

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS PERFILES SEMANALES DE CREATIN KINASA, UREA Y VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA EN REMEROS DE ÉLITE ESPAÑOLES

WEEK-LONG PROFILE OF CREATINE KINASE, UREA AND HEART RATE VARIABILITY IN ELITE SPANISH ROWERS. A COMPARATIVE STUDY

Elena Sarabia
Cachadiña¹

Blanca de la
Cruz Torres²

José Naranjo
Orellana³

¹Doctora en
Actividad Física,
Rendimiento
Deportivo y Salud.
Universidad
Pablo de Olavide,
Sevilla.

²Doctora en
Ciencias de la
Actividad Física
y del Deporte.
Universidad de
Sevilla, Sevilla.

³Doctor en
Medicina.
Universidad
Pablo de Olavide,
Sevilla.

RESUMEN

Aunque ha sido demostrado que la fatiga deportiva puede ser detectada mediante parámetros bioquímicos como la Creatin Kinasa (CK) y la Urea, las últimas tendencias en el estudio del sobreentrenamiento deportivo apuestan por el rol del Sistema Nervioso Autónomo (SNA) como indicador de estados de sobrecarga. El análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC), se ha convertido en el método más empleado para determinar la implicación del SNA en estados de sobreentrenamiento, estados de fatiga y asimilación de cargas de trabajo. En un intento de comparar ambas metodologías, el objetivo de esta investigación fue examinar la relación entre parámetros de VFC y perfiles de CK y Urea (P-CK/U). En este estudio participaron 11 remeros del equipo nacional sub 23 masculino español, los cuales fueron sometidos durante 5 días consecutivos en periodo competitivo a un análisis basado en mediciones de P-CK/U y VFC durante la fase de sueño. No se hallaron correlaciones significativas entre P-CK/U y parámetros de VFC; sin embargo los parámetros de VFC correlacionaron entre sí. Aun así, el perfil de CK y los parámetros de VFC mostraron una clara relación cualitativa. La Urea se mantuvo estable durante todo el estudio mientras la CK y los parámetros de VFC oscilaron. Las correlaciones encontradas entre parámetros de VFC apuntan que en futuros estudios no sería necesario utilizarlos todos. La relación cualitativa encontrada entre parámetros de VFC y el perfil de CK sugiere que la actividad parasimpática puede aumentar al mismo tiempo que lo hacen las cargas de trabajo si dichas cargas de trabajo son recuperadas por el deportista.

Palabras clave: Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca. Creatin Kinasa. Urea.

SUMMARY

It is known that exercise fatigue can be detected through biochemical markers as Creatine Kinase (CK) and Urea; but recently, several studies have demonstrated that the Autonomic Nervous System (ANS) behaviour could be also an important indicator of overtraining and fatigue. Heart Rate Variability (HRV) analysis, has currently become the main tool for the assessment of ANS implication in overtraining syndrome, fatigue and training load quantification. In order to compare both methods, the aim of the study was to examine the relationship between HRV parameters and CK and Urea profiles (CK/U-P). The study comprised 11 Under 23 male rowers of the Spanish National Team, which underwent during 5 consecutive days in competitive season, an analysis of CK/U-P and sleeping HRV during the night. The present research did not find significant correlations between CK/U-P and HRV parameters; but did find correlations among HRV parameters. The study also showed a clear qualitative association between CK profile and HRV parameters. Urea profile was steady during the whole study but HRV parameters and CK profile oscillated. The correlations among HRV parameters suggest that for future studies the calculation of all HRV domains could not be necessary. The qualitative correlation between HRV parameters and CK profile might indicate that higher training loads may be related to higher parasymphathetic activity if the athletes recover after the training.

Key words: Heart rate variability. Creatine Kinase. Urea.

Investigación apoyada por el Centro Andaluz de Medicina del Deporte y la Federación Española de Remo.

CORRESPONDENCIA:

Elena Sarabia Cachadiña
Universidad Pablo de Olavide
Carretera de Utrera km 1, CP: 41013, Sevilla, España.
E-mail: elensarac@gmail.com

Aceptado: 11.04.2012 / **Original** nº 607

INTRODUCCIÓN

El sobreentrenamiento es un estado que se alcanza cuando el organismo no es capaz de asimilar las cargas de trabajo a las que se ve sometido, siendo necesario un tiempo de recuperación que será mayor o menor en función del grado de sobreentrenamiento que se haya alcanzado¹.

Son múltiples los estudios que se han realizado acerca de este tema. Algunos de estos estudios han utilizado parámetros bioquímicos como la Creatín Kinasa (CK)^{2,3} y la Urea^{2,4} para determinar efectos del entrenamiento tanto a corto plazo (CK), como a largo plazo (Urea). Sin embargo, existen autores que dudan de la efectividad de estos dos parámetros aislados y afirman la necesidad de indagar más en este tema añadiendo otro tipo de herramientas⁵. Otros estudios se basan en cuestionarios mediante los cuales se miden tanto la percepción subjetiva del sujeto, como la calidad del sueño u otros factores que puedan verse alterados con el sobreentrenamiento y la fatiga⁶.

En la actualidad, el estudio de la fase de sueño se ha convertido en un factor determinante para la detección de estados de fatiga, así como para cuantificar la asimilación de las cargas tras un entrenamiento. Pero la fase de sueño en sí de forma descriptiva sigue siendo un parámetro subjetivo. Debido a que el sobreentrenamiento y la fatiga conllevan cambios en la modulación del sistema nervioso autónomo (SNA), se está comenzando a integrar el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) como herramienta fundamental para la detección de estados de sobreentrenamiento y fatiga⁷⁻¹³.

El análisis de la VFC es un método no invasivo que refleja el funcionamiento del SNA a través del estudio de las oscilaciones temporales entre cada latido cardíaco.

El SNA es la parte del sistema nervioso que se encarga de realizar aquellas funciones que son de carácter involuntario. A su vez el SNA está compuesto por dos sistemas: el simpático y el parasimpático¹⁴. La actividad simpática provoca excitación cardíaca, vasoconstricción, disminu-

ción de la función gastrointestinal y constricción de esfínteres entre otros, siendo pues el sistema simpático el encargado de liderar todas aquellas funciones relacionadas con algún tipo de mecanismo de estrés. Por otro lado, la actividad parasimpática provoca la respuesta opuesta a la simpática, por lo que el sistema nervioso parasimpático es aquel que predomina en situaciones de relajación. Las dos ramas del SNA deben estar en continuo equilibrio, pudiéndose ver éste alterado por estados patológicos y/o anómalos tanto físicos como psíquicos¹⁵.

Para poder investigar el SNA se puede utilizar un método no invasivo basado en el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca¹⁶. El protocolo que rige el análisis de la VFC fue probado por las Sociedades Europea y Americana de Cardiología en 1996¹⁴ enumerando tres formas distintas de medir la VFC. Por un lado este análisis se puede llevar a cabo calculando las variaciones en el tiempo que se producen entre latidos¹⁷⁻¹⁹, lo cual sería un análisis en función del dominio del tiempo; basado en cálculos matemáticos a través de fórmulas que nos indican cuánto varía el tiempo que existe entre un latido y otro, es decir, con cuánta variabilidad late el corazón. Para la obtención de parámetros de la VFC en función del dominio del tiempo, existen diversos parámetros como la RMSSD (“raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias entre intervalos RR adyacentes”), la SDRR (“desviación estándar de todos los intervalos RR”), o la PRR50 (“número de pares de intervalos RR que difieren más de 50 ms en el registro, y divididos por el número total de intervalos RR)¹⁵. Por otro lado, se puede realizar un análisis de la VFC en el dominio de la frecuencia, mediante el cual a partir de los intervalos RR del electrocardiograma (ECG), y utilizando la transformada de Fourier¹⁴ se pueden analizar dos parámetros: la banda de alta frecuencia (AF) -relacionada con actividad parasimpática principalmente- y la banda de baja frecuencia (BF) -relacionada con actividad simpática y algo de parasimpática-^{14,20,21}. Y por último, existe un análisis que estudia la VFC de forma no lineal y dentro del cual se calcula el diagrama de Poincaré entre otros, el cual nos proporciona una nube de puntos con forma elíp-

tica cuyo eje transversal (SD1) es directamente proporcional al sistema parasimpático y cuyo eje longitudinal (SD2) es inversamente proporcional al sistema simpático¹⁴.

Así pues, debido a que parece existir una evidente implicación de la VFC en la fatiga deportiva; el objetivo de este estudio fue examinar la relación entre parámetros de VFC y perfiles de CK y Urea (P-CK/U) en remeros de élite.

MATERIAL Y MÉTODO

El estudio consistió en un seguimiento de VFC y perfiles de CK y Urea durante 5 días consecutivos en 11 remeros del equipo nacional español Sub 23 masculino ($19,9 \pm 1,2$ años de edad; $188 \pm 5,2$ cm de talla, y $85,6 \pm 4,5$ kg de peso) dos semanas antes de una regata internacional. El único criterio de inclusión fue estar convocado para dicha regata. La Real Federación Española de Remo firmó el consentimiento para la realización de dicho estudio.

Durante el tiempo que duró el estudio los sujetos entrenaron cada día dentro de lo previsto en su programa, el cual incluyó para los días 1, 3 y 5 un entrenamiento de remo en el agua de 8 a 10 horas, un entrenamiento de fuerza de 11:30 a 13 horas y un entrenamiento continuo extensivo en tierra de 18 a 19:30 horas. En los días 2 y 5 se realizó un entrenamiento de remo en agua de 8 a 10 horas, un entrenamiento continuo extensivo en tierra de 11:30 a 13 horas y un entrenamiento más de remo en agua de 18 a 19:30 horas. Los sujetos cenaron cada día a las 21 horas. La duración de la fase de sueño fue de 8 horas durante los cinco días de estudio.

Para el análisis de la VFC se realizaron monitorizaciones cardíacas en fase de sueño durante 5 noches consecutivas. De cada noche, se tomó sólo la hora de mayor relajación de cada uno de los sujetos, la cual fue obtenida a través del programa Firstbeat Health, Firstbeat Technologies (Jyväskylä, Finlandia). Los intervalos RR fueron recogidos mediante el Monitor de intervalos RR Firstbeat Bodyguard, Firstbeat

Technologies (Jyväskylä, Finlandia) y analizados por el Programa Firstbeat Health de Firstbeat Technologies (Jyväskylä, Finlandia). El cálculo de parámetros de VFC se basó en la RMSSD como representación del dominio del tiempo, en la AF (calculada en un rango de 0,15-1 Hz) y la BF (calculada en un rango de 0,04-0,15 Hz) en representación del dominio de la frecuencia, y en los ejes SD1 y el SD2 del diagrama de Poincaré como métodos no lineales.

Tras cada noche monitorizada, se extrajeron en ayunas (entre las 7:30 y las 8 de la mañana) muestras sanguíneas capilares para el análisis de P-CK/U. Analizador Reflotrón, (Roche, Madrid, España).

Para el análisis estadístico se utilizó el método no paramétrico de análisis de correlaciones de Spearman, Spss v.18 para Windows, mediante el cual se hallaron las correlaciones entre P-CK/U y parámetros de VFC para cada uno de los días y para todos los días en conjunto.

RESULTADOS

No se hallaron correlaciones válidas entre P-CK/U y parámetros de VFC, pero se encontraron correlaciones estadísticamente significativas entre los parámetros de VFC (Tabla 3). El perfil de CK y los parámetros de VFC mostraron una relación cualitativa de tendencia ascendente durante todo el estudio, exceptuando el segundo día donde la CK sufrió una disminución de sus valores (Figuras 2, 3 y 4). La urea se mantuvo estable los días de medición mientras la CK y los parámetros de VFC mostraron oscilaciones (Tablas 1 y 2 y Figura 1).

DISCUSIÓN

El presente estudio no encontró ninguna correlación estadísticamente válida entre parámetros de VFC y P-CK/U, por lo que en este caso el análisis de la VFC no fue validado como una herramienta que pudiera sustituir las mediciones de P-CK/U. Aunque estudios recientes han de-

mostrado la utilidad del análisis de la VFC como herramienta para el control del entrenamiento, la fatiga y el sobreentrenamiento; cabe destacar que ninguno de estos estudios ha utilizado como variable comparativa P-CK/U, sino que han empleado escalas subjetivas o medidas estandarizadas para el diagnóstico de un estado de sobreentrenamiento deportivo⁷⁻¹¹.

Respecto al comportamiento de P-CK/U, habría que resaltar que mientras la CK estuvo sujeta a cambios, la Urea mostró un perfil completamente plano. Los parámetros de VFC al igual que el perfil de CK oscilaron durante todo el estudio, llegando incluso a correlacionar cualitativamente entre ellos. De este modo, el perfil de CK tuvo una tendencia incremental durante todo el estudio, exceptuando el segundo día, donde los

DÍA	PERFILES DE CK Y UREA			
	CK (U/L)		UREA (mg/dl)	
	MEDIA	DE	MEDIA	DE
1	187,97	75,31	40,82	4,85
2	124,37	47,92	38,90	5,93
3	221,36	72,40	40,43	7,04
4	237,82	92,46	40,73	4,45
5	260,96	131,66	38,70	6,41

TABLA 1. Evolución cuantitativa de los perfiles de CK y Urea durante los 5 días de estudio

niveles disminuyeron repentinamente. Esa caída en los niveles de CK coincidió con un aumento acusado de todos los parámetros de VFC, lo cual significaría que a menores niveles de CK, y por tanto menores cargas de entrenamiento,

DÍA	PARÁMETROS DE VFC									
	BF (ms ²)		AF (ms ²)		RMSSD (ms)		SD1 (ms)		SD2 (ms)	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
1	3389	900	3743	812	72,8	11,6	54,2	3,7	152,6	27,1
2	5552	2723	7312	3207	99	22,5	74,7	17,6	205,8	48,5
3	5309	2008	8259	3949	102,5	24,1	76,9	16,6	230,1	71
4	5599	3231	8199	3756	105,6	23	78,1	18,1	232,7	64,2
5	6514	3496	9746	4550	118,3	32,5	88,6	21	220,6	42

TABLA 2. Representación cuantitativa de los parámetros de VFC durante las cinco mediciones

ANÁLISIS CORRELACIONAL ENTRE PARÁMETROS DE VFC					
BF	RMSSD CC=(0,440)**	AF CC=(0,440)**	SD1 CC=(0,518)**	SD2 CC=(0,752)**	
AF	BF CC=(0,440)**	RMSSD CC=(0,906)**	SD1 CC=(0,960)**	SD2 CC=(0,728)**	
RMSSD	BF CC=(0,440)**	AF CC=(0,906)**	SD1 CC=(0,931)**	SD2 CC=(0,700)**	
SD1	BF CC=(0,518)**	AF CC=(0,960)**	RMSSD CC=(0,931)**	SD2 CC=(0,748)**	
SD2	BF CC=(0,752)**	AF CC=(0,728)**	RMSSD CC=(0,700)**	SD1 CC=(0,748)**	

TABLA 3. Correlaciones significativas y coeficientes de correlación (CC) de los parámetros de VFC analizados

** = p = 0,01

FIGURA 1.
Evolución
descriptiva del
perfil de Urea
durante los cinco
días de estudio

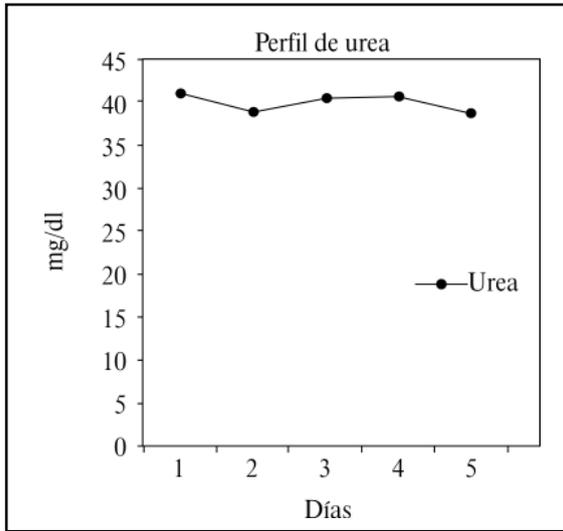


FIGURA 2.
Ilustración
cualitativa de los
perfiles de CK y
RMSSD durante
todo el estudio

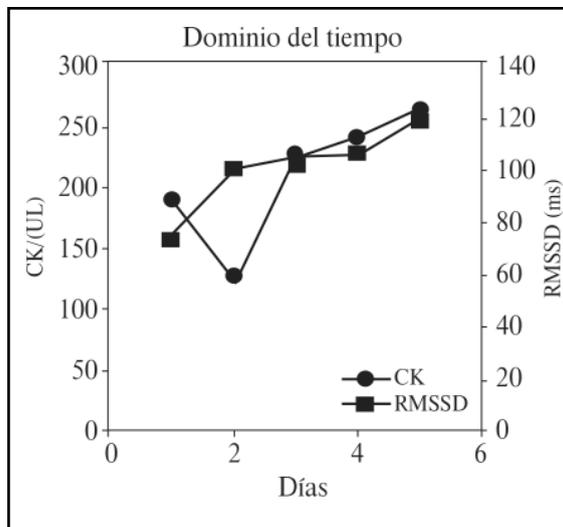


FIGURA 3.
Representación
cualitativa del
perfil de CK y de
la evolución de los
ejes SD1 y SD2
del diagrama de
Poincaré durante
todo el estudio

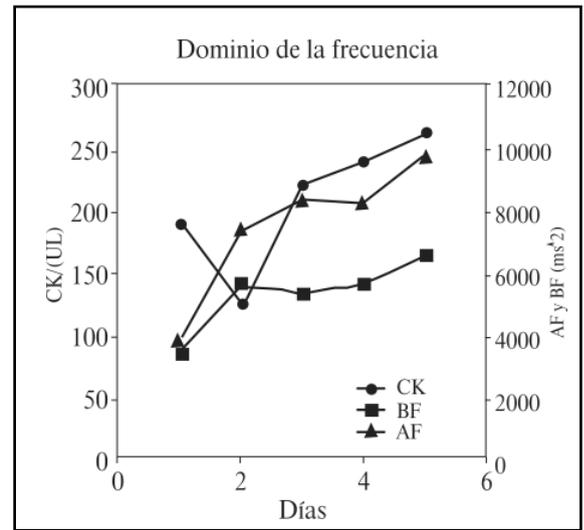
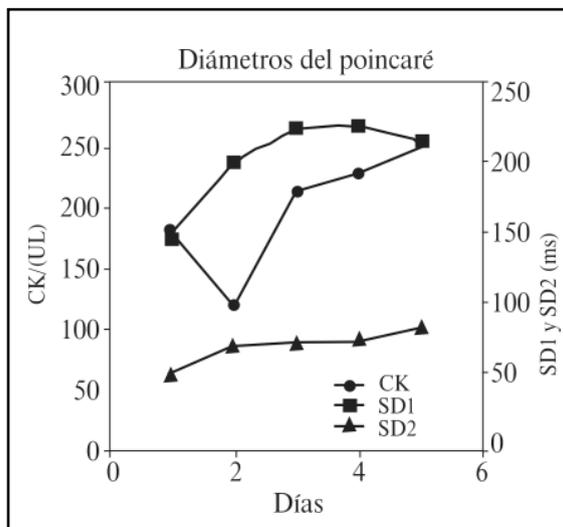


FIGURA 4.
Evoluciones cualitativas de los parámetros del dominio de la frecuencia BF y AF y del perfil de CK durante los cinco días de estudio

mayores parámetros de VFC. Cabe destacar que la tendencia para dichos parámetros de VFC fue de ascenso durante todo el estudio, exceptuando el SD2 que descendió el último día.

Por tanto, parece ser que los sujetos experimentaron un incremento progresivo en las cargas de trabajo lo cual generó una respuesta aguda reflejada por los niveles de CK, pero sin carácter acumulativo, puesto que la Urea se mantuvo sin cambios. Además, el hecho de que los parámetros de VFC que representan actividad parasimpática aumentaran junto con la CK, podría significar que con el aumento progresivo de las cargas, la actividad parasimpática fue aumentando en la fase de sueño posterior a cada carga. Estos resultados estarían en consonancia con los hallados por otros estudios, donde parece ser que el ejercicio vigoroso *per se* no afecta a la VFC en la fase de sueño posterior a éste⁸ así como la percepción subjetiva del estrés tampoco⁹. Asimismo, existen casos en los que un cúmulo elevado de cargas en lugar de provocar un incremento de la actividad simpática¹¹ provoca en el organismo el efecto contrario, llegando a un estado de desequilibrio simpátovagal con exceso de actividad parasimpática¹⁰. Por otro lado, se ha demostrado que para estados breves de sobreentrenamiento

no se llegan a apreciar cambios en los parámetros de VFC¹³. De todos modos, en este estudio todo apunta a que debido a los valores de CK, Urea y VFC hallados, los sujetos no se encontraban en un cuadro de sobreentrenamiento o fatiga, por lo que el aumento de la actividad parasimpática conjuntamente con el aumento de la CK podría indicar que los sujetos respondieron con una actividad parasimpática mayor cuanto mayores fueron las cargas, ayudando esto a su recuperación.

Cabe destacar la importancia de los resultados obtenidos del análisis correlacional entre parámetros de VFC, donde todos los parámetros correlacionaron con todos en un valor de $p \leq 0,01$. Este hallazgo se vio reforzado mediante el análisis cualitativo realizado en este estudio, en el que quedó reflejado cómo los perfiles semanales de RMSSD, SD1, AF y BF describieron curvas similares, quedando sólo el SD2 apartado de este patrón. Esto significaría que para posteriores estudios tanto la RMSSD como el SD1, la AF y la BF podrían ser utilizados indistintamente. Esta afirmación se ve reforzada por las guías de análisis de VFC en lo que a RMSSD, SD1 y AF respecta, representando todos estos parámetros actividad parasimpática¹³. En este estudio, la BF describió una curva exactamente igual a la del resto de parámetros indicadores de actividad parasimpática, por lo que se podría pensar tal y como se ha mostrado por parte de otros investigadores¹⁸, que la BF podría reflejar actividad principalmente parasimpática aunque en las guías se resalte su componente simpático¹³.

En resumen, se podría concluir que aunque no exista una relación directa entre P-CK/U y parámetros de VFC, ambos pueden ser indicadores

de un mismo fenómeno. Además, la relación cualitativa encontrada entre los parámetros de VFC y el perfil de CK sugiere que la actividad parasimpática puede aumentar al mismo tiempo que lo hacen las cargas de trabajo si dichas cargas de trabajo son recuperadas por el deportista. Asimismo, las correlaciones encontradas entre los parámetros de VFC apuntan que en futuros estudios no sería necesario utilizarlos todos.

LIMITACIONES

Las principales limitaciones para la realización de este estudio fueron la escasa muestra, de sólo 11 remeros, y la pérdida de algunos datos durante la fase experimental, lo cual provocó que en lugar de 55 mediciones de VFC, se realizaran sólo 36. Para posteriores estudios se recomienda utilizar una mayor muestra en un intento de hallar las correlaciones entre P-CK/U y VFC que no se encontraron en este estudio.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Andaluz de Medicina del Deporte por su disponibilidad tanto en instalaciones como en personal para poder llevar a cabo este estudio. A los técnicos de la Federación Española de Remo Julen Erauzkin, David Cifuentes y Francisco Sarabia por su plena colaboración e interés en este trabajo. A los remeros del Equipo Nacional Sub 23 agradecerles su colaboración e interés por el estudio y por ese tiempo tan valioso que nos dedicaron. Y por último un agradecimiento más a la compañía finlandesa Firstbeat Technologies Oy por proporcionar material para poder llevar a cabo esta investigación.

B I B L I O G R A F Í A

1. **MacKinnon LT.** Special Feature for the Olympics: Effects of Exercise on the Immune System. *Immunology and Cell Biology* 2000;78:502-9.
2. **Clemente Suárez V, Ed B, Navarro Valdiviello F, González Ravé JM.** Changes in biochemical parameters after a 20-hour ultra-endurance kayak and cycling event *International Sport Med Journal* 2011;12(1):1-6.
3. **da Silva DP, Curty VM, Areas JM, Souza SC, Hackney AC, Machado M.** Comparison of Delorme with Oxford resistance training techniques: effects of training on muscle damage markers. *Biol Sport* 2010;27:77-81.
4. **Matsin T, Magi T, Alaver M, Viru A.** Possibility of monitoring training and recovery in different conditions of endurance exercise. *Coaching & Sport Science Journal* 1997;2(2):18-24.
5. **Urhausen A, Kindermann W.** Diagnosis of overtraining: what tools do we have? *Sports Med* 2002;32(2):95-102.
6. **Suay F.** Indicadores psicológicos de sobreentrenamiento. *Revista de Psicología del Deporte* 2003;1:6-7.
7. **Mourot L, Bouhaddi M, Perrey S, Cappelle S, Henriët MT, Wolf JP, Rouillon JD, Regnard.** Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincaré plot analysis. *J.Clin Physiol Funct Imaging* 2004;24(1):10-8.
8. **Myllymäki T, Kyröläinen H, Savolainen K, Hokka L, Jakonen R, Juuti T, Martinmäki K, Kaartinen J, Kinnunen ML, Rusko H.** Effects of vigorous late-night exercise on sleep quality and cardiac autonomic activity. *J Sleep Res* 2010;2:146-53.
9. **Hynynen E, Konttinen N, Kinnunen U, Kyröläinen H, Rusko H.** The incidence of stress symptoms and heart rate variability during sleep and orthostatic test. *Eur J Appl Physiol* 2011;111(5):733-41.
10. **Hedelin R, Wiklund U, Bjerle P, Henriksson-Larsén K.** Cardiac autonomic imbalance in an overtrained athlete. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(9):1531-3.
11. **Baumert M, Brechtel L, Lock J, Hermsdorf M, Wolff R, Baier V, Voss A.** Heart rate variability, blood pressure variability, and baroreflex sensitivity in overtrained athletes. *Clin J Sport Med* 2006;16(5):412-7.
12. **Pichot V, Roche F, Gaspoz JM, Enjolras F, Antoniadis A, Minini P, Costes F, Busso T, Lacour JR, Barthélémy JC.** Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(10):1729-173.
13. **Hedelin R, Kenttä G, Wiklund 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.
14. **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. American Heart Association. *European Heart Journal* 1996;17:354-381.
15. **Aubert AE, Seps B, Beckers F.** Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine* 2003;33(12):889-919.
16. **Leicht AS, Hirning DA, Allen GD.** Heart rate variability and endogenous sex hormones during the menstrual cycle in young women. *Experimental Physiology* 2003;88(3):441-6.
17. **Gallo JA, Farbiarz J, Álvarez DL.** Análisis espectral de la variabilidad de la frecuencia cardíaca. *Iatreia* 1999;12(2):61-71.
18. **Cabrera Rojo I, Cabrera Santos A, Gallardo Montes de Oca G.** Variabilidad de la frecuencia cardíaca en el joven normal. *Rev Cubana Invest Biomédica* 1997;16(2):98-103.
19. **Dewey F.** Novel predictor of prognosis from exercise stress testing: Heart rate variability response to the exercise treadmill test. *Am Heart J* 2007;153:281-8.
20. **Perini R, Veicsteinas A.** Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *Eur J Appl Physiol* 2003;90:317-325.
21. **Singer DH.** High heart rate variability, marker of healthy longevity. *Am J Cardiol* 2010;106(6):910.