

Article

Efectos de la Inmersión Inmediata y Retrasada en Agua Fría luego de una Sesión de Ejercicio de Alta Intensidad sobre el Subsiguiente Rendimiento en Carrera

Ned Brophy-Williams¹, Grant Landers¹ y Karen Wallman¹¹*School of Sport Science, Exercise and Health, the University of Western Australia.*

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la inmersión en agua fría (CWI) inmediatamente o 3 h después de una sesión de ejercicio intervalado de alta intensidad (HIIS) sobre el rendimiento físico evaluado el día posterior. Ocho atletas varones realizaron tres HIIS al 90% de la velocidad al V O₂máx seguido de una recuperación pasiva (CON), CWI inmediatamente post ejercicio [CWI(0)] o CWI realizado 3 h post ejercicio [CWI(3)]. Las pruebas de recuperación se llevaron a cabo en orden contrabalanceado. Los participantes retornaron a las 24 hs y completaron un cuestionario sobre dolor muscular y sobre la percepción de la calidad de la recuperación total (TQRP), y posteriormente llevaron a cabo el Yo-Yo test de recuperación intermitente [Nivel 1] (YRT). Antes de la sesión de ejercicio intervalado y antes de la realización del YRT se recolectaron muestras de sangre para determinar los niveles de Proteína-C Reactiva (CRP). Luego de la condición CWI(0) se completaron más palieres del YRT que luego de la condición CON ($p = 0.017$, EE = 0.8), mientras que las diferencias entre las condiciones CWI(0) y CWI(3) se aproximaron a la significancia ($p = 0.058$, EE = 0.5). El rendimiento en el YRT entre las condiciones CWI(0) y CWI(3) fue similar ($p = 0.147$, EE = 0.3). Los análisis cualitativos indicaron que las condiciones CWI (0) y CWI(3) tuvieron una probabilidad de provocar un efecto beneficioso del 98% y del 92% sobre el rendimiento de carrera en el día posterior, en comparación con la condición CON, mientras que la condición CWI(0) tuvo una probabilidad del 79% de provocar un efecto beneficioso en comparación con la condición CWI(3). Los valores de CRP fueron significativamente menores antes del YRT, en comparación con los obtenidos al inicio y luego de las condiciones CWI(0) ($p = 0.036$) y CWI(3) ($p = 0.045$), pero fueron similares a los obtenidos en la condición CON ($p = 0.157$). Los valores del dolor muscular fueron similares entre las condiciones ($p = 1.10$), mientras que los valores del TQRP fueron significativamente menores para la condición CON que para las condiciones CWI(0) ($p = 0.002$) y CWI(3) ($p = 0.024$). La CWI inmediata resultó en un rendimiento superior en el YRT en comparación con la condición CON, mientras que la CWI retrasada (3 horas) también fue beneficiosa. Los análisis cualitativos sugieren que la CWI(0) resultaron en un mejor rendimiento que la CWI(3). Estos resultados son importantes para aquellos atletas que no tienen un acceso inmediato a la CWI luego del ejercicio.

Palabras Clave: recuperación, inmersión en agua fría, proteína C reactiva, yoyo test

INTRODUCCIÓN

La recuperación, la vuelta del cuerpo a su estado pre ejercicio (Tomlin and Wenger, 2001), es un componente integral de cualquier programa de entrenamiento para deportistas (Cochrane, 2004). La recuperación es particularmente relevante para los deportistas debido al deseo implícito de estos individuos de tener un rendimiento óptimo durante los subsiguientes eventos deportivos. Si bien muchos deportistas pueden participar en eventos deportivos en forma intermitente, por ejemplo los eventos de pista, puede ocurrir que los eventos se lleven a cabo en días consecutivos o en el mismo día, como por ejemplo cuando el atleta participa en diferentes eventos (Montgomery et al., 2008). Esto hace que el proceso de recuperación entre las participaciones deportivas sea extremadamente importante.

Hasta el momento, se han evaluado numerosos métodos de recuperación activa y pasiva tales como la reposición de carbohidratos, los estiramientos, los masajes, y siendo la inmersión en agua un método popular (Cochrane, 2004; Halson et al., 2008). Un reciente estudio llevado a cabo por Ingram et al (2009) reportó que la inmersión en agua fría (CWI), en oposición a la terapia de contrastes (inmersión en agua caliente y fría) y a la condición de control, resultó en un más rápido retorno al rendimiento inicial (carrera) en atletas varones. Los beneficios de la CWI sobre la recuperación post ejercicio han sido atribuidos tanto a la presión hidrostática del agua, así como también a la temperatura de la misma, habiéndose reportado que ambos factores evocan diversos mecanismos que pueden atenuar las consecuencias físicas del ejercicio (i.e., comienzo retrasado del dolor muscular), en particular, la reducción de la inflamación y el edema (Wilcock et al., 2006). Esto es importante ya que la inflamación y el edema provocan rigidez, reducción del rango de movimiento, pérdida de fuerza y dolor (Wilcock et al., 2006) lo cual afecta negativamente el movimiento físico y por lo tanto el rendimiento durante el ejercicio. Se ha observado que durante la CWI se produce un efecto analgésico (Vaile et al., 2008), que podría contribuir adicionalmente a los beneficios de esta modalidad de recuperación.

Actualmente, pocos estudios han investigado los efectos de la CWI sobre el rendimiento de ejercicio en un día subsiguiente (Bosak et al., 2006; Ingram et al., 2009; Lane and Wenger, 2004; Vaile et al., 2008). Este es un aspecto importante para aquellos atletas involucrados en eventos que requieren la participación a lo largo de varios días. Además, para nuestro conocimiento, hasta la fecha solo un estudio ha examinado los efectos de una intervención retrasada de recuperación posterior a una sesión de ejercicio sobre el rendimiento de ejercicio realizado a las 24 hs posteriores a la sesión inicial (Lum et al., 2009). Estos investigadores reportaron que la recuperación mediante natación (en comparación con la condición de control) llevada a cabo 10 h luego de una sesión inicial de ejercicio de alta intensidad tuvo un efecto beneficioso sobre el rendimiento en una sesión de ejercicio hasta el agotamiento llevada a cabo el día posterior a la primera sesión de ejercicio. Se requieren estudios adicionales para valorar el efecto de una sesión retrasada de CWI, ya que podrían pasar varias horas antes de que un atleta pueda acceder a los procedimientos de recuperación luego de una sesión de ejercicio. Esto es comúnmente observado en deportes en los cuales los deportistas compiten en eventos que se encuentran a una distancia razonable de su hogar, tal como en el tenis o los deportes de conjunto, particularmente cuando se compete en áreas rurales.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue investigar los efectos de la CWI realizada 3 h después de una sesión de ejercicio de alta intensidad, en comparación con una CWI realizada inmediatamente después de la sesión de ejercicio y con la recuperación pasiva, sobre el rendimiento de carrera en el día posterior. Se hipotetizó que la CWI inmediata produciría los mayores beneficios, en relación con el rendimiento de carrera en el día posterior, debido a las consecuencias inmediatas de la CWI sobre los procesos inflamatorios. También se hipotetizó que la CWI llevada a cabo 3 h post ejercicio resultaría en un mejor rendimiento en el día posterior que la recuperación pasiva.

MÉTODOS

Ocho atletas varones bien entrenados (Fútbol Australiano, n = 7; Hockey, n = 1), que competían al mayor nivel amateur en su deporte, fueron reclutados para participar en este estudio. Los valores medios (\pm desviación estándar) para la edad, la talla, la masa corporal y el $V O_2$ máx fueron 20.9 ± 1.2 años, 1.84 ± 0.05 m, 79.4 ± 6.0 kg y 56.1 ± 4.6 ml·kg⁻¹·min⁻¹, respectivamente. Los participantes se encontraban en la fase competitiva de la temporada y no presentaban lesiones al momento de las evaluaciones. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética para la Investigación con Humanos de la Universidad de Western Australia (UWA). Los participantes fueron informados acerca de los riesgos y beneficios asociados con el estudio y proveyeron su consentimiento informado por escrito antes de su participación.

Los participantes concurren al laboratorio de rendimiento humano de la UEA en siete ocasiones separadas, para una sesión de familiarización parcial y tres pruebas, cada una de las cuales requirió que los participantes retornaran al día

siguiente para la evaluación. Las tres pruebas experimentales consistieron de sesiones de entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIS), seguida de una de tres condiciones de recuperación, presentadas en orden contrabalanceado, para que reducir cualquier efecto potencial del orden. Al siguiente día (24 h después), los participantes retornaron para realizar el Yo-Yo test de recuperación intermitente [nivel 1] (YRT) para valorar cuan bien se habían recuperado del ejercicio realizado en el día previo.

Todas las pruebas se llevaron a cabo al a misma hora del día, pero separadas por al menos una semana. Se les pidió a los participantes que se abstuvieran de consumir alcohol, cafeína y de realizar ejercicios vigorosos en las 24 hs previas a cada sesión de evaluación. También se requirió que los participantes completaran un diario de alimentos que cubriera el período de 24 hs previo y la duración de cada experimento, para que luego se replicara, lo mejor posible, la ingesta dietaria en cada prueba subsiguiente. El diario de alimentos fue monitoreado semanalmente por los investigadores para asegurar su cumplimiento, asegurando así un cumplimiento total.

La sesión de familiarización parcial implicó un test de ejercicio progresivo (GXT) para determinar el $V_{O_2\text{máx}}$ de cada participante y determinar las intensidades de ejercicio adecuadas para las subsiguientes sesiones. El GXT fue llevado a cabo en un tapiz rodante motorizado (Nury Tec VR3000, Germany) utilizando un protocolo discontinuo en escalera con períodos de ejercicio de 3 minutos y períodos de recuperación de 1 minuto. La inclinación del tapiz rodante fue del 1% para replicar condiciones de ejercicio en el exterior (Jones and Doust, 1996). La frecuencia cardíaca (HR) se registró antes de la evaluación y al finalizar cada período de ejercicio (Polar Heart Rate Monitor, Polar Electro, Finland), a la vez que se obtuvieron muestras de sangre capilar tomadas en el lóbulo de la oreja durante cada pausa de un minuto para valorar la concentración plasmática de lactato. Las muestras de sangre fueron subsiguientemente analizadas utilizando un analizador de gases sanguíneos (ABL 625, Radiometer Medical A/S, Copenhagen, Denmark). Las concentraciones de O_2 y $C O_2$ en el aire espirado fueron analizadas continuamente durante el GXT (Ametek Gas Analysers, Applied Electrochemistry, SOV S-3A/1 and COV CD-3A, Pittsburgh, PA). Los analizadores de gases fueron calibrados utilizando gases de concentraciones conocidas (BOC Gases, Chatswood, Australia) antes y después de cada sesión de evaluación. La ventilación fue registrada a intervalos de 15 s mediante un ventilómetro de turbina (Morgan, 225 A, Kent, England), el cual fue calibrado antes y después del ejercicio utilizando una jeringa de 1 L, de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Para determinar el $V_{O_2\text{máx}}$ de cada participante se utilizó la suma de los cuatro valores más altos y consecutivos de V_{O_2} registrados durante el GXT. El test de ejercicio progresivo fue procedido de un período de inmersión de 15 min en agua fría (CWI) para que los participantes se familiarizaran con este procedimiento.

Aproximadamente una semana después de la sesión de familiarización, los participantes arribaron al laboratorio de ejercicio de la UWA a las 1200 hs y se mantuvieron sentados por 10 minutos para permitir que se produjeran los cambios a nivel del plasma sanguíneo antes de la recolección de muestras de sangre venosa. La sangre venosa se recolectó desde la vena cubital media, en el antebrazo, en tubos de recolección con separador de suero de 8.5 mL (SST II Advance, BD Vacutainer, UK) para la medición de la concentración de proteína C reactiva (CRP). La CRP es una proteína sérica de respuesta aguda que desempeña un rol regulador en los procesos inflamatorios y se deposita en sitios en donde se produce la inflamación aguda (Du Clos and Mold, 2004). La CRP fue medida en el laboratorio de patología de un hospital local utilizando un analizador Roche Cobas Integra 800 (Roche Diagnostics Australia) y un kit de ensayo inmunturbidimétrico exaltado con partículas. La absorbancia fue medida a 552 nM. El coeficiente analítico de variación para la determinación de la CRP a 14.85 y 27.15 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ fue del 1.76% y del 2.19% respectivamente.

Inmediatamente después de la extracción de sangre para la valoración de la CRP, los participantes realizaron la entrada en calor previa a la HIIS. La entrada en calor consistió de 5 min de ejercicio en tapiz rodante al 60% de la velocidad al $V_{O_2\text{máx}}$, seguido de 5 minutos de estiramientos. Inmediatamente antes del comienzo de la sesión de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIS) se extrajeron muestras de sangre capilar. La HIIS fue llevada a cabo en el laboratorio y consistió de ocho intervalos, cada uno de 3 min de duración, al 90% de la velocidad al $V_{O_2\text{máx}}$. Entre cada serie se realizaron pausas de un minuto de recuperación pasiva, a la vez que se recolectaron muestras de sangre capilar luego de que se completaran las repeticiones 4 y 8. La frecuencia cardíaca se monitoreó continuamente, tomando lecturas de la misma tanto en reposo como al final de cada intervalo de ejercicio.

Las pruebas de recuperación consistieron de una condición de control [CON] llevada a cabo inmediatamente después de la HIIS, una condición de inmersión en agua fría [CWI(0)] llevada a cabo inmediatamente después de la HIIS o inmersión en agua fría llevada a cabo 3 h después de la HIIS [CWI(3)]. Para la condición CON se requirió que los participantes se mantuvieran sentados durante 15 min en condiciones de laboratorio ($\sim 23^\circ\text{C}$, 43% de humedad relativa). Las dos condiciones CWI consistieron en la inmersión del cuerpo hasta la porción media del esternón en agua a una temperatura de 15°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) durante 15 min. La frecuencia cardíaca se registró inmediatamente antes y después de cada condición experimental.

Los participantes retornaron al laboratorio al siguiente día, 24 h después de la HIIS. Al llegar, los participantes se mantuvieron sentados durante 10 min luego de lo cual se procedió a la recolección de muestras de sangre para la

valoración de los niveles de CRP. Se calculó el porcentaje de cambio en la CRP a partir de los valores basales (pre HIIS) y previos al YRT (24 h después) para realizar las comparaciones entre las pruebas.

La sesión de ejercicio comenzó con una entrada en calor estandarizada de 10 min que consistió un trote de 200 m a un ritmo auto-seleccionado, seguido de dos series (20 m por serie) de saltos con elevaciones de rodilla, elevaciones de talones y carreras laterales. Se llevaron a cabo 5 carreras de 20 m a velocidades progresivamente mayores. Posteriormente los participantes clasificaron su recuperación utilizando la escala de Percepción de la Calidad de la Recuperación Total (*Total Quality Recovery Perception*, TQRP) (Kentta and Hassmen, 1998) y la escala de Likert de 7 puntos para la valoración del dolor muscular. Posteriormente a esto, los participantes realizaron el YRT (Veale et al., 2010). El test se llevó a cabo en el gimnasio sobre un piso de madera.

El YRT es un test que se corre ida y vuelta, similar al *Beep Test*, y requiere la realización de carreras de alta intensidad interesparadas con períodos de recuperación, lo que hace que este test sea aplicable a atletas de pista como a atletas de deportes de conjunto (Bangsbo et al., 2008). El YRT consiste 2 carreras de 20 metros (una ida de 20 metros y la vuelta de 20 metros) realizadas a la velocidad designada por el audio del Yo-Yo test (Helle Thompson, Dopenhagen, Denmark) con un período de recuperación activa luego de cada ida y vuelta. Para la recuperación activa los participantes deben cambiar o trotar (según lo deseen) ida y vuelta sobre una distancia de 5 metros y luego esperar en la línea de partida a la siguiente señal sonora para correr nuevamente (en total se realizan 10 segundos de recuperación). El YRT (nivel 1) comienza a una velocidad de 10 km·h⁻¹ y se incrementa progresivamente a lo largo del test, finalizando el mismo cuando el participante no llega dos veces consecutivas a la línea dentro del tiempo requerido. Luego de la finalización del test, se registró la frecuencia cardíaca y se midieron las concentraciones plasmáticas de lactato. Thomas et al (2006) valoraron la correlación test-retest del YRT (nivel 1) en 16 atletas de deportes de equipo y atletas recreacionales obteniendo un ICC de 0.95 (p<0.01), un error típico de 0.26 (aproximadamente 2 palieres) y un CV% de 1.9% respectivamente.

Análisis Estadísticos

Se calculó la media \pm desviación estándar (DE) para todas las variables. Se utilizó el análisis de varianza ANOVA para medidas repetidas para comparar el rendimiento en el YRT, los parámetros sanguíneos y los resultados psicológicos entre las tres condiciones de recuperación. En el evento de un efecto principal y para determinar con precisión en donde se encontraban las diferencias, se llevaron a cabo comparaciones *post hoc* apareadas. El nivel alfa fue de p<0.05. También se utilizó el tamaño del efecto (ES) y los umbrales de Cohen (<0.5, pequeño; 0.5-0.79, moderado; >0.8, grande) para comparar la magnitud de las diferencias en los cambios de los valores entre las tres pruebas (Cohen, 1988). Solo se reportan aquellos efectos que son de moderados a grandes. Además, se llevó a cabo un análisis adicional para identificar el menor cambio significativo en el rendimiento del YRT entre las tres condiciones experimentales, utilizando el método de Batterham y Hopkins (2006). Esta aproximación representa un método contemporáneo de análisis de datos que utiliza intervalos de confianza para calcular la probabilidad de que un efecto sea clínicamente beneficioso, trivial o dañino (Batterham and Hopkins, 2006). El menor valor de cambio significativo fue establecido a un tamaño del efecto de Cohen de 0.2, representando el menor cambio hipotético del rendimiento en el YRT que podría ser beneficioso para el atleta. En el caso de que un efecto pudiera ser beneficioso o dañino con un coeficiente > al 5% en ambos casos, se estableció que el efecto era "no claro" (Batterham and Hopkins, 2006). En el caso de que una interpretación fuera definitivamente posible, se asignó un descriptor a las siguientes posibilidades cuantitativas de beneficio: 25-75%, posible beneficio, 75-95%, beneficio probable; 95-99%, beneficio muy probable; >99%, beneficio casi seguro (Batterham and Hopkins, 2006).

RESULTADOS

Las condiciones ambientales fueron similares entre las pruebas para las HIIS y las condiciones de recuperación (23.5 \pm 1.2°C, humedad relativa = 40.7 \pm 6.1 %), las cuales fueron llevadas a cabo en el laboratorio de rendimiento. Además, las condiciones ambientales fueron similares entre las pruebas para el YRT (16.3 \pm 1.5°C; humedad relativa, 50.1 \pm 5.9%), las cuales se llevaron a cabo en el gimnasio.

Los resultados mostraron que las medidas fisiológicas del esfuerzo para las HIIS fueron similares entre las pruebas, dado que no se observaron diferencias significativas en los valores de la HR (p = 0.206) y de la concentración plasmática de lactato (p = 0.353) al final del ejercicio. Los valores post ejercicio de la HR y la concentración plasmática de lactato fueron 188 \pm 8, 186 \pm 5 y 189 \pm 7 latidos·min⁻¹ y 8.0 \pm 2, 8.2 \pm 2.3, y 8.7 \pm 2.2 mmol·L⁻¹ para las condiciones CWI(0), CWI(3) y CON, respectivamente.

La Tabla 1 muestra las diferencias en el número de palieres completados en el YRT luego de las condiciones CON, CWI(0) y CWI(3). Se halló un efecto principal significativo para el rendimiento en el YRT (p = 0.010), siendo el número de palieres

completados luego de la condición CWI(0) significativamente mayor que luego de la condición CON ($p = 0.017$). Además, la condición CWI(0) resultó en la realización de 5.5 palieres adicionales. Este resultado fue respaldado por el análisis cualitativo, que derivó en un mayor ES y un coeficiente del 98% (*efecto beneficioso muy probable*) asociado con la condición CWI(0) en comparación con la condición CON (Tabla 2). Además, la diferencia en el rendimiento en el YRT entre las condiciones CWI(3) y CON se aproximaron a la significancia estadística ($p = 0.058$), para lo cual el análisis cualitativo resultó en un efecto beneficioso probable (92%) asociado con la condición CWI(3), así como también en un ES moderado (Tabla 2). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en los palieres completados ($p = 0.147$) entre las condiciones CWI(0) y CWI(3), para lo cual el análisis cualitativo sugirió que la condición CWI(0) tuvo un efecto beneficioso 79% mayor. Asimismo, la concentración plasmática de lactato y los valores de la HR al finalizar el YRT fueron similares entre las pruebas (BLa, $p = 0.956$; HR, $p = 0.578$; Tabla 1).

	CON	CWI(0)	CWI(3)
Palieres Completados	32.4 (5.0)	37.9 (8.6) *	35.7 (7.8)
Lactato Plasmático (mmol·L⁻¹)	7.4 (1.6)	7.3 (1.4)	7.5 (1.2)
Frecuencia Cardíaca (latidos·min⁻¹)	185 (9)	187 (10)	186 (7)

Tabla 1. Resultados del Yo-Yo Test de Recuperación Intermittente (nivel 1) en relación con los palieres completados, la concentración de lactato en sangre y la frecuencia cardíaca para las condiciones de control (CON), la inmersión en agua fría realizada inmediatamente después del ejercicio [CWI(0)] y la inmersión en agua fría realizada 3 h después del ejercicio [CWI(3)]. Los valores son medias (\pm DE, $n = 8$). * Significativamente diferente ($p < 0.05$) de la condición CON.

	CON vs CWI(0)	CON vs CWI(3)	CWI(0) vs CWI(3)
Tamaño del Efecto de Cohen	0.80	0.50	0.30
Cambio Medio \pm Límite de Confianza del 90%	5.5 (0.7)	3.3 (0.6)	2.2 (0.5)
% de Probabilidad de un Efecto Beneficioso (trivial/dañino)	98 (2/0)	92 (7/1)	79 (18/2)

Tabla 2. Análisis cualitativo de los palieres completados luego las condiciones de control (CON), la inmersión en agua fría realizada inmediatamente después del ejercicio [CWI(0)] y la inmersión en agua fría realizada 3 h después del ejercicio [CWI(3)] ($n = 8$).

Los valores de la recuperación percibida (definidos por la TQRP) exhibieron un efecto principal significativo de la prueba ($p = 0.003$). Los índices fueron significativamente menores luego de la condición CON en comparación con las condiciones CWI(0) y CWI(3) ($p = 0.002$ y $p = 0.024$, respectivamente). Los valores del TQRP fueron 12.6 ± 1.7 , 15.2 ± 2.0 y 14.2 ± 1.6 para las condiciones CON, CWI(0) y CWI(3) respectivamente. Con respecto al dolor muscular, no se halló un efecto principal de la condición ($p = 0.110$). Los valores de los índices de dolor muscular fueron 4.2 ± 1.7 , 5.6 ± 1.3 y 5.0 ± 1.2 , para las condiciones CON, CWI(0) y CWI(3).

La Figura 1 muestra el porcentaje de cambio en los niveles de CRP registrados inmediatamente antes de la HIIS (basal) y 24 h después (antes del YRT) para las condiciones CON, CWI(0) y CWI(3). Se observó un efecto principal ($p = 0.046$), en donde las comparaciones pos hoc indicaron que la condición CWI(0) fue significativamente diferente de la condición CON ($p = 0.018$) 24 hs después de la HIIS. La diferencia entre la condición CON y la condición CWI(3) se aproximó a la significancia ($p = 0.073$), mientras que no se hallaron diferencias significativas entre las dos condiciones CWI ($p = 0.464$). Dentro de las condiciones, los valores de la CRP fueron significativamente menores luego de la HIIS en comparación con los niveles posteriores a la CWI (CWI(0), $p = 0.036$ y CWI(3), $p = 0.045$), mientras que no se observaron cambios entre los niveles de la CRP asociados con la condición CON ($p = 0.157$).

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue investigar los efectos de la CWI realizada tanto inmediatamente como a las 3 h posteriores a una HIIS sobre el rendimiento en el YRT 24 hs después y en comparación a una condición de control de recuperación pasiva. Los resultados mostraron que la CWI inmediata mejoró el rendimiento en el YRT en comparación con la condición CON, mientras que la diferencia entre la condición CWI(3) y CON se aproximó a la significancia. Estos resultados fueron respaldados por análisis cualitativos que sugirieron un “beneficio muy probable” y un “beneficio probable” asociado con la CWI(0) y la CWI(3), respectivamente y en comparación con la condición CON; así como también un ES moderado a grande. Además, los niveles de CRP pre-YRT fueron significativamente menores que los medidos pre-HIIS (basal) luego de la CWI, proveyendo evidencia de un beneficio asociado con esta forma de recuperación. Si bien no se observaron diferencias significativas en el rendimiento durante el YRT luego de la CWI(0) y la CWI(3), el análisis cualitativo indicó que la CWI(0) tuvo un efecto beneficioso 79% mayor. Además, los similares valores de HR y lactato sanguíneo obtenidos al final del YRT en las pruebas (Tabla 2), a pesar de la mejora en el rendimiento de ejercicio luego de ambas condiciones CWI, respalda adicionalmente los beneficios asociados con la CWI ya sea inmediata o retrasada (3 h).

Similarmente al presente estudio, otros investigadores han reportado que la CWI realizada inmediatamente post-ejercicio resultó beneficiosa para el rendimiento de ejercicio llevado a cabo 1 h después (en comparación con la recuperación activa; Vaile et al., 2010) y 24 h después (en comparación con la recuperación pasiva; Bosak et al, 2006; Lane and Wenger, 2004) de la inmersión. Además, Ingram et al (2009) reportaron una mejora en el rendimiento de esprints realizados 48 h después de la CWI que fue llevada a cabo tanto inmediatamente después como 24 h después de un ejercicio exhaustivo (en comparación con la inmersión de contrastes y la condición de control); mientras que Vaile et al (2008) hallaron una mejora en el rendimiento de ciclismo a lo largo de cinco días consecutivos de ejercicio en los cuales se realizó una CWI inmediata y en comparación con la recuperación pasiva y la inmersión en agua caliente.

Interesantemente, el presente estudio también demostró que la CWI retrasada (3 h) puede proveer beneficios para el rendimiento del ejercicio realizado al siguiente día en comparación con la condición de control. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Lum et al (2009), en cuyo estudio los participantes realizaron una sesión de entrenamiento interválico de alta intensidad seguida por una sesión de recuperación basada en natación 10 h después o una sesión de recuperación pasiva, y un test de carrera hasta el agotamiento realizado 24 h después.

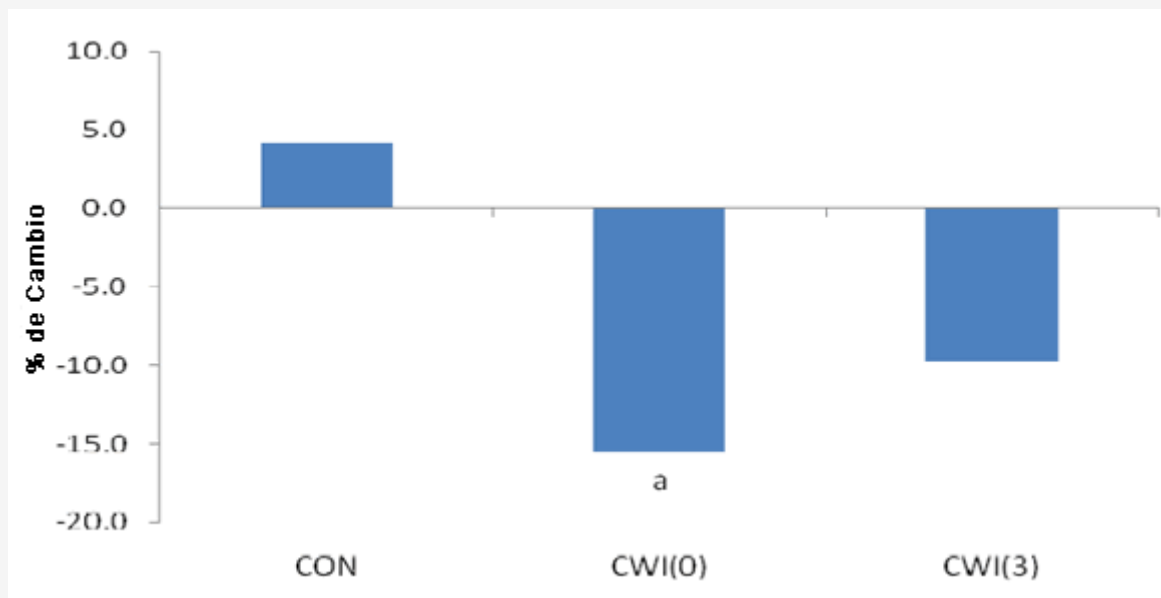


Figura 1. Porcentaje de cambio para los niveles de proteína C reactiva (CRP) entre la medición realizada antes de la sesión de entrenamiento interválico de alta intensidad (basal) y la medición realizada 24 h después (antes del Yo-Yo Test de Recuperación Intermittente) en las condiciones de control (CON: $4.1 \pm 10.6\%$), inmersión en agua fría realizada inmediatamente después del ejercicio [CWI(0): $-15.5 \pm 18.8\%$] e inmersión en agua fría realizada 3 horas después del ejercicio [CWI(3): $-9.8 \pm 14.1\%$]. $N = 8$. El símbolo (a) denota diferencia significativa con la condición CON ($p < 0.05$).

Los resultados de este estudio mostraron que la sesión de recuperación a base de natación resultó en un tiempo hasta el agotamiento significativamente mayor durante el test realizado a las 24 h (830 ± 198 s vs 728 ± 183 s; $p = 0.05$). Los autores sugirieron que los beneficios asociados con el rendimiento físico luego de la sesión de recuperación a base de natación estaban asociados con presión hidrostática del agua que resultó en una reducción de la respuesta inflamatoria, determinada mediante la reducción significativa de los niveles circulantes de CRP medidos 24 h después de la sesión inicial de ejercicio (Lum et al., 2009). De acuerdo con Wilcock et al (2006) la presión hidrostática puede reducir la severidad del edema inducido por el ejercicio, así como también la infiltración de monocitos y leucocitos dentro de la célula, resultando en la reducción de los niveles de enzimas inflamatorias que escapan desde la célula muscular hacia la sangre. También es probable que la temperatura del agua tenga un efecto positivo sobre el rendimiento físico subsiguiente. Se ha propuesto que la inmersión en agua fría reduce la inflamación al provocar vasoconstricción (Peiffer et al., 2009) reduciendo el flujo sanguíneo periférico (Sramek et al., 2000; Vaile et al., 2010). La vasoconstricción reduce la permeabilidad de los vasos sanguíneos celulares, linfáticos y capilares, lo cual enlentece la difusión de fluidos hacia el espacio intersticial, limitando así el edema (Eston and Peters, 1999). Además, la CWI ha mostrado inducir un incremento en el volumen latido y en el gasto cardíaco (Gabrielsen et al., 2002; Lollgen et al., 1981; Sramek et al., 2000) resultando en un incremento del flujo sanguíneo que asiste en el mantenimiento de la temperatura central. Se ha propuesto que este proceso atenúa el flujo sanguíneo hacia los músculos con traumatismo (Thorsson et al., 1985; Vaile et al., 2010) reduciendo la inflamación y mejorando la recuperación. Por lo tanto, la aplicación de CWI debería atenuar el edema (Arnheim and Prentice, 1993). Es importante señalar que, la reducción de la inflamación y la hinchazón, también resulta en una reducción del dolor y la pérdida de la producción de fuerza asociada con la inflamación (Wilcock et al., 2006).

Similarmente al estudio de Lum et al (2009), en el presente estudio se observó una reducción de los niveles circulantes de CRP 24 h después de la sesión inicial de ejercicio post- CWI, sugiriendo que el efecto positivo de la presión hidrostática y la temperatura del agua redujeron la respuesta inflamatoria, y siendo esta la causa principal de la mejora en el rendimiento físico subsiguiente. Estos efectos de la CWI podrían brindar cierta información acerca de las pequeñas diferencias (ns) en el rendimiento físico entre las condiciones CWI(0) y CWI(3), ya que la CWI realizada inmediatamente después de la HIIS podría haber actuado para limitar el edema casi inmediatamente, mientras que la CWI retrasada podría haber resultado en la reducción parcial de la inflamación y del edema que se produjo en el período de 3 h entre la HIIS y la inmersión.

La reducción de la respuesta inflamatoria en el presente estudio (determinada a partir de la medición de los niveles de CRP medidos luego de ambas condiciones de CWI) también podría explicar los valores significativamente mayores de recuperación percibida (TQRP) registrados luego de las condiciones CWI(0) y CWI(3) en comparación con la condición de control. Este resultado es similar al obtenido por Suzuki et al (2004) quienes reportaron una mejora en índices psicológicos (*Profile of Mood State Questionnaire*) relacionada con la recuperación mediante ejercicios acuáticos y en comparación con la recuperación pasiva, luego de un partido de rugby. En contraste, Lum et al (2009) no hallaron diferencias significativas en los valores de la recuperación percibida, valorada mediante el TQRP, entre una recuperación mediante ejercicios acuáticos y la recuperación pasiva, luego de una sesión de entrenamiento interválico de alta intensidad. Sin embargo, este resultado puede deberse al mayor retraso para realizar la recuperación acuática en comparación con el presente estudio (10 h vs 3 h); lo cual podría haber sido percibido por los participantes como un período demasiado largo como para resultar en un efecto beneficioso. Además, hasta la fecha solo algunas publicaciones han utilizado la escala TQRP, por lo que es difícil establecer tendencias entre los estudios.

De acuerdo con estudios previos que han utilizado la CWI post ejercicio (Bosak et al., 2006; Eston and Peters, 1999; Sellwood et al., 2007); en el presente estudio, los índices de dolor muscular no difirieron entre las condiciones. Estos resultados difieren de otros estudios que han reportado una reducción en la sensación de dolor muscular luego de la CWI (Bailey et al., 2007; Ingram et al., 2009). Las diferencias en los resultados de los diferentes estudios puede deberse a la utilización de diferentes escalas para la valoración del dolor muscular (i.e., diferentes escalas análogas visuales), diferentes protocolos de ejercicio inicial (i.e., diferentes duraciones, modos y grupos musculares implicados), diferentes temperaturas del agua (rango de 5 a 15°C), diferencias en las partes corporales expuestas a la inmersión (i.e., codos o piernas en oposición a la inmersión hasta el ombligo o hasta el nivel de las espinas anteriores superiores), así como también a diferencias en la duración de la inmersión (sesiones en las que se realizó una inmersión intermitente de 3×1 min a sesiones de inmersiones continuas de 15 min). Sin embargo, los resultados del presente estudio demuestran que la sensación de dolor muscular tiene un efecto mínimo sobre el rendimiento físico subsiguiente.

CONCLUSIONES

En resumen, los análisis cuantitativos y cualitativos demostraron que la CWI realizada inmediatamente después de una HIIS resultó en un mejor rendimiento de carrera (YRT), mientras que la CWI retrasada (3 h) también pudo tener un probable efecto beneficioso sobre el rendimiento en el YRT en comparación con la condición de control. Es importante

señalar que el mayor beneficio estuvo asociado con la CWI inmediata. Esta información es pertinente para los atletas, particularmente para aquellos que no tienen acceso inmediato a las instalaciones de recuperación luego de que realizan ejercicios o competencias.

Puntos Clave

- La utilización de inmersión en agua fría como procedimiento de recuperación posterior al ejercicio es mejor que no realizar ningún procedimiento de recuperación.
- Los deportistas, entrenadores y preparadores físicos deberían implementar la inmersión en agua fría post ejercicio sin importar el momento en que se realiza.
- Cuando sea posible, la inmersión en agua fría debería realizarse inmediatamente pos ejercicio para obtener los máximos beneficios de esta táctica de recuperación.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer el respaldo económico recibido por la UWA.

REFERENCIAS

1. Arnheim, D.D. and Prentice, W.E (1993). Therapeutic modalities. In: *Principles of athletic training. 8th edition. Missouri, Mosby Year Book*
2. Bailey, D.M., Erith, S.J., Griffin, P.J., Dowson, A., Brewer, D.S., Gant, N. and Williams, C (2007). Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *Journal of Sports Science* 25(11),1163-1170
3. Bangsbo, J., Iaia, M. and Krstrup, P (2008). The yoyo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine* 38(1), 37-51
4. Batterham, A.M. and Hopkins, W.G (2006). Making meaningful inferences about magnitudes. *International Journal of Sports Physiology & Performance* 1(1), 50-57
5. Bosak, A., Bishop, P., Smith, J., Green, M., Richardson, M. and Iosia M (2006). Impact of cold water immersion on 5km racing performance. *Medicine & Science in Sport & Exercise* 38 (5), S233
6. Cochrane, D.J (2004). Alternating hot and cold water immersion for athlete recovery: a review. *Physical Therapy in Sport* 5(1), 26-32
7. Cohen, J (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd edition. New Jersey, Lawrence Earlbaum Associates
8. Du Clos, T.W. and Mold, C (2004). C-Reactive Protein: An activator of innate immunity and a modulator of adaptive immunity. *Immunologic Research* 30(3), 261-267
9. Eston, R. and Peters, D (1999). Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Journal of Sports Science* 17(3), 231-238
10. Gabrielsen, A., Pump, B., Bie, P., Christensen, N.J., Warberg, J. and Norsk, P (2002). A trial distension, haemodilution, and acute control of renin release during water immersion in humans. *Acta Physiology Scandinavia* 174(2), 91-99
11. Halson, S.L., Quod, M.J., Martin, D.T., Gardner, A.S., Ebert, T.R. and Laursen, P.B (2008). Physiological responses to cold water immersion following cycling in the heat. *International Journal of Sports Physiological Performance* 3(3), 331-346
12. Ingram, J., Dawson, B., Goodman, C., Wallman, K. and Beilby, J (2009). Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport* 12(3), 417-421
13. Jones, A.M. and Doust, J.H (1996). A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *Journal of Sports Science* 14(4), 321-327
14. Kentta, G. and Hassmen, P (1998). Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Medicine* 26(1), 1-16
15. Lane, K.N. and Wenger, H.A (2004). Effect of selected recovery conditions on performance of repeated bouts of intermittent cycling separated by 24 hours. *Journal of Strength & Conditioning Research* 18(4), 855-860
16. Lum, D., Landers, G. and Peeling, P (2009). Effects of a recovery swim on subsequent running performance. *International Journal of Sports Medicine* 330(1), 1-5
17. Lollgen, H., Nieding, G., Koppenhagen, K., Kersting, F. and Just, H (1981). Hemodynamic response to graded water immersion. *Journal of Molecular Medicine* 59(12), 623-628
18. Montgomery, P.G., Pyne, D.B., Cox, A.J., Hopkins, W.G., Minahan, C.L. and Hunt, P.H (2008). Muscle damage, inflammation, and recovery interventions during a 3-day basketball tournament. *European Journal of Sport Science* 8(5), 241-250
19. Peiffer, J.J., Abbiss, C.R., Nosaka, K., Peake, J.M. and Laursen, P.B (2009). Effect of cold water immersion after exercise in the heat on muscle function, body temperatures, and vessel diameter. *Journal of Science and Medicine in Sport* 12(1), 91-96
20. Sellwood, K., Brukner, P., Williams, D., Nicol, A. and Hinman R (2007). Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine* 41, 392-397
21. Sramek, P., Simeckova, M., Jansky, L., Savlikova, J. and Vybiral, S (2000). Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. *European Journal of Applied Physiology* 81(5), 436-442
22. Suzuki, M., Umeda, T., Nakaji, S., Shimoyama, T., Mashiko, T. and Sugawara, K (2004). Effect of incorporating low intensity

- exercise into the recovery period after a rugby match. *British Journal of Sports Medicine* 38, 436-440
23. Thomas, A., Dawson, B. and Goodman, C (2006). The yo-yo test: reliability and association with a 20-m shuttle run and VO2max. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 1, 137-149
 24. Thorsson, O., Lilja, B., Ahlgren, L., Hemdal, B. and Westlin, N (1985). The effect of local cold application on intramuscular blood flow at rest and after running. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 17, 710-713
 25. Tomlin, D.L. and Wenger, H.A (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Medicine* 31(1), 1-11
 26. Vaile, J., O'Hagan, C., Stefanovic, B., Walker, M., Gill, N. and Askew, C (2010). Effect of cold water immersion on repeated cycling performance and limb blood flow. *British Journal of Sports Medicine* 45, 825-829
 27. Vaile, J., Halson, S., Gill, N. and Dawson, B (2008). Effect of hydrotherapy on recovery from fatigue. *International Journal of Sports Medicine* 229(7), 539-544
 28. Veale, J., Pearce, A. & Carlson, J (2010). The yo-yo intermittent recovery test (level 1) to discriminate elite junior Australian football players. *Journal of Science & Medicine in Sport* 13(3), 329-331
 29. Wilcock, I.M., Cronin, J.B. and Hing, W.A (2006). Physiological response to water immersion. *Sports Medicine* 36(9), 747-765

Cita Original

Ned Brophy-Williams, Grant Landers and Karen Wallman. Effect of Immediate and Delayed Cold Water Immersion after a High Intensity Exercise Session on Subsequent Run Performance. *Journal of Sports Science and Medicine* (2011) 10, 665 - 670