

Efecto de un calentamiento con estiramientos estáticos y dinámicos sobre el salto horizontal y la capacidad para repetir esprint con cambio de dirección

Effect of warm-up with static and dynamic stretching on the horizontal jump and repeated sprint ability with changes of direction

Javier Sánchez-Sánchez¹, Alejandro Rodríguez-Fernández², J. Gerardo Villa-Vicente³, Cristina Petisco-Rodríguez⁴, Rodrigo Ramírez-Campillo⁵, Oliver Gonzalo-Skok⁶

1.Universidad Pontificia de Salamanca. España

2.Universidad Isabel I. España

3.Universidad de León. España

4.Universidad Pontificia de Salamanca. España

5.Universidad de Los Lagos. Chile

6.Universidad San Jorge. España

Resumen

El objetivo de este trabajo ha sido comparar el efecto de tres calentamientos diferentes (calentamiento aeróbico de baja intensidad, estiramiento estático y estiramiento dinámico) sobre el salto horizontal y la capacidad de repetir esprint con cambios de dirección. Diecisiete practicantes de deportes de equipo de 20.8 ± 1.1 años realizaron 3 tipos de calentamiento (10 min): ejercicio aeróbico sin estiramiento (CAE), con estiramiento estático (CAES) y con estiramiento dinámico (CAED). Se estudió el efecto agudo de cada calentamiento sobre el rendimiento en una prueba de salto horizontal (SH) y un test de repetición de esprint con cambio de dirección (RSCOD). No se obtuvieron diferencias significativas ($p > 0.05$) en ninguna de las variables en función del calentamiento realizado. El tamaño del efecto (TE) indicó que probablemente el RSCOD mejor sea más sensible al CAE que al CAES (TE: 0.52) y al CAED (TE: 0.44). El escaso efecto de los estiramientos estáticos sobre el rendimiento en SH y RSCOD puede ser debido a la dosis, la intensidad y el tiempo de recuperación empleado. Los estiramientos dinámicos no mejoraron el rendimiento en SH y RSCOD.

Palabras clave: deporte de equipo; fatiga; postactivación potenciación; rendimiento; calentamiento.

Abstract

The purpose of this study was to compare the effect of three different warm-ups (low intensity aerobic warm-up, static stretching and dynamic stretching) on the horizontal jump and repeated sprint ability with changes of direction. Seventeen players of team sports whose age was 20.8 ± 1.1 years old performed three types of warm up (10 minutes): aerobic exercise without stretching (WU), with static stretching (WUSS) and with dynamic stretching (WUDS). The acute effect of each warming over performance was studied in a test of horizontal jump (HJ) and repeat sprint test with change of direction (RSCD). No significant differences were obtained ($p > 0.05$) in any of the variables studied according to the warming developed. The effect size (ES) indicated that probably RSCDbest was more sensitive to WU than WUDS (ES: 0.52) and WUDS (ES: 0.44). The limited effect of static stretching on SH and RSCOD may be due to the dose, intensity and recovery time. The dynamic stretching did not improve performance in HJ and RSCD.

Key words: team sport; fatigue; postactivation potentiation; performance; warm-up.

Correspondencia/correspondence: Javier Sánchez Sánchez
Universidad Pontificia de Salamanca. España
Email: jsanchezsa@upsa.es

Introducción

La inclusión de ejercicios previos al entrenamiento o competición, a modo de preparación, es una práctica ampliamente aceptada por entrenadores y deportistas (Bishop, 2003). Los estiramientos estáticos han sido incluidos en estas rutinas (Sim, Dawson, Guelfi, Wallman, y Young, 2009), debido a que son considerados clave para la prevención de lesiones y la mejora aguda del rendimiento físico (Winchester, Nelson, Landin, Young, y Schexnayder, 2008; Witvrouw, Mahieu, Danneels, y McNair, 2004). Aunque en 1998 el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) recomendó la utilización de estiramientos como parte del calentamiento, en 2011 indicó la necesidad de realizar estudios que justificasen el empleo de estos ejercicios como estrategias de preparación para el rendimiento deportivo (Garber y col., 2011). A partir de entonces las publicaciones elaboradas han empezado a poner en duda la eficacia del estiramiento como parte del calentamiento (McHugh y Cosgrave, 2010), debido a que podría provocar modificaciones incompatibles con las acciones musculares de alta intensidad (Woods, Bishop, y Jones, 2007).

La aplicación de estiramientos estáticos durante el calentamiento puede limitar el rendimiento en acciones de salto vertical (Behm y Kibele, 2007; Carvalho y col., 2012; Pearce, Kidgell, Zois, y Carlson, 2009; Young y Elliott, 2001), aceleración (Fletcher y Jones, 2004; Little y Williams, 2006), velocidad (Fletcher y Jones, 2004; Wallmann, Christensen, Perry, y Hoover, 2012; Winchester y col., 2008), y diferentes manifestaciones de fuerza (Behm y Chaouachi, 2011; Nelson, Allen, Cornwell, y Kokkonen, 2001). Este tipo de estiramiento puede perjudicar la realización de actividades deportivas en las que esté involucrado el ciclo estiramiento-acortamiento (CEA) (Woods y col., 2007), debido a que reducen la viscoelasticidad en la estructura músculo-tendón (Shrier, 2004), provocan un descenso de la rigidez muscular (Young y Behm, 2003) y también una disminución de la activación refleja (Church, Wiggins, Moode, y Crist, 2001). No obstante, diferentes estudios no han observado relaciones negativas entre el estiramiento estático y el rendimiento (Little y Williams, 2006; Yamaguchi y Ishii, 2005). Para valorar correctamente los efectos, es necesario tener en cuenta el volumen y la intensidad del ejercicio, el estado de entrenamiento de los sujetos, y su relación con otro tipo de contenidos durante la fase de calentamiento (Chaouachi y col., 2010).

Frente a los estiramientos estáticos, los estiramientos dinámicos han centrado el interés reciente de los investigadores por el supuesto efecto positivo sobre el rendimiento (Brandenburg, Pitney, Luebbers, Veera, y Czajka, 2007; Carvalho y col., 2012; Chaouachi y col., 2010; Unick, Kieffer, Cheesman, y Feeney, 2005), que permite optimizar acciones de fuerza (Yamaguchi, Ishii, Yamanaka, y Yasuda, 2007), potencia (McMillian, Moore, Hatler, y Taylor, 2006), agilidad (Little y Williams, 2006; McMillian y col., 2006), esprint (Fletcher y Anness, 2007; Fletcher y Jones, 2004) y salto (Faigenbaum, Bellucci, Bernieri, Bakker, y Hoorens, 2005; Woolstenhulme, Griffiths, Woolstenhulme, y Parcell, 2006). Esta favorable relación podría explicarse por el efecto postactivación potenciación (PAP) que se genera (Andrade y col., 2015). Sin embargo, otros no han observado una mejora del salto vertical (Unick y col., 2005), e incluso han señalado una disminución del rendimiento (Bradley, Olsen, y Portas, 2007) tras la realización de acciones de estiramiento dinámico.

La mayoría de los estudios han analizado modificaciones en el rendimiento empleando test de esprint o salto (Behm y Chaouachi, 2011), sin embargo los deportes de equipo solicitan lo que se conoce como *repeat sprint ability* (RSA), es decir, la capacidad para repetir esfuerzos máximos o submáximos intercalados con periodos breves de recuperación (Spencer, Bishop,

Dawson, y Goodman, 2005). Aunque el RSA es considerado el principal determinante del rendimiento en estos deportes (Iaia, Rampinini, y Bangsbo, 2009), los efectos de un calentamiento con diferentes tipos de estiramiento sobre esta capacidad específica han sido escasamente analizados (Beckett, Schneiker, Wallman, Dawson, y Guelfi, 2009; Sim y col., 2009). Estudios previos han observado un efecto negativo de los estiramientos estáticos incluidos en el calentamiento sobre el RSA 6 x 20 metros (Sim y col., 2009). Por otra parte, esta capacidad puede implicar continuos cambios de dirección (RSCOD) (Brughelli, Cronin, Levin, y Chaouachi, 2008; Carling, Le Gall, y Dupont, 2012; Karcher y Buchheit, 2014; Reilly, 2005) por lo que también debe ser objeto de estudio.

El objetivo del presente trabajo fue comparar el efecto de tres calentamientos diferentes (calentamiento aeróbico de baja intensidad, estiramiento estático y estiramiento dinámico) sobre el salto horizontal y la capacidad de repetir esprint con cambios de dirección. La hipótesis de partida fue que el rendimiento en SH y RSCOD no mejorará con el calentamiento que emplea estiramientos estáticos, en comparación con la intervención control (el calentamiento que emplea ejercicios aeróbicos ligeros). Sin embargo, el empleo de estiramientos dinámicos durante el calentamiento mejorará el rendimiento respecto a la situación control.

Método

Participantes

Diecisiete practicantes (media \pm DE, edad: 20.8 \pm 1.1 años; masa corporal: 67.9 \pm 7.9 Kg; altura: 174.6 \pm 5.8 cm) de deportes colectivos (baloncesto: mujeres n=3, y hombres n=2; balonmano: hombres n=2; fútbol-sala: mujeres n=3, y hombres n=3 y fútbol: mujeres n=1 y hombres n=3) participaron voluntariamente en el estudio. Todos los sujetos realizaban dos sesiones semanales de entrenamiento con sus respectivos equipos (3.2 \pm 1.4 horas/semana) y participaban en competiciones de ámbito regional. Como criterio de inclusión se consideró no haber tenido ninguna lesión en los seis meses anteriores al desarrollo del estudio. Antes de comenzar con las evaluaciones los jugadores firmaron un consentimiento informado donde se les explicó de forma breve pero detallada los objetivos, beneficios y riesgos de su participación en este estudio. El trabajo fue diseñado respetando las normas de la Declaración de Helsinki y aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Pontificia de Salamanca.

Instrumento

Test de salto horizontal (SH): dos min después del calentamiento asignado, los jugadores realizaron un salto horizontal máximo con contramovimiento, intentando alcanzar la mayor distancia posible (Rosch y col., 2000). Para considerar válido el salto el jugador debía caer sobre sus dos pies tras la fase de vuelo sin ninguna ayuda adicional, sin apoyo de manos en el suelo y guardando la posición de equilibrio durante dos segundos. Los jugadores realizaron tres saltos con una recuperación de 30 s entre cada uno. El resultado se midió en m y correspondió al salto con mayor distancia alcanzada.

Test de repetición de esprint con cambio de dirección (RSCOD): después de tres min de recuperación desde el último SH, los jugadores realizaron un test RSCOD consistente en la ejecución de 6 x 30 m (15 + 15 m) con cambios de dirección de 180° y 20 s de recuperación pasiva entre cada esfuerzo (Buchheit y col., 2008). En los últimos seis s de recuperación los jugadores fueron avisados para colocarse junto a la primera fotocélula (Witty, Microgate®, Italy). Los jugadores se situaron detrás de una línea marcada a 0.5 m de la fotocélula para evitar fallos de activación (Chaouachi, Manzi, y col., 2010). Cuando faltaban tres s para el final de la recuperación una cuenta atrás reflejada en un panel luminoso les informó del

comienzo del siguiente esprint. El rendimiento fue determinado mediante el registro del mejor esprint ($RSCOD_{mejor}$), el tiempo medio ($RSCOD_{media}$) y el decrecimiento ($Sdec$) según la fórmula $[(RSCOD_{total}/RSCOD_{mejor} \times n^{\circ} \text{ esprints}) \times 100] - 100$ (Spencer y col., 2005).

Procedimiento

Los tres tipos de calentamiento diseñados se aplicaron de forma aleatoria durante tres sesiones diferentes separadas por 48 h (lunes, miércoles y viernes). Realizando posterior e individualmente el test de salto horizontal y el test RSCOD, empleando 12 min para la realización de las dos pruebas. Cada calentamiento duró 10 min y se realizó de forma individual por cada deportista, bajo la supervisión de un técnico especialista. Tras el calentamiento se dejó a los jugadores dos min de recuperación pasiva, antes de realizar el test SH y tres min tras la finalización de este para realizar el RSCOD. Para evitar el efecto de los ritmos circadianos sobre el rendimiento, los protocolos fueron realizados a la misma hora del día, con una temperatura de 17-21°C. Todos los test se llevaron a cabo en una pista polideportiva cubierta (32 x 20 m) de pavimento sintético. Los sujetos no ingirieron bebidas alcohólicas, ni cafeína, ni realizaron actividad física intensa las 24 h previas a cada evaluación. Tampoco se permitió la ingesta de alimentos dos h antes de la realización de los test. Durante las dos semanas anteriores a la toma de datos, los participantes fueron familiarizados con los diferentes calentamientos y test de evaluación.

Los participantes realizaron cinco min de carrera aeróbica ligera (común a las tres intervenciones) y cinco min de activación con ejercicios aeróbicos sin estiramientos (CAE), estiramientos estáticos activos (CAES) ó estiramientos dinámicos (CAED). La intensidad (velocidad) de la carrera aeróbica ligera se estableció durante las sesiones de familiarización, de acuerdo a recomendaciones previas (Faigenbaum y col., 2005). CAES y CAED fueron aplicados según lo descrito por estudios previos (Faigenbaum y col., 2005). Se buscó que la implicación de grupos musculares en ambas propuestas siguiera un orden similar. CAE fue considerada la situación control y consistió en la realización de cinco min de carrera aeróbica ligera junto a cinco min de carreras de ida y vuelta sobre 20 m en las que se realizaban desplazamientos laterales, de espaldas, zig-zag y curvas (Little y Williams, 2006). CAES implicó el ejercicio de cinco min de carrera aeróbica ligera y posteriormente cinco min realizando seis estiramientos estáticos activos dirigidos a los principales grupos musculares de la extremidad inferior (Faigenbaum y col., 2005) (Tabla 1). Durante las sesiones de familiarización se instruyó a los jugadores sobre la técnica de estiramiento. Los ejercicios de estiramiento estático activo se aplicaron buscando la intensidad correspondiente al punto de disconfort (PD). Este punto de tensión se buscó de forma lenta y se mantuvo 15 s. Posteriormente se aplicaron 5 s de pausa, antes de buscar otra posición de estiramiento (nuevo PD) y mantenerla 15 s. El procedimiento se repitió en cada ejercicio, de manera que se aplicó una dosis total de 30 s (15+15 s) de estiramiento estático activo por grupo muscular implicado. CAED realizó cinco min de carrera aeróbica ligera, seguidos de estiramientos dinámicos ejecutados a intensidad progresiva creciente durante cinco min (Faigenbaum y col., 2005) (Tabla 2). Los participantes realizaron las tareas junto a un técnico supervisor encargado de proponer una dinámica ordenada de ejercicios que se repitió en todos los jugadores.

Tabla 1. Ejercicios de estiramiento estático activo.

1.	Adductores de cadera: desde sentado en el suelo, manteniendo la columna vertebral en vertical, las plantas de los pies se juntan, se flexionan las rodillas y se realiza abducción activa de cadera.
2.	Flexor de la rodilla: desde sentado en el suelo, una pierna se mantiene recta y apoyada, mientras la otra se coloca flexionada llevando la planta del pie hacia la otra rodilla, a la vez que se inclina el tronco hacia adelante con flexión activa de cadera.
3.	Abductores de cadera: desde la posición de cúbito supino, una pierna se mantiene estirada sobre el suelo y la otra se cruza por encima realizando movimiento de adducción activa de cadera.
4.	Extensor de la cadera: desde posición erguida, el talón de un pie se adelanta ligeramente añadiendo una flexión de tobillo, junto a una flexión de tronco y cadera manteniendo la extensión de la rodilla para estirar la parte posterior del muslo.
5.	Extensores de rodilla: en la posición de pie con la columna vertebral erguida, flexionar una rodilla llevando el talón al glúteo, mientras se mantiene la posición con la ayuda de una mano.
6.	Extensores del tobillo: En posición de pie con los pies escalonados respecto a una pared y apoyo de las manos sobre esta, se realiza flexión activa en la rodilla de la pierna adelantada para provocar tensión en el gemelo de la otra pierna.

Tabla 2. Ejercicios de estiramiento dinámico.

1.	Movimiento de rodillas al pecho y movimiento de brazos alternos.
2.	Flexión de cadera con rodilla extendida a tocar el brazo contrario.
3.	Apoyo de pies y manos en el suelo, buscando diferentes amplitudes en cada uno de los contactos.
4.	Desplazamiento en grandes zancadas, alternando la pierna de apoyo y batida para buscar flexión de rodilla y de cadera en la pierna adelantada y flexión de rodilla y extensión de cadera en la retrasada.
5.	Lanzamientos por medio de la extensión de la cadera.
6.	Saltos horizontales a dos piernas.
7.	Realización de zancadas laterales.
8.	Apoyos cortos y rápidos que soliciten de forma enérgica la musculatura del tobillo.
9.	Frecuencia de movimiento buscando flexión de rodillas y talones al glúteo.
10.	Frecuencia de movimiento buscando elevación de rodillas y flexión de cadera

Análisis estadístico

Los datos son presentados como media \pm desviación estándar (DE) y fueron analizados utilizando el paquete estadístico para las ciencias sociales SPSS 15.0 (SPSS Inc., USA). El estudio de las variables mostró una distribución normal de acuerdo a la prueba de Shapiro-Wilk. Para analizar la diferencia entre variables en función del tipo de calentamiento empleado se utilizó la prueba ANOVA de medidas repetidas, con el ajuste de Bonferroni. Se consideraron diferencias significativas cuando $p < 0.05$. Se calculó el tamaño del efecto (TE, 90% intervalo de confianza) en las variables seleccionadas, utilizando la DE ponderada de los 2 momentos comparados. Los valores cuantitativos para el tamaño del efecto de Cohen fueron < 0.2 (pequeño), 0.6 (moderado), y > 1.2 (grande) (Hopkins, Marshall, Batterham y Hanin, 2009). Para las comparaciones inter-calentamiento, se calcularon las probabilidades de que las diferencias en el rendimiento fueran mejores/mayores (es decir, mayor que el mínimo cambio apreciable [0.2 multiplicado por la DE entre sujetos, basado en el principio de la d de Cohen]), similares, o peores/menores. Las probabilidades cuantitativas de un efecto beneficioso/mejor o perjudicial/peor se evaluaron cualitativamente de la siguiente manera: $< 1\%$, prácticamente imposible; 1% a 5%, muy poco probable; 5% a 25%, poco probable; 25% a 75%, posible; 75% a 95%, probable; 95% a 99%, muy probable; y $> 99\%$, casi seguro (Hopkins y col., 2009). Si la probabilidad de tener un rendimiento beneficioso/mejor y perjudicial/peor fue para ambos $> 5\%$, el resultado se consideraba como no claro. De lo contrario, ese cambio se interpretó como la diferencia observada (Hopkins y col., 2009).

Resultados

En la Tabla 3 se observan los resultados del test SH y RSCOD para cada tipo de calentamiento realizado. No se han obtenido diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas en función del tipo de intervención (sin estiramiento, con estiramientos estáticos y con estiramientos dinámicos).

Tabla 3. Resultados del test RSCOD y test SH según el calentamiento realizado.

	CAE	CAES	CAED
SH (cm)	192.9 ± 31.1	189.3 ± 32.9	196.7 ± 32.3
RSCOD _{mejor} (s)	6.17 ± 0.30	6.34 ± 0.40	6.32 ± 0.46
RSCOD _{media} (s)	6.52 ± 0.36	6.63 ± 0.49	6.58 ± 0.49
<i>Sdec</i> (%)	5.77 ± 2.66	4.57 ± 2.62	4.19 ± 2.22

Nota: CAE = Calentamiento con ejercicio aeróbico; CAES = Calentamiento con ejercicio aeróbico más estiramientos estáticos activos; CAED = calentamiento con ejercicio aeróbico más estiramientos dinámicos; SH = salto horizontal; RSCOD = esprints repetidos con cambio de dirección; *Sdec* = decrecimiento.

La comparación inter-calentamiento (Tabla 4) indica que es SH posiblemente responda peor al CAES que al CAED. Respecto al rendimiento en el RSCOD, el TE revela que probablemente CAES y CAED tengan un menor efecto sobre el RSCOD_{mejor}. Además es muy probable que para *Sdec* CAED tenga mejor efecto que CAE.

Tabla 4. Diferencias en las variables del test RSCOD y test SH en función del calentamiento.

CAE + CAES			
	TE (90% CL)	Cambios	Resultado
SH	0.12 (-0.02; 0.26)	17/83/0%	Probablemente trivial
RSCOD _{mejor}	0.52 (0.18; 0.86)	94/6/0%	Probable
RSCOD _{media}	0.27 (0.06; 0.48)	72/28/0%	Posible
<i>Sdec</i>	-0.51 (-0.84; -0.17)	0/6/94%	Probable
CAE + CAED			
	TE (90% CL)	Cambios	Resultado
SH	0.11 (0.05; 0.17)	1/99/0%	Muy probablemente trivial
RSCOD _{mejor}	0.44 (0.11; 0.76)	89/11/0%	Probable
RSCOD _{media}	0.12 (-0.16; 0.40)	32/65/3%	Posiblemente trivial
<i>Sdec</i>	-0.65 (-1.06; -0.24)	0/4/96%	Muy probable
CAES + CAED			
	TE (90% CL)	Cambios	Resultado
SH	-0.22 (-0.32; -0.12)	0/37/63%	Posible
RSCOD _{mejor}	-0.06 (-0.27; 0.14)	2/85/13%	Probablemente trivial
RSCOD _{media}	-0.11 (-0.31; 0.09)	1/77/23%	Probablemente trivial
<i>Sdec</i>	-0.12 (-0.40; 0.16)	3/66/31%	Posiblemente trivial

Nota: CAE = Calentamiento con ejercicio aeróbico; CAES = Calentamiento con ejercicio aeróbico más estiramientos estáticos activos; CAED = calentamiento con ejercicio aeróbico más estiramientos dinámicos; TE = tamaño del efecto; CL = límite de confianza; SH = salto horizontal; RSCOD = esprint con cambio de dirección; *Sdec* = decrecimiento.

En la Figura 1 se observa el tiempo empleado en realizar cada esprint del test RSCOD con cada calentamiento. No se observan diferencias significativas entre CAE y CAES ó CAED en ninguno de los esprints.

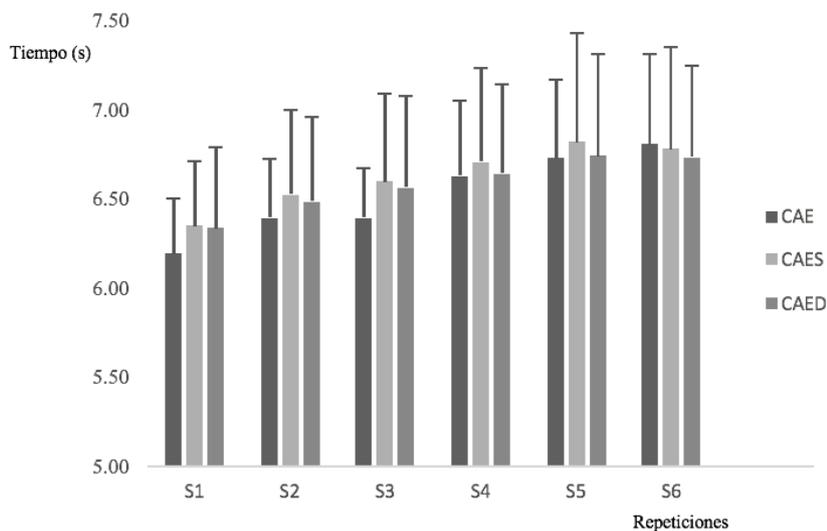


Figura 1. Tiempo de cada esprint del test RSCOD en función del tipo de calentamiento realizado. Nota: CAE = Calentamiento con ejercicio aeróbico; CAES = calentamiento con ejercicio aeróbico más estiramientos estáticos activos; CAED = calentamiento con ejercicio aeróbico más estiramientos dinámicos.

Discusión

El objetivo del presente trabajo fue comparar el efecto de tres calentamientos diferentes (calentamiento aeróbico de baja intensidad, estiramiento estático y estiramiento dinámico) sobre el salto horizontal y la capacidad de repetir esprint con cambios de dirección. No se cumple la hipótesis de partida puesto que no se han obtenido diferencias significativas al comparar los resultados de los test SH y RSCOD entre la situación control (calentamiento con ejercicios aeróbicos ligeros) y las situaciones experimentales CAES y CAED.

La aplicación de CAES no provocó la disminución del rendimiento en las variables analizadas. Mientras algunos estudios han observado un deterioro en capacidades dependientes de la actividad neuromuscular (Sim y col., 2009; Young y Behm, 2003; Young y Elliott, 2001), otros trabajos han indicado un efecto neutro de los estiramientos estáticos sobre el rendimiento de estas capacidades (Little y Williams, 2006; Vetter, 2007). Los estiramientos estáticos pueden modificar las propiedades mecánicas y funcionales del sistema neuromuscular (McMillian y col., 2006; Nelson y col., 2001), haciendo que la capacidad de manifestar fuerza y potencia en el deportista disminuya (Cornwell, Nelson, y Sidaway, 2002; Cramer y col., 2005; Unick y col., 2005). La fuerza y la potencia han sido descritas como determinantes del RSA (Girard, Méndez-Villanueva, y Bishop, 2011) por lo que el rendimiento en esta capacidad debería haberse visto afectado por el estiramiento estático previo. Sin embargo, la respuesta neutra del CAES respecto al CAE puede ser debida a que el protocolo empleado no ha modificado las propiedades viscoelásticas del músculo. La respuesta al estiramiento estático depende de la dosis, intensidad y tiempo de recuperación entre el ejercicio y la actividad principal (Wong y col., 2011). Por este motivo, entrenadores y preparadores físicos deberán seleccionar los componentes de carga ideales, para incluir los estiramientos estáticos sin que perjudiquen el rendimiento posterior del deportista.

Una dosis de 5 min de estiramiento, con 2 repeticiones de 15 s por grupo muscular y 2 min de recuperación no ha provocado el deterioro del rendimiento en SH y RSCOD. Estudios previos obtuvieron descensos en el rendimiento condicional con dosis de 30-60 min (Avela, Finni, Liikavainio, Niemela, y Komi, 2004), 15-20 min (Bacurau y col., 2009; Cramer y col., 2005) ó 2-10 min (Beckett y col., 2009; Chaouachi y col., 2010; Winchester y col., 2008). Sin embargo dosis de estiramiento mayores a 5 min no se utilizan dentro de las estrategias de activación de deportes de equipo (Russell, West, Harper, Cook, y Kilduff, 2015). En estos protocolos habitualmente se emplean dos o tres repeticiones por grupo muscular, manteniendo la posición 10-30 s (Sim y col., 2009). Esto es adecuado y puede incluirse dentro de los calentamientos sin riesgo para el rendimiento de capacidades en las que esté implicada la fuerza explosiva (Behm y Chaouachi, 2011).

La intensidad seleccionada para realizar el estiramiento estático (máxima, PD o submáxima) también condiciona la respuesta aguda a este estímulo (Chaouachi y col., 2010). Es posible que el estiramiento estático utilizado en nuestro trabajo no haya generado una pérdida de rendimiento como consecuencia de la intensidad PD. Estudios previos han obtenido resultados similares (Chaouachi y col., 2010; Knudson, Bennett, Corn, Leick, y Smith, 2001), mientras que otros indicaron pérdidas de rendimiento asociadas a esta intensidad de estiramiento (Behm y Kibele, 2007). Intensidades por encima del PD modifican las propiedades mecánicas del músculo y afectan directamente a la fuerza y potencia, por lo que deberían ser descartados de las propuestas de calentamiento (Chaouachi y col., 2010).

Por otra parte, en muchos diseños el análisis del rendimiento se ha realizado inmediatamente después del estiramiento estático (Fletcher y Anness, 2007; Fletcher y Jones, 2004; Nelson y col., 2001). Sin embargo, esto no sucede en la práctica de los deportes de equipo, ya el calentamiento va seguido de un tiempo de recuperación (Towilson, Midgley, y Lovell, 2013) y normalmente tras la ejecución de estiramientos estáticos se proponen otro tipo de actividades que podrían atenuar los efectos de los ejercicios de estiramiento (Little y Williams, 2006). En nuestro estudio transcurrieron 2 y 7 min entre el final del calentamiento y los test SH y RSCOD respectivamente. Este tiempo puede haber provocado la desaparición del efecto asociado al estiramiento estático (Unick y col., 2005), puesto que estudios previos ya indicaron que la respuesta a un estiramiento continuo de 45 s (frente a las 2 repeticiones de 15 s empleadas en este estudio), desaparecen después de 30 s de recuperación (Magnusson, Aagaard, y Nielson, 2000).

Al contrario de la hipótesis inicial que indicaba una mejora del rendimiento como consecuencia del CAED, los resultados no muestran diferencias entre esta intervención y la situación CAE, aunque en la variable SH se observa una tendencia a la mejora con el CAED. Sin embargo, estos resultados podrían estar influidos por la presencia del propio ejercicio de salto dentro de los ejercicios empleados en CAED. Estudios previos mostraron resultados similares a los de nuestro trabajo (Bradley y col., 2007; Unick y col., 2005), y otros han señalado mejoras en el rendimiento muscular tras la aplicación de estiramientos dinámicos (Faigenbaum y col., 2005; McMillian y col., 2006; Yamaguchi y Ishii, 2005). Se ha sugerido que la ejecución de ejercicios de alta intensidad puede incrementar el rendimiento en actividades posteriores de carácter neuromuscular (Faigenbaum y col., 2005). Esto puede ser debido entre otros factores al aumento de la actividad neural que provocan estas actividades (Bishop, 2003). Este fenómeno ha sido denominado PAP y tiene consecuencias positivas sobre la fuerza, la velocidad y la potencia (Sale, 2002). Estas mejoras a corto plazo son posibles siempre que los ejercicios empleados soliciten de forma óptima las fibras rápidas (Hamada, Sale, MacDougall, y Tarnopolsky, 2000). Este estímulo provoca una fatiga temporal, que posteriormente se transformará en un incremento del rendimiento a corto plazo

(Sale, 2002). Sin embargo, no todos los deportistas son capaces de restablecer esta situación de fatiga y conseguir la mejora de la potencia (Chiu y col., 2003). Por otra parte, aunque el CAED haya tenido efecto sobre la fuerza, la mejora del RSCOD es una capacidad compleja que depende de varios factores (Girard y col., 2011). Las estrategias de activación empleadas para esta capacidad también deben retardar la aparición de la fatiga y potenciar otros mecanismos responsables del rendimiento en acciones intermitentes de alta intensidad (Okuno y col., 2013).

Conclusiones

CAES y CAED no modifican de forma significativa el rendimiento en SH y RSCOD en comparación con CAE. Cuando los estiramientos estáticos activos se aplican con la dosis, la intensidad y un tiempo de separación adecuado respecto la actividad principal, pueden ser incluidos dentro del calentamiento sin que disminuya el rendimiento en la actividad posterior. Los estiramientos dinámicos empleados en este estudio no mejoran el rendimiento en SH y RSCOD.

Referencias

- American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. (1998). *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(6), 975-991.
- Amiri-Khorasani, M.; Calleja-Gonzalez, J., & Mogharabi-Manzari, M. (2016). Acute Effect of Different Combined Stretching Methods on Acceleration and Speed in Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 50(1), 179-186. <http://dx.doi.org/10.1515/hukin-2015-0154>
- Andrade, D. C.; Henriquez-Olguin, C.; Beltran, A. R.; Ramirez, M. A.; Labarca, C.; Cornejo, M.; Alvarez, C, & Ramirez-Campillo, R. (2015). Effects of general, specific and combined warm-up on explosive muscular performance. *Biology of Sport*, 32(2), 123-128. <http://dx.doi.org/10.5604/20831862.1140426>
- Avela, J.; Finni, T.; Liikavainio, T.; Niemela, E., & Komi, P. V. (2004). Neural and mechanical responses of the triceps surae muscle group after 1 h of repeated fast passive stretches. *Journal of Applied Physiology* (1985), 96(6), 2325-2332. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.01010.2003>
- Bacurau, R. F.; Monteiro, G. A.; Ugrinowitsch, C.; Tricoli, V.; Cabral, L. F., & Aoki, M. S. (2009). Acute effect of a ballistic and a static stretching exercise bout on flexibility and maximal strength. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 304-308. <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181874d55>
- Beckett, J. R.; Schneiker, K. T.; Wallman, K. E.; Dawson, B. T., & Guelfi, K. J. (2009). Effects of static stretching on repeated sprint and change of direction performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(2), 444-450. <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181867b95>
- Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(11), 2633-2651. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-011-1879-2>
- Behm, D. G., & Kibele, A. (2007). Effects of differing intensities of static stretching on jump performance. *European Journal of Applied Physiology*, 101(5), 587-594. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-007-0533-5>

- Bishop, D. (2003). Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Medicine*, 33(7), 483-498.
<http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200333070-00002>
- Bradley, P. S.; Olsen, P. D., & Portas, M. D. (2007). The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 223-226.
<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200702000-00040>
- Brandenburg, J.; Pitney, W. A.; Luebbbers, P. E.; Veera, A., & Czajka, A. (2007). Time course of changes in vertical-jumping ability after static stretching. *International journal of sports physiology and performance*, 2(2), 170-181.
<http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2.2.170>
- Brughelli, M.; Cronin, J.; Levin, G., & Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. *Sports Medicine*, 38(12), 1045-1063.
<http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200838120-00007>
- Buchheit, M.; Millet, G. P.; Parisy, A.; Pourchez, S.; Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2008). Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(2), 362-371.
<http://dx.doi.org/10.1249/mss.0b013e31815aa2ee>
- Carling, C.; Le Gall, F., & Dupont, G. (2012). Analysis of repeated high-intensity running performance in professional soccer. *Journal of Sports Sciences*, 30(4), 325-336.
<http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2011.652655>
- Carvalho, F. L.; Carvalho, M. C.; Simao, R.; Gomes, T. M.; Costa, P. B.; Neto, L. B.; Carvalho, R.L, & Dantas, E. H. (2012). Acute effects of a warm-up including active, passive, and dynamic stretching on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(9), 2447-2452.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823f2b36>
- Chiu, L. Z.; Fry, A. C.; Weiss, L.; W., Schilling, B. K.; Brown, L. E., & Smith, S. L. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Sports Sciences*, 17(4), 671-677.
<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200311000-00008>
- Cornwell, A.; Nelson, A. G., & Sidaway, B. (2002). Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. *European Journal of Applied Physiology*, 86(5), 428-434.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00421-001-0565-1>
- Cramer, J. T.; Housh, T. J.; Weir, J. P.; Johnson, G. O.; Coburn, J. W., & Beck, T. W. (2005). The acute effects of static stretching on peak torque, mean power output, electromyography, and mechanomyography. *European Journal of Applied Physiology*, 93(5-6), 530-539.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00421-004-1199-x>
- Chaouachi, A.; Castagna, C.; Chtara, M.; Brughelli, M.; Turki, O.; Galy, O.; Chamari, K., Behm, D. G. (2010). Effect of warm-ups involving static or dynamic stretching on agility, sprinting, and jumping performance in trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 2001-2011.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb181>
- Chaouachi, A.; Manzi, V.; Wong del, P.; Chaalali, A.; Laurencelle, L.; Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2663-2669.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e347f4>

- Church, J. B.; Wiggins, M. S.; Moode, F. M., & Crist, R. (2001). Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(3), 332-336.
<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200108000-00012>
- Faigenbaum, A. D.; Bellucci, M.; Bernieri, A.; Bakker, B., & Hoorens, K. (2005). Acute effects of different warm-up protocols on fitness performance in children. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 376-381.
<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200505000-00023>
- Fletcher, I. M., & Anness, R. (2007). The acute effects of combined static and dynamic stretch protocols on fifty-meter sprint performance in track-and-field athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 784-787.
<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200708000-00022>
- Fletcher, I. M., & Jones, B. (2004). The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 885-888.
<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200411000-00035>
- Garber, C. E.; Blissmer, B.; Deschenes, M. R.; Franklin, B. A.; Lamonte, M. J.; Lee, I. M.; Nieman, D.C.; Swain, D.P., & American College of Sport Medicine (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1334-1359.
<http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213febf>
- Girard, O.; Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-Sprint Ability – Part I. *Sports Medicine*, 41(8), 673-694.
<http://dx.doi.org/10.2165/11590550-000000000-00000>
- Hamada, T.; Sale, D. G.; MacDougall, J. D., & Tarnopolsky, M. A. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal of applied physiology*, 88(6), 2131-2137.
- Hopkins, W.G.; Marshall, S.W.; Batterham, A.M.; & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(1), 3-13.
<http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Iaia, F. M.; Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *International journal of sports physiology and performance*, 4(3), 291-306.
<http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.4.3.291>
- Karcher, C., & Buchheit, M. (2014). On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports Medicine*, 44(6), 797-814.
<http://dx.doi.org/10.1007/s40279-014-0164-z>
- Knudson, D.; Bennett, K.; Corn, R.; Leick, D., & Smith, C. (2001). Acute effects of stretching are not evident in the kinematics of the vertical jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 98-101.
<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200102000-00017>
- Little, T., & Williams, A. G. (2006). Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 203-207.
<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200602000-00033>

- Magnusson, S. P.; Aagaard, P., & Nielson, J. J. (2000). Passive energy return after repeated stretches of the hamstring muscle-tendon unit. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(6), 1160-1164.
<http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200006000-00020>
- McMillian, D. J.; Moore, J. H.; Hatler, B. S., & Taylor, D. C. (2006). Dynamic vs. static-stretching warm up: the effect on power and agility performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 492-499.
<http://dx.doi.org/10.1519/18205.1>
- McHugh, M. P., & Cosgrave, C. H. (2010). To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(2), 169-181.
- Nelson, A. G.; Allen, J. D.; Cornwell, A., & Kokkonen, J. (2001). Inhibition of maximal voluntary isometric torque production by acute stretching is joint-angle specific. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72(1), 68-70.
<http://dx.doi.org/10.1080/02701367.2001.10608934>
- Okuno, N. M.; Tricoli, V.; Silva, S. B.; Bertuzzi, R.; Moreira, A., & Kiss, M. A. (2013). Postactivation potentiation on repeated-sprint ability in elite handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 662-668.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825bb582>
- Pearce, A. J.; Kidgell, D. J.; Zois, J., & Carlson, J. S. (2009). Effects of secondary warm up following stretching. *European Journal of Applied Physiology*, 105(2), 175-183.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00421-008-0887-3>
- Reilly, T. (2005). An ergonomics model of the soccer training process. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 561-572.
<http://dx.doi.org/10.1080/02640410400021245>
- Rosch, D.; Hodgson, R.; Peterson, T. L.; Graf-Baumann, T.; Junge, A.; Chomiak, J., & Dvorak, J. (2000). Assessment and evaluation of football performance. *American Journal of Sports Medicine*, 28(5 Suppl), S29-39.
http://dx.doi.org/10.1177/28.suppl_5.S-29
- Russell, M.; West, D. J.; Harper, L. D.; Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2015). Half-time strategies to enhance second-half performance in team-sports players: a review and recommendations. *Sports Medicine*, 45(3), 353-364.
<http://dx.doi.org/10.1007/s40279-014-0297-0>
- Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30(3), 138-143.
<http://dx.doi.org/10.1097/00003677-200207000-00008>
- Shrier, I. (2004). Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 14(5), 267-273.
<http://dx.doi.org/10.1097/00042752-200409000-00004>
- Sim, A. Y.; Dawson, B. T.; Guelfi, K. J.; Wallman, K. E., & Young, W. B. (2009). Effects of static stretching in warm-up on repeated sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 2155-2162.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b438f3>
- Spencer, M.; Bishop, D.; Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Medicine*, 35(12), 1025-1044.
<http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200535120-00003>

- Towilson, C.; Midgley, A. W., & Lovell, R. (2013). Warm-up strategies of professional soccer players: practitioners' perspectives. *Journal of Sports Sciences*, 31(13), 1393-1401.
<http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2013.792946>
- Unick, J.; Kieffer, H. S.; Cheesman, W., & Feeney, A. (2005). The acute effects of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 206-212.
<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200502000-00035>
- Vetter, R. E. (2007). Effects of six warm-up protocols on sprint and jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 819-823.
<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200708000-00028>
- Wallmann, H. W.; Christensen, S. D.; Perry, C., & Hoover, D. L. (2012). The acute effects of various types of stretching static, dynamic, ballistic, and no stretch of the iliopsoas on 40-yard sprint times in recreational runners. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(5), 540-547.
- Winchester, J. B.; Nelson, A. G.; Landin, D.; Young, M. A., & Schexnayder, I. C. (2008). Static stretching impairs sprint performance in collegiate track and field athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 13-19.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e31815ef202>
- Witvrouw, E.; Mahieu, N.; Danneels, L., & McNair, P. (2004). Stretching and injury prevention: an obscure relationship. *Sports Medicine*, 34(7), 443-449.
<http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200434070-00003>
- Wong, P. L.; Lau, P. W.; Mao de, W.; Wu, Y. Y.; Behm, D. G., & Wisloff, U. (2011). Three days of static stretching within a warm-up does not affect repeated-sprint ability in youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(3), 838-845.
<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc2266>
- Woods, K.; Bishop, P., & Jones, E. (2007). Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Medicine*, 37(12), 1089-1099.
<http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200737120-00006>
- Woolstenhulme, M. T.; Griffiths, C. M.; Woolstenhulme, E. M., & Parcell, A. C. (2006). Ballistic stretching increases flexibility and acute vertical jump height when combined with basketball activity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 799-8.
- Yamaguchi, T., & Ishii, K. (2005). Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 677-683.
<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200508000-00032>
- Yamaguchi, T.; Ishii, K.; Yamanaka, M., & Yasuda, K. (2007). Acute effects of dynamic stretching exercise on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1238-1244.
<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200711000-00044>
- Young, W., & Behm, D. (2003). Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43(1), 21-27.
- Young, W., & Elliott, S. (2001). Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72(3), 273-279.
<http://dx.doi.org/10.1080/02701367.2001.10608960>