PubliCE, (PubliCE) 2006

Research

Efectos de la Recuperación Activa sobre la Concentración de Lactato, la Frecuencia Cardíaca y la RPE en la Escalada

Nick Draper[1], Ellis L Bird[1], Ian Coleman[1] y Chris Hodgson[1]

[1]*Centre for Adventure Science Research, University of Chichester, Chichester, West Sussex, Reino Unido.*

RESUMEN

La ventaja en el rendimiento resultante de la recuperación activa en lugar de la recuperación pasiva durante las subsiguientes series de ejercicio de alta intensidad y corta duración, está bien documentada. Los hallazgos de las investigaciones llevadas a cabo en esta área sugieren que es posible prescribir períodos de recuperación más cortos, a los utilizados tradicionalmente, y aun superar los beneficios de la recuperación pasiva en las series sucesivas. El propósito de este estudio fue examinar los beneficios de cortos períodos de recuperación activa en pruebas repetidas de escalada. Diez escaladores recreacionales fueron voluntarios para participar del estudio. Utilizando un diseño transversal aleatorio cada escalador completo cinco pruebas de escalada de dos minutos de duración antes de realizar, ya sea una pausa activa o una pasiva. Esto fue seguido de un período de reconcentración de un minuto y medio para todos los escaladores, antes de realizar la siguiente prueba de escalada. Se monitoreó la frecuencia cardíaca de forma continua, se registraron los valores del RPE inmediatamente después de la escalada y se recolectaron muestras de sangre capilar extraída en la yema de los dedos durante el período de reconcentración. Se observó una diferencia no significativa entre la recuperación activa y la pasiva respecto de la frecuencia cardíaca durante la escalada. Luego de la fase activa los escaladores tuvieron mayores frecuencias cardíacas que cuando siguieron el protocolo de recuperación pasiva, sin embargo, al final de la fase de reconcentración el protocolo de recuperación activa derivó en menores frecuencias cardíacas en comparación con la recuperación completamente pasiva. Se halló una diferencia significativa entre las condiciones de recuperación activa y pasiva respecto de la concentración de lactato ($F_{(1,9)}$=18.79, p=0.002) y del RPE ($F_{(1,9)}$=6.51, p =0.031). A lo largo de las cinco pruebas de escalada, las concentraciones de lactato y el RPE fueron menores con el protocolo de recuperación activa. Luego de la recuperación activa los escaladores comenzaron la siguiente prueba con una menor concentración arterial de lactato en comparación con aquellos que realizaron la recuperación pasiva e indicaron menores valores de RPE al final de cada escalada. El período de reconcentración luego de la recuperación activa permitió que la frecuencia cardíaca de los escaladores disminuyera a valores más bajos, al comienzo de la siguiente escalada, en comparación con los valores observados en aquellos sujetos que siguieron el protocolo de recuperación pasiva.

Palabras Clave: Escalada en Roca, RPE, concentración de lactato, recuperación activa

INTRODUCCION

La identificación del ácido láctico como subproducto de la actividad muscular fue llevada a cabo a principios del siglo 20 (Fletcher and Hopkins, 1907). Desde entonces el cuerpo de conocimientos relativo a la producción y remoción del lactato en relación con el ejercicio ha crecido continuamente (Van Hall et al., 2002). Se ha mostrado que el ejercicio de alta intensidad y corta duración produce altos niveles de lactato arterial con valores reportados de hasta 25 mmol/L en sujetos altamente motivados (Mainwood and Renaud, 1985; McLoughlin, et al., 1991; Rowell et al., 1986). Las investigaciones llevadas a cabo para determinar el destino del lactato han identificado que numerosos órganos están involucrados en la remoción del lactato (Ahlborg et al., 1975; Carlson and Pernow, 1959; Freyschuss and Strandell, 1967). Una investigación llevada a cabo por Gollnik et al (1981) reveló que durante una cicloergometría, en la cual una de las piernas tenía los niveles de glucógeno reducidos y la otra tenía niveles normales, en la pierna que poseía mayores reservas, los músculos activos liberaban el lactato hacia la sangre, mientras que la otra pierna consumía lactato. Además de esto se ha mostrado que se produce un incremento en la absorción de lactato por parte de los músculos esqueléticos cuando se realizan ejercicios de baja intensidad en lugar de realizar una recuperación completamente pasiva (Hermansen and Stensvold, 1972; Richter et al., 1988). Al parecer se produce una situación dinámica respecto del intercambio de lactato como fuente de combustible entre las fibras musculares dentro de los músculos activos y entre los grupos musculares activos y no activos.

Desde hace ya treinta años, se ha estado estudiando el metabolismo glucolítico y los efectos del lactato sobre el rendimiento en relación con la recuperación activa y pasiva (Belcastro and Bonen, 1975; Hermansen and Stensvold, 1972; Weltman et al., 1977). Las investigaciones han empleado predominantemente series únicas de ejercicio de alta intensidad y corta duración capaces de producir altos niveles de lactato. En los primeros estudios se utilizaron períodos de recuperación relativamente largos para alcanzar niveles de lactato significativamente más bajos. Hermansen y Stensvold (1972) y Belcastro y Bonen (1975), por ejemplo, emplearon períodos de ejercicio de carrera en cinta de 30 min de duración al 60-70% del VO_2 máx. y ciclismo en posición recostada al 30-45% del VO_2 máx., respectivamente.

Estudios posteriores llevados a cabo por Ahmaidi et al (1996), Bogdanis et al (1996) y Corder et al (2000) ha examinado los efectos de períodos de recuperación activa de corta duración entre series repetidas de ciclismo o sentadillas. Estos períodos de recuperación, los cuales tuvieron una duración de cuatro a cinco minutos, no fueron diseñados para reducir los niveles de lactato hasta la condición pre ejercicio, sino para mantener el rendimiento en las subsiguientes pruebas y para optimizar la remoción de lactato en comparación con la recuperación pasiva. Ahmaidi et al (1996) y Corder et al (2000) hallaron reducciones significativas en la concentración de lactato durante la recuperación activa de corta duración y baja intensidad en comparación con la recuperación pasiva cuando el ejercicio implicaba la realización de tres o más series. Asimismo, el rendimiento y el índice de esfuerzo percibido (RPE) parecieron mejorar con la condición de recuperación activa de baja intensidad. Aunque los hallazgos de las investigaciones siguen siendo controversiales respecto a si las reducciones en la concentración de lactato derivan en mejoras en el rendimiento (Ainsworth et al., 1993; Bangsbo et al., 1994), al parecer los largos períodos de recuperación, como los empleados por Hermansen y Stensvold (1972) y de Belcastro y Bonen (1975), pueden no ser necesarios en situaciones de ejercicios repetidos.

El deporte de escaldada tiene una gran variedad de disciplinas con un amplio rango de intensidades que provocan diferentes demandas sobre los sistemas energéticos. Las dificultades asociadas con el *bouldering*, o escalada en bloques, que consiste aproximadamente de uno a cuatro movimientos, dependerán de las reservas musculares de ATP y de la resíntesis del mismo a través del sistema del ATP-PC. En las dificultades de mayor duración y en las rutas cortas de escalada deportiva - el equivalente al ejercicio de alta intensidad y corta duración – la glucólisis será la principal fuente energética. En las rutas de montaña y en la escalada de grandes palestras, en donde la intensidad relativa de la escalada es menor, el sistema de energía aeróbico se convierte en la fuente energética principal para cubrir las demandas de la actividad. En el contexto de la escalada, la utilización de una estrategia de recuperación activa es más apropiada para el *bouldering* y para las rutas cortas de escalada deportiva (frecuentemente practicadas). La escalada deportiva implica que el escalador enganche la cuerda de seguridad en un anclaje de aluminio o de acero previamente colocado a medida que asciende. En la disciplina del *bouldering* los escaladores ascienden por pequeñas rutas hasta alcanzar alturas de aproximadamente cinco metros, pero sin la utilización de cuerdas, pero con frecuencia colocando una colchoneta de seguridad debajo del lugar donde se realiza la escalada.

La gran variedad de formas de escalada disponibles y el desarrollo de palestras bajo techo ha derivado en un incremento de la popularidad del deporte a nivel mundial (BMC, 2004). Un creciente cuerpo de estudios ha acompañado este incremento en la participación en la escalada con la publicación de estudios que describen perfiles antropométricos (Watts et al., 1993; Mermier et al., 2000), cambios en la fuerza y la resistencia de los agarres (Watts et al., 1996) y gasto energético durante la escalada en roca (Mermier et al., 1997; Booth et al., 1999). La aplicación de la recuperación activa y pasiva en la escalada ha sido estudiada y documentada por Watts et al (2000). En esta original investigación participaron

quince escaladores expertos quienes escalaron una única ruta de 20 metros graduada a 5.12b utilizando la Escala Decimal Yosemite (YDS) establecida sobre una palestra de escalada bajo techo. Luego de completar la ruta, los sujetos descendieron y completaron un período de recuperación de 30 minutos. En el grupo que llevó a cabo la recuperación activa el lactato sanguíneo se mantuvo elevado por encima de nivel preescalada durante 20 min, mientras que en el grupo que llevó a cabo la recuperación pasiva, el retorno de los niveles de lactato hasta el nivel preescalada tomó los 30 min completos. Watts et al. (2000) concluyeron que eran necesario llevar a cabo investigaciones adicionales específicas para el deporte acerca de los efectos de la recuperación activa de corta duración durante pruebas intermitentes de escalada.

En un estudio llevado a cabo por Connolly et al. (2003) los investigadores identificaron la necesidad de que el protocolo del estudio, respecto de las estrategias de recuperación activa y pasiva, se aproximara más a las estrategias empleadas por lo deportistas durante la competencia y el entrenamiento. Los atletas generalmente no esperan 30 minutos antes de completar una prueba adicional. Por lo tanto se requieren investigaciones adicionales que empleen períodos cortos de recuperación para que sean aplicados por los atletas involucrados en ejercicios de corta duración y alta intensidad. Consecuentemente, el propósito de este estudio fue examinar los efectos de un protocolo de recuperación activa de corta duración sobre el rendimiento en series repetidas de escalada de alta intensidad y corta duración.

METODOS

Participantes

Diez escaladores recreacionales de sexo masculino (edad 22±3.6 años; talla 1.74±0.06 m; masa corporal 70.6±5.3 kg; medias±DE) pertenecientes a la Universidad de Chichester fueron voluntarios para participar en este estudio. Se obtuvo la aprobación ética para el estudio y todos los escaladores completaron un formulario de consentimiento informado y un cuestionario acerca de su historial médico. Los participantes eran escaladores regulares para quienes la escalada era su actividad recreativa principal, realizando una o dos sesiones de escalada bajo techo por semana en forma regular.

Perspectiva Experimental

Todos los participantes completaron las condiciones activa y pasiva para lo cual se utilizó un diseño transversal de dos vías con la asignación de los sujetos en forma aleatoria. Cada condición estuvo separada por un mínimo de siete días. Los participantes realizaron una entrada en calor de diez minutos que consistió en trotes ligeros, estiramientos y la realización de *bouldering* de baja intensidad. Para esto se permitió que los sujetos utilizaran sus propias botas y bolsas de tiza. El protocolo de escalada fue idéntico en ambas condiciones y consistió de cinco pruebas de escalada de dos minutos de duración. En la condición de recuperación pasiva los sujetos descasaron durante dos minutos luego de cada escalada. En la condición de recuperación activa los participantes completaron un protocolo de recuperación activa de dos minutos de duración. Luego de esto todos los participantes realizaron un minuto y medio adicional de recuperación pasiva. En general los deportistas no pasan inmediatamente de la recuperación activa a la siguiente serie de ejercicio. Estos generalmente, luego de finalizar el ejercicio, se toman un tiempo para prepararse para la siguiente serie de ejercicio. Para mantener la validez ecológica en el contexto de la escalada en ambos protocolos se incluyó un período de reconcentración. La fase de reconcentración fue diseñada para permitir que los escaladores se preparen mentalmente para la siguiente prueba de escalada, limpiaran sus botas y colocaran tiza en sus dedos. Durante este tiempo se recolectaron las muestras de sangre capilar (150 µl), mediante la punción de la yema del dedo índice de la mano derecha, las cuales fueron analizadas utilizando un analizador YSI 2300 Stat Plus (Yellow Springs Instruments, Ohio, Estados Unidos). Las muestras de lactato sanguíneo fueron recolectadas luego de la entrada en calor, a los dos minutos de la recuperación luego de cada fase de escalada y a los cinco minutos posteriores a la quinta escalada.

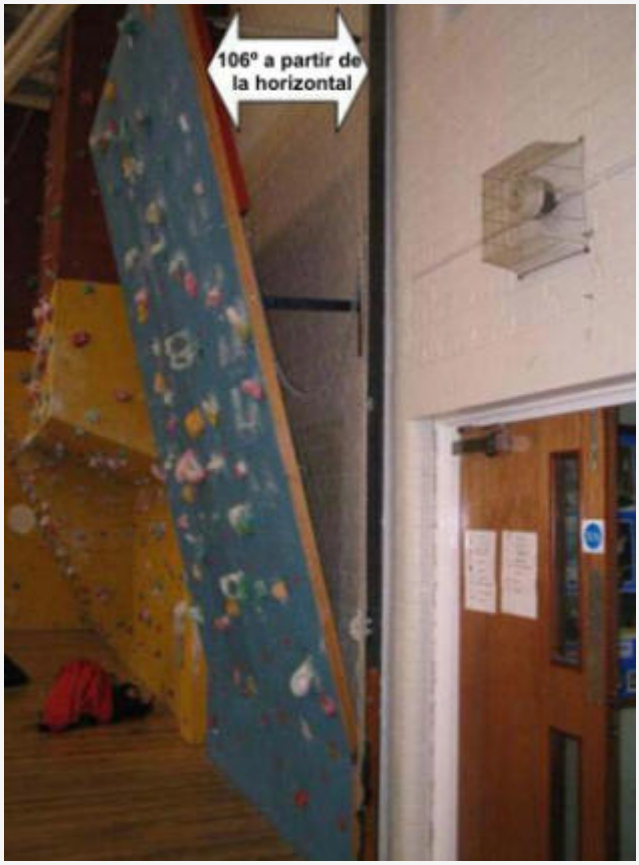

Figura 1. *Se calibró un ángulo de 106º para obtener una escalada apropiada para un escalador recreacional. Esto además proveyó un ángulo que excedía la vertical, lo cual según los hallazgos de Watts y Drobish (1998), produce niveles de lactato significativamente mayores.*

Inmediatamente después de finalizada la escalada se registró el índice de esfuerzo percibido utilizando la escala de Borg (Borg, 1982) y la frecuencia cardíaca fue registrada cada cinco segundos utilizando un Monitor Polar PE3000 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia).

Procedimientos

Escalada

Se requirió que los participantes en cada condición escalaran la palestra hacia arriba y abajo utilizando para esto una ruta específica entre soportes claramente marcados cuya duración debía ser de dos minutos y lo cual debía repetirse cinco veces. La duración de la escalada fue asignada en oposición a un único ascenso para contrarrestar cualquier diferencia individual en las habilidades de los escaladores. Este protocolo se basó en la investigación realizada por Hardy y Martindale (1982) quienes hallaron que los escaladores expertos recorrían más distancia que los escaladores principiantes en el mismo tiempo, a la vez que producía niveles similares de lactato. Como se muestra en la Figura 1 la palestra fue colocada formando un ángulo mayor a la vertical (106º) de modo de provocar un incremento en la carga que a su vez produciría mayores niveles de lactato, tal como lo propusieran Watts y Drobish (1998). Los soportes de salida y de llegada se muestran en la Figura 2 y entre ambos se estableció un recorrido de 4.1 metros.

Para cada prueba los escaladores comenzaron utilizando los soportes colocados en la parte inferior izquierda. Durante las pruebas los escaladores siguieron una ruta seleccionada por ellos mismos hacia el soporte superior de llegada, continuando con este patrón hasta el final de los dos minutos. La escalada fue diseñada de manera tal que cualquiera fuera la ruta elegida se mantuviera un grado de dificultad 4C en la escala Técnica Inglesa (YDS 5.8).

Durante las pruebas se utilizaron Colchonetas de Seguridad *Sutcliffe Leisure* de veinte centímetros, en caso de que el escalador se cayera. Si un participante caía, se le pedía que continuara hasta que se completara el período de dos minutos.

Recuperación

El protocolo de recuperación activa fue diseñado para incorporar un método de recuperación ecológicamente válido que pueda ser utilizado por los escaladores en el ambiente de escalada. Esto requirió un enfoque alternativo a los procedimientos utilizados en el laboratorio para las pruebas de ciclismo en posición recostada utilizados por Belcastro y Bonen (1975), Connolly et al (2003) y Watts et al (2000). Para los propósitos de este estudio se empleo una estrategia a base de caminatas. Para controlar con precisión la intensidad de los dos minutos de recuperación activa se utilizó una versión modificada del nivel uno del test de aptitud física de etapas múltiples *sportcoachUK*, con una distancia reducida de 14 metros, en lugar de la distancia original de 20 metros (Leger and Lambert, 1982).

Figura 2. *La ruta fue escalada entre los tres soportes marcados, los cuales debían ser tocados antes de retornar en dirección opuesta. Para armar esta ruta de escalada se utilizaron grandes pernos para los soportes de las manos y tornillos pequeños para los soportes de los pies.*

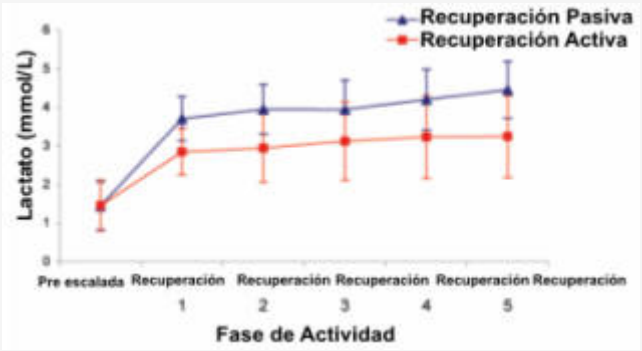

Figura 3. *Concentración de lactato en la sangre capilar durante las recuperaciones activas y pasivas (medias±DE).*

Esto resultó en que los participantes caminaran a un ritmo de moderado a rápido. Durante los dos minutos de recuperación activa cada participante completó una distancia de 182 metros. La recuperación pasiva implicó que los sujetos permanecieran descansando sentados. Tanto la recuperación activa como la pasiva fueron seguidas de un período de un minuto y medio de recuperación pasiva para permitirles a los participantes que se concentraran en la siguiente prueba de escalada. Este tiempo también fue utilizado para obtener las muestras de lactato sanguíneo y para permitir que se secara la punción realizada en la yema del dedo antes de la siguiente prueba de escalada, esto dio como resultado un tiempo total de recuperación de tres minutos y medio.

Análisis Estadísticos

Los datos descriptivos y los valores medios y las desviaciones estándar de la concentración de lactato, RPE y frecuencia cardíaca fueron calculados luego de evaluar la normalidad utilizando el test de Kolmogorov-Smirnov. Para analizar los datos del lactato y el RPE para cada condición (recuperación activa o pasiva) por prueba de escalada se utilizó el análisis de varianza ANOVA de dos vías para medidas repetidas. Para examinar si la intensidad del trabajo, medida por la respuesta de la frecuencia cardíaca, era significativamente diferente entre las condiciones de recuperación activa y pasiva se realizaron cinco pruebas t para datos apareados con los datos de la frecuencia cardíaca obtenida durante las escaladas. Para analizar los datos de la respuesta de la frecuencia cardíaca en la fase de recuperación se calcularon las medias y las desviaciones estándar en tres puntos de la recuperación. Estos puntos fueron la frecuencia cardíaca de los escaladores al comienzo de la fase de recuperación, al final de los dos minutos de recuperación activa/pasiva y por último al final de la fase de reconcentración de un minuto y medio. A partir de estos resultados se calcularon los Δ entre el comienzo de la entrada en calor y el final de la recuperación activa/pasiva y entre el comienzo y el final de la recuperación. Los Δ fueron analizados utilizando la prueba t para datos apareados para determinar si había diferencias significativas entre las estrategias de recuperación. Se estableció un valor nivel alfa $p<0.05$ para valorar la significancia estadística de los resultados y los análisis fueron llevados a cabo utilizando el paquete estadístico SPSS versión 12.0.1 para Windows y el programa Excel de Microsoft.

RESULTADOS

Los resultados del test de Kolmogorov-Smirnov indicaron que los datos para la concentración de lactato, RPE y frecuencia cardíaca mostraban una distribución normal. Los datos de la concentración de lactato para las dos condiciones, recuperación activa y pasiva, se muestran en la Figura 3. Las concentraciones medias de lactato fueron entre 0.9 y 1.2 mmol/L mayores para la condición de recuperación pasiva luego de cada una de las cinco pruebas de escalada.

Se observó un diferencia significativa entre las condiciones de recuperación activa y pasiva ($F_{(1,9)} = 18.79$, $p=0.002$). Como se observa en la Figura 3 las concentraciones medias de lactato se elevaron con las sucesivas pruebas de escalada en ambas condiciones ($F_{(4,36)}=4.04$, $p=0.038$). Los valores del índice de esfuerzo percibido se muestran en la Tabla 1. Los participantes reportaron valores de RPE entre 0.6 y 1.0 mayores cuando utilizaron el protocolo de recuperación pasiva.

Se halló una diferencia significativa entre las condiciones ($F_{(1,9)}=6.51$, $p=0.031$). Como muestra la Tabla 1 los valores medios del RPE se elevaron con las sucesivas pruebas de escalada en ambas condiciones ($F_{(4,36)} =69.89$, $p<0.0005$).

	Post Escalada 1	Post Escalada 2	Post Escalada 3	Post Escalada 4	Post Escalada 5
Recuperación Activa	12.3 (2.3)	13.7 (2.0)	15.2 (2.0)	16.3 (1.8)	17.3 (1.8)
Recuperación Pasiva	12.8 (1.6)	14.3 (1.9)	15.9 (1.9)	17.3 (1.9)	17.3 (1.8)

Tabla 1. *Valores de RPE registrados inmediatamente después de cada uno de los cinco períodos de escalada. Los datos son presentados como valores medios (±DE).*

La frecuencia cardíaca durante las escaladas fue registrada cada cinco segundos a lo largo de toda la escalada. A partir de estos datos se calculó la frecuencia cardíaca media de cada escalador en cada prueba. Los datos de las frecuencias cardíacas durante las escaladas se muestran en la Tabla 2.

Se llevaron a cabo cinco pruebas t para datos apareados para asegurar la igualdad en la intensidad de trabajo entre las condiciones de recuperación. No se hallaron diferencias significativas respecto de la frecuencia cardíaca para ninguna de las pruebas de escalada y las diferencias entre las medias apareadas entre cualquiera de las pruebas fue menor o igual a tres latidos/min.

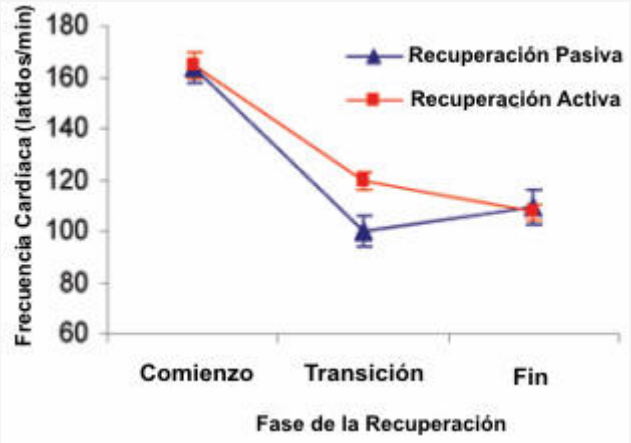

Figura 4. *Valores medios de la frecuenta cardíaca durante las recuperaciones activa y pasiva. Comienzo representa la frecuencia cardíaca al comienzo del período de recuperación. Transición indica la frecuencia cardíaca al final de los dos minutos de recuperación activa/pasiva. Fin hace referencia al final de todo el período de recuperación incluyendo la fase de reconcentración.*

Los datos de la frecuencia cardíaca en los tres puntos de la recuperación se muestran en la Tabla 3. El valor medio de la frecuencia cardíaca al comienzo de la recuperación fue similar y difirió en menos de cuatro latidos/min entre las condiciones de recuperación activa y pasiva. Durante la transición de la fase de recuperación activa/pasiva hacia la fase de reconcentración se observó una diferencia de 17-23 latidos/min entre las dos condiciones. La frecuencia cardíaca fue mayor para la condiciones de recuperación activa en cada una de las cinco pruebas. Al final de la fase de reconcentración, justo antes de que los escaladores comenzaran con la siguiente escalada, las frecuencias cardíacas estuvieron dentro de los cinco latidos/min en las dos condiciones.

Se llevaron a cabo dos pruebas t para datos apareados con los valores Δ de las frecuencias cardíacas, calculados entre el comienzo de la recuperación y la transición y entre el comienzo de la recuperación y el final de la recuperación (fase de reconcentración). Se halló una diferencia significativa entre las dos condiciones en el punto de transición ($t_{(9)}$ = 3.25, p = 0.01), sin embargo, al final de la fase de reconcentración no se observaron diferencias significativas entre las condiciones. La naturaleza de esta diferencia en los mecanismos de recuperación puede observarse en la Figura 4 en donde las diferencias en la frecuencia cardíaca entre las condiciones se hacen evidentes en el punto de transición de la recuperación.

DISCUSION

El propósito del presente estudio fue examinar los efectos de la recuperación pasiva y activa de corta duración sobre la concentración de lactato, el RPE y la respuesta de la frecuencia cardíaca. La investigación también fue diseñada para valorar el impacto de la fase de reconcentración luego de la fase de recuperación activa sobre la respuesta de la frecuencia cardíaca. La fase de reconcentración o de preparación fue incluida para simular las prácticas realizadas con ejercicios de alta intensidad y corta duración tal como la escalada deportiva.

En el presente estudio la concentración media de lactato fue entre 0.9 y 1.2 mmol/L menor para el grupo que realizó la recuperación activa en cada una de las pruebas de escalada. La recuperación activa basada en caminatas resultó en niveles significativamente menores de lactato que con la recuperación pasiva. Este hallazgo concuerda con los resultados de las investigaciones que se vienen realizando desde hace treinta años y que han mostrado que la recuperación activa ayuda en la remoción de lactato luego de la realización de ejercicios de alta intensidad y corta duración (Ahmaidi et al., 1996; Belcastro and Bonen, 1975; Corder et al., 2000; Hermansen and Stensvold, 1972; Stamford et al., 1981). Además, la efectividad continuada del protocolo de recuperación activa para reducir la concentración de lactato para las subsiguientes pruebas de ejercicio en el presente estudio también concuerdan con lo hallado por Ahmaidi et al. (1996) y Corder et al. (2000). Sin embargo, Bangsbo et al (1994) y Connolly et al (2003), no hallaron diferencias significativas en la concentración de lactato entre la recuperación pasiva y activa de corta duración (menos de o hasta tres minutos).

	Escalada 1	Escalada 2	Escalada 3	Escalada 4	Escalada 5
Recuperación Activa	148 (17)	151 (19)	156 (17)	158 (17)	156 (16)
Recuperación Pasiva	145 (18)	151 (17)	153 (20)	155 (16)	157 (17)

Tabla 2. *Frecuencia cardíaca (latidos/min) durante los cinco períodos de escalada. Los datos son presentados como valores medios (±DE).*

		Post Escalada 1	Post Escalada 2	Post Escalada 3	Post Escalada 4	Post Escalada 5
Recuperación Activa Recuperación Activa	Comienzo	158 (17)	161 (18)	166 (15)	169 (16)	169 (19)
	Transición	114 (19)	120 (18)	120 (19)	123 (20)	122 (18)
	Fin	104 (15)	108 (16)	108 (18)	110 (17)	*
Recuperación Pasiva	Comienzo	154 (21)	162 (19)	165 (19)	165 (16)	171 (16)
	Transición	90 (18)	97 (22)	103 (20)	105 (19)	103 (16)
	Fin	100 (20)	111 (21)	113 (19)	114 (18)	*

Tabla 3. *Frecuencia cardíaca (latidos/min) durante los cinco períodos de recuperación. Los datos son presentados como valores medios (±DE). * La recolección de los datos se completó luego de la recuperación activa en la escalada número cinco. Debido a que no había período de reconcentración para comenzar otra escalada no se generaron datos de la recuperación luego de la escalada número cinco.*

Las diferencias en los hallazgos pueden estar relacionadas con la estrategia de recuperación activa empleada. En estudios previos, tales como los de Bangsbo et al. (1994) y Connolly et al. (2003), el protocolo de ejercicio y de recuperación emplearon el mismo medio de ejercicio (cicloergometría). En la escalada en roca los principales grupos musculares empleados para producir lactato se hallan en los antebrazos y en el tren superior (Booth et al., 1999 and Mermier et al., 1997). Por lo tanto, en el presente estudio, los grupos musculares responsables de la producción neta de lactato durante la prueba de ejercicio de alta intensidad y corta duración (antebrazos y tren superior) difirieron de los utilizados para la remoción del lactato durante la recuperación activa con caminatas (piernas).

Además, el cambio respecto del medio de ejercicio para la recuperación significa que hubo un incremento en la masa muscular involucrada en el *clearance* de lactato.

La comprensión del mecanismo exacto por el cual el lactato es removido más efectivamente durante la recuperación activa todavía debe ser refinada (Ahmaidi et al., 1996; Corder et al., 2000). Sin embargo, un hallazgo común durante la recuperación activa, lo cual también se halló en el presente estudio, es el incremento en la frecuencia cardíaca, lo cual derivó en un incremento en el flujo sanguíneo hacia los músculos activos durante el período de recuperación (Ahmaidi et al., 1996; Belcastro and Bonen, 1975; Bogdanis et al., 1996). Se cree que el incremento en el flujo sanguíneo mejora la remoción del ácido láctico desde las células de los músculos activos, permitiendo una mayor redistribución hacia sitios alternativos del metabolismo tales como el hígado, el corazón y los músculos no activos (Ahmaidi et al., 1996; Belcastro and Bonen, 1975; Bogdanis et al., 1996; Corder et al., 2000).

Se observaron diferencias significativas entre los protocolos de recuperación respecto del RPE. El protocolo de recuperación activa proporcionó a los escaladores la percepción de un menor esfuerzo en cada prueba de escalada subsiguiente. Si el RPE fue desarrollado originalmente en base a la respuesta de la frecuencia cardíaca durante el ejercicio, también se ha hallado que el mismo es una calificación conciente del esfuerzo y como tal es quizás un indicador útil de la fatiga central (Robergs and Roberts, 1997). El análisis de la concentración de lactato, por otro lado, quizás provee un mecanismo para indicar la fatiga física dentro de los músculos periféricos. Por lo tanto, los resultados de este estudio indican que la recuperación activa parece tener un impacto significativo en la reducción de la fatiga periférica (lactato) y central (RPE).

Las respuestas de la frecuencia cardíaca durante las escaladas difirieron por tres o menos latidos por minuto entre cada una de las pruebas de escalada tanto con la estrategia de recuperación pasiva como activa. No se hallaron diferencias significativas entre la condición de recuperación activa y de recuperación pasiva en ninguna de las cinco pruebas de escalada.

Esto podría sugerir que la intensidad de trabajo fue muy similar en ambas condiciones. Sin embargo, se observó un incremento en la frecuencia cardíaca durante el ejercicio, tanto en la condición de recuperación activa como en la condición de recuperación pasiva a lo largo de las cinco pruebas de escalada. Este hallazgo, conjuntamente con el hallazgo de aumentos similares y significativos en la concentración de lactato y en los valores de RPE en las escaladas sucesivas, es indicativo de una recuperación incompleta. Los tres minutos y medio de recuperación no fueron suficientes para permitir una completa recuperación entre las pruebas. Este fue el caso tanto para el protocolo de recuperación pasiva como para el de recuperación activa y esto concuerda con los hallazgos de Ahmaidi et al. (1996) y Connolly et al. (2003). Un período de recuperación de mayor duración podría ser necesario para mantener las respuestas al ejercicio, sin embargo, en las prácticas de entrenamiento o durante la competencia esto puede no ser posible. Como consecuencia, la estrategia de recuperación activa sería el método de preferencia cuando se requieran rendimientos repetidos.

La utilización de una fase de recuperación dividida (activa/pasiva de reconcentración o pasiva/pasiva de reconcentración) tuvo un efecto significativo sobre la respuesta de la frecuencia cardíaca de los escaladores en ambas condiciones. Aunque las respuestas de la frecuencia cardíaca fueron significativamente mayores luego de la fase activa de la recuperación (luego de los dos minutos de la recuperación), lo cual concuerda con los hallazgos de Ahmaidi et al. (1996) y Bogdanis et al. (1996), al final del período de reconcentración (luego de los tres minutos y medio de recuperación) no se observaron diferencias significativas entre las condiciones de recuperación.

De hecho como puede observarse en la Tabla 3, hacia el final de la recuperación en todas las escaladas excepto en la primera, la frecuencia cardíaca media fue menor con la estrategia de recuperación activa que con la estrategia de recuperación pasiva, sugiriendo quizás una recuperación más completa antes de comenzar la siguiente prueba de escalada.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio sugieren que la recuperación activa de corta duración provee beneficios respecto de la remoción del lactato y del RPE en las subsiguientes pruebas de ejercicio. Este estudio parece haber creado una estrategia práctica que podría ser empleada por los escaladores deportivos y por aquellos que practican el *bouldering* para combatir los efectos de la fatiga central y periférica. Para el deporte de escalada en roca, en donde los músculos de los antebrazos son los principales responsables de la producción neta de lactato y los miembros inferiores los principales tejidos para la remoción del mismo, la utilización de caminatas para la recuperación activa puede ser beneficiosa respecto del rendimiento en las subsiguientes pruebas de escalada. La utilización de grupos musculares alternativos para el *clearance* del lactato, tal como lo discutieran Van Hall y colegas (2002) requiere de investigaciones adicionales. Además, las investigaciones futuras deberían examinar los beneficios de un período de reconcentración luego de la recuperación activa que podría ser útil en el contexto de los deportes aplicados.

Puntos Clave

- La estrategia de recuperación de tres minutos y medio empleada en el presente estudio no permitió suficiente tiempo para la completa recuperación ni con la recuperación activa ni con la recuperación pasiva.
- La condición de recuperación activa pareció permitir una recuperación más completa luego de cada prueba de escalada en comparación con la condición de recuperación pasiva.
- Las concentraciones de lactato y los valores del RPE fueron menores con la recuperación activa.
- La utilización de grupos musculares grandes o de grupos musculares alternativos durante la recuperación activa puede mejorar el *clearance* de lactato.
- La utilización de una fase de recuperación pasiva para la reconcentración al final de la recuperación activa puede ser un mecanismo útil y ecológicamente válido para la recuperación en un contexto deportivo aplicado.

Dirección para el Envío de Correspondencia

Nick Draper Centre for Adventure Science Research, University of Chichester, Chichester, West Sussex, UK.

REFERENCIAS

1. Ahlborg, G., Hagenfeldt, L. and Wahren, J (1975). Substrate utilization by the inactive leg during one-leg or arm exercise. *Journal of Applied Physiology 39, 718-723*
2. Ahmaidi, S. Granier, P. Taoutaou, Z. Mercier, J. Dubouchaud, H. and Prefaut, C (1996). Effects of active recovery on plasma lactate and anaerobic power following repeated intensive exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise 28, 450-456*

3. Ainsworth, B.E., Serfass, R.C. and Leon, A.S (1993). Effects of recovery duration and blood lactate level on power output during cycling. *Canadian Journal of Applied Physiology 18, 19-30*
4. Bangsbo, J., Graham, T., Johansen, L. and Saltin, B (1994). Muscle lactate metabolism in recovery from intense exhaustive exercise: Impact of light exercise. *Journal of Applied Physiology 77, 1890-1895*
5. Belcastro, A.N. and Bonen, A (1975). Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled recovery exercise. *Journal of Applied Physiology 39, 932-936*
6. BMC (2004). Annual Report. *British Mountaineering Council: Manchester*
7. Bogdanis, G., Nevill, M.E., Lakomy, H.K.A., Graham, C.M. and Louis, G (1996). Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling. *European Journal of Applied Physiology 74, 461-469*
8. Booth, J., Marino, F., Hill, C. and Gwinn, T (1999). Energy cost of sport rock climbing in elite performers. *British Journal of Sports Medicine 33, 14-18*
9. Borg, G.A.V (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise 14, 377-381*
10. Carlson, L.A. and Pernow, B (1959). Oxygen utilization and lactic acid formation in the legs at rest and during exercise in normal subjects and in patients with arteriosclerosis obliterans. *Acta Medica Scandinavia 164, 39-52*
11. Connolly, D.A.J., Brennan, K.M. and Lauzon, C.D (2003). Effects of active versus passive recovery on power output during repeated bouts of short term, high intensity exercise. *Journal of Sports Science and Medicine 2, 47-51*
12. Corder, K.P., Potteiger, J.A., Nau, K.L., Figoni, S.F. and Hershbereger, S.L (2000). Effects of active and passive recovery conditions on blood lactate, rating of perceived exertion and performance during resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research 14, 151-156*
13. Fletcher, W.M. and Hopkins, F.G (1907). Lactic acid in amphibian muscle. *Journal of Physiology 35, 16-309*
14. Freyschuss, U. and Strandell, T (1967). Limb circulation during arm and leg exercise in supine position. *Journal of Applied physiology 23, 163-170*
15. Hardy, L. and Martindale, K (1982). Some physiological parameters in rock-climbing. *Physical Education Review 5, 41-44*
16. Hermansen, L., and Stensvold, I (1972). Production and removal of lactate during exercise in man. *Acta Physiologica Scandinavica 86, 191-201*
17. Leger, L.A. and Lambert, J (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO2max. *European Journal of Applied Physiology 49, 1-12*
18. Mainwood, G. and Renaud, J (1985). The effect of acid-base on fatigue of skeletal muscle. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology 63, 403-416*
19. McLoughlin, P., McCaffery, N. and Moynihan, J.B (1991). Gentle exercise with a previously inactive muscle group hastens the decline of blood lactate concentration after strenuous exercise. *European Journal of Applied Physiology 62, 274-278*
20. Mermier, C.M., Janot, J.M., Parker, D.L. and Swan, J.G (2000). Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British Journal of Sports Medicine 34, 359-366*
21. Mermier, C.M., Rodbergs, R.A., McMinn, S.M. and Heyward, V.H (1997). Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *British Journal of Sports Medicine 31, 224-228*
22. Richter, E.A., Kiens, B., Saltin, B., Christensen, N.J. and Savard, G (1988). Skeletal muscle glucose uptake during dynamic exercise in humans: Role of muscle mass. *American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism 254, E55-E561*
23. Robergs, R.A. and Roberts, S.O (1997). Exercise physiology, exercise, performance, and clinical applications. *Moby-Year, Inc*
24. Rowell, I., Saltin, B.R., Kiens, B. and Christenson, N.J (1986). Is peak quadriceps blood flow in humans even higher during exercise with hypoxemia?. *Heart Circulation and Physiology 220, H1038-H1044*
25. Stamford, B.A., Weltman, A., Moffat, R. and Sady, S (1981). Exercise recovery above and below anaerobic threshold following maximal work. *Journal of Applied Physiology 551, 840-844*
26. Van Hall, G., Jensen-Urstad, M., Rosdahl, H., Holmberg, H.-C., Saltin, B. and Calbet, J.A.L (2002). Leg and arm lactate and substrate kinetics during exercise. *American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism 284, E193-E205*
27. Watts, P.B., Daggett, M., Gallagher, P. and Wilkins, B (2000). Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery. *International Journal of Sports Medicine 21, 185-190*
28. Watts P.B. and Drobish K.P (1998). Physiological responses to simulated rock climbing at different angles. *Medicine and Science in Sports and Exercise 330, 1118-1122*
29. Watts, P.B., Martin, D.T. and Durtschi, S (1993). Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. *Journal of Sports Science 11, 113-117*
30. Watts, P., Newbury, V. and Sulentic, J (1996). Acute changes in handgrip strength, endurance and blood lactate with sustained sport rock climbing. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 36, 255-260*
31. Weltman, A., Stamford, B.A., Moffatt, R.J. and Katch, V.L (1977). Exercise recovery, lactate removal and subsequent high intensity exercise performance. *Research Quarterly, 48, 786-796*

Cita Original

Nick Draper, Ellis L. Bird, Ian Coleman and Chris Hodgson. Effects of Active Recovery on Lactate Concentration, Heart Rate and RPE in Climbing. Journal of Sports Science and Medicine; 5, 97-105, 2006