



# apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

[www.apunts.org](http://www.apunts.org)



ORIGINAL

## Análisis de los componentes espectrales de la variabilidad cardíaca en hombres jóvenes entrenados: comparación del entrenamiento aeróbico y anaeróbico

Johan Enrique Ortiz Guzmán<sup>a</sup>, Dario Mendoza Romero<sup>b</sup>, Carlos Alberto Calderón<sup>c</sup> y Adriana Urbina<sup>c,\*</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Medicina y Odontología, Universidad de Valencia; Estudiante del Programa de Máster en Fisiología, Valencia, España

<sup>b</sup> Universidad INCCA de Colombia, Programa de Cultura Física y Deporte; Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Regional Bogotá, Colombia

<sup>c</sup> Departamento de Ciencias Básicas, Universidad del Rosario, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Bogotá, Colombia

Recibido el 8 de marzo de 2011; aceptado el 20 de junio de 2011

Disponible en Internet el 14 de diciembre de 2011

### PALABRAS CLAVE

Variabilidad de la frecuencia cardíaca;  
Entrenamiento;  
Análisis espectral

### Resumen

**Introducción:** La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) permite estudiar de forma no invasiva la modulación autonómica de la función cardiovascular. Según el principio de especificidad del entrenamiento, cada tipo de ejercicio produce adaptaciones específicas. Sin embargo, no se ha establecido si este concepto también es aplicable a la VFC. El presente estudio tiene como objetivo comparar los componentes espectrales de la VFC en hombres jóvenes entrenados aeróbicamente y anaeróbicamente.

**Materiales y métodos:** Estudio analítico descriptivo de corte transversal. Se analizaron los componentes espectrales de la VFC en reposo a partir de registros cortos en 12 corredores, 10 levantadores de peso y 11 sujetos control, no activos físicamente.

**Resultados:** Los sujetos entrenados aeróbicamente presentaron los valores más bajos en el componente de baja frecuencia (BF) y los valores más altos en el de alta frecuencia (AF), pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. El poder espectral total fue similar en todos los grupos ( $p=0,103$ ), al igual que la relación del componente de BF dividido en el de AF ( $p=0,094$ ). La frecuencia cardíaca en reposo en el grupo entrenado aeróbicamente fue significativamente menor con respecto al grupo entrenado anaeróbicamente ( $p < 0,01$ ) y al control ( $p < 0,001$ ).

**Conclusiones:** Los resultados no mostraron efecto del entrenamiento físico regular a largo plazo, ya fuese aeróbico o anaeróbico, sobre los componentes espectrales de la VFC. La bradicardia en reposo observada en nuestros sujetos de estudio entrenados aeróbicamente, no se explica por cambios en el control autonómico de la función cardiovascular.

© 2011 Consell de Catalunya. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [adriana.urbina@urosario.edu.co](mailto:adriana.urbina@urosario.edu.co) (A. Urbina).

**KEYWORDS**

Spectral analysis;  
Training;  
Heart rate variability

## Spectral analysis of heart rate variability in trained young men: comparison of endurance and resistance training

**Abstract**

**Introduction:** Heart rate variability (HRV) is a non-invasive tool for studying autonomic modulation of cardiovascular function. According to the specificity principle of training, each type of exercise causes specific adaptations. However, whether this concept also applies to HRV has not been established. The aim of this study was to compare the spectral components of HRV between endurance-trained and strength-trained young men.

**Material and methods:** Cross sectional analytical descriptive study. Spectral components of HRV at rest were analysed from short records in 12 runners, 10 weight lifters and 11 not physically active control subjects.

**Results:** Endurance-trained subjects showed the lowest values in the low frequency component (LF) and the highest values at high frequency (HF), but these differences were not statistically significant. Total spectral power was similar in all groups ( $P=.103$ ), as well as the ratio of low frequency components divided into high frequency (LF/HF) ( $P=.094$ ). Heart rate at rest in aerobically trained group was significantly lower compared to strength-trained group ( $P<.01$ ) and controls ( $P<.001$ ).

**Conclusions:** The results showed no effect of long-term regular aerobic or anaerobic physical training, on spectral components of HRV. In our aerobically trained subjects, rest bradycardia was not explained by changes in the autonomic control of cardiovascular function.

© 2011 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

**Introducción**

El entrenamiento físico regular y a largo plazo produce cambios cardiovasculares que han sido bien definidos y que muestran alguna especificidad de acuerdo con la modalidad deportiva. En los corredores de grandes distancias se observa un incremento del diámetro interno del ventrículo izquierdo que es proporcionalmente mayor al incremento en el grosor de su pared<sup>1</sup>, mientras que en los levantadores de peso ocurre lo contrario<sup>1</sup>.

Existen varias herramientas para evaluar las adaptaciones cardíacas al ejercicio, incluyendo ultrasonografía, resonancia nuclear magnética, electrocardiografía y valoración de la frecuencia cardíaca (FC) utilizando monitores inalámbricos. Estos últimos también permiten evaluar la variabilidad de la frecuencia cardíaca de manera rápida y confiable<sup>2,3</sup>.

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), medida como las oscilaciones en la FC que ocurren entre un latido cardíaco y otro, es un marcador cada vez más utilizado para estudiar de forma no invasiva la modulación autonómica de la función cardiovascular. La VFC se usa como indicador del estado de salud<sup>4</sup> y una VFC disminuida predice eventos cardíacos adversos y mortalidad tanto en personas sanas<sup>5</sup> como en aquellas con enfermedad cardiovascular<sup>6,7</sup>. En el campo del rendimiento deportivo, se ha sugerido su uso como indicador en la planificación y seguimiento del entrenamiento<sup>8-10</sup>.

De acuerdo con el principio de especificidad del entrenamiento, cada tipo de ejercicio produce respuestas y adaptaciones específicas. Sin embargo, no se ha establecido si el concepto de especificidad también es aplicable a la VFC, es decir, si diferentes modalidades deportivas resultan en efectos distintos sobre la VFC. El presente estudio

tiene como objetivo comparar los componentes espectrales de la VFC entre hombres jóvenes entrenados aeróbicamente y anaeróbicamente.

**Material y métodos****Diseño**

Se trata de un estudio de tipo analítico descriptivo de corte transversal, con muestreo por conveniencia. Se cumplieron las normas éticas para experimentación en humanos (Declaración de Helsinki, Corea, 2008). Los procedimientos realizados se clasifican como de riesgo mínimo<sup>11</sup>. Todos los voluntarios otorgaron por escrito su consentimiento informado para participar en el estudio.

**Sujetos**

Los sujetos de estudio fueron hombres con edad comprendida entre 18 y 25 años, distribuidos en tres grupos: a) grupo de hombres entrenados aeróbicamente, en el que se incluyeron 12 atletas de fondo y semifondo, cuya edad competitiva era de  $4 \pm 2,97$  años; b) grupo de entrenados anaeróbicamente, conformado por 10 levantadores de peso olímpico, cuya edad competitiva era de  $4 \pm 3,1$  años; c) grupo control, en el que se incluyeron 11 hombres, no activos físicamente.

**Criterios de exclusión**

Para todos los sujetos fueron criterios de exclusión el consumo de medicamentos con efecto sobre el sistema nervioso autónomo en los últimos tres días, tabaquismo

**Tabla 1** Variables de caracterización

Variable	Grupo			Total	p
	Aeróbico	Anaeróbico	Control		
N	12	10	11	33	
Edad (años)	21,25 ± 2,22	21,6 ± 2,71	21,36 ± 3,47	21,39 ± 2,74	ns
Peso (kg)	58,67 ± 4,71	69,8 ± 8,08	70,45 ± 8,35	65,97 ± 8,90	0,001 <sup>a</sup>
Altura (m)	1,72 ± 0,05	1,76 ± 0,05	1,73 ± 0,03	1,74 ± 0,05	ns
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	19,63 ± 0,86	22,43 ± 1,88	23,24 ± 2,39	21,68 ± 2,37	0,000 <sup>a</sup>

ns: no significativo.

<sup>a</sup> Diferencias significativas entre los grupos.

y antecedente de enfermedad cardiovascular. Para los grupos de sujetos entrenados, adicionalmente fueron excluidos aquellos que compitieran en pruebas de velocidad y resistencia y quienes no estuvieran en proceso de entrenamiento al momento del estudio. Para el grupo control, se excluyeron quienes realizaran actividad física sistemática.

## Procedimiento

Se utilizaron monitores inalámbricos de FC (Polar S810<sup>®</sup>, Polar Electro, Finlandia) y se tuvieron en cuenta las recomendaciones de la Sociedad Europea de Cardiología para el registro y análisis de la variabilidad cardíaca<sup>12</sup>. Se realizaron registros de FC en reposo, en posición decúbito dorsal, siempre en horas de la mañana (7:00 a 8:00 AM) y con una temperatura de la sala de 20-25 °C. Los sujetos habían tenido un período de sueño previo al procedimiento de al menos 8 horas, habían ingerido alimento dos horas antes y no habían realizado actividad física moderada o intensa el día anterior. Durante los primeros 5 minutos se ubicó una banda torácica Polar<sup>®</sup> T31 y se ajustó la configuración del monitor. Durante los 20 minutos siguientes, los sujetos estuvieron en condición de completo reposo. Finalmente, se registraron y grabaron 5 minutos de actividad cardíaca. El procedimiento descrito se realizó una sola vez para cada voluntario.

## Análisis de datos

Los registros de FC fueron depurados por medio del programa *Polar Precision Performance*<sup>®</sup> versión 4.01.029. El análisis en el dominio de frecuencia se realizó mediante transformación rápida de Fourier (FFT) con ayuda del programa HRV Analysis Software versión 1.1 sp1, gentilmente proporcionado por el Grupo de Análisis de Señales Biomédicas de la Universidad de Kuopio, Finlandia<sup>13</sup>, obteniendo los componentes de baja frecuencia (BF) y alta frecuencia (AF) (0,04-0,15 Hz y 0,15-0,40 Hz, respectivamente). No se cuantificaron las frecuencias muy bajas, dado que su utilidad para la interpretación de la VFC a partir de registros de corta duración (< 5 minutos) es materia de duda<sup>12</sup>.

## Análisis estadístico

Cada conjunto de datos se expresa como media ± 1 desviación estándar. Las características de distribución de los

datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro Wilk, y las comparaciones entre grupos se realizaron mediante análisis de varianzas (ANOVA) o prueba de Kruskal-Wallis; cuando las diferencias fueron significativas, se empleó la prueba *post hoc* de Bonferroni. Se estableció un nivel de significancia  $p < 0,05$ . Se utilizó el paquete estadístico PASW<sup>®</sup> versión 18 (SPSS Inc., Chicago, licencia de la Universidad del Rosario).

## Resultados

La **tabla 1** resume las variables de caracterización de los sujetos incluidos en el estudio. La edad y altura fueron similares entre los tres grupos, sin embargo, se observaron diferencias en el peso y el índice de masa corporal (IMC), siendo éstos significativamente mayores en el grupo control, con respecto a los grupos de sujetos entrenados.

En cuanto a los componentes espectrales de la variabilidad cardíaca, se observaron valores similares para los tres grupos. Cuando se expresan en unidades normalizadas, el grupo de sujetos entrenados aeróbicamente presentó los valores más bajos en el componente BF y los valores más altos en el de AF, sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (**tabla 2**). En contraste, cuando se expresan en ms<sup>2</sup> es el grupo control el que muestra los menores valores de BF y los mayores valores de AF (**tabla 3**), sin que estas diferencias sean tampoco estadísticamente significativas.

El poder total calculado como la suma de los componentes de alta, baja y muy BF en ms<sup>2</sup>, fue similar en los grupos de entrenamiento aeróbico, anaeróbico y control (1.422,0 ± 2.163,0; 1.380,8 ± 956,6 y 1.317,5 ± 1.948,8 respectivamente) ( $p = 0,103$ ). Tampoco se encontraron diferencias en la relación del componente de BF dividido en el de AF entre los tres grupos (0,6 ± 0,4 en el grupo aeróbico; 1,4 ± 1,3 en el grupo anaeróbico y 1,5 ± 1,3 en el grupo control) ( $p = 0,094$ ).

La FC en reposo en el grupo entrenado aeróbicamente fue significativamente menor (55,33 ± 8,40) con respecto al grupo entrenado anaeróbicamente y al grupo control (68,21 ± 10,10 y 75,26 ± 10,09 latidos/minuto, respectivamente) (**tablas 4 y 5**).

## Discusión

Este trabajo analizó el comportamiento de la VFC en reposo en tres grupos de hombres jóvenes con diferentes niveles

**Tabla 2** Componentes de alta y baja frecuencia de la variabilidad cardíaca en reposo

Variable	Grupo	Valor	Intervalo de confianza		p
			Límite inferior	Límite superior	
BF (un)	Aeróbico	43,15 ± 17,03	46,02	67,67	p = 0,657
	Anaeróbico	48,99 ± 22,99	34,55	67,46	
	Control	50,61 ± 21,41	34,99	63,76	
AF (un)	Aeróbico	56,85 ± 17,03	32,32	59,97	p = 0,657
	Anaeróbico	51,01 ± 22,99	32,53	65,44	
	Control	49,38 ± 21,41	36,23	65	

AF (un): alta frecuencia en unidades normalizadas; BF (un): baja frecuencia en unidades normalizadas.

**Tabla 3** Alta frecuencia y baja frecuencia en ms<sup>2</sup>

Variable	Grupo	Valor	Intervalo de confianza		p
			Límite inferior	Límite superior	
BF (ms <sup>2</sup> )	Aeróbico	558 ± 449,76	272,24	843,76	p = 0,771
	Anaeróbico	756,4 ± 1536,48	-342,73	1.855,53	
	Control	461,27 ± 588,32	66,03	856,51	
AF (ms <sup>2</sup> )	Aeróbico	727,17 ± 582,45	357,09	1.097,24	p = 0,684
	Anaeróbico	522,2 ± 564,59	118,31	926,09	
	Control	935 ± 1680,44	-193,94	2.063,94	

AF (ms<sup>2</sup>): alta frecuencia en ms<sup>2</sup>; BF (ms<sup>2</sup>): baja frecuencia en ms<sup>2</sup>.

**Tabla 4** Frecuencia cardíaca en reposo en hombres jóvenes entrenados y sedentarios

Variable	Grupo	Valor	Intervalo de confianza 95%		p
			Límite inferior	Límite superior	
Frecuencia cardíaca (latidos/minuto)	Aeróbico	55,33 ± 8,40	49,99	60,66	*p < 0,001
	Anaeróbico	68,21 ± 10,10	60,98	75,44	
	Control	75,26 ± 10,09	68,47	82,04	

\*: diferencias significativas entre los grupos a nivel 0,05 bilateral.

de condición física, un grupo control no activo físicamente, un grupo entrenado anaeróticamente y otro entrenado aeróticamente. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en los componentes espectrales de la VFC entre hombres entrenados aeróticamente, anaeróticamente y hombres control. Los resultados obtenidos confirman que los sujetos entrenados aeróticamente presentan una FC en reposo menor con respecto a aquellos entrenados anaeróticamente y a sujetos no entrenados,

como lo han presentado previamente diversos estudios<sup>9,14,15</sup>. Sin embargo, es llamativo que estas diferencias no se acompañan de cambios en los componentes espectrales de la VFC.

Hallazgos similares han sido encontrados por Leicht et al.<sup>16</sup>, en un estudio de intervención en 5 hombres jóvenes con edad de 19,9 ± 0,5 años, antes y después de un plan de entrenamiento aeróbico de 4 semanas de duración. Ellos encontraron disminución significativa de la FC en reposo sin

**Tabla 5** Comparaciones *post hoc* (Bonferroni) para la frecuencia cardíaca en reposo

Grupo 1	Grupo 2	p	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
<i>Frecuencia cardíaca (latidos/minuto)</i>				
Aeróbico	Anaeróbico	*p = 0,011	-23,21	-2,55
Aeróbico	Control	*p < 0,001	-29,99	-9,86
Anaeróbico	Control	p = 0,302	-17,58	3,49

\*: diferencias significativas entre los grupos a nivel 0,05 bilateral.

cambios significativos en los componentes espectrales de la VFC en reposo a partir de registros cortos (5 minutos). En contraste, Carter et al.<sup>17</sup>, utilizando un diseño similar al anterior (6 hombres, de  $19,3 \pm 0,6$  años, sujetos a 4 semanas de entrenamiento aeróbico), encontraron que la disminución de la FC en reposo se acompañó de un incremento significativo del componente de AF. Con respecto a los resultados contradictorios presentados por estos dos estudios de intervención, Sandercock et al.<sup>18</sup> han planteado que podrían explicarse por diferencias de base entre los sujetos estudiados, como queda en evidencia por valores significativamente disímiles tanto en el poder total como en los componentes espectrales de la VFC antes de la intervención con entrenamiento aeróbico (tabla 6).

Las adaptaciones cardiovasculares al entrenamiento aeróbico que resultan en aumento en el consumo máximo de oxígeno ( $VO_2\max$ ) clásicamente han sido divididas en periféricas y centrales. Las primeras hacen referencia a cambios a nivel de los músculos esqueléticos y que resultan en aumento en la tasa de extracción de oxígeno. Las segundas hacen referencia a cambios a nivel del músculo cardíaco que conllevan a aumento del gasto cardíaco, dentro de las cuales se incluyen aumento del volumen sistólico, llenado ventricular e hipertrofia miocárdica, cambios conocidos como «corazón de atleta»<sup>1</sup>. Más allá de las adaptaciones periféricas (musculares) y centrales (cardíacas) al ejercicio aeróbico, la contribución de la regulación neural de la función cardiovascular a través del sistema nervioso autónomo aún es materia de controversia.

Los componentes espectrales de la VFC son considerados como indicativos del papel regulador del sistema nervioso autónomo sobre el sistema cardiovascular. El componente de BF refleja la modulación tanto simpática como vagal, mientras que el de AF refleja principalmente el efecto vagal<sup>12</sup>. Los valores de AF reflejan más en los componentes espectrales de la VFC, tanto hombres no activos como entrenados se encuentran dentro los rangos observados en otros estudios transversales, como lo informan Nunan et al.<sup>19</sup> en su revisión sistemática de la literatura. Dado que nuestro estudio incluyó sujetos con edades competitivas de 4 años en promedio, los hallazgos presentados podrían considerarse representativos de adaptaciones a largo plazo al entrenamiento físico. Por lo tanto, nuestros resultados sugieren que, al menos en nuestros sujetos de estudio, la bradicardia observada después del entrenamiento aeróbico a largo plazo puede deberse más a adaptaciones centrales en el músculo cardíaco que a cambios en la regulación neural.

Durante la juventud y la adultez temprana, el incremento en el  $VO_2\max$  inducido por ejercicio aeróbico se produce a corto plazo por aumento paralelo tanto en la tasa de extracción de oxígeno como en el gasto cardíaco<sup>20</sup>. Nosotros especulamos que luego de que los efectos tempranos del ejercicio aeróbico ya se encuentran establecidos a nivel cardíaco (corazón de atleta): mayor volumen de llenado ventricular y volumen sistólico en reposo e hipertrofia miocárdica, la regulación autonómica como se ve reflejada en la VFC pierde importancia.

Con respecto a AF, no se observaron diferencias en los componentes espectrales de la VFC entre hombres jóvenes entrenados aeróbica y anaeróbicamente. Este hallazgo es una de las principales novedades del presente estudio, ya que pocos

**Tabla 6** Resultados aportados por éste y otros estudios acerca del efecto del entrenamiento aeróbico sobre la variabilidad de la frecuencia cardíaca en reposo en hombres jóvenes a partir de registros de corta duración (5 minutos)

Variable	Este estudio (analítico de corte transversal)		Carter (n = 6) (intervención de 4 semanas)		Leicht (n = 5) (intervención de 4 semanas)	
	Control n = 11	Aeróbico n = 12	Pre	Post	Pre	Post
Edad	21,36 ± 3,47	21,25 ± 2,22	19,3 ± 0,6		19,9 ± 0,5	
BF (un)	50,61 ± 21,41	43,15 ± 17,03	3,47 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>	43,65 ± 4,56	45,93 ± 4,74
AF (un)	49,38 ± 21,41	56,85 ± 17,03	96,63 <sup>a</sup>	98,8 <sup>a</sup>	58,88 ± 4,44	55,84 ± 4,72
BF (ms <sup>2</sup> )	461,27 ± 588,32	558 ± 449,76	10,7 ± 17,6	8,4 ± 13,9	3,585 ± 1,117	3,554 ± 969
AF (ms <sup>2</sup> )	935 ± 1680,44	727,17 ± 582,45	307,0 ± 407,6	688,7 ± 1977,4 <sup>b</sup>	3,940 ± 704	3,405 ± 798
BF/AF	1,5 ± 1,3	0,6 ± 0,4	0,03 <sup>a</sup>	0,01 <sup>a</sup>	1,96 ± 0,20	1,22 ± 0,32
Poder total (ms <sup>2</sup> )	1.317,5 ± 1.948,8	1.422,0 ± 2.163,0	726,3 ± 1.212,4	644,0 ± 615,7	10.470 ± 2.349	10.589 ± 2.723

Pre: antes del entrenamiento; post: después del entrenamiento. Los datos presentados fueron tomados a partir de<sup>16,17</sup>.

<sup>a</sup> Datos que fueron calculados a partir de los presentados en el estudio original.

<sup>b</sup> Diferencia informada como significativa por los autores a nivel  $p < 0,05$  (ANOVA).

trabajos han analizado el comportamiento de la VFC entre atletas de diferentes modalidades deportivas. Resultados similares encontraron Berkoff et al.<sup>21</sup> pero en atletas de pista y campo. Por su parte, Sztajzel et al.<sup>22</sup>, estudiaron atletas de fondo y jugadores de hockey, encontrando que aunque los sujetos de ambas modalidades deportivas presentaban alto tono parasimpático con respecto a sujetos sedentarios, éste era aún mayor en los atletas de fondo que en jugadores de hockey. Sin embargo, en este estudio se utilizaron registros de actividad cardíaca de larga duración (24 horas) y se analizaron los índices de dominio de tiempo de la VFC, por lo cual sus resultados no son comparables con los aquí presentados<sup>12</sup>.

Aunque se observaron diferencias estadísticamente significativas en el IMC entre los grupos ( $19,63 \pm 0,86 \text{ kg/m}^2$  en los entrenados aeróbicamente,  $22,43 \pm 1,88 \text{ kg/m}^2$  en los entrenados anaeróbicamente y  $23,24 \pm 2,39 \text{ kg/m}^2$  en los sujetos no activos físicamente), todos estos valores se encuentran dentro de los rangos de normalidad. Recientemente, se ha sugerido que la VFC puede estar más relacionada con el IMC que con estados de condición física, existiendo una relación inversa entre la modulación parasimpática de la FC (componente de AF) y el IMC<sup>23</sup>. En personas con obesidad, se observan menores valores de BF<sup>24</sup> y de AF<sup>25</sup>, y éstos últimos incrementan cuando los sujetos con obesidad pierden peso<sup>25</sup>. Por lo tanto, a la luz de estos estudios, la ausencia de diferencias en los componentes espectrales de la VFC en nuestros sujetos de estudio podría explicarse también porque ninguno de ellos tenía sobrepeso u obesidad.

## Limitaciones del estudio

Este estudio utilizó un diseño analítico de corte transversal con muestreo por conveniencia, el cual es metodológicamente inferior a un estudio de intervención con distribución aleatoria entre grupos para evaluar el efecto de la modalidad de entrenamiento sobre la VFC. Este estudio no evaluó otras variables tales como tamaño ventricular, volumen sistólico, volumen de llenado ventricular que ayuden a esclarecer otras causas de FC en reposo disminuida en sujetos entrenados aeróbicamente.

## Conclusiones

Los resultados no mostraron efecto del entrenamiento físico regular y a largo plazo, ya sea aeróbico o anaeróbico, sobre los componentes espectrales de la VFC. La bradicardia observada después de entrenamiento aeróbico a largo plazo en nuestros sujetos de estudio, no se explica por cambios en el control autonómico de la función cardiovascular. Sin embargo, son necesarias otras investigaciones que involucren mayores tamaños de muestra e idealmente ensayos de intervención con seguimiento por varios años para determinar el curso y la contribución relativa de las adaptaciones a nivel autonómico y a nivel miocárdico dentro de las adaptaciones cardiovasculares al entrenamiento.

Aunque nuestros resultados muestran que no hay un efecto específico de la modalidad de entrenamiento sobre la VFC, para esclarecer este aspecto, es necesario realizar estudios con mayores tamaños de muestra, de intervención

y con distribución aleatoria entre los diferentes grupos con el fin de minimizar algunas variables de confusión.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Pluim BM, Zwinderman AH, Van der Laarse A, Van der Wall EE. The Athlete's Heart: A Meta-Analysis of Cardiac Structure and Function. *Circulation*. 2000;101:336-44.
2. Gamelin FX, Berthoin S, Bosquet L. Validity of the polar S810 heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:887-93.
3. Kingsley M, Lewis MJ, Marson RE. Comparison of Polar 810s and an Ambulatory ECG System for RR Interval Measurement During Progressive Exercise. *Int J Sports Med*. 2005;26:39-44.
4. Capdevila L, Rodas G, Ocaña M, Parrado E, Pintanel M, Valero M. Variabilidad de la frecuencia cardíaca como indicador de salud en el deporte: validación con un cuestionario de calidad de vida (SF-12). *APUNTS Medicina de l'esport*. 2008;158:62-9.
5. Huikuri H, Makikallio T, Airaksinen J, Seppanen T, Puukka P, Raiha I, et al. Power-Law Relationship of Heart Rate Variability as a Predictor of Mortality in the Elderly. *Circulation*. 1998;97:2031-6.
6. Kleiger R, Miller J, Bigger Jr T, Moss A. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 1987;59:256-62.
7. La Rovere M, Bigger J, Marcus F, Mortara A, Schwartz P. Baroreflex sensitivity and heart-rate variability in prediction of total cardiac mortality after myocardial infarction. *Lancet*. 1998;351:478-84.
8. Karavirta L, Tulppo MP, Nyman K, Laaksonen DE, Pullinen T, Laukkanen RT, et al. Estimation of maximal heart rate using the relationship between heart rate variability and exercise intensity in 40-67 years old men. *Eur J Appl Physiol*. 2008;103:25-32.
9. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med*. 2003;33:889-919.
10. Kiviniemi A, Hautala A, Kinnunen H, Nissila J, Virtanen P, Karjalainen J, et al. Daily Exercise Prescription on the Basis of HR Variability among Men and Women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2010;42:1355-63.
11. Congreso. Ministerio de Salud de la República de Colombia Resolución 8430. 1993.
12. Heart rate variability. 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 [No authors listed]. *Eur Heart J*. 1996;17:354-81.
13. Niskanen JP, Tarvainen MP, Ranta-Aho PO, Karjalainen PA. Software for advanced HRV analysis. *Comput Methods Programs Biomed*. 2004;76:73-81.
14. Martinelli FS, Chacon-Mikahil MP, Martins LE, Lima-Filho EC, Golfetti R, Paschoal MA, et al. Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and during head-up tilt. *Braz J Med Biol Res*. 2005;38:639-47.
15. Yamamoto K, Miyachi M, Saitoh T, Yoshioka A, Onodera S. Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33:1496-502.
16. Leicht A, Allen G, Hoey A. Influence of Age and Moderate-Intensity Exercise Training on Heart Rate Variability in Young and Mature Adults. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 2003;28:446-61.

17. Carter J, Banister E, Blaber A. The Effect of Age and Gender on Heart Rate Variability after Endurance Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2003;35:1333-40.
18. Sandercock GR, Bromley PD, Brodie DA. Effects of exercise on heart rate variability: inferences from meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37:433-9.
19. Nunan D, Sandercock G, Brodie D. A Quantitative Systematic Review of Normal Values for Short-Term Heart Rate Variability in Healthy Adults. *PACE*. 2010;33:1407-17.
20. Saltin B, Blomqvist G, Mitchell JH, Johnson RL Jr, Wildenthal K, Chapman CB. Response to exercise after bed rest and after training. *Circulation*. 1968;385(5 Suppl):VII1-78.
21. Berkoff DJ, Cairns CB, Sanchez LD, Moorman 3rd CT. Heart rate variability in elite American track-and-field athletes. *J Strength Cond Res*. 2007;21:227-31.
22. Sztajzel J, Jung M, Sievert K, Bayes de Luna A. Cardiac autonomic profile in different sports disciplines during all-day activity. *J Sports Med Phys Fitness*. 2008;48:495-501.
23. Molfino A, Fiorentini A, Tubani L, Martuscelli M, Fanelli FR, Laviano A. Body mass index is related to autonomic nervous system activity as measured by heart rate variability. *Eur J Clin Nutr*. 2009;63:1263-5.
24. Kim J, Park Y, Cho K, Hong M, Han H, Choi Y, et al. Heart Rate Variability and Obesity Indices: Emphasis on the Response to Noise and Standing. *Journal of the American Board of Family Practice*. 2005;18:97-103.
25. Karason K, Mølgaard H, Wikstrand J, Sjöström L. Heart rate variability in obesity and the effect of weight loss. *The American Journal of Cardiology*. 1999;83:1242-7.