Monograph

Efectos de la Entrada en calor con Potenciación Post-Activación sobre el Rendimiento Deportivo de Hombres y Mujeres: Una Breve Revisión

Coop DeRenne

Department of Kinesiology & Rehabilitation Science, University of Hawaii, Honolulu, Hawai.

RESUMEN

Una adecuada entrada en calor precompetitiva durante una competencia de esprint con atletas explosivos generará una potenciación post-activación (PAP). En el presente artículo se resumirán los efectos de los protocolos de entrada en calor con altas cargas que generan una PAP en atletas explosivos masculinos y femeninos, dando como resultado mejores rendimientos, y les proporcionará a los entrenadores de fuerza aplicaciones prácticas.

Palabras Clave: potenciación post-activación, entrada en calor, rendimiento deportivo

INTRODUCCION

Los entrenadores deportivos de nivel universitario y profesional y los entrenadores de fuerza hacen que sus respectivos atletas realicen una entrada en calor antes de todas las prácticas y eventos competitivos. Todos estos atletas y entrenadores de fuerza buscan los regímenes adecuados de entrada en calor con la esperanza de optimizar el rendimiento competitivo. En base a los estudios que han comprobado la eficacia de la entrada en calor, los entrenadores deben enseñarles a los atletas que participan en eventos en los que predomina la fuerza explosiva a realizar protocolos de entrada en calor específicos adecuados, para poder incrementar su rendimiento y disminuir el alto riesgo de sufrir una lesión durante los eventos balísticos. Estudios de investigación, pasados y recientes, han reportado que la entrada en calor con una sobrecarga específica para el deporte aumenta el rendimiento en actividades explosivas tales como los golpeos y los lanzamientos en el béisbol (7, 8, 48).

Asimismo, investigaciones recientes han reportado incrementos en el rendimiento del salto después de una entrada en calor de corta duración con ejercicios de sobrecarga de alta intensidad (entrenamiento sin contraste o no-complejo) de corta duración (2, 7, 9, 12, 15, 25, 35, 37, 42, 50). Este incremento temporario en el rendimiento muscular se lo atribuye a un fenómeno conocido como potenciación post-activación (PAP), condición mediante la cual la producción de fuerza muscular aguda mejora como resultado de la historia contráctil (36, 40). Si una entrada en calor previa a la competencia consiste del protocolo adecuado y se lleva a cabo de la manera oportuna y precisa antes del evento explosivo, entonces

puede generarse un efecto de PAP, y es posible que pueda incrementarse el rendimiento en ejercicios de saltos y el rendimiento deportivo. No obstante, los estudios previos sobre los efectos de la entrada en calor con PAP sobre el rendimiento han reportado resultados controversiales (1, 4, 5, 9, 10, 13, 16, 20, 22, 23, 25–27, 35, 37, 38, 49, 50).

En la presente revisión se incluyen tanto los estudios pasados como los actuales acerca los efectos de la entrada en calor con PAP en atletas explosivos de elite masculinos y femeninos. En particular, el objetivo de este artículo es investigar los estudios pasados y presentes que han investigado los efectos de la entrada en calor con PAP para determinar si los efectos de la PAP (a) son específicos del género y (b) mejoran el rendimiento explosivo de los atletas de elite masculinos y femeninos.

INFLUENCIAS SOBRE LA PAP

Durante una entrada en calor con movimientos explosivos, la posibilidad de sufrir una fatiga muscular puede afectar de manera negativa la historia contráctil y perjudicar la producción de fuerza y potencia (6, 17, 32, 36, 39), disminuyendo así el rendimiento explosivo dentro de un tiempo determinado. Por esta razón, algunos investigadores han reportado reducciones en el rendimiento del salto (20, 23, 24, 38, 41) después de una entrada en calor con ejercicios de sobrecarga de alta intensidad, y esto se ha atribuido a una posible fatiga muscular. No obstante, los investigadores han reportado una coexistencia de fatiga y PAP en los músculos esqueléticos (21, 36) y que la mejoría en el rendimiento muscular después de la entrada en calor con sobrecarga depende del equilibrio entre la fatiga muscular y la potenciación muscular (14, 29, 40, 48). El rendimiento óptimo se produce cuando la fatiga ha desaparecido pero los efectos de la PAP aún continúan (21).

Además de la fatiga, se ha reportado que existen otras posibles influencias sobre la PAP: el tipo de fibra muscular (1, 16, 19, 39), el nivel de rendimiento (15, 51), los regímenes de entrenamiento (9), el tipo de ejercicio (35, 42), el tiempo de recuperación entre el estímulo de sobrecarga y el test de rendimiento dinámico (25), la experiencia en el entrenamiento (5, 16, 37), el género (13, 17, 37) y la intensidad (6).

Aunque los mecanismos para generar una PAP y la consecuente mejora en el rendimiento son inciertos, las 2 teorías subyacentes más razonables de los mecanismos de la PAP incluyen una mayor fosforilación de las cadenas livianas de miosina y factores neurológicos incrementados en la médula espinal (38, 40). Hodgson et al. (21) llevaron a cabo un resumen de los estudios sobre la PAP, que atribuyen el fenómeno de la PAP principalmente a eventos fisiológicos dentro del músculo, tales como la fosforilación de las cadenas livianas de la miosina (1). Esta pequeña proteína mejora la interacción entre la miosina y los filamentos delgados. Esta unión de fosfatos lleva a un incremento en la tasa a la cual los puentes cruzados de miosina pasan de no producir fuerza a producir fuerza, dando como resultado la activación muscular contráctil. Además, es posible que la PAP se produzca en la médula espinal a través de una mayor eficacia sináptica entre la vía aferente Ia y las motoneuronas-αdel músculo homónimo. Asimismo, es posible que la PAP se produzca como resultado de ambas influencias, la miogénica y la neurogénica (21).

ESTUDIOS SOBRE LA PAP EN HOMBRES

La mayoría de los estudios que han investigado los efectos de la entrada en calor con PAP en hombres han utilizado protocolos de saltos para el tren inferior (4, 9, 11, 13, 16, 23, 25–27, 35, 38, 41, 48) y protocolos de lanzamientos desde press de banca, lanzamientos de balones medicinales y flexiones de brazos explosivas para el tren superior (1, 10, 16, 22). Estos estudios han reportado incrementos en el rendimiento de salto y en los ejercicios para el tren superior luego del protocolo para inducir PAP. En contraste, diversos estudios han reportado una disminución en el rendimiento durante la realización de flexiones de brazos explosivas (22) y durante los saltos (9, 23, 26, 27, 38, 48) posteriores a un protocolo de entrada en calor con PAP. Por lo tanto, los estudios previos sobre los efectos de la PAP han reportado resultados controversiales en relación a la mejora del rendimiento en sujetos de sexo masculino.

Contrariamente a los estudios que utilizaron actividades no específicas del deporte para investigar los efectos de la PAP sobre el salto y sobre ejercicios realizados con el tren superior, los estudios que utilizaron actividades específicas del deporte para investigar los efectos de la PAP en la entrada en calor en hombres han reportado incrementos en el rendimiento dinámico en deportes tales el ciclismo y la carrera de esprint (3, 30, 31, 34, 43, 46). Chatzopoulos et al. (3) reportaron que la PAP influenció el rendimiento de esprint en distancias cortas de 10 y 30 m realizados por deportistas masculinos amateur de elite de varios deportes después de realizar 10 series de 1 repetición al 90% de 1 repetición máxima (RM) en el ejercicio de sentadillas. McBride et al. (31) también reportaron efectos de PAP sobre el rendimiento en

un esprint de 40m con jugadores de fútbol universitario después de una entrada en calor de bajo volumen con sentadillas, que consistió de 1 serie de 3 repeticiones al 90% de 1RM de los jugadores. Pfaff (34) halló un incremento significativo en el rendimiento de velocistas de elite masculinos que realizaron una entrada en calor con sobrecarga que consistió en 5 series de 1 repetición en el ejercicio de sentadilla por detrás al 90% de su 1RM. Además, jugadores de rugby de elite masculinos mejoraron de manera significativa los tiempos de esprint en 20m después de una entrada en calor con sentadillas por detrás, que consistió de 1 serie de 1 repetición con una carga de 5RM (30). Por otra parte, Smith et al. (43) reportaron una mejora significativa en los tiempos de esprint en cicloergómetro en hombres que realizaron una modificación del protocolo utilizado por Pfaff para la entrada en calor modificado y que consistió de 10 series de 1 repetición al 90% de 1RM. En contraste, recientemente, Till y Cooke (46) reportaron que no observaron ningún efecto significativo grupal de PAP sobre el rendimiento de esprint (10 y 20 m) y de salto vertical con contramovimiento después de las contracciones voluntarias máximas (MVC) dinámicas e isométricas en jugadores de fútbol profesionales de elite (Tabla 1).

ESTUDIOS SOBRE LA PAP EN MUJERES

Hasta la fecha, se han realizado pocos estudios que analicen los efectos de la PAP sobre el rendimiento deportivo femenino, y la mayoría de estos estudios han analizado el rendimiento durante la realización de saltos (5, 9, 16, 20, 37). En uno de los primeros estudios acerca de los efectos de una entrada en calor con PAP en hombres y mujeres, Gullich y Schmidtbleicher (16) reportaron un incremento significativo del 3.3% en la altura del salto vertical con contramovimiento tanto en hombres como en mujeres, después de una entrada en calor con sentadillas isométricas. En una entrada en calor para el tren inferior relacionada con la PAP, O'Leary et al. (33) reportaron que no hubo diferencias de género respecto de la potenciación del torque de contracción durante los 5 minutos post-tétanos. Estos investigadores sugirieron que en los músculos dorsiflexores, hombres y mujeres mostraron una cantidad y un patrón de potenciación similar en la tensión de torque. Por esta razón, en base a los resultados del estudio de O'Leary et al. (33), Chiu et al. (5) analizaron sus resultados agrupando a hombres y mujeres en los análisis. En este estudio (5) los atletas varones y mujeres (n = 7) exhibieron un incremento significativamente mayor en el rendimiento del salto vertical puramente concéntrico que el grupo compuesto por hombres y mujeres recreacionalmente entrenados (n = 17). Todos los individuos en el grupo de atletas de elite practicaban deportes con una alta participación de la fuerza explosiva: 1 jugador de fútbol americano de la división I de la NCAA, 1 triatleta nacional de elite y 5 campeones nacionales universitarios de levantamiento de pesas de EUA. Los resultados de los investigadores (5) indicaron que los atletas respondieron de manera más favorable a la PAP que los que estaban entrenados de manera recreativa.

En contraste, en otro estudio en donde se valoraron los efectos de la PAP sobre el rendimiento en el salto, Hanson et al. (20) sugirieron que sin importar si la entrada en calor consistió de una única serie de media sentadilla con cargas bajas ejecutada a alta velocidad o de una única serie de media sentadilla con cargas altas ejecutadas a baja velocidad, no se observaron incrementos significativos en el salto vertical en hombres o mujeres universitarios entrenados en la fuerza. Los investigadores sugirieron que la ausencia de mejoras en el salto pudo atribuirse a que la PAP estimulada por la intervención de una serie de sentadillas (SIS) de baja velocidad y altas cargas fue de una magnitud insuficiente o se disipó antes de realizar la evaluación. Además, la ausencia de mejoras en el salto también pudo deberse a la carga de trabajo submáxima del 30% durante la SIS, a la especificidad insuficiente del patrón de movimiento entre los ejercicios de sentadilla y el salto vertical con contramovimiento, o a una excesiva duración de los períodos de recuperación.

En otro estudio acerca de los efectos de la entrada en calor con PAP sobre el rendimiento en el salto y en el que participaron levantadores de pesas, hombres y mujeres, experimentados y principiantes, Rixon et al (37) investigaron los efectos del tipo de contracción muscular (isométrica versus dinámica), el género y la experiencia en levantamiento de pesas sobre la PAP así como también los cambios en la altura del salto y la producción de potencia. Treinta hombres (n = 15) y mujeres (n = 15) clasificados como levantadores de pesas experimentados y principiantes realizaron 3 saltos con contramovimiento diferentes, utilizando como valores iniciales de la altura y la potencia del salto aquellos obtenidos durante la primera serie (pre-test). La segunda serie se llevó a cabo después de un protocolo de sentadillas isométricas máximas (MVC-PAP), y la tercera serie de saltos se llevó a cabo después de un protocolo (DS-PAP) de sentadillas dinámicas máximas (DS). Rixon et al. (37) reportaron que después del protocolo de MVC-PAP, la altura del salto fue significativamente mayor en comparación con los valores iniciales y con los valores obtenidos durante el protocolo DS-PAP. Además, los hombres exhibieron un rendimiento significativamente mejor que las mujeres, y los levantadores de pesas experimentados exhibieron un rendimiento significativamente mejor que los levantadores de pesas principiantes. De manera similar, la potencia del salto también fue significativamente mayor para la entrada en calor con MVC-PAP que para las otras dos condiciones, y la potencia luego del protocolo DS-PAP mejoró en comparación con los valores pre-test, exhibiendo los hombres un rendimiento significativamente mayor que las mujeres. Los investigadores concluyeron que el tratamiento isométrico MVC-PAP provocó una PAP muscular mayor que la condición dinámica (DS-PAP), y la post-

activación mejoró por la experiencia previa en levantamiento de pesas. Asimismo, los investigadores concluyeron que la manipulación de la MVC mediante acciones de flexión, extensión o ambas en contra de objetos fijos, tales como paredes y techos bajos, puede ser una manera simple y de bajo costo para provocar un estado de PAP previo a la realización de gestos deportivos.

Duthie et al. (9) compararon los rendimientos en saltos verticales después de 3 métodos de entrenamiento diferentes utilizando cargas altas y bajas (entradas en calor con PAP) en 3 sesiones de entrenamiento diferentes y utilizando sólo participantes mujeres. Las mujeres (n = 11) participaban de manera regular de un entrenamiento con sobrecarga para su respectivo deporte (hockey y softbol). Todas las mujeres habían participado de un entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad durante más de 2 años. La media sentadilla se utilizó como el ejercicio sobrecarga de alta intensidad, y los saltos desde sentadilla fueron los ejercicios de cargas bajas. Durante cada sesión se realizaron tres series de ambos ejercicios, media sentadilla y saltos desde sentadilla. La entrada en calor con PAP 1 consistió del método tradicional de completar series de ejercicios de potencia (saltos desde sentadilla) antes de las series de media sentadilla. La entrada en calor con PAP 2 consistió de completar series de media sentadilla antes de los saltos desde sentadilla (método complejo). La PAP 3 incluyó series alternadas de media sentadilla y saltos desde sentadilla (método de contraste). Contrariamente a la mayoría de los estudios de entrada en calor con PAP y saltos llevados a cabo con hombres, el principal resultado en el estudio de Dutie et al. (9) reveló que no hubo diferencias significativas en los rendimientos de saltos desde sentadilla (altura promedio del salto, potencia pico o fuerza máxima) entre cada uno de los métodos de entrada en calor con PAP. Por otro lado, hubo una diferencia significativa ($p < 0.05$) en el rendimiento entre los grupos con diferentes niveles de fuerza, siendo el grupo de con mayores niveles de fuerza el que obtuvo mayores mejoras en el rendimiento utilizando el método de contraste, en comparación con el método tradicional. Los investigadores concluyeron que el entrenamiento de contraste (entrada en calor con PAP) es favorable para incrementar la producción de potencia pero sólo para las atletas (mujeres) con niveles de fuerza relativamente elevados.

Recientemente, en un estudio de entrada en calor con PAP específico del deporte, Linder et al. (28) investigaron los efectos de la PAP sobre el rendimiento del esprint en pista después de una serie de 4RM en el ejercicio de media sentadilla por detrás en mujeres universitarias. Todos los sujetos (n = 12) participaron de 2 sesiones de evaluación durante un período de 3 semanas. Durante la primera sesión de evaluación, los sujetos realizaron un protocolo controlado que consistió de una entrada en calor estandarizada de 4 minutos, seguida de un descanso activo de 4 minutos, un esprint en pista de 100 m, un segundo descanso activo de 4 minutos y un segundo esprint de 100 m. En la segunda sesión de evaluación, el protocolo experimental, consistió de una entrada en calor aeróbica estandarizada de 4 minutos, seguida de un descanso activo de 4 minutos, un esprint, un segundo descanso activo de 4 minutos, una entrada en calor consistente en 1 serie de 4RM en el ejercicio de media sentadilla por detrás, un tercer descanso activo de 9 minutos y un segundo esprint. Los resultados indicaron que hubo una mejora significativa de 0.19 segundos ($p < 0.05$), cuando el segundo esprint fue precedido por el protocolo de media sentadilla por detrás con una carga de 4RM. Además, los resultados indicaron que era esperable que los tiempos de esprint promedio se incrementaran en 0.04–0.34 segundos ($p < 0.05$) al utilizar el protocolo de sobrecarga con 4RM en el ejercicio de sentadillas. Estos hallazgos sugieren que si se realiza una entrada en calor consistente en 4 RM en el ejercicio de media sentadilla por detrás previo a la realización de un esprint en pista se producirá un efecto de PAP positivo que se manifestará a través de la reducción de los tiempos de esprint en pista. Estos investigadores sugirieron que los entrenadores de fuerza y los entrenadores de atletismo, que buscan una “ventaja competitiva” (efecto PAP), pueden volver a hacer entrar en calor a sus corredores de esprint durante los encuentros.

Los resultados del estudio de Linder et al. (28) respaldan los estudios de entrada en calor específica del deporte en hombres (3, 25, 30, 31, 34, 43) que señalaron un efecto de PAP posterior a una entrada en calor con ejercicios de fuerza con altas cargas sobre el rendimiento en esprints sobre distancias cortas y esprints de ciclismo. El estudio de Linder et al. (28) es único porque no se conocen otros estudios de investigación en mujeres acerca de los efectos de la PAP después de una entrada en calor con ejercicios de sobrecarga sobre el rendimiento en esprints en pista en distancias de más de 40 yardas. Es necesario que se realicen estudios adicionales que investiguen los efectos de la entrada en calor con PAP sobre el rendimiento en velocistas de pista competitivos (Tabla).

ATLETAS DE ELITE VERSUS ATLETAS RECREATIVOS

Si se presenta un efecto de PAP, los atletas de elite masculinos y femeninos exhiben mayores incrementos en el rendimiento del salto o en el rendimiento específico del deporte que los atletas recreativos y los estudiantes de educación física (16). En los estudios de Duthie et al. (9) y Linder et al. (28) llevado a cabo con mujeres, las atletas más fuertes y las atletas de elite se desempeñaron mucho mejor en las tareas deportivas después de una entrada en calor con cargas altas para inducir PAP. Asimismo, en el estudio de Chiu et al. (13) sobre PAP en el que participaron hombres y mujeres, los atletas respondieron de manera más favorable a la PAP que los participantes entrenados de manera recreativa; y en el

estudio de Rixon et al. (37), aunque los hombres se exhibieron un rendimiento mucho mejor que las mujeres, los levantadores de pesas experimentados (hombres y mujeres) se desempeñaron significativamente mejor que los levantadores de pesas principiantes. Así como en los estudios de PAP llevados a cabo con mujeres, muchos estudios de PAP llevados a cabo con hombres (2, 5, 18, 30, 31, 37, 43), han mostrado que los atletas de elite incrementan su rendimiento específico del deporte luego de realizar una entrada en calor con cargas altas para inducir PAP.

Además, Smith et al. (43) reportaron que los hombres recreacionalmente activos pueden no beneficiarse de los efectos de la PAP si se utilizan períodos de recuperación de 7 minutos. Estos investigadores (43) respaldan los hallazgos previos acerca de los efectos de la entrada en calor con PAP, que sugieren que el estatus de entrenamiento, el nivel de fuerza y el nivel de habilidad podrían ser las claves para determinar los beneficios positivos de la entrada en calor con PAP. En contraste, como se mencionó previamente, Hanson et al. (20) reportaron que no hubo incrementos significativos en el salto, ya sea con participantes universitarios masculinos o femeninos entrenados en la fuerza luego de una única intervención de PAP que consistió en la realización de sentadillas con cargas bajas ejecutadas a alta velocidad o sentadillas con cargas altas ejecutadas a baja velocidad. Aunque, al parecer, con la magnitud apropiada y/o cargas de trabajo submáximas incrementadas (5, 9, 28) o con la recuperación adecuada (8–12 minutos) (25, 28), los sujetos de Hanson et al. (20) podrían haber mejorado los rendimientos del salto.

RESULTADOS EN ACTIVIDADES DE ESPRINT

Tal como se discutiera previamente en la sección de estudios de PAP en hombres, sólo unos pocos estudios en donde se utilizó una entrada en calor con altas cargas para inducir PAP han reportado mejoras significativas en el rendimiento de esprint en natación, en eventos de pista y en ciclismo (3, 28, 30, 31, 34, 43).

Los entrenadores de la fuerza deberían reconocer que al parecer, en estos estudios el efecto de PAP posterior a un estímulo de sobrecarga con cargas altas puede ser el responsable de las mejoras significativas (5, 16, 18, 25, 30, 34, 35, 41, 47, 48), y este efecto de PAP puede prominente luego de la realización de contracciones dinámicas (concentraciones concéntricas) que de contracciones isométricas (15, 19). Por el contrario, Till y Cooke (46) llevaron a cabo un estudio de PAP con 12 jugadores de fútbol de elite. Los jugadores participaron en 4 sesiones de evaluación durante un período de 4 semanas. A todos los jugadores se los dividió de manera aleatoria en 4 grupos, 3 grupos experimentales y 1 grupo de control. Los 2 grupos que llevaron a cabo la entrada en calor dinámica realizaron ya sea el ejercicio de peso muerto o bien saltos elevando las rodillas al pecho, mientras que el tercer grupo realizó extensiones de rodilla isométricas en un dinamómetro isocinético. El grupo de control no realizó ningún tratamiento para inducir PAP. Después de una entrada en calor controlada (5 minutos de trote) y el protocolo específico de entrada en calor, se realizaron esprints de 20m a los 4, 5, y 6 minutos post-PAP. Además, después de las pruebas de esprint y, a los 7, 8, y 9 minutos post PAP los jugadores realizaron 3 saltos con contramovimiento a. Una vez más, los hallazgos revelaron que no hubo un efecto grupal significativo de PAP sobre los rendimientos de esprint y salto.

RESULTADOS MECANICOS

Cuando los entrenadores hacen que los atletas explosivos vuelvan a realizar la entrada en calor antes de los eventos competitivos de esprint, la producción de potencia media mejora (43). Si los entrenadores de fuerza vuelven a hacer una entrada en calor utilizando la PAP, entonces mantener una potencia promedio elevada durante los eventos de esprint debería trasladarse en la consecución de mejores tiempos. Una vez más, los entrenadores de fuerza deben comprender los efectos de la fatiga sobre la entrada en calor con PAP. Estudios previos sobre PAP han reportado que la fatiga induce la disminución de la producción de fuerza o potencia (4, 6, 17, 32). Sin embargo, Smith et al. (43) reportaron que la potencia pico y el índice de fatiga no disminuyeron de manera significativa tanto cuando el período de recuperación fue de 5 minutos como cuando el período de recuperación se extendió a 20 minutos. Los hallazgos de Linder et al. (28) parecen respaldar los hallazgos de Smith et al. (43) en cuanto a que es razonable suponer que una entrada en calor consistente en 4RM en el ejercicio de media sentadilla por detrás no genera una fatiga anaeróbica a corto plazo. El período de descanso entre los ejercicios de sentadilla y la recuperación activa de 9 minutos después de 4RM en el ejercicio de sentadilla parece ser el tiempo adecuado para la resíntesis de ATP.

Los mecanismos de la PAP tanto para hombres como para mujeres pueden ser la fosforilación de las cadenas livianas de la miosina durante la MVC (21, 45). Asimismo, si la hipertrofia y la conversión de las fibras musculares hacia un tipo más rápido en las mujeres entrenadas con sobrecarga son similares a las de los hombres (44), entonces los efectos de la PAP

dentro del músculo también pueden ser similares entre hombres y mujeres. Aún no queda clara la razón exacta detrás de la relación entre la fuerza y la potenciación. No obstante, se ha demostrado que los atletas masculinos y femeninos entrenados en la fuerza tienen una activación mayor de la musculatura involucrada durante un estímulo de sobrecarga de alta intensidad, que afectaría el reflejo-H y la fosforilación de las cadenas livianas reguladoras de misosina, los dos mecanismos involucrados en la PAP (4).

RECUPERACION

Los resultados de Linder et al. (28) además indican un efecto de PAP después de una recuperación de 9 minutos. Estudios previos han determinado que el período de recuperación entre el estímulo de sobrecarga y la posterior actividad de rendimiento explosivo varía de 0 a 18.5 minutos para la resíntesis de fosfocreatina posterior a la entrada en calor con sobrecarga (1, 5, 9, 14, 21, 25, 50). Kilduff et al. (25) reportaron que la recuperación óptima para elevar al máximo el efecto de PAP sobre la producción de potencia pico (PPO) (aproximadamente incrementos del 7–8%) debía ser de entre 8 y 12 minutos para el tren inferior. En contraste, Jones y Lees (24) reportaron que no hubo diferencias significativas en ninguna de las variables de rendimiento medidas después de los 3, 10 y 20 minutos de recuperación después de la realización del ejercicio de sentadillas. Además, Gilbert y Lees (12) reportaron efectos agudos ambiguos al no hallar diferencias significativas entre los valores pre y post intervención en la tasa de desarrollo de la fuerza isométrica luego de 2 y 10 minutos de recuperación. En contraste, se han reportado incrementos significativos luego de 15 y 20 minutos de recuperación posteriores a la realización de series repetidas de sentadilla por detrás (5 repeticiones de 1RM)

Aunque no son inequívocos, los resultados de Linder et al. (28) sugieren que la entrada en calor con PAP puede dar como resultado una mejora significativa en los tiempos de esprint sobre una distancia de 100 m. Dado que la entrada en calor con PAP no mejoró el tiempo de todos los corredores de esprint, existe la posibilidad de que haya diferencias individuales y condiciones particulares que deban tenerse en cuenta. Por lo tanto, es posible que la entrada en calor con PAP de Linder et al. (28) no sea apropiada para todos los corredores de esprint.

CONCLUSIONES

Aunque la investigación sobre la PAP revela hallazgos controversiales, principalmente en relación al rendimiento en actividades de salto, los recientes hallazgos sobre la PAP en el rendimiento deportivo analizados por los entrenadores de fuerza indican (a) que es probable que un efecto de PAP sea el responsable de los incrementos significativos en el rendimiento de esprint en natación, ciclismo y pista (3, 28, 30, 31, 34, 43); (b) que las atletas de nivel universitario entrenadas en la fuerza exhibieron mejoras significativas, similares a las observadas en hombres entrenados, en el rendimiento de esprint en pista después de una intervención para la inducción de PAP con una entrada en calor que incluyó ejercicios de fuerza con altas cargas; (c) que para generar un efecto de PAP para los hombres deportistas de elite, el protocolo de entrada en calor con cargas altas debería consistir de 3-10 series de 1 repetición con una carga del 90% de 1RM en ejercicios tales como sentadillas isométricas o media sentadilla por detrás dinámica; (d) las mujeres de elite pueden utilizar el mismo protocolo que los hombres o posiblemente puedan realizar 1 serie de 4 repeticiones con una carga de 4RM en el ejercicio de media sentadilla por detrás; y (e) que al parecer el período de recuperación óptimo para elevar al máximo el efecto de PAP sobre la PPO en actividades tales como los esprints o los saltos, es de entre 8 y 12 minutos para el tren inferior.

Practicantes	Deportes	Ejercicio de entrada en calor con precarga	Intervalo de descanso (recuperación)	Resultados
Hombres				
Saltadores	Alto/Largo	Media-sentadilla: 3–5 series, 1–3 repeticiones de 60–90% de 1RM	3 min	Incremento
		sentadilla por detrás: 1–3 series, 1–5 repeticiones al 80–90% de 1RM	5-10 min	Incremento
		Saltos desde sentadilla - saltos con contramovimiento	3-5 min	Ambiguos
Elite	Rugby	Media-sentadilla por detrás: 1 serie, 1–3 repeticiones al 80–90% de 5RM	5-10 min; 10 min	Incrementos en esprint de 20m, esprint de 30 m
		sentadilla por detrás: 1 serie, 5 repeticiones al 100% de 5RM	5 min	Incrementos en esprint de 20 m
		Lanzamientos balísticos desde press de banca: 1 serie, 6 repeticiones de 65% de 1RM	5-10 min	Incremento
		Lanzamientos balísticos desde press de banca - sentadilla por detrás: 1 serie, 1–3 repeticiones al 100% de 3RM	8-12 min	Incremento
Interuniversitarios	Baloncesto, voleibol, hándbol, fútbol	Media-sentadilla por detrás: 1serie, 10 repeticiones, al 90% de 1RM	5 min	Incrementos en esprints de 10 m, 20 m
Interuniversitarios	Fútbol	Sentadilla por detrás: 1 serie, 3 repeticiones al 90% de 1RM	4 min	Incrementos en esprint de 40 m
	Velocistas	Sentadilla por detrás: 5 series, 1-3 repeticiones al 90% de 1RM	5-10 min	Incrementos en esprints de 20 m
Elite	Velocistas de Ciclismo	Sentadilla por detrás paralela: 10 series, 1 repetición al 90% de 1RM	5 min	Incrementos en esprints de 10 m
Elite	Triatletas (corredores de distancia)	10-s extensiones máximas isométricas del codo y flexiones plantares del tobillo	5 min	Incrementos
Elite	Fútbol	Peso muerto: 1 serie, 5 repeticiones de 5RM	4-6 min	No hubo incrementos significativos pero sí una gran variación individual, se considera a la PAP sobre una base individual.
Elite	Fútbol	saltos desde sentadilla, media sentadilla, salto con contramovimiento: 3 serie, 5 repeticiones al 60% de 1RM	5-10 min	Incrementos
Mujeres				
Universitarias	Fútbol, corredores de esprint en pista	1 serie, 4 repeticiones al 100% de 4RM	9 min	Incrementos en esprint de 100 m
Elite	Saltadoras	1 serie de sentadilla isométrica máxima, 3 intentos en un máximo de 3s sentadillas de rodilla Cvbex a 120° y 130°	5 min	Incremento
Elite	Hockey y softbol	Media-sentadilla: 2 series, 4 repeticiones al 30% de 3RM	5 min	Incremento

Tabla 1. *Recomendaciones para que la entrada en calor genere efectos de PAP.*

APLICACIONES PRACTICAS

La mayoría de las investigaciones sobre la entrada en calor con PAP indica que los rendimientos de salto y esprint deberían incrementarse después de protocolos precisos de entrada en calor con PAP en los atletas masculinos y femeninos de elite. Después de una sesión normal de entrada en calor pre-competitiva se aconseja que los entrenadores de fuerza cronometren de manera precisa la re-entrada en calor con cargas altas en el ejercicio de media sentadilla por detrás a fin de generar la PAP antes del evento competitivo como medio para incrementar la potencia de sus atletas. En base a la totalidad de los estudios sobre PAP, la entrada en calor con ejercicios de sobrecarga debería incluir entre 8 y 12 minutos de recuperación antes de los eventos de esprint a fin de obtener el mayor beneficio de la PAP. Además, los entrenadores de fuerza deberían saber que existen respuestas individuales en cuanto a la recuperación óptima para la PPO luego de un estímulo de precarga. Por lo tanto, los entrenadores de fuerza deberían determinar la recuperación óptima para la PPO de sus atletas de manera individual a fin de mejorar los tiempos de esprint.

REFERENCIAS

1. Baker D (2003). Acute effects of alternating heavy and light resistance on power output during upper-body complex power training. *J Strength Cond Res 17: 493–497*
2. Burkett LN, Phillips WT, and Ziuraitis J (2005). The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. *J Strength Cond Res 19: 673–676*
3. Chatzopoulos DE, Michailidis CJ, Giannakos AK, Alexiou KC, Patikas DA, Antonopoulos CB, and Kotzamanidis CM (2007). Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. *J Strength Cond Res 21: 1278– 1281*
4. Chiu LZF, Fry AC, Schilling BK, Johnson EJ, and Weiss LW (2004). Neuromuscular fatigue and potentiation following two successive high intensity resistance exercise sessions. *Eur J Appl Physiol 92: 385–392*
5. Chiu LZF, Fry AC, Weiss LW, Schilling BK, Brown LE, and Smith SL (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *J Strength Cond Res 17: 671–677*
6. De Bryun-Prevost P. (1980). The effects of various warming-up intensities and durations upon some physiological variables during exercise corresponding to the WC170. *Eur J Appl Physiol 43: 93–100*
7. DeRenne C, Ho KW, Hetzler R, and Chi D (1992). Effects of warm-up with various weighted implements on baseball bat swing velocity. *J Appl Sports Sci Res 6: 214–218*
8. DeRenne C, Ho KW, and Murphy JC (2001). Effects of general, special, and specific resistance training on throwing velocity in baseball. *J Strength Cond Res 15: 148– 156*
9. Duthie GM, Young WB, and Aitken DA (2002). The acute effects of heavy loads on jump squat performance: An evaluation of the complex and contrast methods of power development. *J Strength Cond Res 16: 530–538*
10. Ebben WP, Watts PB, Jensen RL, and Blackard DO (2000). EMG and kinetic analysis of complex training exercise variables. *J Strength Cond Res 14: 451–456*
11. French DN, Kraemer WJ, and Cooke CB (2003). Changes in dynamic exercise performances following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. *J Strength Cond Res 17: 678–685*
12. Gilbert G and Lees A (2005). Changes in force development characteristics of muscle following repeated maximum force and power exercise. *Ergonomics 48: 1576– 1584*
13. Gossen ER and Sale DG (2000). Effects of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. *Eur J Appl Physiol 83: 524–530*
14. 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. *J Strength Cond Res 17: 342–344*
15. Grange RW, Vandenboom R, Xeni J, and Housten ME (1998). Potentiation of in vitro concentric work in mouse fast muscle. *J Appl Physiol 84: 236–243*
16. Gullich AC and Schmidtbleicher D (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *N Stud Athlete 11: 67–81*
17. Hakkinen K and Komi PCV (1986). Effects of fatigue and recovery on electromyographic and isometric force and relaxation time characteristics of human skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol 55: 588–596*
18. Hamada T, Sale DG, and MacDougall JD (2000). Postactivation potentiation in endurance-trained male athletes. *Med Sci Sports Exerc 32: 403–411*
19. Hamada T, Sale DG, MacDougall JD, and Tarnopolsky MA (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol 88: 2131–2144*
20. Hanson ED, Leigh S, and Mynark RG (2007). Acute effects of heavy-and light-load squat exercise on the kinetic measures of

vertical jumping. *J Strength Cond Res 21: 1012 1017*
21. Hodgson M, Docherty D, and Robbins D (2005). Post-activation potentiation: Underlying physiology and implications for motor performance [review]. *Sports Med 35: 585596*
22. Hrysomallis C and Kidgell D (2001). Effect of heavy dynamic resistive exercise on acute upper-body power. *J Strength Cond Res 15: 426430*
23. Jones P and Lees A (2003). A biomechanical analysis of the acute effects of complex training using lower limb exercises. *J Strength Cond Res 17: 694700*
24. Kilduff LP, Bevan HR, Kingsley MIC, Owen NJ, Bennett MA, Bunce PJ, Hore AM, Maw JR, and Cunningham DJ (2007). Postactivation potentiation in professional rugby players: Optimal recovery. *J Strength Cond Res 21: 1134 1138*
25. King A (2003). he Effect of Various Durations of Maximal Voluntary Isometric Contractions on Subsequent Power Performance [master s thesis]. *University of Victoria, British Columbia, Canada*
26. Linder E, Prins J, Murata N, DeRenne C, and Morgan CF (2010). Effects of preload 4RM on 100-m sprint times in collegiate females. *J Strength Cond Res 24(5): 1184 1190*
27. Macintosh BR and Rassier DE (2002). What is fatigue?. *Can J Appl Physiol 27: 42 55*
28. Mattews MJ, Mattews HP, and Snook B (2004). The acute effects of a resistance training warmup on sprint performance. *Res Sports Med 12: 151 159*
29. McBride JS, Nimphius S, and Erickson T (2005). The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. *J Strength Cond Res 19: 893 897*
30. Nelson AG, Cornwell A, and Heise GD (1996). Acute stretching exercises and vertical jump stored elastic energy. *Med Sci Sports Exerc 28: S156*
31. Pfaff D (1997). Training methods for elite sprinters. *In: Appalachian High Performance Conference. Boone, NC*
32. Radcliff JC and Radcliff JL (1996). Effects of different warm-up protocols on power output during a single response jump task [abstract]. *Med Sci Sports Exerc 28: S189*
33. Rassier DE and Macintosh BR (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Braz J Med Biol Res 33: 499 508*
34. Rixon KP, Lamont HS, and Bemben MG (2007). Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. *J Strength Cond Res 21: 500 505*
35. Robbins DW and Docherty D (2005). Effect of loading on enhancement of power performance over three consecutive trials. *J Strength Cond Res 19: 898 902*
36. Sale DG (1987). Influence of exercise and training on motor unit activation. *Exerc Sport Sci Rev 15: 95 151*
37. Sale DG (2002). Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev 30: 138 143*
38. Scott SL and Docherty D (2004). Acute effects of heavy preloading on vertical and horizontal jump performance. *J Strength Cond Res 18: 201 205*
39. Smilios I, Pilianidis T, Sotiropoulos K, Antonakis M, and Tokmakidis SP (2005). Short-term effects of selected exercise and load in contrast training on vertical jump performance. *J Strength Cond Res 19: 135 139*
40. Smith JC, Fry AC, Weiss LW, Li Y, and Kinzey SJ (2001). The effects of high-intensity exercise on a 10-second sprint cycle test. *J Strength Cond Res 15: 344 348*
41. Staron RS, Malicky ES, Leonardi MJ, Falkel JE, Hagerman FC, and Dudley GA (1989). Muscle hypertrophy and fast fiber type conversions in heavy resistance-trained women. *Eur J Appl Physiol 60: 71 79*
42. Sweeney HL, Bowman BF, and Stull JT (1993). Myosin light chain phosphorylation in vertebrate strained muscle regulation and function. *Am J Physiol 264: C1085 C1095*
43. Till KA and Cooke C (2009). The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. *J Strength Cond Res 7: 1960 1967*
44. Tremble MH and Harp SS (1998). Postexercise potentiation of the H-reflex in human. *Med Sci Sports Exerc 30: 933 941*
45. Vandenboom R, Grange RW, and Houston ME (1993). Threshold for force potentiation associated with skeletal myosin phosphorylation. *Am J Physiol 265: C1456 C1462*
46. Van Den Tillaar R (2004). Effect of different training programs on velocity of overarm throwing: A brief review. *J Strength Cond Res 18: 388 396*
47. Young WB, Jenner A, and Griffiths K (1998). Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *J Strength Cond Res 12: 82 84*
48. Young W, McLean B, and Ardagna J (1995). Relationship between strength qualities and sprinting performance. *J Sports Med Phys Fitness 35: 13 19*
49. Jensen RL and Ebben WP (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *J Strength Cond Res 17: 345 349*

Cita Original

Coop DeRenne. Effects of Post activation Potentiation Warm-up in Male and Female Sport Performances: A Brief Review. Strength & Conditioning Journal, 32(6):58-64 (2010)