

Selected Papers from Impact

Efectos de Diferentes Actividades de Re-Calentamiento (R-WU) en el Rendimiento de Jugadores de Fútbol

Effects of Different Re-Warm (R-WU) up Activities in Football Players' Performance

Eduardo Abade, Jaime Sampaio, Bruno Gonçalves, Jorge Baptista, Alberto Alves y João Viana

RESUMEN

Las rutinas de calentamiento normalmente son utilizadas para optimizar el rendimiento del fútbol y prevenir lesiones. Aún más, los protocolos de pre-partidos oficiales pueden requerir que los jugadores descansen pasivamente durante aproximadamente 10 a 15 minutos entre el calentamiento y el comienzo del partido. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue explorar el efecto de diferentes actividades de re-calentamiento sobre el rendimiento físico de jugadores de fútbol. Veintidós jugadores de fútbol sub-19 portugueses de élite participaron en el estudio dirigido durante la temporada competitiva. Se realizaron diferentes protocolos de re-calentamiento (R-WU) de 6 minutos después del mismo calentamiento estandarizado en 4 días consecutivos en una forma controlada: con cambios repetidos de dirección, pliométricos y excéntricos. Se evaluaron rendimientos de sprint y de salto vertical inmediatamente después del calentamiento y 12 minutos después del calentamiento. Los resultados mostraron que cambios de dirección repetidos y ejercicios pliométricos presentaban efectos beneficiosos para el salto y el sprint. Pueden tomarse diferentes implicaciones prácticas a partir del protocolo excéntrico puesto que un deterioro del salto vertical fue observado, haciendo pensar en un efecto posiblemente dañoso. La ausencia de actividades de re-calentamiento puede ser perjudicial al rendimiento físico de los jugadores. Sin embargo, la inclusión de un re-calentamiento antes del partido es un tema complejo, desde la manipulación del volumen, la intensidad y la recuperación pueden positivamente o negativamente afectar el rendimiento subsecuente. De hecho, este estudio exploratorio demuestra que el ejercicio excéntrico puede ser dañoso para el rendimiento físico cuando se realiza antes de un partido de fútbol. Sin embargo, los ejercicios pliométricos y de cambios de dirección repetidos parecen ser actividades simples, rápidas y eficaces para atenuar las pérdidas en el salto vertical y la capacidad de sprint después de un calentamiento. Los técnicos deben apuntar a desarrollar modos de ejercicios óptimos individuales para optimizar el rendimiento físico después de actividades de re-calentamiento.

Palabras Clave: calentamiento, fútbol, re-calentamiento, rendimiento

ABSTRACT

Warm up routines are commonly used to optimize football performance and prevent injuries. Yet, official pre-match protocols may require players to passively rest for approximately 10 to 15 minutes between the warm up and the beginning of the match. Therefore, the aim of this study was to explore the effect of different re-warm up activities on the physical performance of football players. Twenty-Two Portuguese elite under-19 football players participated in the study conducted during the competitive season. Different re-warm up protocols were performed 6 minutes after the same standardized

warm up in 4 consecutive days in a crossover controlled approach: without, eccentric, plyometric and repeated changes of direction. Vertical jump and Sprint performances were tested immediately after warm up and 12 minutes after warm up. Results showed that repeated changes of direction and plyometrics presented beneficial effects to jump and sprint. Different practical implications may be taken from the eccentric protocol since a vertical jump impairment was observed, suggesting a possibly harmful effect. The absence of re-warm up activities may be detrimental to players' physical performance. However, the inclusion of re-warm up prior to match is a complex issue, since the manipulation of volume, intensity and recovery may positively or negatively affect the subsequent performance. In fact, this exploratory study shows that eccentric exercise may be harmful for physical performance when performed prior a football match. However, plyometric and repeated changes of direction exercises seem to be simple, quick and efficient activities to attenuate losses in vertical jump and sprint capacity after warm up. Coaches should aim to develop individual optimal exercise modes in order to optimize physical performance after re warm activities.

Keywords: warm, soccer, re-warm, performance

INTRODUCCIÓN

Las rutinas de calentamiento (WU, Warm-up) antes del ejercicio son exploradas ampliamente por la literatura y normalmente es aceptado que mejoran el rendimiento. Tales rutinas incluyen actividades de alta intensidad y de corta duración pensados para intensificar la predisposición física aumentando la temperatura intra-muscular, la tasa de conductancia nerviosa y las reacciones metabólicas [1]. En efecto, está bien documentado que el rendimiento del músculo puede mejorarse agudamente después de un estímulo de pre-carga máxima o casio máxima debido a la inducción de la potenciación post-activación [2]. Aunque la preparación fisiológica y la prevención de lesiones parecen ser los resultados consensuados del WU, su estructura y protocolos usados todavía son polémicos. Es más, hay todavía una desconexión entre los métodos basados en la evidencia y las prácticas de campo.

Otro tema latente es la búsqueda para la mejor combinación de volumen, intensidad y recuperación, particularmente entre el WU y el ejercicio subsecuente. Bajo este alcance, los técnicos deben ser conscientes que si el protocolo de WU es demasiado intenso o no permite una recuperación adecuada, la potenciación post-activación y el consecuente rendimiento pueden ser comprometidos, y por otro lado, si se pasa demasiado tiempo, pueden perderse los efectos de la activación post-potenciación [3]. Ya ha sido demostrado que las duraciones de los períodos de descanso moderados (7-10 minutos) pueden mejorar la potencia después de una actividad de acondicionamiento, aunque esta tendencia es muy dependiente de la intensidad, el volumen del ejercicio del acondicionamiento y el estado de entrenamiento de los individuos [3]. Así, sumado a la alta inter-variabilidad de la respuesta a la actividad de acondicionamiento, la selección de las variables más adecuadas para manipular la potenciación post-activación permanece no resuelta. Tomando esto en consideración, la efectividad de un WU también recae en las actividades de re-precalentamiento (R-WU) llevadas a cabo durante el período entre el final del WU y el inicio de la competencia. Sin embargo, pocos estudios han examinado los efectos de actividades de post-activación específicas en futbolistas y se han enfocado exclusivamente en el R-WU durante el descanso de entretiempo [4]. Estos han demostrado que los descansos pasivos parecen dañar el rendimiento del salto y del sprint durante la fase inicial de la segunda mitad mientras que un R-WU atenúa tales deterioros eficazmente [5].

Tradicionalmente, los protocolos de pre-partidos oficiales les permiten a los jugadores retornar a los vestuarios después del WU. Las actividades realizadas tradicionalmente durante este período incluyen ecuestiones técnicas/médicas y retroalimentaciones (indicaciones) por parte del técnico. En las competiciones internacionales (por ejemplo la Liga de Campeones), la presentación de los equipos e himnos oficiales implican que los jugadores puedan descansar pasivamente durante aproximadamente 15 minutos antes del partido. Como resultado, los efectos del WU de corta duración que son muy dependientes de las alteraciones en la temperatura del músculo pueden perderse [4]. De hecho, ya fue demostrado que cada 1°C de reducción en la temperatura del músculo corresponde a un 3% de reducción en la potencia del tren inferior [6]. Por consiguiente, las disminuciones en la temperatura del músculo que se eleva desde los períodos pasivos pueden contribuir al deterioro del rendimiento, como la disminución de la capacidad de salto o de sprint. El impacto negativo de los períodos pasivos sobre el rendimiento refuerza la importancia de usar actividades de R-WU activas y pasivas que apunten a atenuar las pérdidas en la temperatura corporal [1]. Dentro de las actividades pasivas, la ropa acalorada y almohadillas eléctricas son considerados métodos eficaces para atenuar la pérdida de la temperatura del cuerpo y evitar disminuciones significativas en el rendimiento como en los sprint repetidos [7]. Sin embargo, un R-WU activo también puede beneficiar los rendimientos físicos subsecuentes [8].

Como previamente se mencionó, los ejercicios de fuerza para áreas problemáticas, la pliometría y la agilidad son procedimientos comunes usados por los técnicos de fútbol durante un WU para intensificar el rendimiento y evitar

lesiones. Sin embargo, poco se conoce si éstas son actividades adecuadas para inducir efectos positivos de corta duración agudos en el horario entre el final de un WU y el comienzo del partido. Se ha demostrado que los ejercicios de isquiotibiales como el Nórdico puede inducir mejoras a mediano plazo e la fuerza de los isquiotibiales y de las relaciones del control dinámico en jugadores de fútbol [9]. Sin embargo, la actividad excéntrica muscular desacostumbrada puede producir un daño significativo en los componentes contráctiles y estructurales del músculo esquelético [10]. Los movimientos pliométricos son capaces de provocar una potenciación de la fuerza muscular que puede mejorar la potencia y el rendimiento dinámico en movimientos del ciclo de estiramiento-acortamiento como los sprints y las acciones de salto [11]. El cambio de dirección es una habilidad importante en el fútbol porque reproduce movimientos de alta velocidad intermitentes y multilaterales realizados durante el partido con un impacto fisiológico alto [12, 13,].

Aunque normalmente los jugadores se agrupan durante las rutinas de WU para realizar las estrategias previamente mencionadas (es decir, ejercicios pliométricos, cambios de dirección y ejercicios de fuerza), las respuestas individuales de la post-activación pueden surgir a partir de actividades de acondicionamientos diferentes, que demanda un análisis exacto en términos del tiempo de la recuperación óptima. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue explorar el efecto de las actividades de R-WU diferentes realizados inmediatamente antes del partido sobre el rendimiento físico de jugadores de fútbol. Se preve que: 1) los ejercicios pliométricos tendrán un impacto agudo positivo en el salto vertical; 2) los ejercicios de cambios de dirección afectarán la capacidad de sprint positivamente; y 3) el ejercicio excéntrico será perjudicial para tanto la capacidad de salto como la capacidades de sprint.

MATERIALES Y MÉTODOS

Participantes

Veintidós jugadores de fútbol varones de élite sub-19 (edad: 18.3 ± 0.5 años, de 17 a 19 años de edad; estatura: 181.7 ± 6.4 cm; masa corporal: 73.6 ± 5.8 kg; experiencia de juego: 9.6 ± 1.8 años) del mismo equipo de competencia en el campeonato nacional portugués, participó en este estudio. Se reclutaron los participantes 30 días antes del comienzo del estudio. En el momento que el estudio fue dirigido, los jugadores realizaban de 4 a 5 unidades de entrenamiento por semana, ~90 minutos por sesión, con un partido oficial durante el fin de semana. El consentimiento informado por escrito fue entregado a todos los participantes y sus padres. A pesar de esto, ellos eran libres de retirarse cuando quisieran del estudio sin ninguna multa. Todos los procedimientos estaban de acuerdo con las normas éticas del comité de Ética del Centro de Investigación en el Deporte, Salud y Desarrollo Humano (UID/DTP/04045/2013) y con la declaración de Helsinki de 1964.

Diseño

Un estudio controlado cruzado fue dirigido durante la temporada competitiva. 4 protocolos (WU + R-WU) se evaluaron en 4 días consecutivos en una sucesión aleatorizada, es decir, todos los jugadores se presentaron en el mismo protocolo aleatorizado para cada día. Los protocolos tenían duraciones idénticas y sólo difirieron en la estrategia de re-precalentamiento (R-WU) aplicada después de un WU estandarizado: sin R-WU (CON), R-WU excéntrico (ECC), R-WU pliométrico (PLY) y cambios de dirección repetidos R-WU (RCOD).

METODOLOGÍA

Se realizaron evaluaciones en el mismo momento del día (15:00 PM) en césped artificial, bajo condiciones ambientales similares (temperatura 18-25°C, humedad relativa 48-56%). El WU activo estándar consistió en una porción aeróbica breve, estiramiento dinámico, ejercicios de post-activación y esfuerzos de sprints/pasadas [14] estructurados como sigue: 2 minutos de trote y carrera lateral 4x30m; estiramiento dinámico para los músculos locomotores del tren inferior [15] (2x10 aducción de cadera, 2x10 abducción de cadera, 2x10 patada de cadera, 2x10 elevaciones de rodilla y 2x10 marcha con pierna recta), ejercicios de fuerza dinámicos (2x10 sentadillas profundas, y 2x10 estocadas frontales); sprint intermitentes incrementales y carrera de agilidad como sigue: 2x10m ritmo de $\frac{3}{4}$, 2x20m ritmo de $\frac{3}{4}$, 2x30m ritmo de $\frac{3}{4}$, 1x30m con 10 desaceleraciones (ambos pies), 1x30m con 10 desaceleraciones (un pie), 2x30m con 4 cambios de dirección a ritmo de $\frac{3}{4}$ (90°), 1x20m ritmo completo y 1x30m ritmo completo. El tiempo total del WU fue aproximadamente 15 minutos.

Después del WU, el grupo CON descansó pasivamente durante 12 minutos, mientras los otros grupos realizaban el excéntrico, el de ejercicios pliométricos o el de cambios repetidos de dirección, exactamente 6 minutos después del WU (ver Fig. 1). Los jugadores de ECC se les pidió realizar el ejercicio de isquiotibiales Nórdico [16] en 4 series de 3 reps con

15 segundos de recuperación pasiva entre las series. Los jugadores fueron instruidos a colocar las manos en el pecho y a gradualmente inclinarse hacia adelante resistiendo durante 3 segundos manteniendo el tronco y caderas en una posición neutral a lo largo del rango entero de movimiento. El grupo PLY realizó 4 series de 5 saltos sobre vallas de 40 cm (caderas, rodillas y tobillos se flexionaban hasta que las rodillas estén a 90 grados) seguido por carrera a un pie en una escalera de agilidad con 10 escalones. Una recuperación pasiva de 15 segundos era permitida entre las series. Finalmente, el grupo RCOD realizó sprints 4x20m con 4 cambios de dirección (100°) [17] con 15 segundos de recuperación pasiva. A pesar de las diferentes demandas mecánicas naturales inherentes a distintas actividades, los ejercicios de R-WU tenían duraciones similares para garantizar una inclusión coherente de tales actividades en el hueco de tiempo entre el final del WU y el comienzo del partido. Ninguno de los jugadores estaba acostumbrado con los protocolos de R-WU.

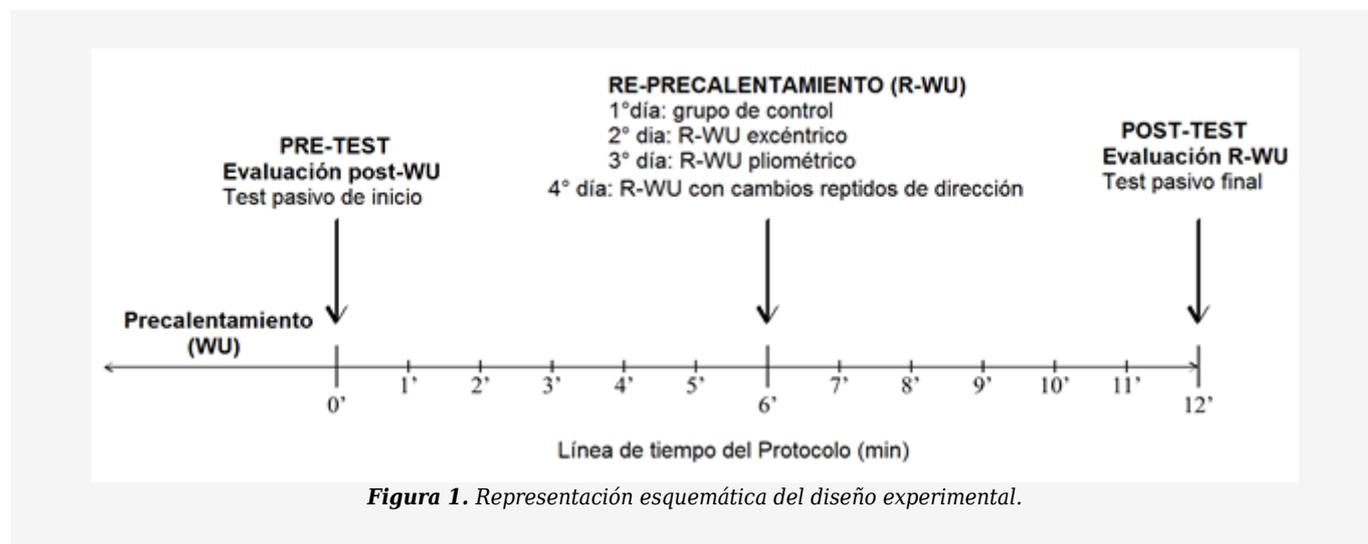


Figura 1. Representación esquemática del diseño experimental.

Tanto los tests de evaluaciones del Post-WU (inmediatamente después del WU) como del R-WU (12 minutos después del WU) fueron incluidos para evaluar las diferencias en los protocolos del R-WU. Las actividades del R-WU se completaron en la sucesión aleatorizada por 4 días.

Las acciones explosivas como saltar y los sprints son contribuyentes importantes al rendimiento del fútbol [18]. El salto vertical está reconocido como un índice útil de la capacidad muscular para generar potencia y puede usarse para supervisar el rendimiento así como para tener información importante sobre la capacidad funcional de los miembros inferiores bajo condiciones diferentes [19]. El test de salto con contra movimiento (CMJ) y el test de Abalakov (AJ) fue usado para evaluar la capacidad del salto vertical [20] con un dispositivo Optojump (Microgate, Italia). Al realizar el test de CMJ, se les pedía a los participantes que estuvieran de pie rectos, poniendo sus manos en sus caderas y mantenerlos ahí a lo largo del test. Ala señal, el atleta descendía su tren inferior hasta que las rodillas estuvieran flexionadas en 90 grados, entonces inmediatamente saltaba tan alto como fuera posible verticalmente. Para realizar el test de Abalakov, los sujetos de fueron permitidos de balancear los brazos hacia atrás al flexionar las rodillas y hacia adelante al saltar verticalmente

Los sujetos realizaron 2 intentos máximos en cada ejercicio de salto vertical registrando el resultado mejor para el análisis. Un intervalo de 30 segundos era permitido entre los 4 saltos [21]. Carreras de alta intensidad y los sprints pueden representar el 10% de la distancia cubierta total aproximadamente durante un partido [22]. Como ellos principalmente realizaban distancias más cortas (10-30m) [23], se evaluaron a los jugadores bajo estas condiciones, que pueden representar un indicador potencial importante. El tiempo de sprint para 10-m y 20-m fue medido usando un sistema de cronometraje infrarrojo con tres fotocélulas (Witty, Microgate, Italia), permitiendo registrar ambos tiempos en sólo un intento. Se les pidió a los participantes que asumieran una posición de salida estacionaria con el pie frontal puesto 50 cm detrás de la primera célula. Se realizaron tests de sprint de 30 segundos después de la valoración del salto vertical. Todos los tests previos fueron realizados inmediatamente después del WU (pre-test, evaluación post-WU) y 12 minutos después del WU (post-test, evaluación del R-WU) (ver Fig. 1). Este hueco de tiempo normalmente fue establecido según el intervalo de tiempo promedio reportado por técnicos que tienen como referencia en el protocolo del Sub-19 de pre-partido oficial (10 a 15 minutos). Los jugadores se evaluaron en un modo secuencial para que asegurar que el tiempo de la rutina del R-WU en la valoración fuera idéntico para todos los jugadores.

Análisis estadístico

Los cambios individuales y en promedio de post-WU a R-WU para todas las actividades de R-WU consideradas se representaron gráficamente y la variación de los momentos considerados expresado en la variación del porcentaje (promedio \pm SD). También, la variabilidad tanto intra-día (entre-jugadores) como la variabilidad diaria (dentro de los jugadores) en el rendimiento de post-WU fueron medidas como error típico y expresados como coeficientes de variación, CV (%) [24]. Para comprender el posible efecto beneficioso/perjudicial entre las intervenciones de R-WU sobre las medidas de desempeño de los jugadores, los datos se analizaron con una hoja de cálculo específica para la prueba cruzada de pre-post [25]. Los efectos se estimaron en unidades por ciento a través de la transformación de logaritmos y la incertidumbre en la estimación se expresó como el 90% de márgenes de confianza. El resultado para las medidas del desempeño se evaluó con la versión clínica/práctica de inferencia basado en la magnitud: las probabilidades predefinidas indicadas por declaración de un efecto clínicamente beneficioso eran $<0.5\%$ (mayoría improbable) para el daño y $>25\%$ (posiblemente) para el beneficio; un efecto clínicamente incierto, por lo tanto, es posiblemente beneficioso ($>25\%$) con un riesgo inaceptable de daño ($>0.5\%$) [26]. Se reportaron las probabilidades usando la escala como sigue: 25-75%, posiblemente; 75-95%, probablemente; 95-99.5%, muy probablemente; $>99.5\%$, muy probablemente. Las diferencias promedio estandarizadas (Cohen), y también los intervalos de confianza de 90% respectivos fueron también computados como la magnitud de los efectos observados, y, los umbrales eran 0.2, trivial; 0.6, pequeño; 1.2, moderado; 2.0, grande; y >2.0 , muy grande [26].

RESULTADOS

Los cambios individuales y promedio de post-WU a R-WU en las medidas de desempeño consideradas se muestran en la Fig. 2. Complementario, la Fig. 3 y la Tabla 1 presentan las diferencias estandarizadas y las inferencias prácticas, respectivamente, en base al paso del análisis de prueba de pre-post.

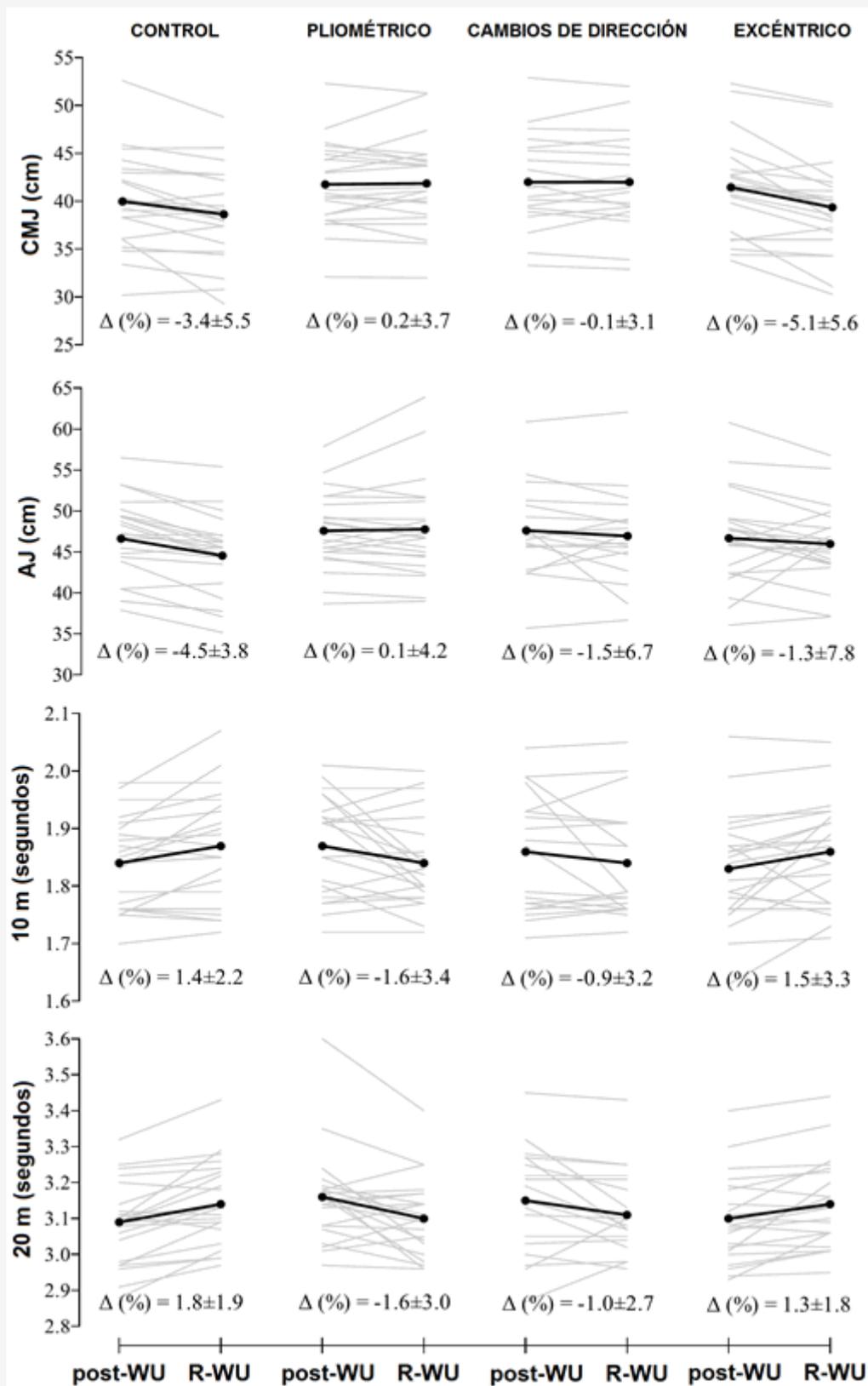


Figura 2. Los cambios individuales y promedio de post-WU a R-WU para el test de salto con contra movimiento (CMJ), test de salto de Abalakov (AJ), sprints de 10-m y de 20-m.

Variaciones del porcentaje ($\Delta\%$) son expresados como promedios \pm sd. Las líneas negras representan los cambios promedio de grupo mientras las grises representan los cambios individuales.

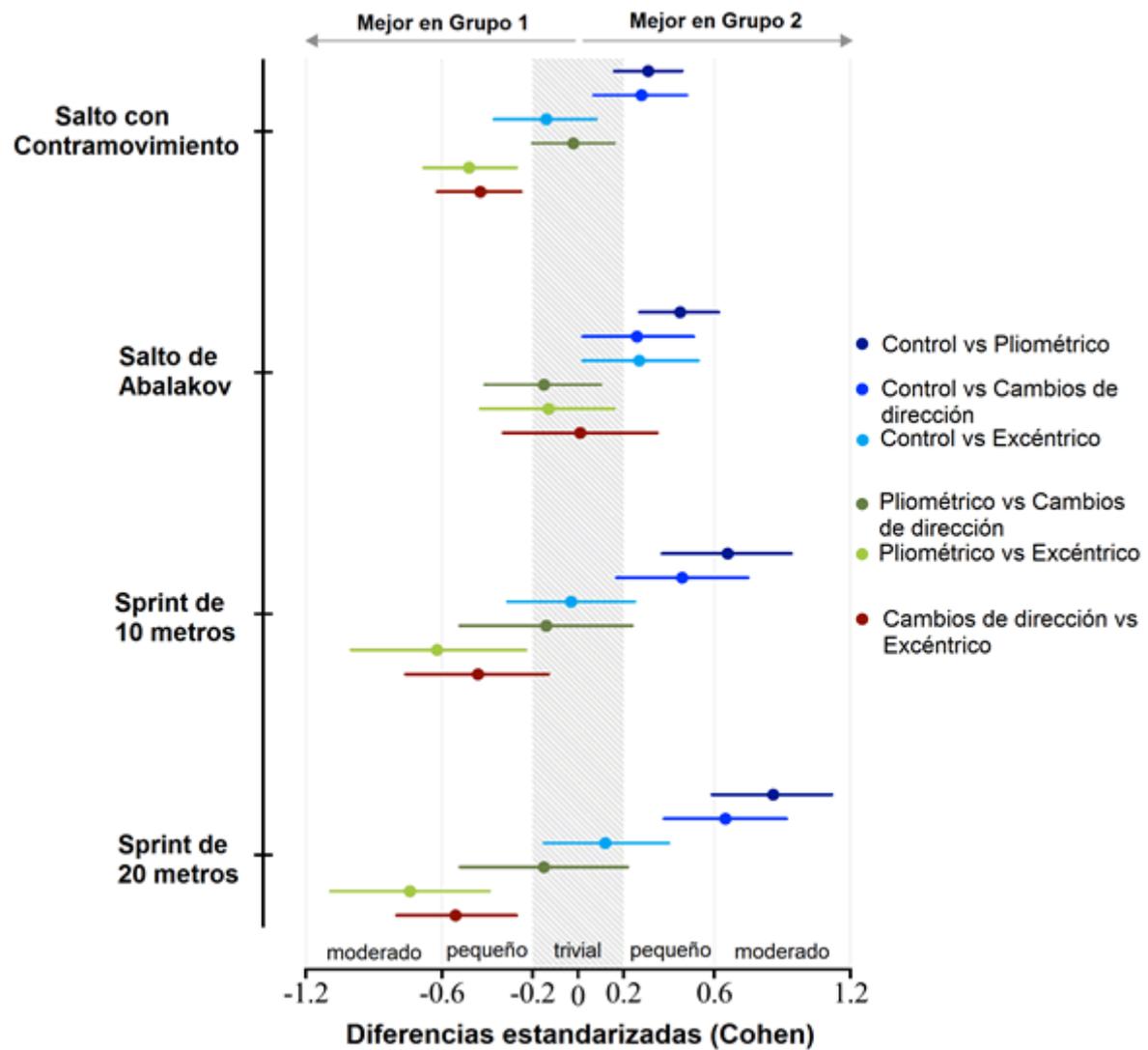


Figura 3. Las diferencias de Cohen estandarizadas para el salto con contramovimiento (CMJ), el test de salto de Abalakov (AJ), sprints de 10-m y 20-m según las comparaciones de las actividades de R-WU.

Las barras de error indican la incertidumbre en los verdaderos cambios promedio con intervalos de 90% de confianza. Nota: puesto que el tiempo inferior en los protocolos de sprint está relacionado con un rendimiento mejor, se cambiaron los resultados para los sprints de 10-m y 20-m de negativos al positivos, y vice-versa. Esta decisión fue hecha para una interpretación mejor de los resultados.

Tabla 1. Las inferencias para las intervenciones dere-WU sobre las medidas de desempeño de los jugadores.

| Variables | Grupos | Resultados por comparación de grupos como: Cambios promedio (%; $\pm 90\%$ CL) % de chances (dañino/trivial/beneficioso) Inferencias prácticas | | |
|------------------|--------------------------|---|---------------------------|---------------------|
| | | Pliométrico | Cambios de dirección | Excéntrico |
| CMJ | Control | 3.8; ± 1.8 | 3.5; ± 2.6 | -1.8; ± 2.7 |
| | | 0/10/90 | 0/25/75 | 35/65/1 |
| | Pliométrico | probablemente beneficioso | probablemente beneficioso | posiblemente dañino |
| | | - | -0.3; ± 2.0 | -5.3; ± 2.2 |
| | Cambios de dirección | - | 6/92/2 | 99/1/0 |
| | | - | probablemente trivial | muy probable dañino |
| | - | - | -5.1; ± 2.1 | |
| | - | - | 98/2/0 | |
| | - | - | muy probable dañino | |
| AJ | Control | 4.8; ± 1.9 | 3.1; ± 2.9 | 3.2; ± 3.1 |
| | | 0/1/99 | 0/31/69 | 0/30/70 |
| | muy probable beneficioso | probablemente beneficioso | probablemente beneficioso | |
| | Pliométrico | - | -1.6; ± 2.7 | -1.5; ± 3.3 |
| | | - | 38/61/1 | 36/61/1 |
| | Cambios de dirección | - | posiblemente dañino | posiblemente dañino |
| - | | - | 0.1; ± 4.2 | |
| | - | - | 15/67/18 | |
| | - | - | probablemente trivial | |
| Sprint 10 metros | Control | -2.9; ± 1.3 | -2.3; ± 1.4 | 0.1; ± 1.3 |
| | | 0/1/99 | 0/6/94 | 15/76/9 |
| | muy probable beneficioso | probablemente beneficioso | probablemente trivial | |
| | Pliométrico | - | 0.7; ± 2.0 | 3.2; ± 2.0 |
| | | - | 40/53/7 | 96/4/0 |
| | Cambios de dirección | - | posiblemente dañino | muy probable dañino |
| - | | - | 2.5; ± 1.8 | |
| | - | - | probablemente dañino | |
| | - | - | probablemente dañino | |
| Sprint 20 metros | Control | -3.4; ± 1.0 | -2.8; ± 1.1 | -0.5; ± 1.0 |
| | | 0/0/100 | 0/0/100 | 3/64/33 |
| | muy probable beneficioso | muy probable beneficioso | incierto | |
| | Pliométrico | - | 0.7; ± 1.6 | 3.0; ± 1.5 |
| | | - | 42/52/6 | 99/1/0 |
| | Cambios de dirección | - | posiblemente dañino | muy probable dañino |
| - | | - | 2.4; ± 1.2 | |
| | - | - | 98/2/0 | |
| | - | - | muy probable dañino | |

Nota: 90% CL = 90% de límites de confianza. CMJ = salto con contramovimiento. AJ = salto de Avalakov

El rendimiento intra-día (entre los jugadores) post-WU de los jugadores presentó un ~11% de variación en los saltos (CV%, promedio \pm SD, 11.7 \pm 0.7 en el CMJ y 11.3 \pm 1.2 en el AJ) y un ~4.5% de variación en los sprint (4.9 \pm 0.6 en 10-m y 4.1 \pm 0.4 en 20-m). Por otro lado, el rendimiento de inter-día (dentro de jugadores) del post-WU de los jugadores presentó un ~4% de variación en los saltos (4.2 \pm 2.6 en CMJ y 4.1 \pm 2.6 en AJ) y un ~3.5% de variación en los sprint (3.2 \pm 1.7 en 10-m y 2.3 \pm 1.1 en 20-m).

Hubo mejoras beneficiosas de pequeñas a grandes en todas las medidas de desempeño cuando el jugador era sometido a la intervención PLYO (Tabla 1). Tanto el test de CMJ como el de AJ mostraron una mejora probable/muy probable (~3.8% en CMJ y ~4.8% en AJ) cuando se comparó al grupo CON (es decir, mismos jugadores sin la situación de intervención de R-WU). La misma intervención de R-WU mostró un efecto muy probablemente beneficioso moderado en el sprint de 10-m (ES = d de Cohen; $\pm 90\%$ CL, -0.7; ± 0.3) y un efecto moderado muy probablemente beneficioso en el sprint de 20-m (ES = -0.9; ± 0.3). Los cambios individuales de post-WU a R-WU mostraron un 0.2 \pm 3.7% de variación en el CMJ, 0.1 \pm 4.2% en el test de salto AJ, mientras que el grupo CON presentó un -3.5 \pm 5.5% en el CMJ y un -4.5 \pm 3.8% en test de AJ (Fig. 2). También, los sprints de 10-m y de 20-m produjeron un cambio de -1.6 \pm 3.4% y -1.6 \pm 3.0% de variación en la duración del sprint, respectivamente, mientras el grupo CON mostró un aumento de 1.4 \pm 2.2% en el sprint de 10-m y de 1.8 \pm 1.9% en el sprint de 20-m.

El grupo RCOD presentó un efecto ligeramente similar en los rendimientos de jugadores a la intervención PLYO. Las diferencias principales se relacionaron muy bien a los cambios de la variabilidad individual al rendimiento de post-WU a R-

WU, puesto que los jugadores presentaron una disminución de ~1% en los rendimientos de la altura de salto y un aumento de ~1% en la duración de los sprints (Figs. 2 y 3). Sin embargo, la intervención de R-WU presentó un efecto beneficioso probable/muy probable para el CMJ (ES = 0.3; ± 0.2) y el AJ (ES = 0.3; ± 0.2), respectivamente, y un efecto probablemente beneficioso probable (muy probable en los rendimientos de 10-m y de 20-m cuando fue comparado al grupo CON. Cuando se compara la intervención PLYO, el grupo RCOD presentó un efecto posiblemente dañoso en el rendimiento del test de AJ, sprints de 10-m y 20-m (tamaños de efecto triviales) (ver Tabla 1 y Fig. 3).

Diferentes implicaciones prácticas pueden hacerse a partir de la intervención ECC del R-WU. Hubo un $-5.1 \pm 5.6\%$ de la disminución en la altura del CMJ de post-WU a R-WU, lo que ofrece un efecto posiblemente dañoso a través de tal aplicación de R-WU cuando es comparado a CON (35% de chances de ser dañoso, 65% trivial y 1% beneficioso) (Fig. 2 y Tabla 1). También, con respecto a los sprints de 10-m y de 20-m, el R-WU considerado presentó efectos probablemente triviales e inciertos, respectivamente. La excepción se identificó en el rendimiento del test de AJ, ya que el 70% de los jugadores posiblemente se beneficiaron de él (Tabla 1). Finalmente, comparado a las intervenciones PLYO y RCOD, el ECC posiblemente presentó un efecto de muy probable a muy probable dañoso en los rendimientos del test CMJ, sprints de 10-m y de 20-m (de pequeño a moderado efecto) (Tabla 1 y Fig. 3).

DISCUSIÓN

Este estudio demuestra que la ausencia de actividades de R-WU en el hueco de tiempo entre el final del WU y al comienzo del partido, puede dañar el rendimiento físico de los jugadores. Mientras que realizar un ejercicio excéntrico antes de un partido de fútbol puede ser incluso dañoso, las pérdidas en la potencia se atenúan al realizar ejercicios activos de R-WU como los ejercicios pliométricos y los cambios de dirección repetidos. De hecho, las intervenciones de PLYO y RCOD evaluadas en este estudio demostraron ser importantes actividades agudas de potenciación post-activación en la capacidad del salto vertical y en la capacidad de sprint. Esto puede ser debido al hecho de que los diferentes y específicos regímenes de potenciación post-activación pueden optimizar las tareas funcionales relacionadas mejorando los rendimientos orientados en la producción de la fuerza [27].

Las contracciones de alta intensidad de corta duración son conocidas de mejorar el rendimiento muscular explosivo subsecuente aumentando la actividad del sistema nervioso central. Este fenómeno neural también fue supuesto de ocurrir cuando los ejercicios pliométricos de alta intensidad preceden los ejercicios de fuerza muscular máxima. De hecho, los ejercicios pliométricos pueden provocar una potenciación de la fuerza muscular mejorando la potencia, la explosividad y el rendimiento dinámico [11]. Al parecer, los ejercicios de alta intensidad de corta duración como los saltos en caída pueden aumentar el reclutamiento de unidades motoras del alto umbral, contribuyendo a mejorar los ejercicios explosivos subsecuentes [28]. En efecto, ya se reportó un aumento agudo en la capacidad de los atletas para aplicar niveles mayores de fuerza contra el suelo después de tareas de saltos en caída vertical que apoya la importancia de las fuerzas de reacción verticales del suelo como un componente cinético clave para las acciones explosivas verticales [27]. También, las acciones horizontales parecen beneficiarse de los ejercicios pliométricos post-activación, en parte porque estos ejercicios tienen una gran especificidad biomecánica (por ejemplo, los tiempos de contacto al suelo) al sprint [29]. En el presente estudio, realizando 4 series de 5 saltos seguidos de salto bilateral fue eficaz en atenuar las pérdidas en las capacidades de salto y de sprint en el curso de tiempo entre el final del WU y el inicio del partido. Estos resultados muestran que el sprint también puede mejorarse agudamente a través de la realización de ejercicios de salto. El hecho de que la intervención PLYO incluyó tanto ejercicios orientados de salto vertical (es decir, saltos en caída) como de salto horizontal (es decir, skippings bilaterales), parece confirmar que los ejercicios específicos de potenciación post-activación inducen mejoras agudas del rendimiento en tareas similares de orientación de la fuerza (ver Fig. 3).

La capacidad para realizar cambios de dirección (COD) al correr es un factor importante para el rendimiento exitoso en los deportes de equipo. Ya fue demostrado que los COD mejora la actividad muscular de los miembros inferiores cuando se compara con los sprints lineales [30], que pueden relacionarse a fuerzas laterales sustanciales aplicadas sobre el suelo [31]. Es más, sprints con COD de 90° parecen provocar una actividad EMG muscular mayor cuando es comparado con un ángulo de COD inferior como 45°, probablemente debido a las demandas mecánicas más altas de los patrones de desaceleración y re-aceleración [13]. Como la investigación presente usó actividades de R-WU con RCOD con ángulos de 100°, se supone que la cinemática y las demandas metabólicas de esta tarea elicitaron efectos de potenciación similar como lo observado en PLYO, con un COD de alta intensidad de corta duración que contribuye a mejorar el rendimiento explosivo subsecuente en las tareas orientadas en los planos vertical y horizontal (ver Fig. 3). Ya que esta estrategia de R-WU fue aplicada 6 minutos después del WU y duró por aproximadamente 2 minutos, parece ser que el equilibrio entre la activación muscular y el tiempo de recuperación produjo una potenciación del rendimiento. De hecho, el rendimiento óptimo ocurre cuando la fatiga se supera y el efecto potenciado aún existe [32].

Porque niveles más bajos de fuerza de los isquiotibiales son indicado de aumentar el riesgo de lesiones de esos músculos [33], el ejercicio de isquiotibiales Nórdico se ha propuesto como un ejercicio importante para aumentar la fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales y disminuir la probabilidad de lesiones en jugadores de fútbol. Sin embargo, la familiarización y la historia de la carga de entrenamiento pueden influir sobre los efectos agudos del ejercicio Nórdico sobre el rendimiento físico. Por esa razón, el programa FIFA 11+ de prevención de lesiones hace pensar en un número diferente de series y repeticiones para jugadores novicios, intermedios y experimentados [34]. Generalmente, el ejercicio excéntrico induce daño muscular derivado del alargamiento excesivo y de los sarcómeros deteriorados, que pueden dañar en forma aguda la fuerza muscular de contracción voluntaria [35]. También, la relación de longitud-tensión del músculo puede alterarse durante el ejercicio excéntrico [35]. Por ejemplo, el ejercicio Nórdico implica alteraciones en la relación de longitud-tensión de los isquiotibiales, con un cambio en el ángulo de torque pico en las longitudes más largas [36]. Como la fatiga puede ocurrir debido a los efectos perjudiciales mecánicos relacionados a la ruptura de la arquitectura miofibrilar y, puesto que el daño muscular es proporcional a la intensidad contráctil previa [37], se supone que el ejercicio Nórdico lleva a un trauma mecánico mayor que podría exigir una fase de recuperación más larga para inducir hipotéticamente efectos positivos por más tiempo. Todos estas adaptaciones agudas neuromusculares al ejercicio excéntrico producen un deterioro del rendimiento muscular explosivo como quedó demostrado por el efecto dañino de esta estrategia de R-WU en las capacidades del salto vertical y del sprint. Es interesante observar que el test de AJ no fue empeorado severamente, lo que podría indicar que el uso del balanceo de brazos representa un factor importante para superar los efectos agudos negativos inducidos por el ejercicio excéntrico.

Se han investigado intervenciones de re-activación exclusivamente durante los entretiempos y parece consensual que este R-WU es superior a ningún R-WU para mantener o mejorar el rendimiento físico. Sin embargo, hasta este momento ningún dato estaba disponible para clarificar si las actividades de R-WU también son válidas en el hueco de tiempo entre el final del WU y el comienzo del partido. Este estudio demuestra que las intervenciones PLYO y RCOD son tareas de post-activación simples y prácticas que inducen efectos positivos agudos sobre las capacidades de salto vertical y de sprint. No obstante, los técnicos deben ser conscientes de que los jugadores pueden experimentar niveles disímiles de fatiga después de intervenciones de R-WU y que las respuestas agudas individuales pueden emerger del mismo ejercicio de post-activación. Una limitación de este estudio es que se consideraron sólo los efectos agudos del R-WU. Por esa razón, los estudios futuros deben investigar el curso del tiempo de los efectos de las diferentes actividades del R-WU en los perfiles de la carga de trabajo interna y externa de los jugadores de fútbol.

APLICACIONES PRÁCTICAS

Este estudio exploró los efectos agudos del R-WU realizado en el hueco de tiempo entre el final del WU y el comienzo del partido. Los resultados principales fueron:

- * R-WU ejercita como los ejercicios pliométricos y cambios de dirección repetidos es las actividades simples, rápidas y eficaces para atenuarse las pérdidas en la potencia durante el salto vertical y actividades del sprint después de WU.
- * Los ejercicios excéntricos como los Isquiotibiales Nórdicos pueden ser dañinos al rendimiento físico cuando son realizados inmediatamente antes de un partido de fútbol, particularmente si los jugadores no están acostumbrados con ese ejercicio.
- * Los técnicos deben ser conscientes de una gran inter-variabilidad en la respuesta de las diferentes actividades de R-WU, lo que refuerza la necesidad de una prescripción individual.

CONCLUSIONES

El modo del ejercicio, la intensidad, el tiempo de recuperación, el tipo de contracción del acondicionamiento así como el estado de entrenamiento de los jugadores determinará una respuesta individual ya sea potenciando una tarea de ejercicio subsecuente o induciendo la fatiga [38, 39]. Bajo este alcance, la investigación indica que, generalmente, los efectos del WU de los mecanismos de potenciación post-activación, son más eficaces en los individuos bien entrenados en lugar de los atletas recreativos, probablemente debido a su capacidad de reclutar más unidades motoras a una cadencia de estimulación superior durante el ejercicio de acondicionamiento [40]. Por esta razón, los técnicos deben determinar el modo del ejercicio óptimo de cada individuo para optimizar el efecto positivo de la actividad del R-WU en respuesta del rendimiento de los jugadores después del WU. Las intervenciones PLYO y RCOD son actividades de post-activación

eficaces que inducen efectos positivos agudos en la capacidad de salto vertical y de sprint. Las investigaciones futuras deben enfocarse en los efectos que distintas actividades de R-WU pueden tener a través de los 90 minutos de un partido competitivo.

REFERENCIAS

1. Towson C, Midgley AW, Lovell R. (2013). Warm-up strategies of professional soccer players: practitioners' perspectives. *J Sports Sci.* 2013;31(13):1393-401.
2. Sale D. (2004). Postactivation potentiation: role in performance. *Br J Sports Med.* 2004;38(4):386-7.
3. Wilson JM, Duncan NM, Marin PJ, Brown LE, Loenneke JP, Wilson SM, et al. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *J Strength Cond Res.* 2013;27(3):854-9.
4. Russell M, West DJ, Harper LD, Cook CJ, Kilduff LP. (2015). Half-Time Strategies to Enhance Second-Half Performance in Team-Sports Players: A Review and Recommendations. *Sports Med.* 2015;45(3):353-64.
5. Edholm P, Krusturup P, Randers MB. (2015). Half-time re-warm up increases performance capacity in male elite soccer players. *Scand J Med Sci Spor.* 2015;25(1):E40-E9.
6. Sargeant AJ. (1987). Effect of Muscle Temperature on Leg Extension Force and Short-Term Power Output in Humans. *Eur J Appl Physiol O.* 1987;56(6):693-8.
7. Kilduff LP, West DJ, Williams N, Cook CJ. (2013). The influence of passive heat maintenance on lower body power output and repeated sprint performance in professional rugby league players. *J Sci Med Sport.* 2013;16(5):482-6.
8. Bishop D. (2003). Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Med.* 2003;33(7):483-98.
9. Mjolsnes R, Arnason A, Osthagen T, Raastad T, Bahr R. (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Spor.* 2004;14(5):311-7.
10. Proske U, Morgan DL. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol-London.* 2001;537(2):333-45.
11. Fatouros IG, Jamurtas AZ, Leontsini D, Taxildaris K, Aggelousis N, Kostopoulos N, et al. (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res.* 2000;14(4):470-6.
12. Dellal A, Keller D, Carling C, Chaouachi A, Wong DP, Chamari K. (2010). Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players. *J Strength Cond Res.* 2010;24(12):3219-26.
13. Hader K, Mendez-Villanueva A, Palazzi D, Ahmaidi S, Buchheit M. (2016). Metabolic Power Requirement of Change of Direction Speed in Young Soccer Players: Not All Is What It Seems. *PloS one.* 2016;11(3):e0149839.
14. McGowan CJ, Pyne DB, Thompson KG, Rattray B. (2015). Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. *Sports Med.* 2015;45(11):1523-46.
15. Fredrick GA, Szymanski DJ. (2001). Baseball (Part I): Dynamic flexibility. *Strength Cond J.* 2001;23(1):21-30.
16. Sayers A, Sayers BE. (2008). The Nordic Eccentric Hamstring Exercise for Injury Prevention in Soccer Players. *Strength Cond J.* 2008;30(4):56-8.
17. Wong DP, Chan GS, Smith AW. (2012). Repeated-Sprint and Change-of-Direction Abilities in Physically Active Individuals and Soccer Players: Training and Testing Implications. *J Strength Cond Res.* 2012;26(9):2324-30.
18. Hoff J, Helgerud J. (2004). Endurance and strength training for soccer players—Physiological considerations. *Sports Med.* 2004;34(3):165-80.
19. Quagliarella L, Sasanelli N, Belgiovine G, Moretti L, Moretti B. (2010). Evaluation of Standing Vertical Jump by Ankles Acceleration Measurement. *J Strength Cond Res.* 2010;24(5):1229-36.
20. Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. (1983). A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping. *Eur J Appl Physiol O.* 1983;50(2):273-82.
21. Sotiropoulos K, Smilios I, Christou M, Barzouka K, Spaias A, Douda H, et al. (2010). Effects of warm-up on vertical jump performance and muscle electrical activity using half-squats at low and moderate intensity. *Journal of Sports Science and Medicine.* 2010;9(2):326-31.
22. Di Salvo V, Baron R, Tschann H, Montero FJ, Bachl N, Pigozzi F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med.* 2007;28(3):222-7.
23. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. (2005). Physiology of soccer—An update. *Sports Med.* 2005;35(6):501-36.
24. Hopkins WG. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med.* 2000;30(1):1-15.
25. Hopkins WG. (2006). Spreadsheets for analysis of controlled trials, with adjustment for a subject characteristic. *Sportscience.* 2006;10:46-50.
26. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. (2009). Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. *Med Sci Sport Exer.* 2009;41(1):3-12.
27. Dello Iacono A, Martone D, Padulo J. (2016). Acute Effects of Drop-Jump Protocols on Explosive Performances of Elite Handball Players. *J Strength Cond Res.* 2016;30(11):3122-33.
28. Masamoto N, Larson R, Gates T, Faigenbaum A. (2003). Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. *J Strength Cond Res.* 2003;17(1):68-71.

29. Byrne PJ, Kenny J, O' Rourke B. (2014). Acute Potentiating Effect of Depth Jumps on Sprint Performance. *J Strength Cond Res.* 2014;28(3):610-5.
30. Fauth ML, Petushek EJ, Feldmann CR, Hsu BE, Garceau LR, Lutsch BN, et al. (2010). Reliability of Surface Electromyography during Maximal Voluntary Isometric Contractions, Jump Landings, and Cutting. *J Strength Cond Res.* 2010;24(4):1131-7.
31. Schot P, Dart J, Schuh M. (1995). Biomechanical analysis of two change-of-direction maneuvers while running. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy.* 1995;22(6):254-8.
32. Hodgson M, Docherty D, Robbins D. (2005). Post-activation potentiation—Underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Med.* 2005;35(7):585-95.
33. Opar DA, Williams MD, Shield AJ. (2012). Hamstring Strain Injuries Factors that Lead to Injury and Re-Injury. *Sports Med.* 2012;42(3):209-26.
34. Barengo NC, Meneses-Echavez JF, Ramirez-Velez R, Cohen DD, Tovar G, Bautista JEC. (2014). The Impact of the FIFA 11+ Training Program on Injury Prevention in Football Players: A Systematic Review. *Int J Env Res Pub He.* 2014;11(11):11986-2000.
35. Proske U, Allen TJ. (2005). Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. *Exercise and sport sciences reviews.* 2005;33(2):98-104.
36. Brockett CL, Morgan DL, Proske U. (2001). Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(5):783-90.
37. Banister EW, Carter JB, Zarkadas PC. (1999). Training theory and taper: validation in triathlon athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1999;79(2):182-91.
38. Brandenburg JP. (2005). The acute effects of prior dynamic resistance exercise using different loads on subsequent upper-body explosive performance in resistance-trained men. *J Strength Cond Res.* 2005;19(2):427-32.
39. Tillin NA, Bishop D. (2009). Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. *Sports Med.* 2009;39(2):147-66.
40. Chiu LZF, Fry AC, Weiss LW, Schilling BK, Brown LE, Smith SL. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *J Strength Cond Res.* 2003;17(4):671-7.

Cita Original

Abade E, Sampaio J, Gonçalves B, Baptista J, Alves A, Viana J (2017) Effects of different re-warm up activities in football players performance. *PLoS ONE* 12(6) e0180152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180152>