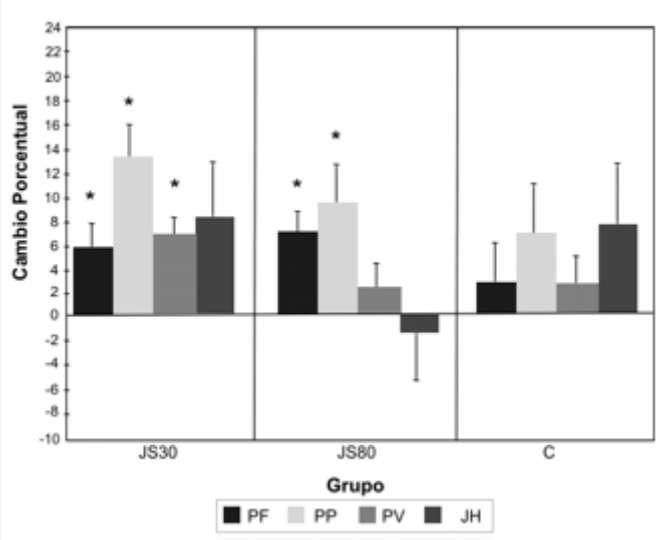


Figura 3. *Cambio porcentual en la fuerza pico (PF), potencia pico (PP), velocidad pico (PV), y altura de salto (JH) desde antes del período de entrenamiento (Pre) hasta después del período de entrenamiento (Post) para la evaluación de sentadilla con salto con el 55 % de 1 RM (30J). * =diferencia significativa desde la condición Pre a Post para el grupo (p≤0.05).*

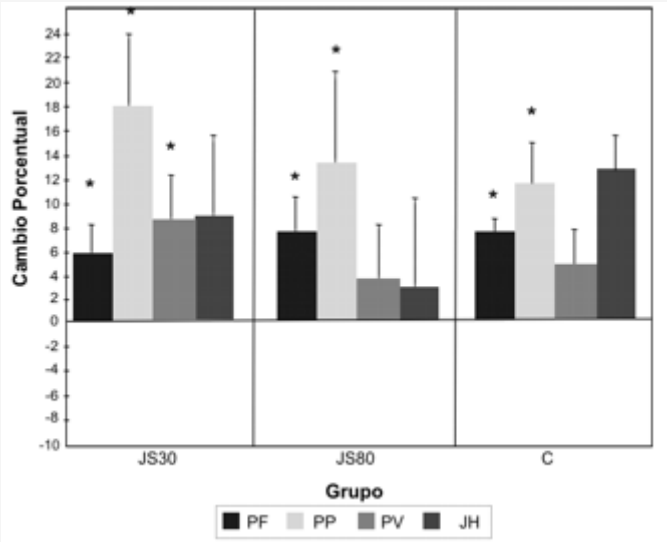


Figura 4. *Cambio porcentual en la fuerza pico (PF), potencia pico (PP), velocidad pico (PV), y altura de salto (JH) desde antes del período de entrenamiento (Pre) hasta después del período de entrenamiento (Post) para la evaluación de sentadilla con salto con el 80 % de 1 RM (30J). * =diferencia significativa desde la condición Pre a Post para el grupo (p≤0.05).*

DISCUSION

El hallazgo más significativo de esta investigación fue que la velocidad a la cual entrena un individuo, que es controlada por la carga, resulta en un cambio específico para la velocidad en la actividad eléctrica muscular. Además, esta velocidad controlada por la carga parece tener un efecto diferente sobre las variables de fuerza, velocidad, y potencia relacionadas al rendimiento físico.

El entrenamiento de velocidad controlada por la carga significa que los sujetos, independientemente del grupo al que pertenecían, trataban de mover la barra tan rápido como fuera posible para cada repetición. La cantidad de peso en la

barra de este modo determinó a que velocidad ocurriría el entrenamiento. El grupo JS80 tenía una carga alta en la barra por lo que este grupo entrenó a una velocidad mucho más lenta que el grupo JS30, el cual tenía una carga baja en la barra. El grupo JS30 tuvo una tendencia general de incremento de las capacidades de velocidad sin tener en cuenta la carga en los test de sentadilla con salto. Ocurrieron incrementos significativos en la velocidad pico de la barra en el grupo JS30 en todas las cargas de evaluación (30J, 55J, 80J), lo cual no ocurrió en el grupo JS80. De manera alternativa, el grupo JS80 mostró una tendencia hacia un enorme incremento de la fuerza, pero también presentó un efecto insignificante, y en algunos casos negativo sobre las capacidades de velocidad, nuevamente sin tener en cuenta la carga en el test de sentadilla con salto. El grupo JS80 tuvo incrementos significativos en la fuerza pico en todas las cargas evaluadas (30J, 55J, 80J); el grupo JS30 no presento tales incrementos. Así, los datos de esta investigación están en contradicción con la especificidad de la velocidad, la cual ha sido ampliamente apoyada por los datos isoquinéticos (ver revisión, 4). Una investigación previa también usó velocidad controlada por la carga en un ejercicio de flexores del codo con cargas de entrenamiento de 0, 30, 60, y 100 % de la fuerza isométrica máxima (15). El grupo que entrenó con el 30 % de la fuerza isométrica máxima mostró un incremento de las capacidades de velocidad a través del rango completo de las cargas evaluadas (10, 20, 30, 45, 60 % de la fuerza isométrica máxima), de manera similar a nuestra investigación. El estudio también mostró que solo los grupos de entrenamiento de 60 % y 100 % mejoraron significativamente la fuerza isométrica. Sin embargo, no estuvo claro a partir del estudio si la producción de fuerza cambió en cada carga evaluada en los grupos de entrenamiento del 60 % y 100 %.

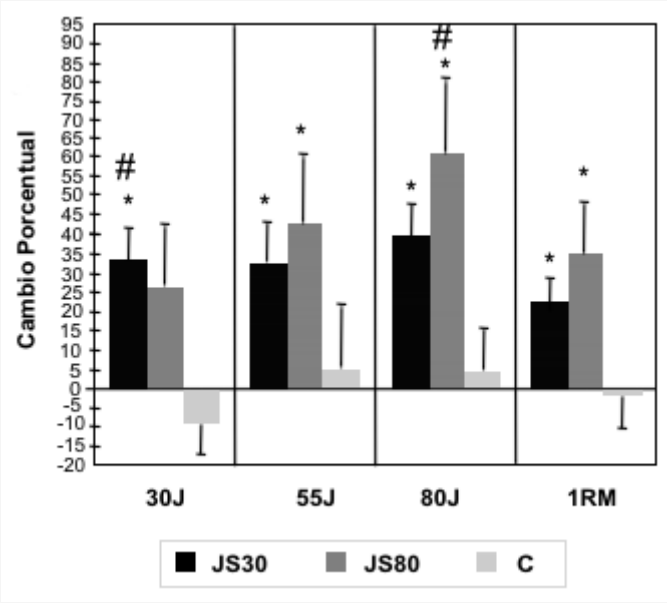


Figura 5. *Cambio porcentual en el electromiograma promedio (EMG) a partir del vasto lateral para la fase concéntrica del test de una repetición máxima (1 RM) y los test de sentadilla con salto con el 30 % (30J), 55 % (55J), y 80 % (80J) de 1 RM. * Diferencia significativa desde antes del entrenamiento (Pre) hasta después del entrenamiento (Post) para tal grupo. # = Diferencia significativa con respecto al grupo control (C) (p≤0.05).*

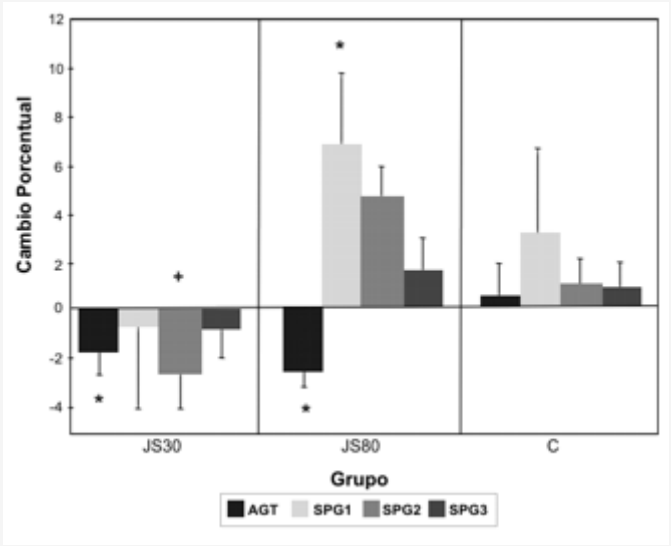


Figura 6. *Cambio porcentual desde antes del entrenamiento (Pre) y después del entrenamiento (Post) en el tiempo para completar el test de agilidad (AGT) y en el tiempo para alcanzar la referencia 1 (SPRG1) (5 m), la referencia 2 (SPRG2) (10 m), y la referencia 3 (SPRG3) (20 m). *= Diferencia significativa desde la condición Pre a Post para tal grupo. += Diferencia significativa entre el grupo JS30 y el grupo JS80 (p≤0.05).*

Se admite que en la evaluación velocidad controlada por la carga (sentadilla con salto con el 30, 55 y 80 % de 1 RM) el grupo JS80 tuvo una oportunidad al comienzo del movimiento para generar fuerza mientras la barra se estaba moviendo lentamente. Esto está en contraste con las evaluaciones semi-isoquinéticas en las cuales la velocidad es más constante a través de todo el rango de movimiento. Sin embargo, el modelo de entrenamiento y evaluación usado en esta investigación es más aplicable al rendimiento atlético dinámico en el cual la velocidad cambia a través del transcurso de un movimiento específico (12, 29). Esto puede indicar porque las investigaciones previas han encontrado que tanto el entrenamiento de cargas altas y bajas era efectivo para mejorar el rendimiento atlético (8, 9). Sin embargo, un análisis más cuidadoso puede revelar que el entrenamiento de fuerza de altas cargas es efectivo para incrementar las capacidades de aceleración inicial mientras que la velocidad de movimiento es lenta, pero el entrenamiento de fuerza de cargas bajas incrementa las capacidades de aceleración durante el componente de mayor velocidad del movimiento (20, 32). Esto puede indicar porque el grupo JS80 logró mejoras significativas en el test de agilidad, pero tuvo un rendimiento significativamente menor en la carrera de 20 m. El test T en este estudio consistió de detenciones y salidas frecuentes y así el aspecto de alta velocidad de la evaluación de carrera no estuvo presente. Es admitido que también fueron observados algunos cambios en estas variables en el grupo control. Sin embargo, este grupo estaba realizando actividades deportivas a nivel de club al momento del estudio, las cuales pueden haber influenciado estas variables independientemente de los efectos del protocolo de evaluación en si mismo. La falta de cambio en el EMG en el grupo control apoya este concepto, ya que los cambios en la fuerza y la potencia en el grupo control no fueron específicos con respecto al tratamiento, sino un resultado de otra actividad.

	JS30		JS80		C	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
30J						
PF (N)	2151.3±103.8	2227.4±115.3	2158.9±95.6	2263.3±101.3	2155.1±70.5	2191.3±58.9
PV (m.s-1)	1.73±0.65	1.87±0.33	1.85±0.40	1.84±0.29	1.84±0.31	1.86±0.41
PP (W)	3554.0±207.7	3908.8±235.9	3748.4±180.6	3858.9±148.9	3699.4±108.6	3873.9±101.9
JH (cm)	20.3±1.2	23.4±1.0	21.9±0.8	21.3±0.5	23.3±0.8	23.6±0.7
55J						
PF (N)	2378.0±117.9	2520.8±125.3	2434.6±107.7	2614.1±122.1	2423.9±94.1	2490.7±76.3
PV (m.s-1)	1.37±0.20	1.47±0.23	1.41±0.31	1.44±0.37	1.42±0.28	1.46±0.30
PP (W)	3113.1±178.1	3517.3±180.3	3265.8±129.7	3569.5±139.9	3252.3±11.4	3455.4±74.8
JH (cm)	15.5±0.7	16.6±0.6	15.7±0.5	15.4±0.7	16.1±0.9	17.3±0.6
80J						
PF (N)	2653.1±132.2	2801.9±133.7	2697.7±133.9	2891.5±124.8	2651.6±89.3	2805.1±79.5
PV (m.s-1)	1.05±0.40	1.14±0.28	1.07±0.39	1.11±0.39	1.07±0.23	1.12±0.31
PP (W)	2635.3±153.6	3067.3±151.5	2766.9±170.2	3050.7±104.0	2704.3±77.2	3010.4±80.1
JH (cm)	11.3±0.6	12.1±0.5	11.2±0.9	11.1±0.6	11.6±0.6	13.0±0.6

Tabla 3. *Sentadilla con salto. Los valores están presentados como medias±DS. Las diferencias significativas entre las condiciones Pre y Post están indicadas en las Figuras 2, 3, y 4. JS30= sentadilla con salto con el 30 % de 1 repetición máxima (1 RM); JS80= sentadilla con salto con el 80 % de 1 RM; C= grupo control; Pre= antes del entrenamiento; Post= después del entrenamiento, 30J, 55J y 80J= sentadilla con salto con el 30 %, 55 % y 80 % de 1 RM.*

	JS30		JS80		C	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
AGT (s)	11.10±0.16	10.91±0.16	10.97±0.20	10.71±0.18	10.80±0.19	10.84±0.17
SPRG1 (s)	1.12±0.03	1.11±0.03	1.09±0.03	1.16±0.02	1.10±0.04	1.13±0.03
SPRG2 (s)	1.91±0.04	1.88±0.04	1.84±0.03	1.93±0.02	1.87±0.04	1.89±0.03
SPRG3 (s)	3.27±0.05	3.24±0.04	3.19±0.05	3.24±0.04	3.18±0.05	3.21±0.05

Tabla 4. *Test de Agilidad T (AGT) y carrera de 20 m. Los valores están presentados como medias±DS. Las diferencias significativas entre las condiciones Pre y Post están indicadas en la Figura 6. JS30= sentadilla con salto con el 30 % de 1 repetición máxima (1 RM); JS80= sentadilla con salto con el 80 % de 1 RM; C= grupo control; Pre= antes del entrenamiento; Post= después del entrenamiento; SPRG1= tiempo medido a los 5 m; SPRG2= tiempo medido a los 10 m; SPRG3= tiempo medido a los 20 m.*

Los resultados de esta investigación son apoyados por un análisis transversal anterior de varios atletas (16). Este estudio reportó que los velocistas tuvieron la capacidad de producir altas velocidades durante las evaluaciones. Sin embargo, aunque los levantadores de potencia tenían la capacidad de producir fuerzas mayores, tenían una capacidad relativamente baja para producir altas velocidades. Los patrones de capacidad de velocidad y fuerza fueron más pronunciados entre estos grupos en las cargas de evaluación más cercanas a las cargas con las cuales entrenaba cada grupo. Sin embargo, el patrón de capacidad de velocidad o fuerza único de cada grupo fue observable a través de todas las cargas evaluadas. La presenta investigación encontró patrones asociados de las capacidades de velocidad durante la evaluación no específica de los tiempos de carrera, con el grupo JS30 mostrando claras tendencias hacia una mayor rapidez y el grupo JS80 siendo significativamente más lento. La tendencia encontrada en los tiempos de carrera en esta investigación es apoyada por un estudio similar que implicó entrenamiento de velocidad, y entrenamiento de alta velocidad y entrenamiento de la fuerza de altas cargas, a través de un período de 9 semanas (5). Fue reportado que mientras el entrenamiento de alta velocidad mejora los tiempos de carrera, el entrenamiento de la fuerza con altas cargas no tiene ningún efecto.

Behm y Sale (3) han indicado que puede ser la intención de moverse rápido y no la velocidad de movimiento real lo que determina la respuesta específica a la velocidad. De este modo, ha sido sugerido que cuando se entrena para el rendimiento atlético dinámico la velocidad de movimiento no es importante mientras que la intención de la acción muscular sea explosiva (2). La presente investigación no apoya esta conclusión. A ambos grupos en este estudio se les dio

instrucción de iniciar el movimiento tan rápido como fuera posible. Además, cada grupo realizó el movimiento sin ninguna deceleración voluntaria en la fase concéntrica. De este modo, parece que la velocidad real de entrenamiento, como fue indicado en el grupo JS30, es un componente vital en la producción de las capacidades de alta velocidad.

Aplicaciones Prácticas

Existe muy poca literatura comparativa concerniente a los cambios específicos de la velocidad en la actividad muscular con el entrenamiento de sobrecarga. Sin embargo, una de las principales investigaciones en esta área reportó diferentes cambios, específicos para la velocidad, en la actividad muscular entre el entrenamiento de sobrecarga y el entrenamiento explosivo de alta velocidad (8). Fueron observados incrementos en la actividad eléctrica muscular principalmente en el entrenamiento de velocidad (8). Otro estudio sugirió la posible importancia de las capacidades de activación muscular de alta velocidad y la capacidad de realizar actividades de alta velocidad (18). Los hallazgos de la presente investigación son consistentes con estos hallazgos previos. El entrenamiento con una carga específica y por ello con una velocidad específica resultó en incrementos específicos para la velocidad en la activación muscular. Así, parece que la velocidad del movimiento, ya que es controlada por la carga, juega un rol clave en la mejora de las capacidades de rendimiento de alta velocidad y posiblemente en los mecanismos neurales de adaptación. Sin embargo, no pudieron ser determinados a partir de esta investigación los mecanismos específicos, responsables de los patrones observados de incrementos específicos para la velocidad, en la actividad electromiográfica. Los mecanismos de las respuestas específicas para la velocidad en la actividad eléctrica muscular con el entrenamiento deben continuar siendo investigados.

Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada en parte por una beca de la NASA (otorgada a través de la American Collage of Sports Medicine Foundation). Agradecemos a Matt Sharman, Tiffeny Byrnes, Carol Hartmann, Rob Baglin, y Mark Fisher por su ayuda en los laboratorios.

Dirección para Correspondencia

Jefrey M. McBride, mcbride.jeff@uwlax.edu

Nota

Jefrey M. McBride es actualmente Director del Musculoskeletal Research Center, Department of Exercise and Sport Science, University of Winsconsin-La Crosse, La Crosse, WI 54602.

REFERENCIAS

1. Behm, D.G (1995). Neuromuscular implications and applications of resistance training. *J. Strengh Cond. Res. 9:264-274*
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. Behm, D.G., and D.G. Sale (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Med 15:374-388*
4. Delecluse, C, H. Van Coppenolle, E. Willems, M. Van Leemputit, R. Diels, and M. Goris (1995). Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Med. Sci. Sports Exerc. 27:1203-1209*
5. Desmedt, J.E. and E. Godaux (1978). Ballistic contraction of slow and fast human muscle: Discharge patterns of single motor units. *J. Physiol. 285:185-196*
6. Hannerz, J., and L. Grimby (1979). The afferent influence on the voluntary firing range of individual motor units in man. *Muscle Nerve 2:414-422*
7. Hudson, J.L (1986). Coordination of segments in the vertical jump. *Med. Sci. Sports Exerc. 18:242-251*
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). Specifity of velocity in strength training. *Eur. J. Appl. Physiol. 52:104-106*
10. Kaneko, M, T Fuchimoto, H, Toji and K. Suel (1983). Training effect of different loads on the force-velocity relationship andmechanical power output in human muscle. *Scand J. Sports Sci. 5:50-5*
11. Mcbride, J.M, T. Tripleti-Mcbride, A. Davil, and R. U. Newton (1999). A Comparison of Strength and Power Characteristics Between Power Lifters, Olympic Lifters, and Sprinters. *J. Strength Cond Res. 13:58-66*
12. Mcdonagh, M.J.N, C.M. Hayward, and C.T.M. Davies (1983). Isometric training in human elbow flexor muscle. *J. Bone Joint Surg. 64:355-358*
13. Mero, A, and P.V. Komi (1986). Force, EMG, and elasticity-velocity relationships at submaximal, maximal and supramaximal running speeds in sprinters. *Eur. J. Appl. Physiol. 55:553-561*

14. Moitani, T. and M. Muro (1987). Motor unit activity and surface electromyogram power spectrum during increasing force of contraction. *Eur. J. Appl. Physiol. 56:260-265*
15. Morrissey, M.C., E.A. Harman, and M.J. Johnson (1995). Resistance training modes: Specificty and effectiveness. *Med. Sci. Sports Eserc. 27:648-660*
16. Sale, D.G (1987). Influence of exercise and training on motor unit activation. *Exerc. Sport Sci. Rev. 15:95-151*
17. Sale, D.G. and D. Macdougall (1981). Specificity in strength training: A review for the coach and athlete. *Can J. Appl Sports Sci. 6:87-92*
18. Schmidtbleicher, D. and G. Haralambie (1981). Changes in contractile activity properties of muscle after strength training in man. *Eur. J. Appl. Physiol. 46:221-228*
19. Semenick, D (1994). Testing and protocols and procedures. *In: Essentials of strength training and conditioning. T. R. Vaechle, ed. Champaign, IL: Human Kinetics: pp. 258-273*
20. Schmidtbleicher, D, and G, Haralambre (1981). Changes in contractile activity properties of muscle after strength training in man. *Eur. J. Appl. Physiol 46:221-228*
21. Shealy, M.J, R. Callister, G.A. Dudley and S.J Fleck (1992). Human torque velocity adaptations to sptint, endurance, or combined modes of trainint. *Am. J. Sports Med. 20:581-586*
22. Taylor, A.D, and R. Bronks. R (1995). Producibility and validity of the quadriceps muscle integrated electromyogram threshold durin incremental cycle ergometry. *Eur. J. Appl. Physiol. 70:252-257*
23. Volkov, N.I. and V.I. Lapin (1979). Analysis of the velocity curve in sprint running. *Med. Sci. Sports Exerc. 11:332-337*
24. Wilson, G.J, RU Newton, A.J. Murphy and B. J. Humphries (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med. Sci. Sports Eserc. 25:1279-1286*
25. Young, WB, and GE Bilby (1993). The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power, and hypertrophy development. *J. Strength Cond. Res. 7:172-178*
26. Young, W, B McLean and J. Ardagna (1995). Relationship Between strength qualities and sprinting performance. *J. Sports Med Phys Fitness 35:13-19*

Cita Original

Jeffrey M. McBride, Travis Triplett-McBride, Allan Davie, and Robert U. Newton. The Effect of Heavy- vs. Light-Load Jump Squats on the Development of Strength, Power, and Speed. J. Strength Cond. Res., 16 (1): 75-82, 2002.