

RESPUESTA FISIOLÓGICA DURANTE LA ESCALADA DEPORTIVA

PHYSIOLOGICAL RESPONSE DURING SPORT CLIMBING

Víctor M. Núñez

Enrique Gómez

María S. Poblador

Jose L. Lancho

Dpto. Ciencias Morfológicas.
 Facultad de Medicina.
 Universidad de Córdoba
 España

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista del desarrollo motor, la escalada engloba el acto de trepar o subir a un lugar alto o poco accesible valiéndose y ayudándose de los pies y las manos. Este concepto, trepar, se acerca a lo que hoy en día se entiende por escalada deportiva; un término que va más allá de lo meramente físico y que engloba los deportes de montaña en una experiencia vital total, cuyas bases se encuentran en el alpinismo, montañismo y la escalada en roca, y que busca la máxima dificultad –rotpunkt- expresada en el grado sin que necesariamente se pretenda alcanzar la cima^{1,2}.

La escalada deportiva es, ante todo, un juego en la vertical. Un juego deportivo y recreativo con el movimiento, con el cuerpo y la gravitación³. Las rutas escaladas son de corta longitud, agarres pequeños y recorridos verticales y desplomados, con seguros intermedios fijos en la pared que hacen que el escalador se centre en la fuerza y las técnicas gimnásticas, necesarias para realizar pasos lo más difíciles posible, sin tener que preocuparse por el riesgo y la pérdida de energía que entraña la colocación de los seguros⁴.

El deseo de “performance” se centra en la mejora de la condición física, la habilidad técnica, la capacidad psicológica y los procesos estratégicos

que van a condicionar el éxito o el fracaso de la ascensión.

En un intento de definir la escalada, Guidi⁵ analiza las acciones que se producen durante la ascensión a una pared, en cualquiera de sus modalidades y observa unos patrones de conducta comunes: elaboración mental del movimiento y la secuencia a seguir; ejecución motriz del movimiento y la secuencia programada; sostener las presas seleccionadas con manos y pies; coordinación y equilibrio postural sobre las presas elegidas, donde, la reiteración de estas acciones hasta la cima, determina la mayor o menor dificultad del escalador ante una ruta de escalada.

Por tanto, se está ante una modalidad deportiva muy exigente. “Caerse de una vía” se traduce en una incapacidad muscular de sostener una presa para alcanzar la siguiente, por una mala selección táctica y/o ejecución técnica y debilidad física y/o psíquica.

Es de fundamental importancia la determinación del tipo y el nivel de esfuerzo demandado durante la escalada de dificultad y, a partir de ahí, definir ante qué modalidad deportiva nos encontramos, así como la selección de las capacidades a mejorar durante el entrenamiento.

CORRESPONDENCIA:

Víctor M. Núñez Álvarez
 Dpto. CC. Morfofuncionales. Facultad de Medicina.
 Avda. Menéndez Pidal s/n. 14071. Córdoba. España
 E-mail: cm1nnalv@uco.es

Aceptado: 22.02.2008 / **Revisión nº** 220

Respuesta fisiológica durante la escalada de dificultad

La determinación del consumo energético en la escalada deportiva se ha realizado a través de estudios de variables ergoespirométricas, frecuencia cardíaca y concentraciones de ácido láctico en sangre.

Los trabajos de investigación en relación al consumo de oxígeno (VO_2) son realmente limitados. La metodología utilizada para determinar el VO_2 difiere entre los diferentes estudios, debido generalmente a la incapacidad de estandarizar el medio donde realizar los protocolos (Tabla 1 y 2).

Billat, *et al*⁶ determinaron la capacidad aeróbica de 4 escaladores deportivos de competición en diferentes escenarios. Mediante un test máximo de carrera y un test de tracción en poleas se registraron valores de $\text{VO}_{2\text{max}}$ de $54,8 \pm 5$ y $22,3 \pm 2,6$ ml/kg/min, respectivamente. Durante 2 “vías” de escalada de dificultad media (R1 y R2), empleando un tiempo entre 3’30” a 4’15”, se obtuvieron valores de $24,9 \pm 1,2$ ml/kg/min en R1 y de $20,6 \pm 0,9$ ml/kg/min en R2, correspondientes a un 46 y 37,5 %, respectivamente, de los resultados máximos del test de carrera.

En investigaciones con escaladores expertos, Wilkins, *et al*⁷ obtienen valores medios de $55,2 \pm 3,6$ ml/kg/min mediante un protocolo de esfuerzo en cinta, y los comparó con una prueba en “bouldering” de 27 movimientos con una dificultad media de 7b en la escala francesa. El tiempo medio empleado en la prueba específica fue de $2'15'' \pm 15''$, y los valores de VO_2 de $27,7 \pm 1,0$ ml/kg/min. En este estudio hay que destacar que la ruta se realizaba con grandes desplomes y en consecuencia la participación aeróbica estaba muy limitada.

En esta misma línea y obteniendo resultados muy similares a los anteriores, Mermier y col (8) reportaron valores de VO_2 de $24,9 \pm 4,9$ ml/kg/min durante una ruta de escalada de dificultad (7a, escala francesa). El tiempo medio de ascensión fue de 5 minutos, algo superior a los datos encontrados hasta el momento. Este hecho es atribuible a que el nivel de experiencia de los sujetos no es tan elevado como en los estudios de Billat, *et al*⁶ y Wilkins, *et al*⁷, así como la menor dificultad de la ruta protocolizada.

Los trabajos de Watts y Drobish⁹ en pruebas específicas con diferentes ángulos de ascensión (80, 86, 91, 96 y 102°), reportaron valores medios

Referencia	Nivel	Test	$\text{VO}_{2\text{max}}$ (ml/Kg/min)
Billat, <i>et al.</i> (1995)	>7b	Carrera	54,8 (5,0)
Billat, <i>et al.</i> (1995)	>7b	Tracción de brazos	22,3 (2,6)
Wilkins, <i>et al.</i> (1996)	>7b	Carrera	55,2 (3,6)
Watts y Drobish (1998)	5b-7 ^a	Carrera	50,5 (7)
Booth, <i>et al.</i> (1999)	6b-7 ^a	Escalada progresiva	43,8 (2,2)
Sheel, <i>et al.</i> (2003)	7c-8c	cicloergómetro	45,5 (6,6)

TABLA 1.
Resumen de estudios que han reportado datos de consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_{2\text{max}}$) en escaladores de roca durante pruebas inespecíficas

Referencia	Condición	Duración	$\text{VO}_{2\text{max}}$ (ml/Kg/min)
Billat, <i>et al</i> (1995)	7b ruta indoor	3:30-4:15	24,9 (1,2)
Wilkins, <i>et al</i> (1996)	7b bouldering	2:15 (15)	27,7 (1)
Mermier, <i>et al</i> (1997)	7a ruta indoor	~5:00	24,9 (4,9)
Watts y Drobish (1998)	80, 86, 91, 96 y 102°	4:00	~29,5 (5,2)
Booth, <i>et al</i> (1999)	Ruta exterior	7:36 (0.33)	32,8 (2)
Watts, <i>et al</i> (2000)	20 m ruta indoor (7b)	2:34 (0:25)	~24,7 (4,3)
Sheel, <i>et al</i> (2003)	2 rutas indoor (6b/7a)	1:30-3:30	~21,4 (3,5)

TABLA 2.
Resumen de estudios que han reportado datos de consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_{2\text{max}}$) en escaladores de roca durante pruebas específicas

de VO_2 entre $29,5 \pm 5,2$ y $31,7 \pm 4,6$ ml/kg/min, inferiores a los obtenidos por estos mismos atletas durante una prueba máxima de carrera ($50,5 \pm 7,0$ ml/kg/min). Los resultados no sólo indican la poca participación de la vía metabólica aeróbica, además, no se aprecia incrementos de VO_2 con el aumento del ángulo de ascensión. Este hecho puede deberse a la poca diferencia que hay de un ángulo a otro, o bien, como ya indicara Billat, *et al*⁶, con el aumento de los desplomes y el requerimiento físico, no se produce mayor demanda aeróbica.

Un año más tarde, Booth, *et al*¹⁰ confirmaron el hecho de que cuanto menor es la dificultad de ascensión, mayor es la utilización de la vía aeróbica. Para ello, reportaron datos relevantes de VO_2 durante una escalada de nivel medio (6b, escala francesa). Los valores fueron de $32,8 \pm 2,0$ ml/kg/min con un tiempo medio de escalada de $7'36'' \pm 0'33''$. El aumento del tiempo de escalada se encuentra beneficiado por la menor dificultad de la ruta de ascensión, y todo ello favorece el metabolismo aeróbico.

Los resultados metabólicos obtenidos por Watts, *et al*¹¹ durante una ascensión de 20 metros (5,12b YDS (Sistema Decimal Yosemite)), indican que los escaladores alcanzan picos elevados de VO_2 , $24,7 \pm 4,3$ ml/kg/min, aunque muy lejos de los valores máximos encontrados en pruebas inespecíficas de laboratorio.

A través de una prueba máxima de cicloergómetro, Sheel, *et al*¹², obtuvieron valores de VO_2 de

$45,5 \pm 6,6$ ml/kg/min y, los compararon con los obtenidos en 2 pruebas específicas de dificultad variable (5,10c y 5,11c, YDS). Los resultados fueron de $20,1 \pm 3,3$ ml/kg/min para la ruta fácil (rf) y $22,7 \pm 3,7$ ml/kg/min para la ruta más difícil (rd). Las conclusiones establecidas se encuentran en desacuerdo con las aportaciones de Booth, *et al*¹⁰, e indican que cuanto mayor es la dificultad de escala mayor es el consumo de oxígeno. Aún así la dificultad de las rutas no se encuentra establecida por el nivel o exigencia física y técnica. En general los valores de VO_2 para "rf" y "rd" fueron del 41 y 55%, respectivamente, muy lejos de los máximos.

También ha sido estudiado el comportamiento de la frecuencia cardiaca en la escalada deportiva (Tabla 3). La mayor facilidad técnica para recibir la respuesta cardiaca ha provocado un incremento del número de investigaciones.

Los estudios de Billat, *et al*⁶ en rutas de semejante dificultad (7b, escala francesa) y diferente implicación física (R1 y R2), reportan valores medios de frecuencia cardiaca de 176 ± 14 ppm para R1 y de $159 \pm 14,7$ ppm en R2; lo que corresponde a un $85,5 \pm 3\%$ y $84 \pm 6,6\%$, respectivamente, de la frecuencia cardiaca máxima. Los resultados indican que durante la escalada se producen valores muy elevados de frecuencias cardiacas y próximas a los obtenidos en pruebas máximas de laboratorio.

Posteriores ensayos en rutas de distinta dificultad⁸, se obtuvieron valores de frecuencia cardiaca

Referencia	Condición de la ruta	Frecuencia cardiaca (ppm)	% FC máxima en laboratorio
Billat, <i>et al.</i> (1995)	7b	159 (14,7) – 176 (14)	84 – 85,5
Mermier, <i>et al.</i> (1997)	90°/106°/151°	142 (19)/155 (15)/163 (15)	74 – 85
Watts y Dribish (1998)	80°/86°/91°/96°/102°	156 (17) – 173 (15)	83,9 (9,2)
Booth, <i>et al.</i> (1999)	6b, 23,4 metros	157 (8)	83 (4)
Watts, <i>et al.</i> (2000)	7b. 20 metros	148 (16)	
Janot, <i>et al.</i> (2000)	2 rutas (5.6/5.9). 10,2 metros	>160	
Sheel, <i>et al.</i> (2003)	2 rutas indoor (6b/7a)	129 (13) / 144 (14)	66 / 89
Draper, <i>et al.</i> (2006)	5 x 2 minutos ruta indoor de 106°	145 (18) – 158 (17)	
Schöffl, <i>et al.</i> (2006)	70 segundos W y 30 pausa sobre rutas 10°/20°/30°	137 (17,8) – 149 (18,7)	

TABLA 3.
Resumen de estudios que han reportado datos de frecuencia cardiaca en escaladores de roca tras la realización de pruebas específicas

entre 142 y 163 ppm., Estos datos coinciden con los reportados por Billat, *et al*⁶ para la ruta de mayor dificultad, observándose un incremento de la frecuencia cardiaca con el aumento del nivel de la ruta.

En esta línea, Watts y Drobish⁹ y Booth, *et al*¹⁰ registraron la respuesta cardiaca en diferentes ángulos y obtuvieron valores medios entre 156 ± 17 - 173 ± 15 ppm. Las conclusiones establecidas mostraban aumentos considerables de la frecuencia cardiaca con la dificultad de la escalada.

Watts, *et al*¹¹ analizaron la respuesta cardiaca a lo largo de una ascensión de 20 metros (5,12b, YDS) en 15 escaladores expertos. Los resultados medios fueron de 148 ± 16 ppm. Los valores son inferiores a los mostrados por otros autores^{6,8} para rutas de semejante dificultad. Este hecho es posible debido a que la "vía" de escalada presentaba una dificultad sostenida durante todo el trayecto, siendo en los últimos 2 metros donde se produce un aumento de la dificultad (desplome); en consecuencia la exigencia física no era tan relevante.

Por otro lado, en contra de lo descrito hasta el momento, Janot, *et al*¹³, registran frecuencias cardiacas muy elevadas en relación a la dificultad de las rutas. La longitud y dificultad de las vías eran de 10,2 metros y 5,6 y 5,8 YDS, respectivamente. Los valores medios obtenidos para ambas vías fueron superiores a 160 ppm, siendo mayor para la ruta de mayor dificultad. Si los comparamos con los datos de Mermier, *et al*⁸, los valores son muy superiores. Esto puede deberse al bajo nivel de los atletas, ya que eran escaladores principiantes o recreacionales. También se les puede atribuir problemas de ansiedad o estrés psicológico a causa de la corta experiencia de escalada.

Las respuestas cardiacas obtenidas por Sheel, *et al*¹² fueron de 144 ± 14 ppm para la ruta más difícil, y 129 ± 13 ppm para la más fácil, correspondiéndose a un 89 y 66%, respectivamente, de la frecuencia cardiaca máxima. Valores bajos de frecuencia cardiaca, hecho atribuible a la estandarización de la prueba para cada uno de

los escaladores. Las rutas de escalada eran 2 y 3 grados más fáciles que el máximo nivel de escalada individual.

Draper, *et al*¹⁴ en estudios sobre escaladores recreacionales, obtienen registros que oscilan entre 145 y 158 ppm. Al igual que ocurriera otros estudios, los valores encontrados son relativamente bajos. Esto puede deberse a la baja dificultad de la ruta, el nivel recreacional de los escaladores y al diseño del experimento, pues encadenaban movimientos similares y previamente estandarizados¹⁵.

Trabajos más recientes, como el de Schöffl, *et al*¹⁶, reportan datos medios de frecuencia cardiaca entre $137 \pm 17,8$ y $149 \pm 18,7$ ppm. Los resultados muestran aumentos de la frecuencia cardiaca con el número de movimientos y el esfuerzo. Parece ser que durante los primeros pasos los valores aumentan rápidamente (10-15 ppm en cada escalón). Este hecho puede deberse al requerimiento de los músculos del antebrazo desde los primeros movimientos. La fatiga generada por las repetidas contracciones isométricas, provoca aumentos de la frecuencia cardiaca y limitan el rendimiento del escalador.

Al igual que el VO_2 y la frecuencia cardiaca, las medidas de concentración de lactato en sangre ([lact]) han reportado información a cerca del esfuerzo percibido durante la escalada de dificultad (Tabla 4).

Los estudios de Billat, *et al*⁶ tomaron muestras de lactato a los 3 minutos de realizar las rutas de escalada. Los valores fueron de $4,3 \pm 0,77$ y $5,75 \pm 0,95$ mmol/l, similares a los reportados por Watts, *et al*¹⁶, $6,1 \pm 1,4$ mmo/l, para vías de semejante dificultad. En ambos estudios, los valores de [lact] post-ejercicio se correlacionaron con las pérdidas de resistencia de agarre tras la realización de la ruta de escalada.

Mermier, *et al*⁸ registraron valores más bajos de [lact], $3,2 \pm 0,9$ mmol/l para una ruta de dificultad 5.11, YDS. Este hecho es atribuible a que el nivel de la ruta de escalada era inferior a la de los estudios anteriores, así como la estandarización del tipo de escalada.

TABLA 4.
Resumen de estudios que han reportado datos de concentración de lactato en sangre ([lact]) en escaladores de roca tras la realización de pruebas específicas

Referencia	Condición	[lact] (mmol.1-1)
Billat, <i>et al.</i> (1995)	3 min post ruta, 7b	4,3 (0,77) – 5,75 (0,95)
Watts, <i>et al.</i> (1996)	1 min post ruta, 7b	~6,1 (1,4)
Mermier, <i>et al.</i> (1997)	1-2 min post ruta indoor, 7a	~3,2 (0,9)
Watts y Drobish (1998)	1 min post 80, 86, 91,96 y 102°	3,6 (1,2) – 5,9 (1,2)
Booth, <i>et al.</i> (1999)	Post ruta, 6b	~4,5 (0,5)
Watts, <i>et al.</i> (2000)	1 min post ruta indoor, 7b	~6,8 (1,9)
Werner y Gebert (2000)	1 min post UIAA World	~6,7 (1,1)
Schoeffl, <i>et al.</i> (2004)	3 min post ruta/test_5, 10 ,15 y 20°	~3,48 (1,13)
Schoeffl, <i>et al.</i> (2006)	“Rock’n Roll®” (10, 20 y 30°)	4,2 (1,3)

Las medidas obtenidas por Watt y Drobish⁹ en diferentes ángulos oscilaron entre $3,6 \pm 1,2$ a $5,9 \pm 1,2$ mmol/l, donde los valores más elevados correspondían a las ascensiones con mayor desnivel (angulación). En los primeros ángulos de ascensión se pudo observar incrementos pocos significativos de [lact]. Con la superación de la vertical ($>90^\circ$) se produce un aumento significativo del lactato en sangre. Por último observaron una correlación significativa ($p < 0,05$) entre ángulo de ascensión, [lact] y fuerza de aprehensión; de tal forma que la habitual orografía de las rutas de escalada, propicias en desplomes, provocan elevaciones de lactato en sangre y pérdidas de fuerza de aprehensión, debilitando así la capacidad de rendir. Estos resultados coinciden con los de Werner y Gebert¹⁸, que también encontraron correlaciones entre [lact] y disminución de la fuerza dinamométrica.

Watts, *et al.*¹¹ analizaron [lact] y la fuerza de agarre antes y después de una ascensión de escalada de nivel. Los valores medios de lactato post-ejercicio fueron de $6,8 \pm 1,9$ mmol/l, manteniéndose elevados durante los 20 minutos de recuperación. No se encontraron correlaciones significativas de lactato en sangre y disminución de fuerza de agarre. Las medidas de fuerza de aprehensión no mostraron cambios antes y después de la escalada. Todo lo contrario ocurrió con [lact], donde sí hubo modificaciones significativas. Además, en los 20 minutos post-ejercicio, el comportamiento de [lact] y la fuerza de la mano, fue totalmente dispar.

Werner y Gebert¹⁹ publicaron datos de [lact] en rutas de escalada durante la “World Championship competition”. Analizaron a 46 competidores, 28 hombres y 18 mujeres, registrando valores medios de $6,7 \pm 1,1$ mmol/l para ascensiones de $13,2 \pm 4,9$ metros y un tiempo de ruta de $4,2 \pm 1,8$ minutos. Se encontraron correlaciones positivas entre [lact] y longitud de ascensión.

Schoeffl, *et al.*²⁰ analizaron las concentraciones de lactato en sangre durante una prueba de esfuerzo progresivo en rocódromo giratorio. La [lact] aumentó con el estrés físico, alcanzando valores medios de 3,48 mmol/l.

Estudios más recientes¹⁶ encontraron valores medios de lactato de $4,2 \pm 1,3$ mmol/l. Estos datos eran mayores o inferiores en función de la dificultad o inclinación de la ruta de escalada, y se mantenían muy elevados en los 3 minutos siguientes al ejercicio. Este hecho confirma la necesidad de disminuir las concentraciones de lactato en sangre durante los periodos de recuperación. En esta línea, Draper, *et al.*¹⁴ obtuvieron disminuciones de [lact] post-ejercicio entre 0,9 y 1,2 mmol en recuperaciones activas frente a las pasivas.

Varias investigaciones han medido las [lact] durante y después de la escalada. Los valores están entre 2,4 y 6,1 mmol/l. Esta amplia diferencia puede deberse al modo o ejecución del estudio, longitud de la ruta, pendiente de ascensión y el nivel de experiencia del escalador.

La escalada deportiva se caracteriza por ser una actividad exigente, donde se producen ascensiones en diferentes inclinaciones, con una duración entre 2 y 7 minutos, de los cuales el 70 % son posiciones estáticas. Los valores de VO_2 oscilan entre 20 y 25 ml/kg/min, produciéndose incrementos desproporcionados de la frecuencia cardiaca respecto a éste, llegando a alcanzar valores del 85 % de la frecuencia cardiaca máxima. Las pérdidas de resistencia de agarre se han correlacionado con la acumulación de lactato. Los valores alcanzados oscilan entre 2,1 y 6,1 mmol/l, observándose mayores incrementos con la dificultad de la ruta.

Rendimiento en la escalada deportiva

Se ha definido la escalada como una actividad continuada de acciones de progresión y de sustentación o mantenimiento de la postura. A medida que transcurre el tiempo, aumenta la fatiga y disminuye la capacidad de repetir dichas acciones, sobre todo, las acciones de sostén.

Así, el agotamiento físico viene determinado por la fatiga de los antebrazos, con respuestas importantes de la presión arterial, frecuencia cardiaca y concentración de lactato²¹, que se ven incrementados durante ascensos a rutas de escalada de mayor dificultad²².

La respuesta atenuante de la presión arterial al ejercicio isométrico podría deberse en parte al aumento de la capacidad dilatadora de los vasos sanguíneos del antebrazo²³, lo cual hace que haya un aumento de la resistencia al ejercicio rítmico, por permitir una hiperemia durante las fases de recuperación.

Un aumento del torrente vascular y del área capilar, así como adaptaciones metabólicas del músculo en funcionamiento²⁴, provocaría un incremento de la capacidad vasodilatadora y, en consecuencia, mayor suministro de sustrato y eliminación metabólica en los periodos de descanso, lo que facilitaría la capacidad del escalador de realizar contracciones repetidas y sostenidas²⁵.

Se ha hecho referencia a importantes adaptaciones de la frecuencia cardiaca durante la escalada de dificultad, e incluso, se han establecido correlaciones positivas entre grado o dificultad de ascensión y respuesta cardiaca¹⁶.

Este aumento de la frecuencia cardiaca viene determinado por las repetidas contracciones isométricas de los músculos flexores de los dedos²², que provocan, además de aumentos de la presión arterial²⁵, subidas desproporcionadas de la frecuencia cardiaca en relación al VO_2 ^{6,9,16,22,26}.

La relación no lineal de la frecuencia cardiaca y VO_2 se explica como mecanismo de adaptación en respuesta al ejercicio de aprehensión²². El sistema de control consiste en una eferencia del SNC a una subida desproporcionada de la tensión arterial que dificulta el flujo sanguíneo local, provocando una activación de los barorreceptores del cayado aórtico, resumida en un aumento de la frecuencia y salida cardiaca y la distribución del flujo sanguíneo hacia el músculo esquelético^{7,8,12,16,22}.

Otra explicación viene definida por la acumulación metabólica en el músculo en funcionamiento, provocando el mencionado aumento de la frecuencia y salida cardiaca para favorecer el aporte de nutrientes y la eliminación de metabolitos^{27,24}.

Por otro lado, no se debe olvidar que la escalada deportiva mantiene una alta participación técnica y táctica. Westcott²⁸, demostró que una buena técnica de escalada y la elección de la ruta pueden influir en los valores cardíacos de respuesta, estando condicionado por el grado de experiencia del atleta.

El mantenimiento de la postura se efectúa principalmente por los pies, los escaladores expertos utilizan moderadamente los apoyos de las manos y, en consecuencia, utilizan los pies sobre todo en los movimientos que se realizan en estrategias precisas^{29,30}.

Los escaladores de mayor nivel tienen un gasto de energía menor y escalan más lejos en un grado

de dificultad mayor, que los escaladores principiantes, por lo que la habilidad y la técnica juegan un papel determinante en el costo de energía, influyendo en los valores de respuesta cardíaca³¹.

La dificultad de la práctica parece determinar las características psicológicas que rodean a la escalada. El aumento de la respuesta cardíaca durante la ascensión podría deberse más a la influencia de tipo psicológico (ansiedad) que al propio esfuerzo físico³². Antes y durante la escalada los valores cardíacos son mayores en principiantes que en escaladores expertos¹³.

Aunque la respuesta es elevada en toda la vía, parece que durante los primeros pasos la frecuencia cardíaca aumenta rápidamente¹⁶; de igual manera, en el último cuarto del ejercicio se produce un incremento de la actividad cardíaca³³, observándose mayores diferencias a favor de los escaladores recreacionales²³.

Por tanto, el control psicológico es importante en la práctica de la escalada. Es posible que se produzcan alteraciones de la frecuencia cardíaca ante situaciones de dificultad extrema, coincidiendo con el agotamiento físico, atribuibles a un cierto estrés psicológico determinado por el nivel o experiencia del escalador.

En cuanto a las concentraciones de lactato encontradas durante una ascensión, se observa valores bastante elevados de las mismas^{6,8-10,11,14,16,19,20}. Incluso, las pérdidas de resistencia de agarre se han correlacionado con la acumulación de lactato, observándose mayores incrementos con la dificultad de la ruta¹⁷.

Cuando aumenta el ángulo de ascensión, disminuye el ritmo de escalada, aumenta la fatiga y decrece la fuerza de agarre^{9,18}. Esto hecho se hace con frecuencia pues las condiciones actuales de la escalada deportiva, tienden a aumentar la dificultad y el número de desplomes, provocando grandes ángulos de trepa.

Se podría inducir que una capacidad alta de tolerar y eliminar el ácido láctico durante la escalada puede favorecer el rendimiento³⁴. Durante las

contracciones isométricas se acumula fatiga³⁵, y en las fases de recuperación se eliminan las sustancias metabolizadas, siendo mayor en escaladores expertos. Se confirma así que la recuperación en los escaladores de nivel presenta valores más altos entre contracciones, permitiendo el doble de trabajo en la pared³⁶. Se atribuye a la mayor capacidad vasodilatadora del escalador, que durante el periodo de descanso podría ser suficiente para recuperarse de los esfuerzos fatigantes de las contracciones, reduciendo la acumulación de metabolitos¹⁴.

En resumen, se podría afirmar que la presión arterial, la frecuencia cardíaca y las concentraciones de lactato aumentan con la dificultad. Las mejores características técnicas y psicológicas, hace que los escaladores expertos mantengan un tiempo de trabajo en ascensión mayor que los no escaladores y, en consecuencia, rindan más.

RESUMEN

La escalada es una actividad deportiva que consiste en la realización de ascensiones en paredes de fuerte pendiente valiéndose de la fuerza física, la habilidad técnica, la capacidad psicológica y, por lo general, utilizando como única ayuda un calzado especial. La búsqueda de la superación y del rendimiento deportivo, provocan la necesidad de definir y estudiar las características del escalador, así como la mejora de los métodos y técnicas empleados para el entrenamiento. Durante una ascensión, se producen actividades bastantes exigentes, en las que los tiempos de realización oscilan entre 2 y 7 minutos, donde 5/8 del tiempo de trabajo se emplea en posiciones estáticas (descansos, toma de decisiones, aseguramientos, etc.) y el tiempo restante en movimientos de superación. Las sucesivas acciones musculares de sostén (isométricas) y de progresión (isotónicas) en la vertical provocan valores de VO_2 en torno a 20-25 ml/kg/min, pudiendo llegar a 30 ml/kg/min, manteniéndose elevados en el tiempo post-ejercicio, existiendo un incremento desproporcionado de la frecuencia cardíaca en relación al VO_2 . Las pérdidas de resistencia de agarre se han correlacionado con la acumulación de lactato.

Los valores alcanzados oscilan entre 2,1 y 6,1 mmol/l, observándose mayores incrementos con la dificultad de la ruta. Parece indicar, que la mayor eliminación de las sustancias metabolizadas, durante las fases de recuperación, aumenta la capacidad de repetir los esfuerzos.

Palabras clave: Escalada. VO_2 . Frecuencia cardiaca. Lactato

SUMMARY

Scaling is a sports activity that consists of the accomplishment of ascents on walls of strong slope using physical force, technical ability, psychological capacity and, generally, using special footwear as the only form of help. The search to overcome and dominate the sport, prompts the need to define and study characteristics of the climber. In doing so, it also provokes the need for improvement in methods and techniques used

for training. During an ascent, quite demanding activities take place, in which the time of accomplishment ranges from between 2 to 7 minutes. 5/8 of that working time is spent in static positions (rests, decision making, safety settings, etc.) The remaining time is spent in overcoming movements. The consecutive muscular actions of support (isometric) and progression (isotonic) in the vertical position cause VO_2 levels in turn to reach 20-25 ml/kg/min (with the ability to reach 30 ml/kg/min). These levels remain elevated in post-exercise time. There is an out of proportion increase of heart rate in relation to the VO_2 . The loss of take hold resistance has been correlated with lactate accumulation. The reached values range from 2.1 and 6.1 mmol/l, observing greater increasing difficulty of the route. This may indicate that the greater clearance of the metabolized substances, during recovery phase, increases the ability of repeating the efforts.

Key words: Climbing. VO_2 . Heart rate. Lactate.

B I B L I O G R A F Í A

1. Egocheaga J, González V, Montoliu MA, Del Valle M. Valoración antropométrica en escaladores. *Rev Esp Med Ed Fis Dep* 1998;7:199-203.
2. González M. Montañismo y cambio social. Elementos para un programa de investigación en sociología del deporte. *Apunts educación física y deportes* 2004;77:12-7.
3. Hepp T, Güllich W, Heidorn G. La escalada deportiva. Barcelona. Paidotribo, 1996;15
4. Oxlade C. Rock climbing. *Lerner Publications*, 2004;6-10.
5. Guidi O. Finaliser la preparation en escalade. *Revue Eps* 1993;240:27-30.
6. Billat V, Palleja P, Charlaix T, Rizzardo P, Janel N. Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers. *J Sports Med Phys Fitness* 1995;35(1):20-4.
7. Wilkins B, Watts PB, Wilcox A. Metabolic responses during rock climbing in expert sport rock climbers (abstract). *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28:s159.
8. Mermier CM, Robergs RA, Mcminn SM, et al. Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing. *Br J Sports Med* 1997;31:224-8.
9. Watts PB, Drobish KM. Physiological responses to simulated rock climbing at different angles. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30(7):1118-22.
10. Booth J, Marino F, Hill C, Gwinn T. Energy cost of sport rock climbing in elite performers. *Br J Sports Med* 1999;33:14-18.
11. Watts PB, Dagggett M, Gallagher P, Wilkins B. Metabolic response during sport rock climbing and the effects of active versus passive recovery. *Int J Sports Med* 2000;21(3):185-90.

12. Sheel AW, Seddon N, Knight A, McKenzie DC, Warburton DE. Physiological responses to indoor rock-climbing and their relationship to maximal cycle ergometry. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35(7):1225-31.
13. Janot J, Steffen J, Porcari J, Maher M. Heart rate responses and perceived exertion for beginner and recreational sport climbers during indoor climbing. *Journal of Exercise Physiology online* 2000;3(1).
14. Draper N, Bird EL, Coleman I, Hodgson C. Effects of active recovery on lactate concentration, heart rate and rpe in climbing. *J Sports Sci* 2006;5: 97-105.
15. Draper N, Brent S, Hale B, Coleman I. The influence of sampling site and assay method on lactate concentration in response to rock climbing. *Eur J Appl Physiol* 2006;98(4):363-72.
16. Schoffl VR, Mockel F, Kostermeyer G, Roloff I, Kupper T. Development of a performance diagnosis of the anaerobic strength endurance of the forearm flexor muscles in sport climbing. *Int J Sports Med* 2006;27(3):205-11.
17. Watts P, Newbury V, Sulentic J. Acute changes in handgrip strength, endurance, and blood lactate with sustained sport rock climbing. *J Sports Med Phys Fitness* 1996;36(4):255-60.
18. Werner I, Gebert W. Blood lactate responses to competitive climbing. The science of climbing and mountaineering. *Human Kinetics* 1999
19. Werner I, Gebert W. Blood lactate responses to competitive climbing. In: messenger n, patterson w, brook d (eds) the science of climbing and mountaineering, chapter 3 (cd-rom). Human Kinetics Software, Champaign 2000; i11
20. Schoeffl V, Klee S, Strecker W. Evaluation of physiological standard pressures of the forearm flexor muscles during sport specific ergometry in sport climbers. *Br J Sports Med* 2004;38(4):422-5.
21. Bertuzzi RCM, Gagliardi JFL, Franchini E, Kiss MA. Anthropometric characteristics and motor performance of brazilian indoor rock climbers at the advanced and intermediate levels. *Rev Bras Ciên e Mov* 2001;9(1):07-12.
22. Sheel AW. Physiology of sport rock climbing. *Br J Sports Med* 2004;38(3):355-9. Review
23. Ferguson RA, Brown MD. Arterial blood pressure and forearm vascular conductance responses to sustained and rhythmic isometric exercise and arterial occlusion in trained rock climbers and untrained sedentary subjects. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997;76(2):174-80.
24. O'leary DS, Augustyniak RA, Ansoorge EJ, et al. Muscle metaboreflex improves o2 delivery to ischemic active skeletal muscle. *Am J Physiol* 1999;276:h1399-403.
25. Ferguson RA, Brown MD, Blackely T, Fowler A. Forearm maximal vasodilator capacity in elite rock climbers. *Journal Of Sports Sciences* 1997; 15:49.
26. Mermier CM, Janot JM, Parker DL, Swan JG. Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *Br J Sports Med* 2000;34(5):359-65.
27. O'leary DS, Robinson ED, Butler JL. Is active skeletal muscle functionally vasoconstricted during dynamic exercise in conscious dogs?. *Am J Physical* 1997;272:r386-91.
28. Westcott W. Fitness benefits of rock climbing. *Am Fitness Q* 1992;10:28-31.
29. Rougier P. Influence du niveau d'expertise lors d'une tâche d'escalade: approche biomécanique. *Macolin* 1992;9:14-16.
30. Bourdin C, Teasdale N, Nougier V. Attentional demands and the organization of reaching movements in rock climbing. *Res Q Exerc Sport* 1998; 69(4): 406-10.
31. Hardy L, Martindale K. Some physiological parameters in rock climbing. *Phys Ed Rev* 1982; 5:41-4.
32. Williams E, Taggart P, Carruthers M. Rock climbing: observations on heart rate and catecholamines and the influence of oxprenolol. *Br J Sports Med* 1978;12:125-8.
33. Egocheaga J, Montoliu MA, González V, Rodríguez B, Del Valle M, Palenciano L. Metabolismo energético en la escalada deportiva sobre roca y rocódromo versus escalada sobre cascadas de hielo. *Arch Med Dpte* 2001;XVIII(81):33-40
34. Giles LV, Rhodes EC, Taunton JE. The physiology of rock climbing. *Sports Med* 2006;36(6):529-45.
35. Grant S, Shields C, Fitzpatrick V, Loh WM, Whittaker A, Watt I, Kay JW. Climbing-specific finger endurance: a comparative study of intermediate rock climbers, rowers and aerobically trained individuals. *J Sports Sci* 2003;21(8):621-30.
36. Quaine F, Vigouroux L, Martin L. Finger flexors fatigue in trained rock climbers and untrained sedentary subjects. *Int J Sports Med* 2003;24(6):424-7.