PubliCE, (PubliCE) 2017

Article

La Práctica de la Escalada Deportiva Contribuye al Mejoramiento de la Modulación Autónoma en Individuos Jóvenes

Catalina G. Gomez[1], Diego AS. Rodríguez[2], Wellington RG. Carvalho[3,4], Cristiano T. Mostarda[3], Bruno B. Gambassi[5], Bruno Rodrigues[5], Fabiano F. Silva[6], Wonder P. Higino[6] y Renato A. Souza[6]

[1]*Fundación Universitaria del Área Andina - Programas en Deportes, Bogotá*
[2]*Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá, Colombia*
[3]*Departamento de Educación Física, Universidad Federal de Maranhão, São Luís-MA, Brasil*
[4]*Universidad Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, Brasil*
[5]*Facultad de Educación Física, Universidad de Campinas, Campinas-SP, Brasil*
[6]*Grupo de Estudios e Investigaciones en Ciencias de la Salud, Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología del Sur de Minas Gerais, Muzambinho-MG, Brasi*

RESUMEN

Gomez CG, Rodríguez DAS, Carvalho WRG, Mostarda CT, Gambassi BB, Rodrigues B, Silva FF, Higino WP, Souza RA. La Práctica de la Escalada Deportiva Contribuye al Mejoramiento de la Modulación Autónoma en Individuos Jóvenes. JEPonline 2017; 20(2): 84-91. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos crónicos de 3 años de práctica de escalada deportiva sobre la modulación autónoma analizando la VFC mediante un método de dominio tiempo/frecuencia. Dieciséis sujetos varones fueron asignados a dos grupos: (a) grupo sedentario (GS, n = 9), participantes con actividad física irregular o sin actividad física; y (b) grupo de escalada en roca en el interior (GERI, n = 7), participantes que han practicado escalada en roca en interior durante 3 años con práctica regular de 2 veces•sem-1 y con habilidades técnicas similares. Hubo diferencias estadísticamente significativas en los dominios de tiempo y frecuencia de la VFC (intervalo RR, SD1, RMSSD, LF y HF) entre el grupo GS y el grupo GERI. Sin embargo, el GERI mostró valores más altos en todas las diferencias. Los hallazgos indican que la práctica a largo plazo de la escalada deportiva produce una mayor VFC en los escaladores de roca en interior en comparación con los individuos sedentarios, lo que indica algún beneficio cardiovascular.

Palabras Clave: Sistema Nervioso Autónomo, Cardiovascular, Desacondicionamiento, Variabilidad de Frecuencia Cardíaca, Escalada Deportiva

INTRODUCCIÓN

Un estilo de vida sedentario es considerado uno de los principales factores de riesgo modificables para el desarrollo de trastornos metabólicos (8). Los individuos que evitan el ejercicio regular tienen menor variabilidad de la frecuencia

cardiaca (VFC) en comparación con los individuos entrenados (1). Una VFC reducida se considera un factor de aumento de la morbimortalidad cardiovascular en pacientes con un gran número de enfermedades e incluso en sujetos no enfermos (15,17). La VFC indica la capacidad del corazón para responder a múltiples estímulos fisiológicos, como el ejercicio, la respiración y los trastornos metabólicos. Por lo tanto, la VFC se considera como una medida no invasiva para evaluar el sistema nervioso autónomo (11).

Aunque existen numerosos estudios (2,4,6,9,14,20) que hablan de los beneficios de la práctica del ejercicio de resistencia y del ejercicio aeróbico sobre la VFC en ancianos, adultos en general, en sujetos hipertensos y en atletas de judo, todavía existen dudas sobre los efectos de la práctica de escalada deportiva en la VFC. La escalada deportiva surgió a principios de la década de 1980 como una herramienta de entrenamiento físico y técnico para escaladores de roca. Sin embargo, a medida que pasaron los años, ganó sus propios seguidores, especialmente debido a su mayor accesibilidad en comparación con la escalada en roca (3). La escalada deportiva es la rama de la escalada en la que el elemento de peligro se reduce colocando puntos de protección en la roca o en la pared interior. En la práctica de este deporte, las caídas son comunes pero relativamente seguras (19).

En una revisión reciente, se observó que la escalada es única desde el punto de vista fisiológico porque requiere contracciones isométricas sostenidas e intermitentes de los músculos del antebrazo para la propulsión ascendente. Durante la escalada, hay un aumento en el consumo de oxígeno y la frecuencia cardíaca, lo que sugiere que la escalada deportiva requiere la utilización de una parte significativa de la capacidad aeróbica de todo el cuerpo. Con un aumento en la dificultad de la escalada, hay un aumento en la dependencia del escalador en las vías energéticas anaeróbicas. Esto se evidencia por el aumento en el lactato sanguíneo y un aumento desproporcionado de la frecuencia cardíaca en relación con el consumo de oxígeno. Sin embargo, los determinantes del rendimiento en escalada aún no están claros (19).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos crónicos de 3 años de práctica de escalada deportiva sobre la modulación autónoma analizando la VFC utilizando un método de dominio tiempo/frecuencia.

MÉTODOS

Sujetos

Un total de 16 sujetos varones fueron asignados a dos grupos: (a) grupo sedentario (GS, n=9), participantes con actividad física irregular o sin actividad física; y (b) grupo de escalada en roca en interior (GERI, n=7), los participantes han practicado escalada en roca durante 3 años con práctica regular 2 veces·sem-1 y con habilidades técnicas similares. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de los sujetos. Todos los sujetos fueron cuidadosamente informados sobre los procedimientos del experimento y los posibles riesgos y beneficios asociados con la participación en el estudio. Cada sujeto firmó un documento de consentimiento informado conforme a la ley antes de que se realizara alguna de las pruebas.

Mediciones Antropométricas

Las mediciones antropométricas se obtuvieron utilizando técnicas estandarizadas por entrevistadores bien entrenados (13). Se realizaron mediciones antropométricas en todos los sujetos llevando ropa ligera sin zapatos. El peso corporal se midió en kilogramos (kg) usando una balanza digital (Seca®803, Hamburgo, Alemania) con una precisión de 100 gramos (g). La altura se midió en metros (m) y se registró con una precisión de 0,1 cm con un estadiómetro portátil (Seca® 213, Hamburgo, Alemania). El índice de masa corporal (IMC) de cada sujeto se calculó usando la fórmula: IMC = peso corporal (kg)/altura corporal (m) x altura corporal (m2).

Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca

La obtención del intervalo RR (iRR) se recogió a una frecuencia de muestreo de 1000 kHz durante un período de 10 minutos en posición supina con la cabeza elevada a 30°. Para evaluar la VFC de los sujetos (la serie temporal de intervalos RR) se registró con el Polar RS 800 CX (Kempele, Finlandia).

Las series temporales del tacograma se relacionaron con cada segmento seleccionado y se evaluaron cuantitativamente considerando los valores de las potencias de FC, total y normalizada (nu). El índice simpato-vagal (LF/HF) se calculó sobre la base de la LF y la HF normalizadas. Las unidades normalizadas (nu) se obtuvieron dividiendo la potencia del componente dado por la potencia total (de la que se substrajo la VLF) y se multiplicó por 100 (16).

Las pruebas se analizaron mediante el programa Kubios VFC 2.0 (Análisis Biosignal y Grupo de Imágenes Médicas, Kuopio, Finlandia) en el que se procesó la señal ECG para obtener las variables relacionadas con la VFC en los dominios tiempo y

frecuencia. En el dominio del tiempo, las variables seleccionadas fueron VarRR (varianza de los intervalos RR), SDNN (desviación estándar de los intervalos RR), RMSSD (raíz cuadrada de las diferencias cuadráticas medias entre los intervalos RR normales adyacentes, expresados en milisegundos, ms) y pNN50 (la proporción de NN50 dividida por el número total de NNs). En el gráfico de Poincaré, las variables fueron SD1 (corta variación del intervalo RR) y SD2 (representa la VFC en los registros a largo plazo). El análisis de la VFC en el dominio de la frecuencia se realizó utilizando Transformada Rápida de Fourier (FFT) en porciones de 5 min con superposición de interpolación de 4 Hz en un 50%. Las bandas de interés fueron de baja frecuencia o LF (0:04 a 0:15 Hz y este componente se refiere predominantemente a la modulación simpática) y de alta frecuencia o HF (0,15 a 0,4 Hz que se refiere a la modulación parasimpática).

Los componentes normalizados de LF y HF de la variabilidad R-R se consideraron, respectivamente, como marcadores de la modulación cardíaca simpática y parasimpática, y la relación entre ellos (LF/HF) fue considerada como un índice de la modulación autónoma del corazón. Los resultados se expresaron en valores absolutos (HF y LF ms2) y en porcentajes (HFnu y LFnu).

Análisis Estadísticos

La versión SPSS 19.0 (Statistical Package for the Social Sciences, Chicago, IL, EEUU) se utilizó para la base de datos y análisis estadístico. Los resultados se expresaron como media y desviación estándar (DE). La distribución normal de los datos se probó utilizando el test de Shapiro-Wilk. La evaluación de las medias entre los dos grupos se llevó a cabo con el *t*-test de Student para 2 muestras independientes. El nivel alfa de $P<0,05$ se consideró estadísticamente significativo.

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra las características basales de los grupos GS y GERI. No hubo diferencias estadísticamente significativas en la edad, altura, peso e IMC entre los grupos. El análisis de la VFC en los dominios de tiempo y frecuencia se presentan en la Tabla 2. Cuando se compararon los datos de la VFC en el dominio del tiempo entre los grupos GS y GERI, hubo diferencias significativas en el intervalo RR y en los índices RMSSD. Además, en el método de evaluación no lineal, hubo una diferencia significativa entre los grupos en la cantidad de SD1 (Figura 1).

Tabla 1. *Datos Descriptivos de los Sujetos.*

Variables	**Grupo Sedentario** (n = 9) M ± DE	**Grupo de Escaladores de Roca en Interior** (n = 7) M ± DE	**Valor P**
Edad (años)	22.8 ± 3.0	25.4 ± 6.0	0.41
Peso (kg)	75.4 ± 5.0	73.9 ± 6.9	0.12
Altura (cm)	176 ± 3.0	174 ± 4.0	0.69
IMC ($kg \cdot m^{-2}$)	24.7 ± 10.0	21.3 ± 1.7	0.94

IMC: *índice de masa corporal*

Tabla 2. *Análisis del Dominio del Tiempo y de la Frecuencia de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca en Sujetos Sedentarios y Escaladores de Roca Entrenados.*

Variables	Grupo Sedentario (n = 9)		Grupo de Escaladores de Roca en Interior (n = 7)		Valor P
	M ± DE	IC (95%)	M ± DE	IC (95%)	
RR	704.3 ± 56.1	667.2; 741.4	795.8 ± 65.6*	735.2; 856.5	0.01
SD	56.1 ± 5.9	51.5; 60.6	73.9 ± 17.8*	57.4; 90.4	0.03
SD 1	18.6 ± 3.8	15.7; 21.5	35.1 ± 14.1*	22.0; 48.2	0.02
SD 2	76.3 ± 7.9	70.3; 82.4	100.2 ± 25.5	76.7; 123.8	0.05
RMSSD	26.6 ± 5.2	22.6; 30.6	49.8 ± 20.0*	31.3; 68.3	0.02
PNN50	7.7 ± 4.8	4.0; 11.4	10.4 ± 5.0	5.8; 15.0	0.29
Varianza RR	3380.9 ± 747.5	2908.7; 3933.3	6595.7 ± 2557.6*	4230.3; 8961.1	0.01
LF (ms^2)	519.9 ± 141.1	411.5; 628.3	3295.8 ± 2742.0*	759.9; 5831.7	0.03
HF (ms^2)	181.5 ± 82.7	118.0; 245.1	1046.5 ± 894.5*	219.2; 1873.8	0.04
LFNu	75.3 ± 4.2	72.1; 78.6	77.5 ± 10.1	68.2; 86.9	0.55
HFNu	24.7 ± 4.2	21.4; 27.9	22.5 ± 10.1	13.1; 31.8	0.55
LF/HF	3.5 ± 0.8	2.8; 4.1	4.3 ± 2.1	2.4; 6.3	0.37

***IC 95%** = intervalo de confianza; **LF** = baja frecuencia; **HF** = alta frecuencia; **LFNu** = baja frecuencia normalizada; **HFNu** = alta frecuencia normalizada; **LF/HF** = relación entre los componentes LF y HF; * Valor P ≤0,05 indica diferencia entre el grupo*

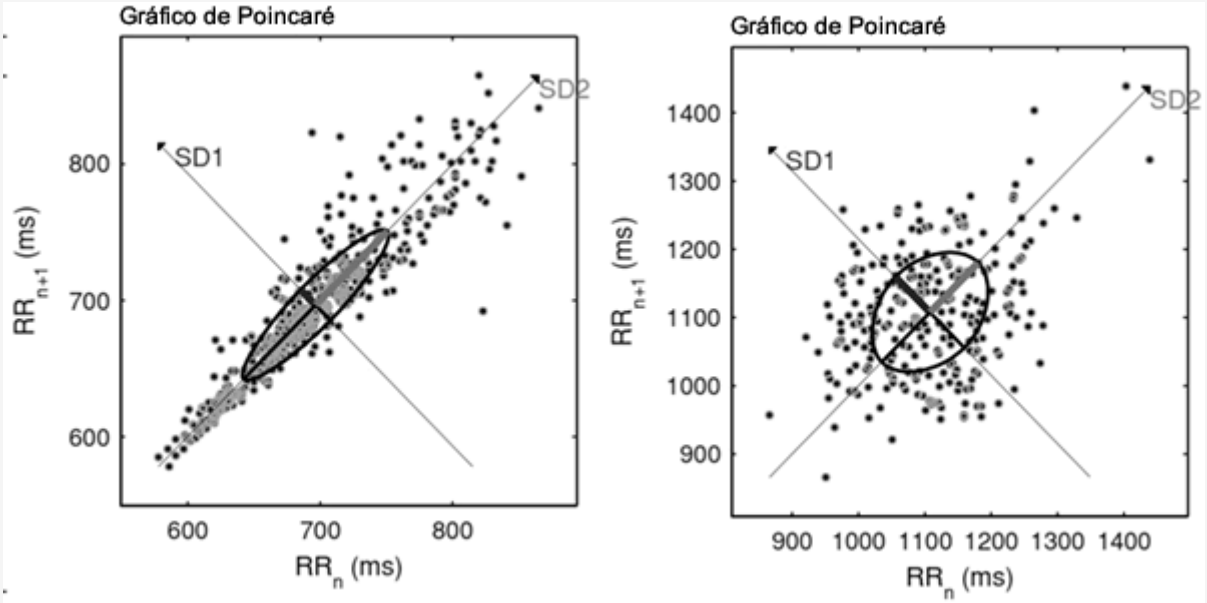

***Figura 1.** Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca de los Intervalos RR en una Serie de Latidos Seleccionados en Sedentarios y en Escaladores de Roca de Interior (SD1). Este índice está asociado con la modulación vagal, la variabilidad instantánea de la frecuencia cardiaca de los intervalos RR entre los latidos sucesivos del corazón en sedentarios y/o escaladores de roca (SD2). Este índice está asociado con la varianza total de los latidos.*

En cuanto al análisis de la VFC en el dominio de la frecuencia, los sujetos GS mostraron valores más bajos de índices absolutos de LF y HF y de la varianza RR en comparación con el GERI. El equilibrio simpato-vagal y los componentes estandarizados LF y HF de VFC fueron similares entre los grupos.

DISCUSIÓN

Los principales hallazgos del presente estudio indicaron que el GERI mostró un mayor control autónomo cardiovascular del corazón en comparación con el grupo sedentario. Se observó por el aumento de los valores absolutos en el intervalo RR, el aumento en SD1, la varianza RR, la LF (ms2), y la HF (ms2). Estos datos demuestran un predominio de la modulación parasimpática en el GERI cuando se compara con los sujetos sedentarios. Estos cambios se observaron independientemente de las características individuales tales como peso, altura, edad e IMC. Curiosamente, sólo unos pocos estudios demostraron los beneficios de la actividad de escalada en la modulación autónoma en reposo.

La VFC es una variable que puede verse afectada por muchos factores (como el entrenamiento físico), que es un estímulo suficiente para causar cambios significativos en la función cardiovascular y en los ajustes autónomos. Por lo tanto, las alteraciones en la frecuencia cardíaca y la arritmia sinusal respiratoria se asocian con el ejercicio mediante la alternancia de la actividad vagal sobre la simpática (5).

Algunos estudios han demostrado que una escalada no competitiva es una actividad aeróbica típica porque la intensidad es comparable a lo que el Colegio Americano de Medicina Deportiva recomienda para mantener un buen rendimiento cardiorrespiratorio (18). Además, se ha descrito que el análisis temporal y no lineal de la VFC puede estar relacionado con el nivel de entrenamiento y puede utilizarse como índice para el control cardiovascular autónomo (12).

Sin embargo, Rodio et al. (18) afirma que existe una linealidad entre el aumento de la dificultad de la escalada y el aumento del consumo de oxígeno, dado el aumento del gasto energético y la frecuencia cardíaca para cada metro de ascenso (18). Por lo tanto, cuando se observa una desproporción entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno, puede estar relacionada con las adaptaciones periféricas causadas por el aumento del tiempo de contracción isométrica y el aumento de la actividad metabólica y refleja que causa una respuesta simpática (7).

Además, según Ferguson y Brown (7), los escaladores no competitivos tienen una mayor conductancia durante y después del ejercicio rítmico en comparación con los sedentarios. Es probable que la disminución de los valores de presión arterial de los sujetos durante el ejercicio isométrico durante la escalada sea en parte debido al aumento de la capacidad de vasodilatación. Tal ajuste permitiría soportar una mayor resistencia durante el ejercicio rítmico, permitiendo así una mayor hiperemia funcional entre las fases de contracción (10).

Es razonable especular que el aumento de la frecuencia cardíaca, el aumento del consumo de oxígeno y las adaptaciones musculares que resultan de la práctica de la escalada contribuyen al aumento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (como lo demuestran las tasas más altas en el dominio del tiempo y la frecuencia observados en este estudio). Es probable que estos ajustes tengan una influencia positiva en el rendimiento de los escaladores y en la homeostasis cardiovascular.

CONCLUSIONES

La evaluación de la modulación autónoma mediante el análisis de la VFC utilizando un método de dominio de tiempo/frecuencia exhibió valores más altos de VFC en los sujetos GERI en comparación con los sujetos sedentarios. Así, los resultados de este estudio sugieren que la práctica a largo plazo de la escalada deportiva produce algún beneficio cardiovascular.

Dirección de correo: Renato A Souza, PhD, Federal Institute of Education, Science and Technology of the South of Minas Gerais, Muzambinho-MG, Brazil, Rua Dinah, 75, Canaã, 37890-000, Email: tatosouza2004@yahoo.com.br

REFERENCIAS

1. Achten J, Jeukendrup AE. (2003). Heart rate monitoring: Applications and limitations. *Sports Med. 2003;33:518-538.*
2. Araújo PS, Carvalho WRG, Navarro F, Rodrigues B, Gambassi BB, Ramallo BT, Filho AC, Mostarda CT. (2016). Cardiac autonomic modulation in judo athletes: Evaluation by linear and non-linear method. *Sport Sci Health. 2016;s11332-015-0256-7.*
3. Bertuzzi R, Pires FO, Lima-Silva AE, Gagliardi JFL, De-Oliveira FR. (2015). Performance determining factors in Indoor Calimbing: One of the contributions of Professor Maria Augusta Kiss to the development of Sports Sciences in Brazil. *Rev Bras Med*

Esporte. 2015;17:84-87.
4. Carter JB, Banister EW, Blaber AP. (2003). Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. *Sports Med. 2003;33:33-46.*
5. Cataldo A, Zangla D, Cerasola D, Vallone V, Russo G, Lo Presti R, Traina M. (2016). Influences of baseline heart rate variability on repeated sprint performance in young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness. 2016;56(4):491-496.*
6. Davy KP, De Souza CA, Jones PP, Seals DR. (1998). Elevated heart rate variability in physically active young and older adult women. *Clin Sci. 1998;94:579-584.*
7. Ferguson RA, Brown MD. (1997). 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: 174-180.*
8. Franks PW, Ekelund U, Brage S, Wong M, Wareham NJ. (2004). Does the association of habitual physical activity with the metabolic syndrome differ by level of cardiorespiratory fitness? Diabete Care. *2004;27:1187-1193.*
9. Gambassi BB, Almeida FJF, Sauaia BA, Novais TMG, Araujo AER, Chaves LFC, Rodrigues BS, Antônio RM, Melo LP, Mostarda CT. (2015). Resistance training contributes to variability in heart rate and quality of the sleep in elderly women without comorbidities. *JEPonline. 2015;18: 112-123.*
10. Giles LV, Rhodes EC, Taunton JE. (2006). The physiology of rock climbing. *Sports Med. 2006; 36:529-545.*
11. Heart rate variability. (1996). Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Task Force of the European Society of Cardiology and The North American Society Of Pacing and Electrophysiology. Eur Heart J. 1996;17:354-381.*
12. Henriquez OC, Báez SM, Von Oetinger A, Cañas JR, Ramírez CR. (2013). Autonomic control of heart rate after exercise in trained wrestlers. *Biol Sport. 2013;30:111-115.*
13. Lohman TG, Roche AF, Martorell R. (1998). Anthropometric Standardization Reference Manual. *Champaign, IL: Human Kinetics Books*
14. Meersman RE. (1993). Heart rate variability and aerobic fitness. *Am Heart J. 1993;125:726-731.*
15. Melo RC, Santos MDB, Silva E, Quitério RJ, Moreno MA, Reis MS, Verzola IA, Oliveira L, Martins LEB, Gallo-Junior L, Catai AM. (2005). Effects of age and physical activity on the autonomic control of heart rate in healthy men. *Brazilian J Med Biol Res. 2005;39:1331-1338.*
16. Montano N, Porta A, Cogliati C, Constantino G, Tobaldini E, Casali KR, Iellamo F. (2009). Heart rate variability explored in the frequency domain: A tool to investigate the link between heart and behavior. *Neurosci Biobehav Rev. 2009;33:71-80.*
17. Pumprla J, Howorka K, Groves D, Chester M, Nolan J. (2002). Functional assessment of heart rate variability: Physiological basis and practical applications. *Int J Cardiol. 2002;84:1-14.*
18. Rodio A, Fattorini L, Rosponi A, Quattrini FM, Marchetti M. (2008). Physiological adaptation in noncompetitive rock climbers: Good for aerobic fitness? J Strength Cond Res. *2008;22:359-364.*
19. Sheel AW. (2004). Physiology of sport rock climbing. *Br J Sports Med. 2004;38:355–359.*
20. Taylor AC, McCartney N, Kamath MV, Wiley RL. (2003). Isometric training lowers resting blood pressure and modulates autonomic control. *Med Sci Sports Exerc. 2003;35:251-256.*