PubliCE, (PubliCE) 2010

Monograph

Efectos de la Entrada en Calor sobre el Rendimiento en Saltos Verticales y la Actividad Eléctrica Muscular utilizando el Ejercicio de Media Sentadilla con Intensidades Bajas y Moderadas

I. Smilios[1], Savva P Tokmakidis[1], Marios Christou[1,2], Konstantinos Sotiropoulos[1], Karolina Barzouka[3], Angelos Spaias[1] y Helen Douda[1]

[1]*Department of Physical Education and Sport Science, Democritus University of Thrace, Komotini, Greece.*
[2]*Department of Life & Health Sciences, University of Nicosia, Cyprus.*
[3]*Department of Physical Education and Sport Science, National and Kapodistrian University of Athens, Greece.*

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue determinar los efectos de una entrada en calor específica utilizando el ejercicio de media sentadilla con intensidades bajas y moderadas sobre el rendimiento en saltos verticales y sobre la actividad electromiográfica de los músculos del muslo. Los sujetos fueron 26 hombres que fueron divididos en un grupo que realizó los ejercicios a baja intensidad (LIG; N = 13) y en un grupo que realizó los ejercicios a intensidad moderada (MIG; n = 13). El grupo LIG realizó el protocolo de entrada en calor específico que incluyó la ejecución específica de medias sentadillas con cargas del 25-35% de una repetición máxima (1RM) y el grupo MIG realizó el protocolo de entrada en calor con la ejecución de medias sentadillas al 45-65% de 1RM. Los dos grupos realizaron saltos con contramovimiento (CMJ) antes y tres minutos después de los protocolos específicos de entrada en calor. Durante la fase concéntrica del CMJ se utilizó un encoder linear conectado a una conversor A/D en interface con una PC que poseía un software para la adquisición y el análisis de datos que permitió el cálculo de la producción media de potencia. Durante la fase concéntrica de los saltos se registró la actividad electromiográfica del vasto lateral (VL), del vasto medial (VM) y del recto femoral (RF). También se calculó la actividad electromiográfica media de los cuádriceps (Qc) (valor medio de la actividad registrada en los músculos VL, VM y RF). Para el análisis de los datos se utilizo el análisis de varianza ANOVA de dos vías (protocolo × tiempo) para medidas repetidas sobre el segundo factor. Luego de realizar los protocolos específicos de entrada en calor ambos grupos exhibieron mejoras en el rendimiento en los CMJ ($p \leq 0.05$) y en la producción de potencia mecánica en un 3.5% y un 6.3%, respectivamente; pero no se observaron diferencias significativas entre los grupos. La actividad EMG de los Qc y del VL se incrementó ($p \leq 0.05$) en ambos grupos en un 5.9% y en un 8.5%, respectivamente. Se concluyó que la utilización de un protocolo específico de entrada en calor que incluya la ejecución de medias sentadillas, realizadas en forma explosiva y con intensidades bajas a moderadas, mejora el rendimiento en los CMJ. Esto puede deberse al incremento en la activación muscular, evaluada a través de una electromiografía de superficie.

Palabras Clave: electromiografía, entrenamiento de contrastes, ejercicio con sobrecarga

INTRODUCCION

La entrada en calor es considerada un factor crítico y es regularmente utilizada por los atletas para evitar lesiones y alcanzar un mayor rendimiento durante el entrenamiento y la competencia. La entrada en calor consiste de una parte general y una parte específica. La parte general se enfoca en el incremento de la temperatura central y muscular, del metabolismo celular y del rengo de movimiento articular (Zentz et al., 1998). La parte específica se enfoca en reforzar los programas motores y principalmente de la actividad que seguirá a la entrada en calor. Cuando la actividad es rápida y dinámica, se produce una alta activación neuromuscular y se alcanza una rigidez músculo-tendinosa óptima (Bishop, 2003; Burkett et al., 2005; Wilson et al., 1991; Wilson and Flanagan, 2008).

De acuerdo con Verkhoshansky (1986), el ejercicio con cargas submáximas activa el sistema nervioso central creando un ambiente favorable para el rendimiento en actividades explosivas con cargas menores. La abrumadora mayoría de los investigadores (Clark et al., 2006; Comyns et al., 2006; Deutsch and Lloyd, 2008; Gourgoulis et al., 2003; Jensen and Eben 2003; Jones and Lees, 2003; Kilduff et al., 2007; Scott and Docherty, 2004; Weber et al., 2008; Young et al., 1998) han utilizado principalmente altas cargas [80-95% de 1 repetición máxima (RM) o 3-5 RM] durante la entrada en calor, mientras que existen datos limitados acerca de la efectividad de utilizar cargas moderadas y bajas para mejorar el rendimiento en saltos verticales. Smilios et al (2005) hallaron que la realización de saltos desde sentadilla (*squat jumps*) con cargas del 30 y 60% de 1RM, indujeron el incremento de la altura del salto con contramovimiento, mientras que el ejercicio de media sentadilla tuvo un efecto positivo solo cuando se utilizaron cargas del 60%. En contraste otros investigadores no observaron cambio alguno en el rendimiento durante la realización de saltos verticales con la utilización de cargas de entre el 30-65% de 1RM en el ejercicio previo (Comyns et al., 2007; Hanson et al., 2007; Villareal et al., 2007). Considerando que la utilización de cargas bajas y moderadas puede ser más viable y sencilla de aplicar durante la realización de la entrada en calor específica, uno de los objetivos del presente estudio fue examinar adicionalmente si la utilización de este rango de cargas (≤ 65% de 1RM) podría incrementar, en forma aguda, el rendimiento durante la realización de saltos verticales. Además, a pesar del hecho de que la mejora del rendimiento se atribuye principalmente a factores neurales, pocos investigadores han evaluado simultáneamente los cambios en el rendimiento y los cambios en la activación muscular utilizando la electromiografía de superficie (EMG). Jones et al (2003) hallaron que la realización de 5 sentadillas en una “Máquina Smith” con cargas altas (85% de 1RM) no tuvo efectos sobre la altura del CMJ y sobre la actividad electromiográfica del recto femoral, del vasto lateral y del bíceps femoral de la extremidad dominante. Aparentemente aun existen cuestiones sin respuesta en relación con los efectos de los protocolos de entrada en calor específica que contienen ejercicios de sobrecarga realizados con cargas bajas o moderadas sobre el rendimiento en el salto vertical y sobre la actividad eléctrica de los músculos involucrados. Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue investigar los efectos de una entrada en calor específica que incluyera la realización de medias sentadillas con cargas bajas (25 y 35% de 1RM) y moderadas (45 y 65% de 1RM) sobre la capacidad de salto y la actividad electromiográfica de los músculos extensores de la rodilla.

METODOS

Sujetos

Para el presente estudio fueron reclutados veintiséis hombres. Sus características físicas (media ± DE) fueron: edad, 22.4 ± 2.5 años; talla, 1.77 ± 0.06 m; masa corporal, 77.7 ± 8.1 kg y fuerza en 1RM en el ejercicio de media sentadilla (ángulo de la rodilla) 185 ± 30 kg. Los sujetos eran atletas que realizaban artes marciales y deportes de conjunto (fútbol y vóleibol), eran saludables y no tenían lesiones del sistema músculo-esquelético. Todos tenían al menos un año de experiencia en el entrenamiento de sobrecarga, incluyendo la realización de medias sentadillas. Durante al menos 4 meses, los sujetos habían entrenado sistemáticamente 2-3 veces por semana con cargas del 40-90% de 1RM con el objetivo de desarrollar su potencia. El Comité de Revisión Institucional para la Protección de Sujetos Humanos aprobó el estudio y los participantes dieron su consentimiento informado antes de enrolarse en el estudio.

Diseño Experimental

Los sujetos fueron separados aleatoriamente en dos grupos. Durante la entrada en calor específica los sujetos de un grupo utilizaron cargas bajas que correspondieron al 25 y 35% de 1RM (LIG; n = 13) mientras que aquellos pertenecientes al otro grupo utilizaron cargas moderadas correspondientes al 45% y 65% de 1RM (MIG; n = 13). No existieron diferencias entre los dos grupos respecto de la edad, la talla, el peso o la fuerza en 1RM en el ejercicio de sentadilla. La altura del salto vertical y la producción de potencia se midieron antes y después de la entrada en calor específica. Además, durante la

realización de los saltos se registró la actividad electromiográfica de los músculos vasto lateral (VL), vasto medio (VM) y recto femoral (RF).

Mediciones

Fuerza Máxima

Tres días antes de la realización de los protocolos de entrada en calor específica, se determinó la fuerza máxima en el ejercicio de media sentadilla (ángulo de la rodilla, 90º) utilizando un método de evaluación de 1RM previamente descrito (Smilios et al., 2005)

Altura del Salto con Contramovimiento

Los sujetos realizaron los CMJ con las manos sujetando firmemente una barra de metal ligera que descansaba sobre los hombros. La altura del salto fue calculada a partir del tiempo de vuelo utilizando una plataforma resistiva conectada a un cronómetro digital (Ergojump, Psion©CM, MAGICA, Rome, Italy) y utilizando la ecuación: Altura de salto (m) = 9.81 $m \cdot s^{-2}$ × tiempo de vuel $(s)^2/8$ (Bosco et al., 1983). Los sujetos fueron instruidos para que mantuvieran sus extremidades inferiores extendidas y debajo de ellos durante la realización de los saltos, debido a que una flexión excesiva de la rodilla durante el salto conjuntamente con un aterrizaje realizado con una exagerada flexión de rodilla podría resultar en un cálculo erróneo de la altura de salto. Se llevaron a cabo dos saltos con un período de recuperación de 30 s entre los mismos y solo se incluyó en los análisis estadísticos el salto de mayor altura. En un estudio piloto llevado a cabo en nuestro laboratorio se halló que el coeficiente de correlación intra-clase para el CMJ es alto; r = 0.949 (Smilios et al., 2005).

Parámetros Mecánicos

La distancia del movimiento vertical de la barra en función del tiempo durante la realización de los CMJ se midió con la utilización de un encoder linear (Ergotest Technology, Langesund, Norway) añadido a un cinturón que iba colocado alrededor de la cintura de los sujetos. Cuando los sujetos se movían, una señal era transmitida por el encoder, con una resolución de 0.075 mm, hacia un conversor A/D (Muscle Lab, Model PFMA 3010e, Ergotest A.S, Langensund, Norway; sampling frequency 100 Hz; Bosco et al., 1995) en interface con una PC que poseía un software para la adquisición y el análisis de datos (Muscle Lab v6.07). Esto permitió el cálculo de la velocidad promedio, la fuerza promedio y la potencia promedio durante la fase concéntrica (desde el momento en el que la potencia se revertía de valores negativos a positivos hasta que la potencia alcanzaba el valor cero nuevamente) de cada repetición.

Actividad Electromiográfica

La actividad EMG de los músculos RF, VL y VM fue medida en el muslo derecho utilizando electrodos de superficie bipolares de plata (AE-131, NeuroDyne Medical Co., active area diameter 5mm, inter-electrode distance 20mm) que fueron colocados sorbe los músculos de acuerdo a las indicaciones de SENIAM (Freriks and Hermens, 1999). Previamente a la colocación de los electrodos, se afeitó y limpió la piel con alcohol para reducir la impedancia mioeléctrica. Las señales crudas del EMG fueron amplificadas por una ganancia de 600 con una razón de rechazo al modo común (*common-mode rejection ratio*) de 100 db y filtradas a través de un filtro de paso de banda de 6-1500 Hz (Biochip, Grenoble, France). A continuación, el conversor A/D realizaba la conversión de la señal cruda del EMG en una señal media cuadrática a través de su red de circuitos incorporada (frecuencia de respuesta, 450 kHz; ventana de promediado, 100 ms; error total, ±0.5%). Posteriormente, se llevó a cabo el muestreo de la señal EMGrms a una frecuencia de 100 Hz con el mismo conversor A/D y simultáneamente con las señales del encoder linear o sensor de fuerza. La actividad eléctrica (actividad EMG) del cuádriceps femoral (Qc) fue medida como el promedio de la actividad de los músculos RF, VL y VM. La amplitud del EMG de los músculos durante la fase de contracción concéntrica en los saltos con contramovimiento fue normalizada con el EMG registrado durante una extensión de rodilla isométrica máxima realizada antes del ejercicio. Se realizaron dos contracciones isométricas máximas, de 4 segundos de duración, utilizando la extremidad derecha. El período de recuperación entre las pruebas fue de 90 segundos. Al momento de la medición de los extensores de la rodilla, los ángulos en la cadera y la rodilla fueron de 115º y 85º, respectivamente. Durante las mediciones, las extremidades superiores se encontraban cruzadas sobre el pecho, mientras que el tronco, la pelvis y el muslo se encontraban inmovilizados mediante correas de Velcro especiales. El EMG de los músculos se midió por un período de 1.5 segundos, durante la estabilización de la fuerza. La fuerza isométrica máxima fue medida utilizando un sensor de tensión conectado a un conversor A/D.

Procedimiento Experimental

Antes de llevar a cabo el protocolo de entrada en calor específica, los sujetos de los grupos experimentales, realizaron una entrada en calor general similar que incluyó 5 minutos de ciclismo con una carga de 60 W, el estiramiento de los músculos del tren inferior (gastrocnemio, cuádriceps, flexores de la cadera, isquiotibiales y glúteos) y dos minutos de ejercicios de saltabilidad. Los sujetos realizaron los ejercicios de estiramiento dos veces, manteniendo cada estiramiento durante 15

segundos y alternando las extremidades para que estas tuvieran la adecuada recuperación antes de la siguiente repetición. Los ejercicios de saltabilidad incluyeron ejercicios de *skipping* (6 m), rebotes con pies juntos (6 repeticiones) estocadas con saltos (5 repeticiones) y saltos verticales desde posición de pie (5 repeticiones). Posteriormente se colocaron los electrodos de superficie sobre los músculos y se llevaron a cabo las contracciones isométricas máximas. Luego de un período de recuperación de 3 minutos, se realizaron dos saltos con contramovimiento. Posteriormente, y luego de un período de 2 minutos, se llevaron a cabo los protocolos de entrada en calor específica que incluyeron 2 series de 5 repeticiones de medias sentadillas con cargas diferentes para cada grupo. En el grupo LIG, las cargas fueron del 25% de 1RM para la primera serie y del 35% de 1RM para la segunda serie. En el grupo MIG, las cargas fueron del 45% de 1RM para la primera serie y del 65% de 1RM para la segunda serie. En cada grupo se utilizaron dos series progresivas ya que comúnmente la entrada en calor específica implica la realización de dos o más series de ejercicio que son realizadas con un incremento gradual en la carga. Se consideró que las cargas seleccionadas representaran una carga baja y otra alta dentro de cada zona respectiva de entrenamiento. Los sujetos fueron instruidos para que realizaran cada repetición con la máxima velocidad y que prestaran particular atención a realizar una rápida transición entre la fase descendente y ascendente del ejercicio. El período de recuperación entre las dos series fue de 3 minutos. Luego de la entrada en calor específica, se permitió un período de recuperación de 3 minutos el cual fue seguido por la realización de los dos saltos con contramovimiento.

Análisis Estadísticos

Se utilizó el análisis de varianza ANOVA de dos vías (protocolo × tiempo) para medidas repetidas sobre el segundo factor para examinar los efectos de los dos protocolos de entrada en calor sobre la altura del salto con contramovimiento y la actividad electromiográfica. Además, se calculó la potencia de los análisis (P) y el tamaño del efecto (η2) de los factores, tal como lo sugiriera Keppel (1991). Para examinar los efectos de cada protocolo se utilizó la prueba T para muestras dependientes. Las diferencias significativas entre las medias fueron ubicadas mediante el procedimiento HSD de Tukey. El nivel de significancia fue establecido a $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

Saltos con Contramovimiento

En la muestra total, la altura del salto con contramovimiento se incrementó significativamente en un 3.45% ($p \leq 0.05$, $\eta 2 = 0.56$, $p = 1$) luego de la entrada en calor específica. En el grupo LIG la altura del CMJ se incrementó ($p \leq 0.05$) en un 3.95% mientras que en el grupo MIG, la altura del CM se incrementó en un 3% ($p \leq 0.05$). no se hallaron diferencias significativas entre los grupos ($p > 0.05$; Figura 1).

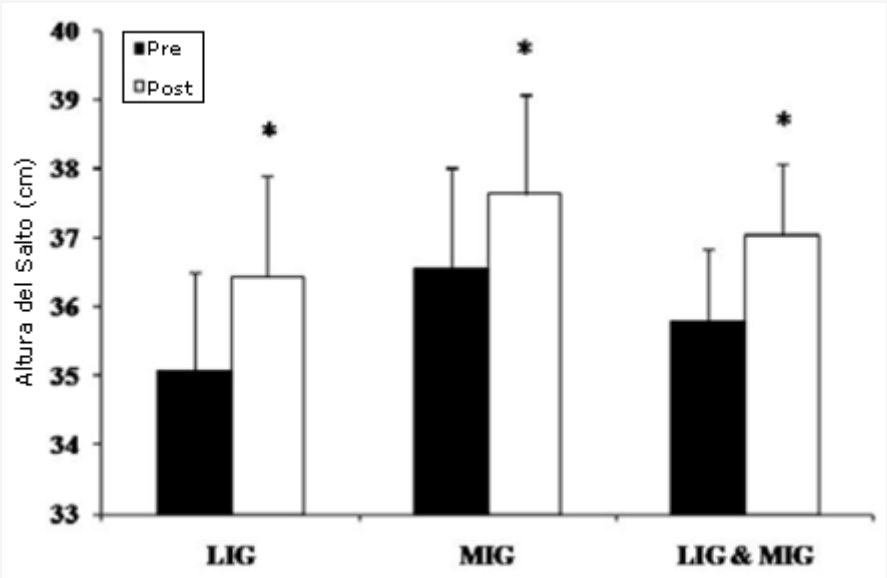

Figura 1. *Cambios en la altura del salto con contramovimiento (media ± EE) luego de la ejecución de la entrada en calor específica que incluyó la realización de medias sentadillas con cargas bajas (LIG) y moderadas (MIG). * p≤0.05 respecto de los valores previos a*

la entrada en calor.

Potencia Mecánica

En la muestra total, la potencia mecánica durante el salto se incrementó significativamente en un 6.8% ($p \leq 0.05$, $\eta 2 = 0.26$, $p = 0.8$) luego de la entrada en calor específica. En el grupo LIG, la producción de potencia se incrementó en un 6.3% ($p>0.05$) mientras que en el grupo MIG la producción de potencia se incrementó en un 7.3% ($p\leq0.05$). No se hallaron diferencias significativas entre los grupos ($p>0.05$, Figura 2).

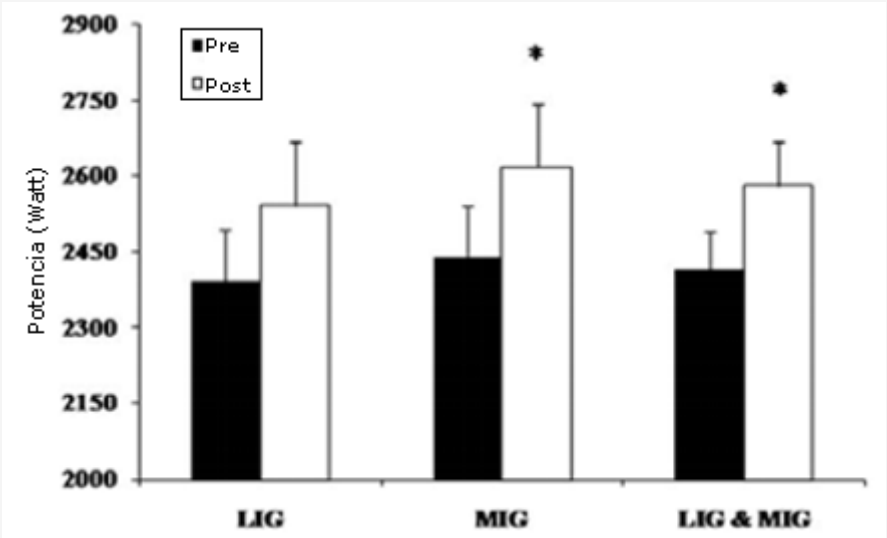

Figura 2. *Cambios en la producción de potencia (media ± EE) luego de la ejecución de los protocolos de entrada en calor específica que incluyeron la realización de medias sentadillas con cargas bajas (LIG) y moderadas (MIG). * p≤0.05 respecto de los valores previos a la entrada en calor.*

Actividad Electromiográfica

La actividad EMG de los músculos RF y VM no exhibió cambios significativos ($p>0.05$) en ninguno de los grupos, mientras que la actividad del VL se incrementó en la muestra total ($p\leq0.05$, $\eta 2 = 0.36$, $p = 0.94$) en un 8.5%. En el grupo LIG, el incremento fue del 5.5% ($p\leq0.05$) y en el grupo MIG el incremento fue del 10.9%. No se hallaron diferencias significativas entre los grupos respecto de la actividad EMG del VL ($p>0.05$). En la muestra total se observó un incremento ($p\leq0.05$, $\eta 2 = 0.37$, $p = 0.95$) en la actividad EMG del Qc de un 5.9%. En el grupo LIG el incremento del 4.4% en la actividad del Qc no fue significativa ($p>0.05$) mientras que en el grupo MIG, la actividad EMG del Qc se incrementó significativamente ($p\leq0.05$) en un 7.2%. Sin embargo, no se hallaron diferencias significativas ($p>0.05$) entre los grupos (Figura 3).

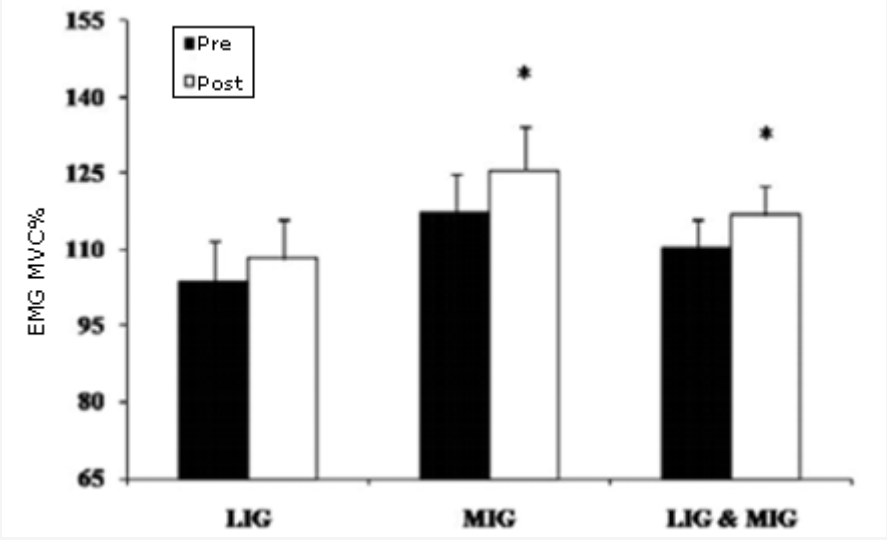

Figura 3. *Cambios en los valores de la actividad electromiográfica normalizada (media ± EE) del Qc durante la fase de contracción concéntrica del mejor CMJ realizado luego de la ejecución de los protocolos de entrada en calor específica que incluyeron la realización de medias sentadillas con cargas bajas y moderadas. * p≤0.05 respecto de los valores previos a la entrada en calor que incluyó las sentadillas.*

DISCUSION

En el presente estudio se examinaron los efectos de un protocolo de entrada en calor específica que incluyó la realización de medias sentadillas con cargas bajas (25% y 35% de 1RM) y moderadas (45% y 65% de 1RM) sobre la altura del CMJ, la potencia y la actividad eléctrica de los extensores de la rodilla. Los resultados mostraron que la altura en el salto con contramovimiento y la producción de potencia se incrementaron sin considerar la carga utilizada en la entrada en calor. Más específicamente, la realización de medias sentadillas con cargas bajas provocó una mejora en la altura del salto con contramovimiento y en la producción de potencia que fue de la misma magnitud que la observada luego de la realización de medias sentadillas con cargas moderadas (4% vs 3% y 6.3% vs 7.3%, respectivamente). Los mencionados incrementos en la altura del CMJ y en la potencia mecánica estuvieron acompañados por un incremento en la actividad del EMG de los músculos extensores de la rodilla (VL y Qc).

Los resultados del presente estudio muestran que la inclusión de un ejercicio dinámico con sobrecarga durante la entrada en calor mejora el rendimiento en el CMJ. Esto concuerda con los resultados de otros estudios que han hallado incrementos en el rendimiento durante la realización de saltos luego de la aplicación del ejercicio de media sentadilla (Radcliffe and Radcliffe, 1996; Gourgoulis et al., 2003; Chiu et al., 2003; Villarreal et al., 2007; Rixon et al., 2007). Sin embargo, de acuerdo con otros investigadores, los ejercicios dinámicos con cargas no siempre son capaces de estimular el sistema neuromuscular y alterar el rendimiento en los CMJ (Ebben et al., 2000; Hrysomallis and Kidgell, 2001; Jones et al., 2003). Las diferencias entre los estudios respecto del estatus de entrenamiento y del nivel de fuerza de los sujetos, la duración de los períodos de recuperación entre los ejercicios de acondicionamiento y el test de rendimiento, y la forma e intensidad del ejercicio de acondicionamiento pueden contribuir a estas discrepancias en los resultados. Se debería mencionar que una limitación del presente estudio es la ausencia de un grupo control en donde los sujetos se hayan mantenido en reposo durante un tiempo equivalente al que le tomo a los otros grupos completar los protocolos de entrada en calor, y luego realizar la segunda evaluación de saltos verticales. Sin embargo, los resultados de estudios previos muestran que cuando los sujetos se mantuvieron sentados en lugar de realizar algún ejercicio de intervención no se observó efecto de potenciación alguno sobre el rendimiento en el CMJ (Gilbert and Lees, 2005; Gonzalez-Rave et al., 2009).

La abrumadora mayoría de los estudios que han sido llevados a cabo hasta el momento han utilizado cargas altas (> 80% de 1RM) para la ejecución del ejercicio de media sentadilla. Sin embargo, a partir de los resultados del presente estudio, así como también a partir de los resultados obtenidos por Smilios et al (2005), parece que la utilización de cargas altas no es el único medio para obtener un mayor rendimiento. En el presente estudio hallamos un incremento del 3% en la altura del salto con contramovimiento luego de la realización de medias sentadillas con cargas moderadas (45% y 65% de 1RM). Similarmente, Smilios et al (2005) hallaron que luego de la realización de medias sentadillas (2 series de 5 repeticiones)

con una carga del 60% de 1RM, la altura del salto con contramovimiento se incrementó en un 2.84%. Además, en el presente estudio se utilizaron cargas incluso menores (25% y 35% de 1RM) y nuevamente se observó un incremento en la capacidad de salto (3.95%). A la inversa, otros estudios no hallaron cambio alguno en el rendimiento durante la realización de saltos luego de llevar a cabo sentadillas con cargas del 30-65& de 1RM (Comyns et al., 2007; Hanson et al., 2007; Koch et al., 2003; Villarreal et al., 2007). Esto puede deberse a diferencias en el tipo de salto ejecutado para examinar la mejora del rendimiento así como también el ejercicio realizado para mejorar el rendimiento. En el presente estudio, los sujetos fueron evaluados con saltos con contramovimiento, mientras que en otros estudios para la evaluación del rendimiento se utilizó el salto con caída, el CMJ con balanceo de brazos y el salto en largo (Comyns et al., 2007; Hanson et al., 2007; Koch et al., 2003). Los saltos con caída representan una actividad que involucra un ciclo de estiramiento-acortamiento rápido mientras que el CMJ involucra un ciclo de estiramiento-acortamiento lento. Por lo tanto, para potenciar el rendimiento en este tipo de actividades pudo haberse necesitado un estimulo diferente que implicara la sobrecarga del ciclo de estiramiento-acortamiento rápido.

Además, en el estudio llevado a cabo por Hanson et al (2007), el ejercicio de sentadilla fue llevado a cabo utilizando una máquina Smith en donde el patrón de movimiento no es específico respecto del movimiento de salto vertical tal como lo es el ejercicio de media sentadilla realizado con una barra libre. Los estudios futuros deberían examinar más minuciosamente la efectividad de la utilización de cargas bajas a moderadas como parte de una rutina de entrada en calor para el incremento del rendimiento explosivo y como la especificidad en el patrón de movimiento entre el ejercicio de sobrecarga y la tarea de rendimiento determina la eficacia de estas rutinas.

En el presente estudio también se observó que el incremento en la altura del CMJ y en la producción de potencia estuvo acompañado de una mayor actividad electromiográfica de los músculos extensores de la rodilla. Esto podría indicar que el incremento en la activación neural de los músculos, entre otros mecanismos, puede haber contribuido a la mejora del rendimiento en el salto vertical. Sin embargo, una limitación del presente estudio es que no se utilizaron técnicas de electro-estimulación para obtener la onda M y normalizar los datos del EMG con este valor. Esto podría haber ayudado a realizar una conclusión más segura acerca de la contribución del sistema nervioso central en la mejora del rendimiento durante el salto. En contraste con nuestros resultados, Jones et al (2003) no observaron incrementos en la actividad electromiográfica luego de la realización de una serie de entrenamiento complejo (5 repeticiones de sentadillas con una carga del 85% de 1RM y 3 bloques sucesivos de ejercicios pliométricos). Sin embargo, se debería señalar que estos investigadores tampoco hallaron mejora alguna en los test de rendimiento, mientras que en el presente estudio sí se observó un incremento en el rendimiento del CMJ. Probablemente, la ausencia de un cambio en el rendimiento justifique la falta de cambios en el EMG o viceversa. Una posible razón de la falta de cambios en los resultados de Jones et al (2003) puede ser la especificidad del patrón de movimiento en el ejercicio de pre-carga. De acuerdo con Hanson et al (2007), durante las sentadillas realizadas en máquina Smith, el tronco se orienta verticalmente incrementando el estrés sobre los extensores de la rodilla, lejos de la región lumbar y de los extensores de la cadera. Además, la colocación de los pies más adelante reduce la dorsiflexión en la articulación del tobillo. Consecuentemente, el incrementado estrés en los extensores de la rodilla puede haber provocado que estos músculos se encontraran en un estado de fatiga y la reducción del estrés en los extensores de la rodilla y la reducción de la dorsiflexión del tobillo pudo haber derivado a que los músculos de estas articulaciones no alcanzaran el estado de potenciación. Además, Jones et al (2003) explicaron la tendencia a la reducción de la actividad electromiográfica con el tiempo, como posible resultado de la fatiga. Asimismo, en el presente estudio, la intensidad del ejercicio fue baja o moderada y la actividad electromiográfica del VL y del Qc se incrementaron en un 8.5% y 5%, respectivamente. Tomando en cuenta la menor intensidad de ejercicio, se podría hipotetizar que el factor que provocó el incremento en la actividad muscular fue la velocidad de ejecución. De acuerdo con Duchateau (2006) la velocidad de una contracción dinámica para la generación de una tensión específica determina el reclutamiento de unidades motoras, las cuales son movilizadas sin romper el principio del tamaño. Por lo tanto, en una acción muscular rápida se activan hasta tres veces más unidades motoras que durante una acción muscular lenta, lo cual se atribuye a la reducción del umbral de reclutamiento asociado a la velocidad de movimiento. El énfasis sobre la ejecución explosiva del ejercicio realizado en el presente estudio pudo haber contribuido al incremento de la activación de los músculos involucrados. En conclusión, el presente estudio muestra que la realización de medias sentadillas en forma explosiva, con cargas moderadas, durante una entrada en calor específica llevada a cabo por sujetos medianamente entrenados, incrementa la activación de los músculos extensores de la rodilla y el rendimiento en el CMJ. La futura investigación de los efectos del estatus de entrenamiento, la forma del ejercicio (isométrico, dinámico, balístico) y la interacción entre la carga y el período de recuperación, sobre el rendimiento en la actividad subsiguiente, ayudará a la correcta planificación de una rutina de entrada en calor específica.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio indican que el rendimiento agudo de potencia y la actividad electromiográfica del tren inferior pueden mejorarse cuando el ejercicio de rendimiento estuvo precedido por la realización de dos series de medias sentadillas de intensidad baja a moderada. Esto podría atribuirse a la ejecución explosiva de las series de entrada en calor y a la similitud del patrón de movimiento entre las tareas. Aparentemente, la inclusión de dos series de medias sentadillas con cargas bajas a moderada durante una entrada en calor puede resultar en la mejora del rendimiento en actividades que requieren de altas producciones de potencia por parte de las extremidades inferiores.

Puntos Clave

- La inclusión de dos series de medias sentadillas realizadas en forma explosiva con cargas bajas a moderadas durante un protocolo de entrada en calor provocó una mejora aguda en el rendimiento.
- El rendimiento mejoró sin considerar la carga utilizada durante la entrada en calor.
- La mejora del rendimiento estuvo acompañada por una mayor actividad electromiográfica de los músculos extensores de la rodilla.

REFERENCIAS

1. Bishop, D (2003). Performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Medicine 33(7), 483-498*
2. Bosco, C., Luhtanen, P. and Komi P.V (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology 51, 129-135*
3. Bosco, C., Belli, A., Astrua, M., Tihanyi, J., Pozzo, R., Kellis, S., Tsarpela, O., Foti, C., Manno, R. and Tranquilli, C (1995). Dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *European Journal of Applied Physiology 70, 379-386*
4. Burkett, N.L., Phillips, W.T. and Ziuraitis, J (2005). The best warm up for the vertical jump in college-age athletic men. *Journal of Strength and Conditioning Research 19(3), 673-676*
5. Chiu, Z.L., Fry, A.C., Weiss, L.W., Schilling, B.K., Brown, L.E. and Smith, S.L (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research 17(4), 671-677*
6. Clark, R.A., Bryant, A.L. and Reaburn, P (2006). The acute effects of a single set of contrast preloading on a loaded countermovement jump training session. *Journal of Strength and Conditioning Research 20(1), 162-166*
7. Comyns, M.T., Harrison, A.J., Hennessy, L.K. and Jensen R.L (2006). The optimal complex training rest interval for athletes from anaerobic sports. *Journal of Strength and Conditioning Re-search 20(3), 471-476*
8. Comyns, M.T., Harrison, A.J., Hennessy, L.K. and Jensen R.L (2007). Identifying the optimal resistive load for complex training in male rugby players. *Sports Biomechanics 6(1), 59-70*
9. Desmedt, J.E. and Godaux, E (1977). Ballistic contractions in man: characteristic recruitment pattern of single motor units of the tibialis anterior muscle. *The Journal of Physiology 264, 673-693*
10. Deutsch, M. and Lloyd, R (2008). Effect of order of exercise on performance during a complex training session in rugby players. *Journal of Sports Sciences 26(8), 803-809*
11. Duchateau, J., Semmler, J.G. and Enoka, R.M (2006). Training adaptations in the behavior of human motor units. *Journal of Applied Physiology 101, 1766-1775*
12. Ebben, P.W., Jensen, R.A. and Blackard, D.O (2000). Electromyographic and kinetic analysis of complex training variables. *Journal of Strength and Conditioning Research 14(4), 451-456*
13. Freriks, B. and Hermens, H.J (1999). SENIAM 9: European recommendations for surface electromyography. *ISBN: 90-75452-14-4 (CD-rom). Roessingh Research and Development bv*
14. Gilbert, G. and Lees, A (2005). Changes in the force development characteristics of muscle following repeated maximum force and power exercise. *Ergonomics 48, 1576-1584*
15. Gonzalez-Rave, J.M., Machado, L., Navarro-Valdivielso, F. and Vilas-Boas, J.P (2009). Acute effects of heavy-load exercises, stretching exercises, and heavy-load plus stretching exercises on squat jump and countermovement jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research 23(2), 472-479*
16. Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Kasimatis, P., Mavromatis, G. and Garas A (2003). Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability. *Journal of Strength and Conditioning Research 17(2), 342-344*
17. Hamada, T., Sale, D.G. and MacDougall, J.D (2000). Postactivation potentiation in endurance-trained male athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise 32(3), 403-411*
18. Hanson, E.D., Leich, S. and Mynark R.G (2007). Acute effects of heavy- and light-load squat exercise on the kinetic measures of vertical jumping. *Journal of Strength and Conditioning Research 21(4), 1012-1017*
19. Holcomb, R.W (2000). Stretching and warm up. In: Essentials of strength training and conditioning. *Eds: Baechle, T.R. and Earle, R.W. Human Kinetics. 321-324*
20. Hrysomallis, C. and Kidgell, D (2001). Effect of heavy dynamic exercise on acute upper-body power. *Journal of Strength and*

Conditioning Research 15(4), 426-430
21. Isear, J.A., Erickson, J.C., Worrell T.W (1997). Emg analysis of lower extremity muscle recruitment patterns during an unloaded squat. *Medicine and Science in Sports and Exercise 29(4), 532-539*
22. Jensen, L.R. and Ebben W.P (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research 17(2), 345-349*
23. Jones, P. and Lees, A (2003). A biomechanical analysis of the acute effects of complex training using lower limb exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research 17(4), 694-700*
24. Keppel, G (1991). Design and analysis: A researchers handbook. 3rd edition. *Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall Inc. 221-224*
25. Kilduff, L.P., Bevan, H.R., Kingsley M.I.C., Owen, N.J., Bennett, M.A., Bunce, P.J., Hore, A.M., Maw, J.R. and Cunningham D.J (2007). Postactivation potentiation in professional rugby players: Optimal recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research 21(4), 1134-1138*
26. OLeary, D.D., Hope K. and Sale, D.G (1998). Influence of gender on post-tetanic potentiation in human dorsiflexors. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology 76, 772-779*
27. Radcliffe, J.C. and Radcliffe, L (1996). Effects of different warm-up protocols on peak power output during a single response jump task [Abstract]. *Medicine and Science in Sports and Exercise 28(5), S189*
28. Rixon, P.K., Lamont H.S. and Bemben M.G (2007). Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on Postactivation potentiation performance. *Journal of Strength and Conditioning Research 21(2), 500-505*
29. Robbins, W.D (2005). Postactivation potentiation and its practical applicability: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research 19(2), 453-458*
30. Robertson, D.G., Fleming, D (1987). Kinetics of standing broad and vertical jumping. *Canadian Journal of Sport Science 12(1) 19-23*
31. Sale, G.D (2002). Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exercise Sport Sciences Reviews 30(3), 138-143*
32. Scott, I.S. and Docherty D (2004). Acute effects of heavy preloading on vertical and horizontal jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research 18(2), 201-205*
33. Smilios, I., Pilianidis, T., Sotiropoulos, K., Antonakis, M. and Tokmakidis. S.P (2005). Short-term effects of selected exercise and load in contrast training on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research 19(1), 135-139*
34. Verhoshansky, Y (1986). Speed-strength preparation and development of strength endurance of athletes in various specializations. *Soviet Sports Reviews 21(3), 120-124*
35. Villarreal, S.S.E. and Gonzalez-Badillo, J.J (2007). Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long term acute jumping performance. *European Journal of Applied Physiology 100, 393-401*
36. Weber, K.R., Brown, L.E., Coburn, J.W. and Zinder S.M (2008). Acute effects of heavy-load squats on consecutive squat jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research 22(3), 726-730*
37. Wilson, J.M. and Flanagan E.P (2008). The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research 22(5), 1705-1715*
38. Wilson, G., Wood, G.A. and Elliott, B.C (1991). Optimal stiffness of series elastic component in a stretch-shorten cycle activity. *Journal of Applied Physiology 70(2), 825-833*
39. Young, W (1993). Training for speed/strength: Heavy vs. light loads. *National Strength and Conditioning Association Journal 15(5), 34-42*
40. Young W.B., Jenner, A. and Griffiths K (1998). Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *Journal of Strength and Conditioning Research 12(2), 82-84*
41. Zentz, C., Fees, M., Mehdi, O. and Decker, A (1998). Incorporating resistance training into the precompetition warm-up. *Strength and Conditioning Journal 20(4), 51-53*

Cita Original

Konstantinos Sotiropoulos, Ilias Smilios, Marios Christou, Karolina Barzouka, Angelos Spaias, Helen Douda and Savvas P. Tokmakidis. Effects of Warm-Up on Vertical Jump Performance and Muscle Electrical Activity Using Half-Squats at Low and Moderate Intensity. Journal of Sports Science and Medicine (2010) 9, 326 - 331.