

Estudio de caso

## Variabilidad de la frecuencia cardiaca en un deportista juvenil durante una competición de bádminton de máximo nivel

A. Garrido Esquivel<sup>a</sup>, B. de la Cruz Torres<sup>b</sup>, M.A. Garrido Salazar<sup>a</sup>, M. Medina Corrales<sup>a</sup> y J. Naranjo Orellana<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Facultad de Organización Deportiva. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey N.L. México.

<sup>b</sup>Centro Andaluz de Medicina del Deporte. Sevilla. España.

*Historia del artículo:*

Recibido el 10 de enero de 2009

Aceptado el 31 de marzo de 2009

*Palabras clave:*

Variabilidad de la frecuencia cardiaca.

Fatiga física.

Bádminton.

*Key words:*

Heart rate variability.

Physical fatigue.

Badminton.

### RESUMEN

**Objetivo.** Analizar la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) en reposo y tras jugar sucesivos partidos en un deportista masculino juvenil durante un campeonato de bádminton de máximo nivel, para establecer la relación entre los cambios de la VFC y el cúmulo de trabajo físico en un corto periodo de tiempo.

**Método.** La señal RR se midió latido a latido durante 20 minutos en reposo en posición supina en 5 ocasiones. Se realizó un registro inicial un día después de llegar a la ciudad sede del campeonato y antes de comenzar el mismo, y un registro tras cada partido disputado (4 en total) antes de cumplirse una hora de la finalización. Se calcularon los parámetros estadísticos del dominio de tiempo y el gráfico de dispersión de Poincaré.

**Resultados.** A medida que se disputan los partidos el badmintonista muestra un descenso progresivo de los parámetros estadísticos, excepto de la frecuencia cardiaca (FC) media, que aumenta progresivamente; en los gráficos de Poincaré se observa una reducción del eje transversal, mientras que el eje longitudinal apenas se modifica, y los tacogramas de la toma basal y después de cada partido reflejan un descenso de la VFC desde el primer partido.

**Conclusión.** Al acumularse partidos en un torneo de bádminton de máximo nivel existe una reducción de la VFC, llegando a valores que, de tomarse en reposo, serían considerados de riesgo para la salud cardiovascular del deportista (SDRR = 34,07 ms y pRR50% = 0,65%). Por otro lado, el desequilibrio autónomo que provoca un aumento de la estimulación simpática sobre la FC parece deberse más a una inhibición de la actividad parasimpática que a una mayor estimulación simpática.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### ABSTRACT

**Objective.** To analyze heart rate variability (HRV) in a young athlete at rest and after consecutive high level badminton matches in order to assess the relationship between the changes observed in HRV and the accumulation of physical work in a short period.

**Method.** The RR signal was measured beat to beat over 20 minutes at rest in supine position five times. A first registry was obtained the day after his arrival to the host city for the championship and before it started. The other registries were obtained in the hour after each match (4 in all). Statistical parameters in the time domain and Poincaré graphics were obtained.

**Results.** As the matches were accumulating, the player showed a progressive fall in the time domain parameters while the mean heart rate increased. The Poincaré graphics showed a decrease in the transversal axis without modifying the longitudinal axis and the tachogram of the baseline measure and after each match reflected a decrease in the HRV from the first to the fourth match.

**Conclusion.** As the work is accumulated during a high level competition, HRV decreases, reaching values that would be considered high risk is obtained at rest (SDRR= 34.07 ms and pRR50% = 0.65%). On the other hand, the autonomic imbalance which leads to a sympathetic predominance over heart rate seems to be caused by parasymphatic inhibition more than by higher sympathetic stimulation.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

*Correspondencia:*

J. Naranjo Orellana.

Centro Andaluz de Medicina del Deporte.

Glorieta Beatriz Manchón, s/n.

41092 Sevilla. España.

*Correo electrónico:*

jose.naranjo@juntadeandalucia.es

## Introducción

La variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) se utiliza como parámetro indicador del nivel de salud cardiovascular, de manera que su análisis permite un estudio no invasivo de la actividad del sistema nervioso autónomo (SNA) sobre el nodo sinusal. No se sabe bien cuál es la relación exacta entre la VFC y el SNA, pero sí se puede afirmar que cuando aumenta la actividad simpática se produce un descenso de la VFC, mientras que cuando predomina la actividad parasimpática aumenta la VFC<sup>1</sup>. Por tanto, de alguna manera la VFC refleja el control del SNA sobre el sistema cardiovascular: una alta VFC es señal de un buen funcionamiento y adaptabilidad del SNA, considerado como un estado saludable, mientras una baja VFC significa un funcionamiento anormal o una adaptabilidad insuficiente del SNA, lo que es indicador de mala salud<sup>2</sup>.

Existen diferentes métodos de análisis de la VFC<sup>3-5</sup>, siendo los más sencillos los que corresponden al llamado dominio de tiempo. Entre ellos, la mejor información pronóstica de cara al estado de salud es la ofrecida por la desviación estándar de los intervalos entre los latidos normales (SDRR)<sup>3,6-8</sup> y el pRR50<sup>9</sup>, que es una medida de cuánto difieren entre sí los pares de intervalos RR adyacentes y que refleja la actividad vagal sobre el corazón. Así, una SDRR < 50 ms y un pRR50 < 3% medidos en reposo identifican una situación de riesgo, mientras que valores de SDRR > 100 ms y pRR50 > 3% corresponden a una situación de buen estado de salud.

El comportamiento de la VFC está influenciado por multitud de factores, entre los cuales queremos centrarnos en el ejercicio físico. En situación de reposo existe un equilibrio entre la actividad simpática y parasimpática sobre el control de la frecuencia cardiaca (FC) que durante la actividad física se inclina hacia un predominio de la actividad simpática, aumentando así la FC<sup>10</sup>. Sin embargo, si el ejercicio físico se realiza de forma sistemática en el tiempo se produce un predominio de la actividad parasimpática, dando lugar a un descenso de la FC de reposo y durante el ejercicio submáximo.

Evidentemente, el ejercicio físico produce cambios en la VFC<sup>11</sup>, pero en lo que no hay acuerdo es en las características de las modificaciones producidas sobre la VFC por los diferentes tipos de ejercicio<sup>12-19</sup>.

De la misma manera, tampoco queda claro el papel de la VFC en la detección de situaciones de sobreentrenamiento. Existen diferentes estudios en los que intencionadamente se aumenta la carga de entrenamiento a los deportistas para provocar un sobreentrenamiento, obteniéndose resultados diferentes e incluso contradictorios. Así, Hedelin et al<sup>20</sup> comunican un aumento de la VFC, Pichot et al<sup>21</sup> encuentran un descenso de la VFC y Hedelin et al<sup>22</sup> no apreciaron cambios. Lo que sí es cierto es que el sobreentrenamiento provoca un desequilibrio en el control autónomo cardiaco, lo que implica cambios en la VFC.

Un torneo de bádminton ofrece la ventaja de que el ganador acumula un buen número de partidos en un periodo de tiempo muy corto (dos o tres días). El interés de este caso radica en dos aspectos fundamentales: por un lado, la VFC es un parámetro que se ha analizado en multitud de deportes, pero nunca en el bádminton; en segundo lugar, se ha realizado un seguimiento de la VFC a lo largo de los sucesivos partidos que ha disputado el sujeto en un torneo completo de requerimiento físico máximo en esta modalidad deportiva, obteniéndose información muy valiosa sobre cómo se comporta la VFC cuando se acumula una carga importante de trabajo en un corto periodo de tiempo.

## Método

### Sujeto

En los XIV Campeonatos Panamericanos de bádminton, celebrados en Puerto Vallarta (Jalisco, México) en 2007, se realizó un registro de VFC a 11 jugadores juveniles masculinos a su llegada a la ciudad y tras los partidos que disputaban en el torneo. Uno de ellos llegó a la final y disputó un total de 4 partidos, siendo el caso que presentamos en este trabajo.

Este jugador (edad: 17,3 años; talla: 179 cm; peso: 69,1 kg) se encuentra dentro del ranking mundial, pertenece a la Selección Mexicana de Bádminton juvenil y senior y había participado previamente en los juegos Panamericanos de Río de Janeiro, celebrados en Brasil en julio de 2007. El torneo fue de máxima exigencia, ya que estaba en juego la clasificación para el mundial juvenil de la especialidad.

El sujeto fue informado del contenido del estudio y dio su consentimiento para participar en él.

### Procedimiento

Los registros se llevaron a cabo en el lugar de la sede. El registro inicial (situación basal) se le realizó un día después de haber llegado a la ciudad sede, en su habitación, y las tomas pospartido se efectuaron con posterioridad a la conclusión del mismo, entre 15 y 25 minutos (media de 17,14 ± 3,93 minutos). Las tomas se realizaron en posición supina durante 20 minutos.

La señal del ritmo cardiaco se registró mediante un monitor Polar RS800sd® en la opción de R-R (latido a latido). Esta serie de pulsómetros está validada para registros de VFC en posición supina.

Los registros fueron volcados al ordenador por vía infrarroja (Interfaz Polar IrDA USB 2.0 Adapter) utilizando el *software* Polar Protrainer versión 5, y después fueron exportados al programa SPSS para Windows versión 12.0 para su análisis. Para su representación gráfica se utilizó una hoja de cálculo de Excel de Microsoft Office.

**Tabla 1**

Datos de los parámetros correspondientes al dominio del tiempo

	Media intervalo RR	SDRR	Índice SDRR	SDARR	RMSSD	pRR50	FC media
Toma basal	810,46	60,34	59,62	10,18	32,69	29,84	74,44
Partido 1	681,19	44,12	42,3	14,4	25,31	7,31	88,49
Partido 2	677,81	61,55	50,8	39,07	25,13	11,26	89,29
Partido 3	638,07	43,06	34,16	29,71	14,30	2,58	94,5
Partido 4	659,66	34,07	32,87	5,59	9,45	0,65	91,1

FC: frecuencia cardiaca. Índice SDRR: promedio de la desviación estándar de los intervalos RR; pRR50: número de pares de intervalos RR adyacentes que difieren más de 50 ms en el registro completo dividido por el número total de intervalos RR, expresado en porcentaje; RMSSD: raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos; SDARR: desviación estándar del intervalo RR medio calculado sobre periodos cortos de 5 minutos; SDRR: desviación estándar de los intervalos RR.

**Tabla 2**

Datos de los ejes transversal (SD1) y longitudinal (SD2) correspondientes al gráfico de Poincaré

	SD1	SD2
Toma basal	39,7	78,2
Partido 1	26,1	58,8
Partido 2	27,6	83,9
Partido 3	16,9	60,1
Partido 4	14,3	48,3

### Análisis estadístico

Respecto al análisis estadístico, y siguiendo las recomendaciones de la *European Society of Cardiology* y de la *North American Society of Pacing and Electrophysiology*<sup>3</sup>, se calcularon los siguientes parámetros: el promedio de la duración de todos los intervalos RR, la SDRR, la SDRR medios calculados sobre periodos de 5 minutos (SDARR), el promedio de las desviaciones estándar del intervalo RR (índice SDRR) y el número de pares de intervalos RR adyacentes que difieren en más de 50 ms en el registro completo, dividido por el número total de intervalos RR y expresado en porcentaje (pRR50).

También se confeccionó el gráfico de dispersión de Poincaré, donde los intervalos RR consecutivos se trasladan a un diagrama de dispersión

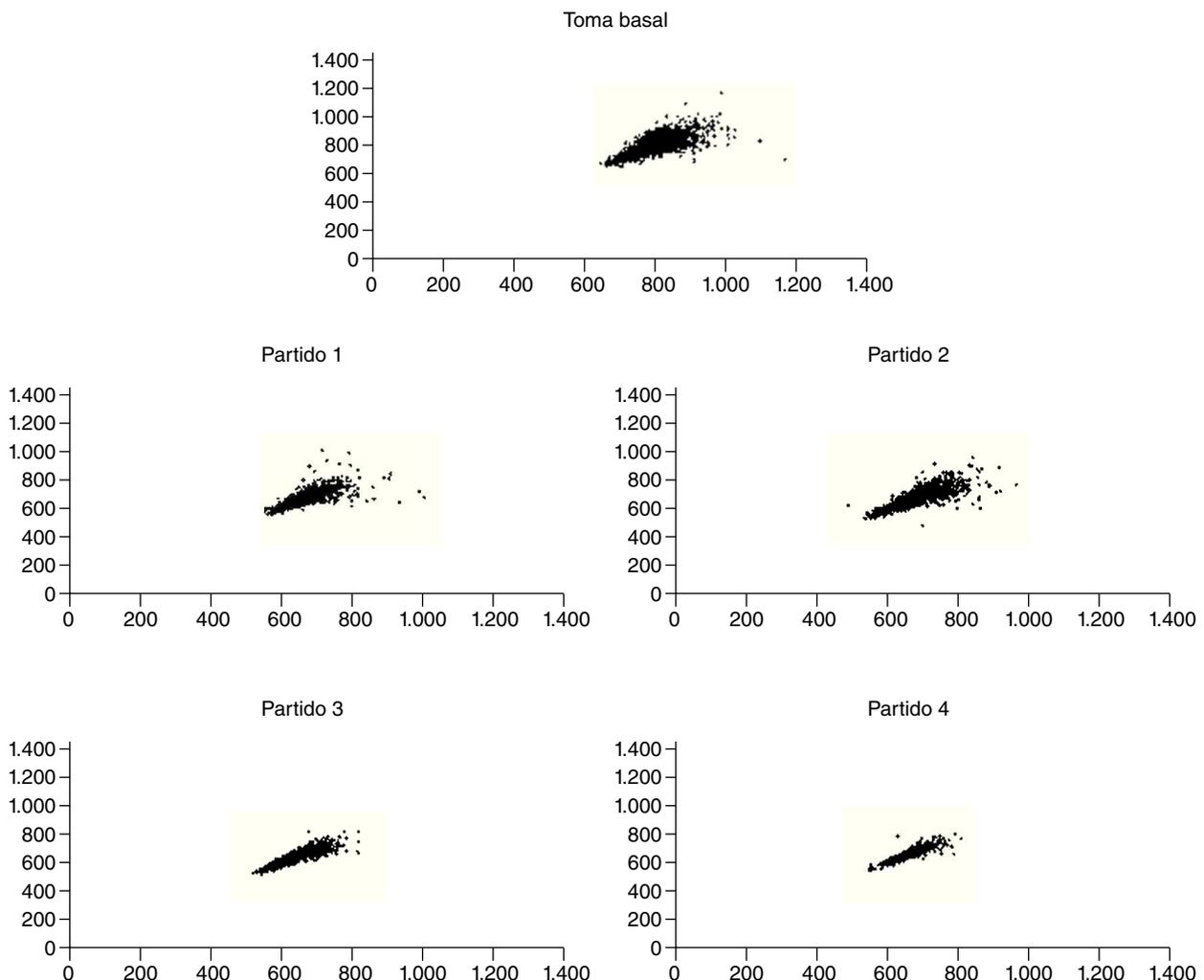
de dos dimensiones para obtener una imagen gráfica del comportamiento de la VFC en cada una de las tomas<sup>4</sup>. Este análisis permite cuantificar la actividad autónoma sobre el corazón debido a que el eje transversal (SD1) se puede considerar como indicador de la actividad parasimpática, mientras que el eje longitudinal (SD2) es una función inversa de la actividad simpática<sup>23-25</sup>.

### Resultados

En la tabla 1 se muestran los valores del dominio de tiempo. A medida que se disputan los partidos se observa un descenso progresivo de todos los parámetros estadísticos, excepto de la FC media, que aumenta progresivamente.

En la tabla 2 están recogidos los valores de los ejes del gráfico de Poincaré (SD1 y SD2). En ella se aprecia el descenso de ambos diámetros, con excepción del SD2 tras el segundo encuentro, resultando más marcada la reducción del SD1 (64%) que del SD2 (38,2%). Este comportamiento puede apreciarse en la figura 1, que muestra los gráficos de Poincaré en la toma basal y después de cada partido.

En la figura 2 se muestran los tacogramas de la toma basal y después de cada partido, reflejándose el descenso de la VFC desde el primer encuentro.



**Fig. 1.** Representación del gráfico de Poincaré de la toma basal y después de cada uno de los partidos.

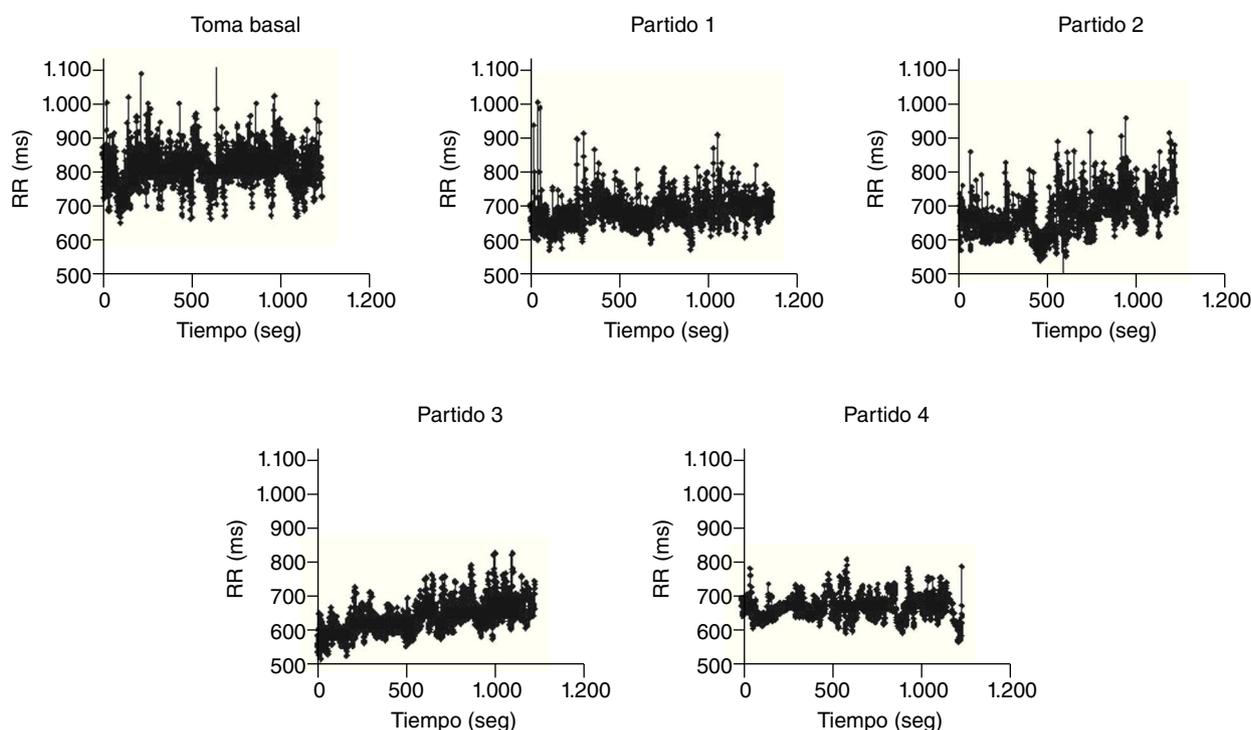


Fig. 2. Representación de los tacogramas de la toma basal y después de cada uno de los partidos.

## Discusión

Las figuras 1 y 2 resultan muy ilustrativas respecto a la forma en que se ha ido modificando la variabilidad de la señal, en la medida en que el sujeto estudiado fue acumulando partidos en un periodo de tiempo lo suficientemente corto como para que no pudiera recuperarse la misma.

Hemos evidenciado un descenso progresivo de todos los valores del dominio de tiempo a medida que se disputan los partidos, pero quizá merezcan una atención especial la SDRR y el pRR50, ya que en el último partido alcanzan valores (34,07 ms y 0,65, respectivamente) que, de estar midiéndose en situación basal de reposo, se considerarían de riesgo según la *European Society of Cardiology* y la *North American Society of Pacing and Electrophysiology*<sup>3</sup>. Mientras, la FC media aumenta significativamente a lo largo de los distintos registros (tabla 1).

Sabemos que tanto la actividad simpática como parasimpática participan en el control de la FC y que el balance autónomo durante la actividad física se inclina hacia un predominio de la actividad simpática, aumentando así la FC<sup>10</sup>. En la representación de los gráficos de Poincaré (fig. 1) vemos cómo el diámetro transversal se reduce incluso a simple vista, mientras que el longitudinal se modifica menos (tabla 2); esto indica que existe una marcada reducción de la actividad parasimpática y un aumento (menos marcado) de la actividad simpática. Por ello deducimos que en esta situación de ejercicio acumulado el sujeto presenta un balance autónomo inclinado hacia un predominio simpático, pero que este predominio se debe más a un descenso de la actividad parasimpática que a un aumento de la actividad simpática.

Son pocos los estudios en los que se analizan los cambios que sufre la VFC ante una situación de sobre esfuerzo. La mayoría defienden que existe un descenso de la VFC por una inhibición de la actividad parasimpática a favor de un predominio de la actividad simpática, analizando dicho comportamiento a través de parámetros estadísticos y del espec-

tro de frecuencias<sup>21,26,27</sup>. Incluso existe un trabajo donde se analiza el efecto del sobreentrenamiento sobre la VFC a través del gráfico de Poincaré, pero simplemente se limita a decir que los atletas sobreentrenados se caracterizan por un diámetro transversal reducido<sup>28</sup>.

Otro aspecto que aporta el estudio de este caso, al analizar la situación de cúmulo agudo de trabajo físico en un corto periodo de tiempo, es que no sólo se produce una reducción de la VFC, sino que algunos parámetros (SDRR= 34,07 ms y pRR50 = 0,65%) llegan a valores que en situación basal serían considerados de riesgo para la salud cardiovascular, aunque en estas circunstancias no sepamos muy bien cuál es su significado. Por otro lado, el estudio de este caso aporta la evidencia de que el desequilibrio autónomo observado durante el cúmulo de cargas en un corto periodo de tiempo se debe a una reducción de la actividad parasimpática.

Todo ello podría tener importancia en la utilización de la VFC como indicador de fatiga acumulada en los deportistas.

## Bibliografía

1. Pumpirla J, Howorka K, Groves D, Chester M, Nolan J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basic and practical applications. *Int J Cardiol.* 2002;84:1-14.
2. De la Cruz B, López C, Naranjo J. Analysis of heart rate variability at rest and during aerobic exercise. A study in healthy people and cardiac patients. *Br J Sports Med.* 2008;42(9):715-20.
3. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation.* 1996;93:1043-65.
4. Woo MA, Stevenson WG, Moser DK, Trelense RB, Harper RM. Patterns of beat-to-beat heart rate variability in advanced heart failure. *Am Heart J.* 1992;123:704-10.
5. Pincus SM. Approximate entropy as a measure of system complexity. *Proc Natl Acad Sci.* 1991;88:2297-301.
6. Nolan J, Batin PD, Andrews R, Lindsay SJ, Brooksby P, Mullen M, et al. Prospective study of heart rate variability and mortality in chronic heart failure. *Circulation.* 1998;98:1510-6.

7. Kleiger RE, Miller JP, Bigger JT, Moss AJ. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 1987;59:256-62.
8. Kleiger RE, Bosner MS, Rottman JN, Stein PK. Time-domain measurements of heart rate variability. *J Ambulatory Monitoring.* 1993;6(1):1-18.
9. Algra A, Tijssen JGP, Poelandt JRTC, Pool J, Lubsen J. Heart rate variability from 24-hour electrocardiography and the 2-year risk for sudden death. *Circulation.* 1993;88:180-5.
10. Hatfield BD, Spalding TW, Maria DLS, Porges SW, Potes JT, Byrne EA, et al. Respiratory sinus arrhythmia during exercise in aerobically trained and untrained men. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(2):206-14.
11. Pober DM, Braun B, Freedson PS. Effects of a single bout of exercise on resting heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(7):1140-8.
12. González-Camarena R, Carrasco S, Román R, Gaitán MJ, Medina V, Azpiroz J. Effect of static and dynamic exercise on heart rate and blood pressure variabilities. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(10):1719-28.
13. Parekh A, Lee CM. Heart rate variability alter isocaloric exercise bouts of different intensities. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(4):599-605.
14. Vinet A, Beck L, Nottin S, Obert P. Effect of intensive training on heart rate variability in prepuberal swimmers. *Eur J Clin Investigation.* 2005;35:610-4.
15. Perini R, Fisher N, Veicsteinas A, Pendergast DR. Aerobic training and cardiovascular responses at rest and during exercise in older men and women. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(4):700-8.
16. Pichot V, Busso T, Roche F, Garet M, Costes F, Duverney D, et al. Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(10):1660-6.
17. Lee CM, Wood RH, Welsch MA. Influence of short-term endurance exercise training on heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(6):961-9.
18. Hottenrott K, Hoss O, Esperer HD. Heart rate variability and physical exercise. *Herz.* 2006;31:544-52.
19. Hautala A, Tulppo MP, Mäkikallio TH, Laukkanen R, Nissilä S, Huikuri HV. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clin Physiol.* 2001;21(2):238-45.
20. Hedelin R, Winklund U, Bjerle P, Henriksson-Larsén K. Cardiac autonomic imbalance in an overtrained athlete. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(9):1531-3.
21. Baumert M, Brechtel L, Lock J, Hermsdorf, Wolff R, Baier V, et al. Heart rate variability, blood pressure variability and baroreflex sensitivity in overtrained athletes. *Clin J Sport Med.* 2006;16(5):412-7.
22. Hedelin R, Kenttä G, Winklund U, Bjerle P, Henriksson-Larsén K. Short-term overtraining: effects on performance, circulatory responses and heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(8):1480-4.
23. Kamen PW, Krum H, Tonkin AM. Poincaré plots of heart rate variability allows quantitative display of parasympathetic nervous activity in humans. *Clin Sci.* 1996;91:201-8.
24. Tulppo MP, Mäkikallio TH, Takala TES, Seppänen T, Huikuri HV. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *Am J Physiol.* 1996;271 (1 Pt 2):H244-52.
25. Toichi M, Sugiera T, Murai T, Sengoku A. A new method of assessing cardiac autonomic function and its comparison with spectral analysis and coefficient of variation of R-R interval. *J Auton Nerv Syst.* 1997;62(1-2):79-84.
26. Hynynen E, Uusitalo A, Kontinen N, Rusko H. Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(2):313-7.
27. Uusitalo AL, Uusitalo AJ, Rusko HK. Heart rate and blood pressure variability during heavy training and overtraining in the female athlete. *Int J Sports Med.* 2000;21(1):45-53.
28. Mourot L, Bouhaddi M, Perrey S, Cappelle S, Henriët MT, Wolf JP, et al. Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincaré plot analysis. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2004;24(1):10-8.