Papeles Salmantinos de Educación, Núm. 20, 2016
Facultad de Educación, Universidad Pontificia de Salamanca

EL CALENTAMIENTO EN DEPORTES DE EQUIPO: REVISIÓN Y NUEVAS PERSPECTIVAS

Warm-up in team sports: review and new perspectives

Javier Sánchez Sánchez
Manuel Carretero González
Cristina Petisco Rodríguez

RESUMEN: *La capacidad de rendimiento en deportes de equipo se ha incrementado en los últimos años. Para afrontar esta realidad el participante de estas disciplinas no sólo debe ser entrenado con éxito, sino también preparado para expresar su potencial rendimiento en competición. El calentamiento previo al partido es la práctica que permite la transición óptima del estado de reposo al de máxima actividad de forma segura y eficaz. Esta estrategia tiene beneficios para el rendimiento y la prevención de lesiones debido a una serie de respuestas fisiológicas. Entre estos cambios destacan el incremento de la temperatura y modificaciones neuromusculares. Para conseguirlo es necesario ajustar los contenidos y la carga dentro de una estructura que responda de manera específica a las demandas de estos deportes. En la actualidad se piensa que en esta estructura es necesario dejar lugar para la inclusión de estrategias de post-activación potenciación. Los entrenadores y preparadores físicos deben hacer el esfuerzo por regularizar estos estímulos dentro del calentamiento, sin perder el sentido técnico-táctico que debe estar presente para conseguir una activación completa y significativa del rendimiento.*

Palabras clave: *Rendimiento; Post-activación Potenciación; Re-calentamiento; Prevención de lesiones*

ABSTRACT: *The performance capacity in team sports has increased in the last years. To confront this reality the participants of these disciplines not only must be trained successfully, but also prepared to express their potential performance in competition. The warming competition is the practice that allows the optimal transition from rest to maximum activity safely and effectively. This strategy has benefits for performance and injury prevention due to a number of physiological responses. These changes include increased temperature and neuromuscular changes. To achieve this,*

Universidad Pontificia de Salamanca

it is necessary to adjust the contents and the load inside a structure that responds specifically to the demands of these sports. At present it is thought that in this structure it is necessary to leave place for the inclusion of strategies of post-activation potentiation. Coaches and fit trainers should make the effort to regularize these stimuli within the warm-up, without losing the technical-tactical sense that must be present to obtain a complete and significant activation of performance.

Keywords: *Performance; Post-activation Potentiation; Rewarm-up; Injury prevention*

1. INTRODUCCIÓN

El calentamiento es la práctica que precede a otra tarea principal con el objetivo de facilitar la correcta transición del estado de reposo al de máximo rendimiento (Woods, Bishop, & Jones, 2007). Aunque es una estrategia aceptada por entrenadores y preparadores físicos, en la actualidad no existen evidencias científicas, ni acuerdo entre los profesionales del deporte, que señalen cual es la forma en que debe ser realizado para asegurar sus dos principales beneficios: el aumento del rendimiento y la prevención de lesiones (McGowan, Pyne, Thompson, & Rattray, 2015). Únicamente parece existir el convencimiento que esta parte de la preparación del deportista debe ajustarse a las condiciones de la disciplina de competición, responder a las demandas del deportista y tener en cuenta las características externas que rodearán a la propia práctica (Anderson, Landers, & Wallman, 2014).

Las ventajas asociadas al calentamiento son debidas a un extenso número de mecanismos fisiológicos que desencadenan a su vez un conjunto de respuestas responsables de la mejora del rendimiento (Bishop, 2003). Los principales cambios provocados por esta estrategia se relacionan con el incremento de la actividad metabólica, el aumento de la cinética del VO_2 y la aparición del fenómeno post-activación potenciación (PAP) (Sale, 2004; Woods et al., 2007). Aunque muchas de estas modificaciones depende de la temperatura corporal, estudios previos han señalado que existen otros mecanismos detrás de la mejora del rendimiento que no son termodependientes (Seitz & Haff, 2016).

Tras la aparición de estos cambios puede estar una estrategia de intervención pasiva o activa (Woods et al., 2007). El calentamiento

Universidad Pontificia de Salamanca

pasivo es una práctica que intenta provocar cambios relacionados con el incremento de la temperatura corporal, por medio de estrategias artificiales (saunas, masajes, duchas de agua caliente, prendas térmicas, etc) en las que el ejercicio físico no tiene cabida (Bishop, 2003). Por su parte, el calentamiento activo es una práctica básica para la puesta a punto de nuestro deportistas, ya que cumple con los criterios de alta especificidad (McGowan et al., 2015) consiguiendo mejoras en el plano fisiológico y neuromuscular (Woods et al., 2007). Desde un punto de vista práctico ambos se establecen como complementarios, especialmente frente a condiciones externas adversas o para casos de deportistas que así lo necesiten (Racinais & Oksa, 2010).

El calentamiento activo se estructura en un parte general y otra parte específica (Bishop, 2003). Ambas son importantes para impulsar una mejora completa del rendimiento. Esto se comprueba en un estudio realizado con sujetos entrenados en el que se observaron mayores incrementos en la fuerza máxima tras un calentamiento con parte general (20 min de ejercicio aeróbico) y específica (1s x 8rep 50% 1RM más 1s x 3rep 70% 1RM), frente a otro que sólo incluía una activación neuromuscular (Abad, Prado, Ugrinowitsch, Tricoli, & Barroso, 2011). La parte específica del calentamiento es necesaria pero no suficiente para el desarrollo del rendimiento. Como más adelante justificaremos, para poder cimentar el reflejo neuromuscular es necesario contar con un desarrollo inicial que parece basarse en el incremento de la temperatura corporal (Zois, Bishop, & Aughey, 2015)

Toda esta estructura de preparación en la actualidad ha podido ser reforzada con la aparición de nuevas tecnologías (McGowan et al., 2015). Estos nuevos medios al servicio del entrenamiento deportivo, han permitido establecer prometedoras estrategias de calentamiento, que han potenciado en muchos casos los beneficios asociados a esta práctica (Kilduff, West, Williams, & Cook, 2013). Muchos diseños han recogido esta nueva realidad, probando sus efectos y posibles limitaciones, sin embargo es necesario implementarlos en el contexto de cada disciplina deportiva (Morales-Artacho, Lacourpaille, & Guilhem, 2017; Su, Chang, Wu, Guo, & Chu, 2016).

Universidad Pontificia de Salamanca

2. EFECTO DEL CALENTAMIENTO EN LA TEMPERATURA CORPORAL

Gran parte de las mejoras conseguidas con el calentamiento son debidas al incremento de la temperatura corporal (McGowan et al., 2015). El término calentamiento o *warm-up* recoge un principio tradicionalmente aceptado: aumentos controlados de la temperatura corporal son necesarios para facilitar el desarrollo de ciertos procesos orgánicos. En el ámbito del entrenamiento deportivo, estos incrementos se relacionan con modificaciones positivas de la capacidad de rendimiento, de manera que incrementos de 1ºC en la temperatura muscular, se vinculan con mejoras del 2-5% en los procesos de contracción muscular (Racinais & Oksa, 2010). No obstante, en la actualidad se contempla que no existe una relación permanente entre el incremento de la temperatura y el rendimiento, por esto a partir de una determinado valor mayores incrementos no traen consigo mejores procesos de adaptación al esfuerzo (Bishop, 2003). En estas circunstancias el organismo tendrá que articular mecanismos para el control de la temperatura, teniendo que invertir energía y provocando pérdida de fluidos para activar los procesos de termorregulación (Bishop, 2003). En entornos especiales de humedad y calor ambiental, es necesario regular las actividades dirigidas al incremento de la temperatura, incluso empleando estrategias de enfriamiento (chalecos de fríos, inmersión en agua, etc.) durante las actividades de preparación (McGowan et al., 2015). Por el contrario, en ambientes de bajas temperaturas será necesario incrementar este tipo de estímulos hasta conseguir que el deportista "rompa a sudar", sin inducir para ello a una fatiga prematura (Woods et al., 2007).

Los beneficios del aumento de la temperatura provocan una respuesta positiva en un conjunto de variables, también responsables del aumento del rendimiento (Gregson, Drust, Batterham, & Cable, 2002). Una de estas respuestas tiene que ver con la aceleración del metabolismo energético, que permite mejorar la provisión de energía al músculo (McGowan et al., 2015). Estudios previos demostraron que el incremento pasivo de la temperatura muscular aumentaba la eficacia en los procesos de resíntesis de ATP a partir de la degradación de fosfocreatina y de los procesos glucolíticos (Gray, Söder-

Universidad Pontificia de Salamanca

lund, & Ferguson, 2008). Esta mejora en la liberación de energía es clave para ajustar la respuesta orgánica durante los primeros minutos de esfuerzo, reduciendo el déficit de oxígeno (Bishop, 2003). Es posible que esta adaptación acelerada al esfuerzo permita reducir la fatiga prematura, especialmente durante esfuerzos intermitentes de alta intensidad similares a los que ocurren en deportes de equipo (Billaut & Bishop, 2009).

Igual que limitaciones en el incremento de la temperatura limitarían las posibilidades de rendimiento, las pérdidas de temperatura provocadas por períodos de pausa como los que ocurren entre el calentamiento y el comienzo de la competición (*down time*) (Towlson, Midgley, & Lovell, 2013), en el descanso de los partidos (*half-time*) (Mohr, Krustrup, Nybo, Nielsen, & Bangsbo, 2004) o durante los tiempos de relevo en los deportes donde hay sustituciones libres (Galazoulas, Tzimou, Karamousalidis, & Mougios, 2012), pueden ejercer un efecto negativo sobre el rendimiento de los jugadores. En estos contextos parece clave establecer estrategias de mantenimiento de la temperatura, puesto que parecen tener una relación directa con el rendimiento en acciones de potencia y resistencia intermitente (Lovell, Kirke, Siegler, McNaughton, & Greig, 2007; Mohr et al., 2004).

La mejora en las cualidades anteriores depende de la optimización de los procesos de contracción muscular, que son a su vez debidos al aumento de la temperatura (McGowan et al., 2015). Tradicionalmente, la activación de estos procesos se ha conseguido a expensas de actividades realizadas a moderada intensidad que se mantenían durante 10-15 minutos (Bishop, 2003). Pero hay que tener en cuenta que estas propuestas solicitan las fibras lentas con mínima activación de la rápidas (Gray, Soderlund, Watson, & Ferguson, 2011), por lo que estaremos incrementado la temperatura a expensas de una estructura que no será protagonista en el tipo de acciones que caracteriza a los deportes de equipo. La optimización de los procesos de contracción muscular debe realizarse con actividades que movilicen las fibras rápidas responsables de las acciones de alta intensidad que caracterizan a deportes como el fútbol, baloncesto, balonmano, etc. (Hammami, Zois, Slimani, Russel, & Bouhlel, n.d.). A pesar de lo

Universidad Pontificia de Salamanca

señalado en algunos estudios, la incorporación de acciones de alta intensidad (85% VO_2max), lejos de suponer un riesgo de lesión o favorecer fatiga prematura, permite mejorar el rendimiento neuromuscular clave para la ejecución de acciones repetidas de alta intensidad (Anderson et al., 2014). Es posible que estas condiciones provoquen una serie de modificaciones fisiológicas añadidas a las que se relacionan con el incremento de la temperatura (Sale, 2004). Este incremento superlativo se relacionan con el fenómeno de post-activación potenciación (PAP), el cuál se considera una estrategia ideal para la mejora del rendimiento a corto plazo en disciplinas de gran implicación neuromuscular (Seitz & Haff, 2016).

Parece que las actividades de alta intensidad consiguen el incremento de la temperatura con una optimización añadida sobre la frecuencia de transmisión de estímulos nerviosos (McGowan et al., 2015). El incremento en el reclutamiento temporal, tienen efectos directos sobre la mejora de la fuerza y potencia muscular (Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005). Los estímulos de alta intensidad provocan la mejora en el índice de manifestación de la fuerza debido a incrementos en la descarga de Ca^{2+} desde el retículo sarcoplasmático, mejoras en la actividad enzimática asociada al miofilamento de miosina y aumentos del potencial de acción resultante de la dinamización de iones Na^+/K^+ (Hodgson et al., 2005). Conseguir esta respuesta a partir de los protocolos de activación precompetición es clave en deportes que demandan actividades como sprint y salto, ya que se relacionan con la capacidad de deportista de ejercer altos picos de fuerza en el menor tiempo posible (Zois et al., 2015).

3. EFECTO DEL CALENTAMIENTO EN LA RESPUESTA NEUROMUSCULAR

Parece ampliamente aceptado que tras una carga que se administra como estímulo de activación, se origina en el músculo un efecto complementario de fatiga y potenciación (Tillin & Bishop, 2009). El efecto agudo sobre el rendimiento dependerá de la relación entre estas variables: cuando la fatiga se impone, la capacidad de rendimiento disminuye; pero cuando la relación favorece a la potenciación, mejora la predisposición del deportista hacia el rendimiento

Universidad Pontificia de Salamanca

en acciones de fuerza y potencia (Seitz & Haff, 2016). Optimizar este proceso parece necesario como estrategia de mejora en todas aquellas actividades cuyas acciones se basan en saltos, lanzamientos o sprints (Docherty & Hodgson, 2007; Kilduff, Finn, Baker, Cook, & West, 2013; Sale, 2004; Scott & Docherty, 2004). También parece una estrategia positiva para las modalidades caracterizadas por la repetición de acciones de alta intensidad (Taylor, Weston, & Portas, 2013), sin embargo es necesario ampliar los trabajos que permitan sacar conclusiones sobre qué protocolos pueden aplicarse para conseguir PAP (Hammami et al., n.d.).

El fenómeno PAP se explica a partir de la creencia de que la historia contráctil de un músculo determina sus posibilidades de acción a corto plazo (Kilduff et al., 2008). La actividad reciente de un músculo tienen un efecto determinante sobre sus posibilidades de contracción en la actividad inmediatamente posterior (Docherty & Hodgson, 2007; Sale, 2004). En la práctica esto supone que cargas previas de carácter máximo o casi máximo son necesarias para mejorar el rendimiento en actividades de alta implicación neuromuscular (Tillin & Bishop, 2009). La actividad neuromuscular caracteriza a las disciplinas de equipo, por lo tanto sí la actividad del jugador en competición demanda esta intervención muscular, la preparación debe llevarse a cabo incluyendo las tareas que le permitan estar dispuesto para manifestar altos niveles de fuerza explosiva desde el comienzo del partido (Turner et al., 2015). Según hemos indicado, la única forma de conseguirlo es con el empleo de contracciones máximas que logren un incremento de la producción de potencia (Seitz & Haff, 2016) por esta razón en la actualidad se piensa que la utilización de estímulos de baja intensidad característicos de los formatos tradicionales de calentamiento no parece ser una estrategia adecuada para administrar a deportistas de disciplinas de equipo (Kilduff et al., 2008).

La mejora del rendimiento asociada al PAP se vincula a una serie de acontecimientos fisiológicos que afectan a las fibras rápidas (Sanchez-Sanchez, Rodríguez-Fernández, Petisco, Ramirez-Campillo, & Nakamura, n.d.). Estudios previos (Esformes, Cameron, & Bampouras, 2010; Hodgson et al., 2005; Sale, 2004) han indicado que la pre-carga a) incrementa de la liberación de Ca^{2+} desde el re-

Universidad Pontificia de Salamanca

tículo sarcoplasmático, consiguiendo reforzar el número de puentes cruzados de actina y miosina (reclutamiento espacial de unidades motrices) responsables de la tensión muscular; b) aumenta la actividad neural, mejorando la frecuencia de activación de la fibra (reclutamiento temporal de unidades motrices) y con ello la potencia muscular; c) acelera de la función de la enzima ATPasa, responsable de la liberación de energía necesaria para el acortamiento del sarcómero; aumenta el stifness muscular generando mayor predisposición de la fibra para realizar acciones en las que está presente el ciclo de estiramiento-acortamiento; d) y disminuye la coactivación del antagonista permitiendo que las acciones deportivas específicas se realicen con mayor eficacia energética y biomecánica. La mayoría de estudios coinciden en señalar que la materialización de estas respuestas fisiológicas presenta una alta variabilidad (Wilson et al., 2013). Esto es debido a que la relación entre fatiga y potenciación que antes hemos mencionado, adquiere matices diferentes en función de múltiples factores entre los que destacamos: el nivel de experiencia en el entrenamiento del deportista que recibe el estímulo PAP (Chiu et al., 2003), lo fuerte o débil que sea atleta (Seitz & Haff, 2016), el tiempo que transcurre entre el estímulo de activación y la actividad (Kilduff et al., 2008), la intensidad de la carga que se utiliza para generar PAP (Sanchez-Sanchez et al., n.d.) y el volumen empleado para manifestar el estímulo (Seitz & Haff, 2016). En un intento por establecer una estrategia común, un reciente meta-análisis (Wilson et al., 2013) ha descrito que el efecto PAP es óptimo cuando la dosis se administra en múltiples series, de moderada intensidad (60-84% 1RM) y con períodos de recuperación de 7-10 min, sin embargo esto no ocurren en todos los sujetos. Parece que el efecto de este estímulo es superlativo cuando se dirige a atletas que tienen al menos 3 años de experiencia en el entrenamiento de la fuerza (Chiu et al., 2003). La razón puede ser debida que en estas condiciones la adaptación al entrenamiento puede minimizar el daño muscular asociado a estos ejercicios de activación, pudiendo revertir la situación de fatiga en otra de activación de manera más rápida y eficaz (Wilson et al., 2013). Por otro lado, sí a estas condiciones le añadimos que el deportista presenta un

Universidad Pontificia de Salamanca

alto porcentaje de fibras IIb la respuesta al PAP es más significativa (McGowan et al., 2015).

Todos los aspectos señalados en la líneas anteriores, responden en su mayoría a diseños construidos en el entorno de los deportes cíclicos y han empleado pruebas en las que se exige la realización de una acción única (Hodgson et al., 2005; Sale, 2004; Seitz & Haff, 2016; Wilson et al., 2013). Por esta razón, cuando se trata de deportes de equipo es necesario hacer un esfuerzo para convertir esta evidencia científica en realidad práctica. De este modo se podrán establecer estrategias compatibles con las condiciones de competición y el tipo de esfuerzo que se realiza, para obtener resultados más significativos. Merece la pena realizar este esfuerzo puesto que algunas revisiones que se han encargado del análisis de estudios que emplearon estímulos PAP como forma de activación del rendimiento han señalado que su aplicación consigue pequeños incrementos en la capacidad de salto y grandes mejoras en el sprint lineal (Hammami et al., n.d).

El debate no parece situarse en el supuesto beneficio del PAP, sino más bien en la manera de conseguir armonizar las cargas PAP propuestas en las mayoría de estudios con los contenidos propios del calentamiento de partido (Towlson et al., 2013), y complicaciones para contar con la logística necesaria que implica el empleo de estos estímulos en el contexto real de estos deportes (Turner et al., 2015). Quizás por estos motivos los preparadores físicos manifiestan falta de confianza e interés por incluir en sus propuestas de activación pre-competición el fenómeno PAP (Towlson et al., 2013). Pensamos que la normalización de estas estrategias podría pasar por evitar estímulos asilados y de baja especificidad, y confiar en una propuesta que genere en su conjunto el efecto potenciador.

4. CALENTAMIENTO Y MEJORA DEL RENDIMIENTO EN DEPORTES DE EQUIPO

Los deportistas que compiten en disciplinas de equipo realizan habitualmente calentamientos que incluyen carreras a moderada intensidad, ejercicios de movilidad y tareas de alta especificidad con y sin balón (Zois, Bishop, Ball, & Aughey, 2011). Según un estudio en el que se preguntó a preparadores físicos de la *Premier League,*

Universidad Pontificia de Salamanca

esta estructura de actividades se desarrollaba durante 15-45 min con el objetivo de conseguir modificaciones sobre la temperatura corporal y el flujo sanguíneo a los músculos activos (Towlson et al., 2013). Lejos de renunciar a estos efectos, parece que deberían articularse otros procedimientos para conseguirlos, puesto que incrementar la duración (ej. 45 min) puede afectar negativamente a los almacenes de energía y alterar la capacidad de equilibrio térmico (Bishop, 2003), quedando limitado el rendimiento. Estudios previos han insistido en la necesidad de reducir los tiempos de preparación, puesto que sí se consiguen establecer la proporción adecuada con la intensidad, es posible que los beneficios se incrementen a medida que los tiempos de preparación se reducen (Pringle, Sealey, Sinclair, & Bowman, 2013; Tomaras & MacIntosh, 2011).

En los últimos años se ha incrementado la creencia de que una reducción en la duración del calentamiento, (ej. 12 a 16 min) (Pringle et al., 2013) junto con el empleo de juegos reducidos de fútbol o cargas máximas puede mejorar el rendimiento agudo en capacidades clave para el rendimiento en deportes colectivos (Zois et al., 2011). Sin embargo, en algunas ocasiones la creencia ha sido fomentada desde diseños que no contemplan la especificidad de este tipo de deportes (Hammami et al., n.d.), puesto que se reducían a emplear trabajos aeróbicos de carácter general seguidos de ejercicios contra-resistencia del tipo sentadilla, media sentadilla y prensa de piernas (Chatzopoulos et al., 2007; Kilduff et al., 2008; Needham, Morse, & Degens, 2009; Zois et al., 2011). Aunque algunos de estos trabajos han observado interesantes beneficios en la capacidad de repetir sprints (RSA) como capacidad clave del rendimiento en estas disciplinas (Glaister, 2005; Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005), los resultados pueden carecer de transferencia para el ámbito práctico. Estos estudios no contemplan la introducción de tareas como juegos reducidos, que podrían tener un efecto ergo génico modulando de forma superlativa la activación neuromuscular (Gabbett, 2008).

En un estudio realizado con futbolistas (Zois et al., 2011) se investigó el efecto de un ejercicio de prensa de pierna realizado con carga máxima durante 15 s (PAP-5RM), una activación desarrollada

Universidad Pontificia de Salamanca

con juegos reducidos (JR: 3 vs 3, 20x12 m, 3series de 2 min de trabajo y 2 min de recuperación) y un calentamiento de competición (COMP: 23 min) sobre la capacidad de salto, agilidad y RSA de futbolistas. Los resultados mostraron que, respecto a una situación basal (sin calentamiento), sólo JR y PAP-5RM mejoraron la capacidad de salto vertical y la agilidad. Respecto al RSA la mejor respuesta se obtuvo con PAP-5RM, ya que esta activación consiguió que el 97% y el 67% de los sprints fueran realizados un 3% y 4% más rápidos que con las estrategia COMP y JR, respectivamente. Una limitación de este trabajo fue aplicar una duración COMP mayor de la que dicta la literatura (Bishop, 2003), así como incluir estiramientos estáticos contradiciendo previas recomendaciones (Young & Behm, 2002).

5. CALENTAMIENTO Y PREVENCIÓN DE LESIONES

Las lesiones deportivas son una realidad consustancial a la propia práctica, tanto en el ámbito aficionado como en el de alta dedicación (Woods et al., 2007). En concreto las lesiones del sistema muscular tienen una alta prevalencia con respecto al total de la lesiones deportivas ocurridas con la práctica (Liu, Garrett, Moorman, & Yu, 2012). Por esta razón es necesario aplicar estrategias de prevención, con las que poder minimizar el riesgo de que aparezcan (Aaltonen, Karjalainen, Heinonen, Parkkari, & Kujala, 2007). Sin embargo no existe acuerdo completo en la literatura respecto a qué medidas pueden reducir el riesgo de lesión (Owen et al., 2013). Entre las estrategias más empleadas el calentamiento parece ser la más popular y considerada entre entrenadores como protectora de este tipo de episodios (Ayala et al., 2017)

La mayoría de técnicos deportivos admiten que sus deportistas deberían realizar actividades de calentamiento y protocolos de estiramiento con el fin de estar preparados para una actividad principal con la máxima seguridad (Bishop, 2003). Sin embargo no existen evidencias sólidas en la literatura que muestren la relación entre calentamiento y prevención de lesiones, y mucho menos entre estiramiento y la reducción de daños musculares (Woods et al., 2007). Respecto a esta última idea, a pesar de que los deportistas tienen la creencia de que estirar es una mecanismo de prevención, no ha sido

Universidad Pontificia de Salamanca

posible establecer una vinculación consistente entre ambas variables (Weldon & Hill, 2003). Existen estudios que no han observado efectos sobre la prevención de lesiones a partir de la inclusión de ejercicios de estiramientos (Pope, Herbert, Kirwan, & Graham, 2000), mientras que otros han indicado un posible efecto positivo entre ambas variables (Witvrouw, Mahieu, Danneels, & Mcnair, 2004).

El efecto preventivo del calentamiento debemos situarlo en la mejora de las capacidades de rendimiento que provoca (Ayala et al., 2017; Longo et al., 2012). Para conseguirlo existen protocolos de calentamiento estandarizados como el *FIFA 11+* (Bizzini, Junge, & Dvorak, 2013) y el *Harmoknee* (Kiani, 2010). Estas propuestas incluyen ejercicios diversos: técnica de carrera específica, movilidad con alto componente balístico, equilibrio y control postural, agilidad, técnica de recepción de salto, sprint, pliometría y cambio de dirección (Daneshjoo, Mokhtar, Rahnama, & Yusof, 2013). *FIFA 11+* se ha mostrado como un programa efectivo para prevenir lesiones en futbolistas amateur (van Beijsterveldt et al., 2012), en jugadores jóvenes (Owoeye, Akinbo, Tella, & Olawale, 2014; Torbjørn Soligard et al., 2010), en fútbol femenino (Soligard et al., 2008) e incluso en practicantes de baloncesto (Longo et al., 2012). La reducción en la incidencia de lesiones se debe a la aplicación de multicontenidos (Owen et al., 2013), que permiten la mejora del control neuromuscular en las extremidades inferiores (Daneshjoo, Mokhtar, Rahnama, & Yusof, 2012).

A pesar de la significativa relación de estos programas con la reducción de lesiones, esta condición es necesaria pero no suficiente para abordar la preparación del deportista. La virtud del calentamiento no reside en un carácter exclusivamente preventivo, sino en conciliar esta cualidad con la posibilidad de incrementar el rendimiento (Ayala et al., 2017). Para ello todo programa debe producir cambios en variables fundamentales para la práctica deportiva (Dellal, Chamari, & Owen, 2013). El estudio de Bizzini et al. (2013) demostró que practicantes de deportes de equipo sometidos al protocolo *FIFA 11+* mejoraban respecto a un calentamiento que incluía sólo ejercicios dinámicos el tiempo en test 20 m sprint, la altura en salto vertical y la agilidad, en comparación. Sin embargo en otro trabajo

Universidad Pontificia de Salamanca

reciente realizado con 22 futbolistas amateurs se estudió el resultado sobre el rendimiento de un calentamiento con ejercicios dinámicos, con *FIFA 11+* y aplicando *Harmoknee* obteniéndose resultados diferentes a los anteriores (Ayala et al., 2017). Los autores observaron que no existían diferencias sobre el rango de movimiento, el control postural, el ratio de fuerza H/Q, la altura de salto y la fuerza reactiva al comparar los diferentes tipos de calentamiento. Sin embargo, sí existió una mayor mejora del tiempo de sprint con los ejercicios dinámicos respeto al *FIFA 11+* y el *Harmoknee*.

A la luz de los resultados observados en la literatura, entrenadores y preparadores físicos deberían construir estrategias de calentamiento sin perder la orientación hacia la prevención, pero asegurando también el incremento significativo del rendimiento en variables determinantes del éxito en competición en deportes de equipo. Esto no sólo incluye los aspectos físicos y fisiológicos, sino también otros relacionados con la predisposición al esfuerzo, la atención o el dominio de la ansiedad pre-competición.

6. ¿ES NECESARIO HACER UN RECALENTAMIENTO?

En la actualidad también está cobrando importancia la realización de actividades de puesta a punto durante el tiempo de pausa entre la primera y segunda parte, que reciben el nombre de re-calentamiento (*rewarm-up*) (McGowan et al., 2015). Parece que el 58% de los preparadores físicos de equipos de *Premier League* reconocen el valor esta práctica para incrementar la temperatura corporal durante *Half-time* (Towlson et al., 2013). Sin embargo, con independencia del valor del re-calentamiento, existen dificultades metodológicas para llevarlo a cabo (Towlson et al., 2013). La principal complicación reside en encontrar una ubicación adecuada dentro del protocolo establecido para el descanso, ya que el tiempo de *Half-time* es usado para llegar a vestuarios, tratamiento de lesiones, repaso de aspectos técnico-tácticos por parte del entrenador, reposición hídrica y nutricional (Russell, West, Harper, Cook, & Kilduff, 2015). Dentro de esta rutina los preparadores físicos admiten que podrían disponer de unos 3 min para le realización de estos ejercicios (Towlson et al., 2013). Este tiempo se establece muy lejano respecto a los 5-7 min

Universidad Pontificia de Salamanca

que han sido establecidos como necesarios para conseguir el efecto deseado (Mohr et al., 2004). Además algunos técnicos parecen restar importancia a esta práctica y subrayan que los posibles beneficios fisiológicos no compensan frente a la evidente modificación de las rutinas del jugador y la más que probable interferencia de su preparación psicológica (Towlson et al., 2013).

No incluir ejercicios de re-activación durante el *half-time* o dicho de otro modo, mantener la inactividad durante 15 min, provoca en el jugador un descenso de 1,5-2ºC en su temperatura corporal (Mohr et al., 2004). Esto se considera como una desadaptación al esfuerzo, que se manifiesta en una reducción de la distancia recorrida a alta intensidad, una disminución de la velocidad pico y una mayor incidencia lesional durante los primeros 15 min de juego (Edholm, Krustrup, & Randers, 2014). Mohr et al. (2004) analizaron el efecto del re-calentamiento (7 min) en un grupo de futbolistas, encontrando que existía una significativa correlación entre el descenso de la temperatura corporal y la pérdida de rendimiento en una prueba de sprint realizada antes del segundo tiempo. Según los autores, es necesario idear estrategias que permitan mantener al mínimo los descensos en la temperatura corporal provocados por la inactividad a fin de evitar declives en la capacidad de repetir sprints. La eficacia de diferentes estrategias sobre la termorregulación fue estudiada en otro trabajo que simuló una competición a través de la aplicación de dos cargas de resistencia intermitente (39 min) que incorporaban la realización de diferentes tipos de desplazamiento, separadas por 15 minutos de pausa a modo de *half-time* (Lovell et al., 2007). Durante este período los jugadores realizaron recuperación pasiva, re-calentamiento pasivo, re-calentamiento activo no específico y re-calentamiento activo específico en 4 tomas de datos diferentes. Los resultados mostraron que la intervención activa se relacionaba con una menor pérdida de rendimiento, mientras que con la recuperación pasiva se observan deterioros más significativos de la capacidad de resistencia intermitente.

Universidad Pontificia de Salamanca

7. CONCLUSIONES

Un protocolo de calentamiento debe ser aplicado con el objetivo de mejorar el rendimiento y a la vez que se incrementa la seguridad en la realización con la actividad deportiva. Lo ideal sería conseguirlo a través de una rutina de preparación establecida en torno a 15 minutos. Esta propuesta debería generar una relación óptima entre fatiga y potenciación, primero por medio de las actividades dirigidas al incremento de la temperatura corporal (parte general) y posteriormente con propuestas ligadas a la activación neural (parte específica). Durante la parte general se trataría de desarrollar todos los efectos derivados del incremento de la temperatura, sin erosionar los depósitos energéticos; mientras que en la parte específicas se incluirían cargas de gran implicación neuromuscular, para activar las estructuras directamente vinculadas con el rendimiento en deportes de equipo. Todas estas tareas deben conjugarse sin perder la orientación técnico-táctica que permite dotar a esta estrategia de elevada especificidad. En este sentido, el fomento del fenómeno PAP parece necesario para incrementar el rendimiento en atletas de disciplinas de equipo, pero es obligado hacer un esfuerzo para superar las dificultades materiales y metodológicas, a fin de dotarle de utilidad práctica.

8. REFERENCIAS

AALTONEN, S.; KARJALAINEN, H.; HEINONEN, A.; PARKKARI, J.; & KUJALA, U. M. Prevention of Sports Injuries. *Archives International Medicine*, 2007, 167(15), pp. 1585-1592.

ABAD, C.; PRADO, M. L.; UGRINOWITSCH, C.; TRICOLI, V.; & BARROSO, R. Combination of General and Specific Warm-Ups Improves Leg-Press One Repetition Maximum Compared With Specific Warm-Up in Trained Individuals. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2011, *25*(8), pp. 2242-2245.

ANDERSON, P.; LANDERS, G.; & WALLMAN, K. Effect of warm-up on intermittent sprint performance. *Research in Sports Medicine*, 2014, *22*(1), pp. 88-99.

AYALA, F.; CALDERÓN-LÓPEZ, A.; DELGADO-GOSÁLBEZ, J. C.; PARRA-SÁNCHEZ, S.; POMARES-NOGUERA, C.; HERNÁNDEZ-SÁN-

Universidad Pontificia de Salamanca

CHEZ, S. … DE STE CROIX, M. Acute Effects of Three Neuromuscular Warm-Up Strategies on Several Physical Performance Measures in Football Players. *Plos One*, 2017, *12*(1): e0169660.

BILLAUT, F.; & BISHOP, D. Muscle fatigue in males and females during multiple-sprint exercise. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 2009, *39*(4), pp. 257-278.

BISHOP, D. Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Medicine*, 2003, *33*(7), pp. 483-498.

BIZZINI, M.; JUNGE, A.; & DVORAK, J. Implementation of the FIFA 11 + football warm up program: How to approach and convince the Football associations to invest in prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 2013, 47, pp. 803-806.

CHATZOPOULOS, D. E.; MICHAILIDIS, C. J.; GIANNAKOS, A. K.; ALEXIOU, K. C.; PATIKAS, D. A.; ANTONOPOULOS, C. B.; & KOTZAMANIDIS, C. M. Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 2007, *21*(4), pp. 1278-1281.

CHIU, L. Z. F.; FRY, A. C.; WEISS, L. W.; SCHILLING, B. K.; BROWN, L. E.; & SMITH, S. L. Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 2003, *17*(4), pp. 671-677.

DANESHJOO, A.; MOKHTAR, A. H.; RAHNAMA, N.; & YUSOF, A. The Effects of Comprehensive Warm-Up Programs on Proprioception , Static and Dynamic Balance on Male Soccer Players, *PloS ONE*, 2012, *7*(12): e51568

DANESHJOO, A.; MOKHTAR, A. H.; RAHNAMA, N.; & YUSOF, A. Effects of the 11 + and Harmoknee Warm-Up Programs on Physical Performance Measures in Professional Soccer Players, *Journal of Sports Sciencie and Medicine*, 2013, 12, pp. 489-496.

DELLAL, A.; CHAMARI, K.; & OWEN, A. How and When to Use an Injury Prevention Intervention in Soccer. In G. N. Bisciotti & C. Eirale (Eds.), *Muscle Injuries in Sport Medicine,* 2013, pp. 241-273.

DOCHERTY, D.; & HODGSON, M. J. The application of postactivation potentiation to elite sport. *International Journal of Sport Physiology and Performance*, 2007, *2*, pp. 439-444.

Universidad Pontificia de Salamanca

EDHOLM, P.; KRUSTRUP, P.; & RANDERS, M. B. Half-time re-warm up increases performance capacity in male elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2014, 25(1), pp. e40-e49.

ESFORMES, J. I.; CAMERON, N.; & BAMPOURAS, T. M. Postactivation potentiation following different modes of exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(7), 2010, pp. 1911-1916.

GABBETT, T. J. Do Skill-Based Conditioning Games Offer a Specific Training Stimulus for Junior Elite Volleyball Players? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2008, 22(2), pp. 509-517.

GALAZOULAS, C.; TZIMOU, A.; KARAMOUSALIDIS, G.; & MOUGIOS, V. Gradual decline in performance and changes in biochemical parameters of basketball players while resting after warm-up. *European Journal of Applied Physiology*, 2012, 112(9), pp. 3327-3334.

GLAISTER, M. Multiple sprint work. *Sports Medicine*, 2005, 35(9), pp. 757-777.

GRAY, S. R.; SÖDERLUND, K.; & FERGUSON, R. A. ATP and phosphocreatine utilization in single human muscle fibres during the development of maximal power output at elevated muscle temperatures. *Journal of Sports Sciences*, 2005, 26(7), pp. 701-707.

GRAY, S. R.; SODERLUND, K.; WATSON, M.; & FERGUSON, R. A. Skeletal muscle ATP turnover and single fibre ATP and PCr content during intense exercise at different muscle temperatures in humans. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology*, 2011, 462(6), pp. 885-893.

GREGSON, W. A.; DRUST, B.; BATTERHAM, A.; & CABLE, N. T. The effects of pre-warming on the metabolic and thermoregulatory responses to prolonged submaximal exercise in moderate ambient temperatures. *European Journal of Applied Physiology*, 2002, 86(6), pp. 526-533.

HAMMAMI, A.; ZOIS, J.; SLIMANI, M.; RUSSEL, M.; & BOUHLEL, E. The efficacy, and characteristics, of warm-up and re-warm-up practices in soccer players: a systematic review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2016.

HODGSON, M.; DOCHERTY, D.; & ROBBINS, D. Post-activation potentiation: Underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine*, 2005, 35(7), pp. 585-595.

KIANI, A. Prevention of Soccer-Related Knee Injuries in Teenaged Girls. *Archives of Internal Medicine*, 2010, 170(1), p. 43-49.

KILDUFF, L. P.; FINN, C. V.; BAKER, J. S.; COOK, C. J.; & WEST, D. J. Preconditioning strategies to enhance physical performance on the day of

Universidad Pontificia de Salamanca

competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2013, 8, pp. 677-681.

KILDUFF, L. P.; OWEN, N.; BEVAN, H.; BENNETT, M.; KINGSLEY, M. I. C.; & CUNNINGHAM, D. Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *Journal of Sports Sciences*, 2008, 26(8), pp. 795-802.

KILDUFF, L. P.; WEST, D. J.; WILLIAMS, N.; & COOK, C. J. The influence of passive heat maintenance on lower body power output and repeated sprint performance in professional rugby league players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2013, 16(5), pp. 482-486.

LIU, H.; GARRETT, W. E.; MOORMAN, C. T.; & YU, B. Injury rate, mechanism, and risk factors of hamstring strain injuries in sports: A review of the literature. *Journal of Sport and Health Science*, 2012, 1(2), pp. 92-101.

LONGO, U. G.; LOPPINI, M.; BERTON, A.; MARINOZZI, A.; MAFFULLI, N.; & DENARO, V. The FIFA 11+ program is effective in preventing injuries in elite male basketball players: a cluster randomized controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine*, 2012, 40(5), pp. 996-1005.

LOVELL, R. J.; KIRKE, I.; SIEGLER, J.; MCNAUGHTON, L. R.; & GREIG, M. P. Soccer half-time strategy influences thermoregulation and endurance performance. *Journal Sports Medicine and Physical Fitness*, 2007, 48(3), pp. 279-284.

MCGOWAN, C. J.; PYNE, D. B.; THOMPSON, K. G.; & RATTRAY, B. Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. *Sports Medicine*, 2015, 45(11), pp. 1523-1546.

MOHR, M.; KRUSTRUP, P.; NYBO, L.; NIELSEN, J. J.; & BANGSBO, J. Muscle temperature and sprint performance during soccer matches – Beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2004, 14(3), pp. 156-162.

MORALES-ARTACHO, A. J.; LACOURPAILLE, L.; & GUILHEM, G. Effects of warm-up on hamstring muscles stiffness: Cycling vs foam rolling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2017.

NEEDHAM, R.; MORSE, C.; & DEGENS, H. The acute effect of different warm-up protocols on anaerobic performance in elite youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2009, 23(9), pp. 2614-2620.

OWEN, A. L.; WONG, P.; DELLAL, A.; PAUL, D. J.; ORHANT, E.; & COLLIE, S. Effect of an injury prevention program on muscle injuries in elite professional soccer. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2013, 27(12), pp. 3275-3285.

Universidad Pontificia de Salamanca

OWOEYE, O. A.; AKINBO, S. R.; TELLA, B. A.; & OLAWALE, O. A. Efficacy of the FIFA 11 + Warm-Up Programme in Male Youth Football: A Cluster Randomised Controlled Trial. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2014, 13, pp. 321-328.

POPE, R. P.; HERBERT, R. D.; KIRWAN, J. D.; & GRAHAM, B. J. A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2000, 32(2), pp. 271-277.

PRINGLE, F. A.; SEALEY, R. M.; SINCLAIR, W. H.; & BOWMAN, P. W. Effect of different rugby league warm ups on performance and perceptions of readiness to perform. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 2013, 21(Suppl. 1), pp. 57-60.

RACINAIS, S.; & OKSA, J. Temperature and neuromuscular function. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2010, 20(Suppl. 3), pp. 1-18.

RUSSELL, M.; WEST, D. J.; HARPER, L. D.; COOK, C. J.; & KILDUFF, L. P. Half-Time Strategies to Enhance Second-Half Performance in Team-Sports Players: A Review and Recommendations. *Sports Medicine*, 2015, 45(3), pp. 353-364.

SALE, D. Postactivation potentiation: role in performance. *British Journal of Sports Medicine*, 2004, 38(4), pp. 386-387.

SANCHEZ-SANCHEZ, J.; RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, A.; PETISCO, C.; RAMIREZ-CAMPILLO, R.; & NAKAMURA, F. Y. (n.d.). Effects of different post-activation potentiation warm-ups on repeated sprint ability in soccer players from different competitive levels. *Journal of Human Kinetics*.

SCOTT, S. L.; & DOCHERTY, D. Acute effects of heavy preloading on vertical and horizontal jump performance. *Journal of Strength & Conditioning Research, 2004,* 18(2), pp. 201-205.

SEITZ, L. B.; & HAFF, G. G. Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 2016, 46(2), pp. 231-240.

SOLIGARD, T.; MYKLEBUST, G.; STEFFEN, K.; HOLME, I.; SILVERS, H.; BIZZINI, M.; … ANDERSEN, T. E. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *British Medical Journal*, 2008, 338, pp. 95-99.

SOLIGARD, T.; NILSTAD, A.; STEFFEN, K.; MYKLEBUST, G.; HOLME, I.; DVORAK, J.; … ANDERSEN, T. E. Compliance with a comprehensive

Universidad Pontificia de Salamanca

warm-up programme to prevent injuries in youth football. *British Journal of Sports Medicine*, 2010, 44(11), pp. 787-793.

SPENCER, M.; BISHOP, D.; DAWSON, B.; & GOODMAN, C. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities:specific to field-based team sports. *Sports Medicine*, 2005, 35(12), pp. 1025-1044.

SU, H.; CHANG, N. J.; WU, W. L.; GUO, L. Y.; & CHU, I. H. Acute effects of foam rolling, static stretching, and dynamic stretching during warm-ups on muscular flexibility and strength in young adults. *Journal of Sport Rehabilitation*, 2016, pp. 1-24.

TAYLOR, J. M.; WESTON, M.; & PORTAS, M. D. The effect of a short practical warm-up protocol on repeated sprint performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2013, 27(7), pp. 2034-2038.

TILLIN, N. A.; & BISHOP, D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 2009, 39(2), pp. 147-166.

TOMARAS, E. K.; & MACINTOSH, B. R. Less is more: standard warm-up causes fatigue and less warm-up permits greater cycling power output. *Journal of Applied Physiology,* 2011, 111(1), pp. 228-235.

TOWLSON, C.; MIDGLEY, A. W.; & LOVELL, R. Warm-up strategies of professional soccer players: practitioners' perspectives. *Journal of Sports Sciences*, 2013, 31(13), pp. 1393-1401.

VAN BEIJSTERVELDT, A. M. C.; VAN DE PORT, I. G. L.; KRIST, M. R.; SCHMIKLI, S. L.; STUBBE, J. H.; FREDERIKS, J. E.; & BACKX, F. J. G. Effectiveness of an injury prevention programme for adult male amateur soccer players: a cluster-randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 2012, 46(16), pp. 1114-1118.

WELDON, S.; & HILL, R. The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: a systematic review of the literature. *Manual Therapy*, 2003, 8(3), pp. 141-150.

WILSON, J. M.; DUNCAN, N. M.; MARIN, P. J.; BROWN, L. E.; LOENNEKE, J. P.; WILSON, S.; … UGRINOWITSCH, C. Meta-Analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2013, 27(3), pp. 854-859.

WITVROUW, E.; MAHIEU, N.; DANNEELS, L.; & MCNAIR, P. Stretching and injury prevencion. An obscure relationship. *Sport Medicine*, 2004, 34(7), pp. 443-449.

WOODS, K.; BISHOP, P.; & JONES, E. Warm-Up and Stretching in the Prevention of Muscular Injury, *Sports Medicine*, 2007, 37(12), pp. 1089-1099.

Universidad Pontificia de Salamanca

YOUNG, W. B.; & BEHM, D. G. Should static stretching be used during a warm-up for strength and power activites? *National Strength and Conditioning Association*, 2002, 24(6), pp. 33-37.

ZOIS, J.; BISHOP, D.; & AUGHEY, R. High-intensity warm-ups: effects during subsequent intermittent exercise. *International Journal of Sport Physiology and Performance*, 2015, 10(4), pp. 498-503.

ZOIS, J.; BISHOP, D. J.; BALL, K.; & AUGHEY, R. J. High-intensity warm-ups elicit superior performance to a current soccer warm-up routine. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2011, 14(6), pp. 522-528.

Universidad Pontificia de Salamanca