

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

Cambios en la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) en jugadores de hockey hierba durante el Campeonato del Mundo de 2006

Gil Rodas^{a,b,*}, Xavier Yanguas^a, Carles Pedret^{c,d}, Joan Ramos^e y Lluís Capdevila^f

^a Serveis Mèdics Futbol Club Barcelona, Barcelona, España

^b Jefe de los Servicios Médicos de la Federación Española de Hockey Hierba, España

^c Centro Mapfre de Medicina del Tenis, España

^d Centro de Diagnóstico por la Imagen de Tarragona, Tarragona, España

^e Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España

^f Laboratorio de Psicología del Deporte de la Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España

Recibido el 30 de agosto de 2010; aceptado el 7 de abril de 2011

Disponible en Internet el 2 de junio de 2011

PALABRAS CLAVE

Variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC);
Hockey;
Adaptabilidad;
Monitorización;
Marcadores

Resumen El objetivo del estudio es determinar los cambios de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) en jugadores de hockey hierba durante el transcurso de un campeonato del mundo. Participaron en el estudio el equipo nacional español realizando un registro diario del intervalo R-R (Omegawave System), los días en que se disputaban los partidos. Se determinaron la frecuencia cardiaca basal (FC) y diferentes parámetros de la VFC.

Mediante un MANOVA, se compara la evolución durante los 7 partidos de los valores promedio de la FC y de los distintos parámetros de la VFC, analizando los contrastes respecto al último partido. La FC presenta un incremento progresivo durante los siete partidos especialmente significativo en el último partido ($F_{(18,6)} = 3,27$; $p = 0,024$). Los parámetros RMSSD y PNN50 presentan una disminución progresiva a lo largo del campeonato, especialmente significativa para PNN50 ($F_{(18,6)} = 2,96$; $p = 0,034$). Respecto a los parámetros del espectro de frecuencias, LF y LF/HF presentan un incremento a lo largo de los 7 partidos (para LF, $F_{(18,6)} = 2,72$; $p = 0,046$), y HF va presentando valores inferiores.

La VFC disminuye progresivamente y se reducen los valores de los parámetros relacionados con la actividad del sistema parasimpático (RMSSD y HF), que son indicativos de buena adaptabilidad psíquico-física a las cargas de trabajo. A la vez, se incrementa el valor de los parámetros relacionados con la actividad del sistema simpático (LF y LF/HF), que sugieren un aumento de la fatiga y del cansancio y una mala adaptabilidad en general. Por ello, el análisis de la VFC puede ser un buen marcador individual para monitorizar el estado psíquico-físico, la adaptabilidad cardiovascular al esfuerzo y un posible estado de sobrecarga física de los deportistas en competiciones.

© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: gil.rodas@fcbarcelona.cat (G. Rodas).

KEYWORDS

Heart rate variability (HRV);
Hockey;
Adaptability;
Monitoring;
Markers

Changes in heart rate variability (HRV) in field hockey players during the 2006 World Cup

Abstract The aim of this study is to determine the changes in heart rate variability (HRV) in field hockey players during the course of a world championship. The Spanish national team took part in the study by making daily records of the R-R interval (Omegawave System) on the days when matches took place. The baseline heart rate (HR) and several parameters of HRV were measured.

The evolution of the average values of the HR and the various parameters of HRV during the 7 matches was compared using a MANOVA, the contrasts regarding the last match being analysed. The HR increases progressively during the seven matches, with an especially significant increase in the last match ($F_{(18,6)} = 3.27$; $p = .024$). RMSSD and pNN50 parameters progressively decrease throughout the tournament, with an especially significant decrease for pNN50 ($F_{(18,6)} = 2.96$; $p = .034$). Regarding the parameters of the frequency spectrum, LF and LF/HF show an increase throughout the 7 matches (for LF, $F_{(18,6)} = 2.72$; $p = .046$), and HF presented lower values.

HRV decreases progressively and the values of the parameters related to parasympathetic system activity (RMSSD and HF) reduce, which are indicative of good psychic-physical adaptability to the workload. At the same time, the value of the parameters related to sympathetic system activity (LF and LF/HF) increases, suggesting an increase in fatigue, tiredness and poor adaptability in general. Consequently, the analysis of HRV may be a good marker for monitoring the psychic-physical state, cardiovascular adaptability during exercise and a possible state of physical overload in athletes participating in competitions.

© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) depende en gran medida del equilibrio entre el sistema nervioso parasimpático (SNP) y el sistema nervioso simpático (SNS). La evaluación de tal equilibrio nos permite disponer de una importante herramienta en medicina deportiva para poder valorar tanto adaptaciones fisiológicas y/o físicas, como alteraciones psicoemocionales en deportistas sometidos a entrenamientos y competiciones de alto nivel¹⁻⁴. La monitorización de la VFC ha sido propuesta como un buen marcador para determinar la adaptación del deportista a las cargas de ejercicio físico^{1,5}. Así, una disminución de la VFC se ha considerado como marcador de cansancio, de fatiga, de mala adaptación cardiovascular al esfuerzo y de sobreentrenamiento; también se ha correlacionado con bajos rendimientos deportivos^{2,6}. Igualmente, se ha correlacionado una disminución de la VFC con cambios psicoemocionales como la ansiedad y la dificultad para afrontar una competición^{1,3,7,8}.

Respecto al análisis de la VFC, son muy diversos los parámetros que se calculan a partir del intervalo R-R y que informan de distintos aspectos, siendo los más frecuentes los que se calculan a partir del dominio temporal, como RMSSD, SDNN o PNN50, o los que se calculan a partir del dominio frecuencial o espectral, como las potencias de LF, HF o LF/HF. Para una mayor información sobre su origen y su utilidad, aconsejamos consultar una revisión realizada por los autores del presente trabajo⁹⁻¹¹.

Por otro lado, hay que destacar algunas características sobre el deporte que es objeto de análisis en el presente estudio. Los partidos de hockey sobre hierba constan de 2 partes de 35 min en las que no se para el cronómetro,

con la posibilidad de hacer cambios constantes e indefinidos. Intervienen 11 jugadores por equipo, el rendimiento es multifactorial y depende de factores fisiológicos, táctico-psicológicos y técnico-biomecánicos. Es un deporte con un metabolismo preferentemente aerobio-anaerobio, aunque existen diferencias según el rol de cada jugador (portero, defensa, centrocampista o delantero). Durante el campeonato del mundo se juegan los partidos con periodos de descanso de 24 h como mínimo a 48 h como máximo, a diferencia de otros deportes de equipo, para los que las competiciones son más espaciadas. Por tanto, para llegar en condiciones a los partidos finales decisivos, el hockey exige niveles elevados de carga física y estados físicos y emocionales adecuados. Es importante, pues, encontrar marcadores que permitan valorar una buena recuperación entre los partidos, para poder realizar correcciones individuales si fuera necesario.

El objetivo del estudio es determinar los cambios de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) en jugadores de hockey hierba durante el transcurso de un campeonato del mundo (Mönchengladbach, septiembre 2006) donde se jugaron 7 partidos en un periodo de 11 días.

Material y métodos

El estudio se realizó sobre los integrantes de la selección española de hockey hierba que participaron voluntariamente mediante consentimiento informado: 16 jugadores integrantes de la selección española de hockey sobre hierba que viajaron a Mönchengladbach (Alemania) para la disputa del Campeonato del Mundo de Hockey entre el 6 y el 17 de septiembre de 2006. La muestra inicial fue de 6 jugadores, pero dos de ellos se lesionaron durante la disputa del

Tabla 1 Edad, peso y porcentaje graso (Faulkner) de los participantes

	Edad	Peso (kg)	% grasa	Copa de Europa	Copa del Mundo	Champions Trophy	JJ.OO.
Jugador A	18	70,4	10,19	1 + (1)	1 + (1)	2	-
Jugador B	26	77,8	11,2	2	2	4	2
Jugador C	23	72,6	8,69	1 + (1)	1 + (1)	2	-
Jugador D	22	77,1	10,46	1 + (1)	1 + (1)	3	1

Se especifica el número de competiciones internacionales disputadas por cada uno de los participantes (entre paréntesis, competiciones con la selección nacional sub21).

Tabla 2 Días de partido, horario, rival y resultado

Código partido	Fecha	Horario	Rival	Resultado (ESP vs...)
Partido 1	7 sept. 2006	18:00	Australia	3-1
Partido 2	8 sept. 2006	20:15	Argentina	1-1
Partido 3	10 sept. 2006	12:30	Pakistán	2-2
Partido 4	11 sept. 2006	14:00	Nueva Zelanda	3-1
Partido 5	13 sept. 2006	14:00	Japón	4-2
Partido 6	15 sept. 2006	20:00	Alemania (SF)	2-2 (PPP)
Partido 7	17 sept. 2006	13:00	Corea (PB)	3-2 (GO)

PPP: perdido en la tanda de penalti-strokes; SF: semifinal; PB: partido por la tercera y cuarta posición; GO: ganado en tiempo de prórroga por «gol de oro»).

campeonato. De 4 jugadores, disponemos de todos los datos que presentamos en este estudio. Todos ellos habían disputado competiciones continentales o internacionales importantes, al menos en tres ocasiones (Copa de Europa, Champions Trophy, Copa del Mundo o Juegos Olímpicos). Sus características antropométricas y deportivas se detallan en la [tabla 1](#).

Se explicó detalladamente a los jugadores en qué consistía el estudio y se dejó claro que participar en él no había de suponer ningún tipo de alteración en la dinámica propia de cada jugador en un día de partido. También se contó con la aprobación del seleccionador nacional, responsable máximo del equipo. Se citó a los jugadores a primera hora de la mañana en la habitación del equipo médico, recién levantados y antes de desayunar (entre las 8:30 y las 10:00 de la mañana) para la realización del registro del intervalo R-R y el posterior procesamiento del análisis de la VFC, mediante el Sistema OmegaWave (OmegaWave Technologies, LLC). El registro se efectuó de forma individualizada, con el jugador estirado en una camilla en decúbito supino, con la habitación en completo silencio y con una temperatura ambiente entre 20 y 24 grados. Los tests se realizaban cada mañana de día de partido, por riguroso orden de llegada de los jugadores. Las principales características de los partidos se indican en la [tabla 2](#).

La duración de cada uno de los registros fue de 300s. El análisis de la VFC se realizó posteriormente, calculándose los parámetros a partir del software propio del Sistema OmegaWave:

- En cuanto al dominio temporal, se analizaron los parámetros RMSSD y PNN50; RMSSD es la raíz cuadrada del valor medio de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos, e informa sobre las variaciones a corto plazo de los intervalos R-R y sobre la influencia del SNP;

PNN50 es el porcentaje de los intervalos RR consecutivos que discrepan en más de 50 ms entre sí, e informa sobre la dispersión del intervalo R-R (mayor dispersión indica más variabilidad).

- En cuanto al dominio frecuencial o espectral, se analizaron los parámetros HF, LF y LF/HF; HF (alta frecuencia, *high frequency*) se refiere a las frecuencias del espectro de los intervalos R-R, situadas entre 0,15 y 0,4 Hz, que se relacionan con la actividad del SNP; LF (baja frecuencia, *low frequency*) se refiere a las frecuencias entre 0,04 y 0,15 Hz y proporciona información sobre la actividad del SNS; la relación LF/HF permite estimar la influencia vagal, de modo que valores bajos son sugestivos de buena adaptabilidad físico-psíquica a las cargas de trabajo, y valores altos son propios de estados de cansancio, fatiga o mala adaptación en general.

El tiempo disputado por cada jugador se recogió en tiempo real durante cada partido gracias al software NAC Sport Timer para tablet PC (NAC Sport®). En la [tabla 3](#) se muestran la media de tiempo y el tiempo total de participación en los 7 partidos para los 4 jugadores del estudio.

Tabla 3 Media de tiempo por partido y tiempo total de los minutos jugados por los 4 jugadores en los 7 partidos del campeonato

	Total	Media
Jugador A	7 h 12' 31"	1 h 01' 47"
Jugador B	8 h 28' 02"	1 h 12' 35"
Jugador C	1 h 59' 29"	17' 04"
Jugador D	6 h 59' 51"	59' 59"

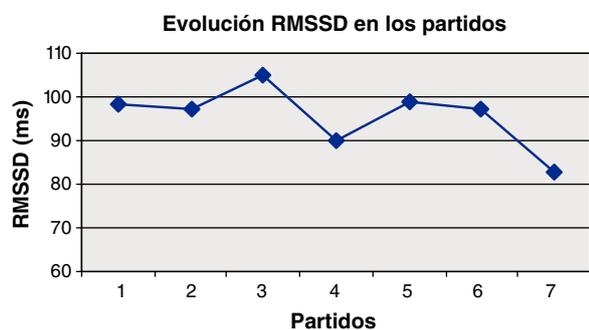


Figura 1 Representación gráfica de la evolución del parámetro RMSSD (dominio temporal) durante los siete partidos.

Conviene reseñar que en el sexto partido se jugó una prórroga de 2 partes de 7 min 30 s que disputaron los 4 jugadores, acumulando 15 min más cada uno de ellos. Y en el séptimo partido se jugaron unos escasos 2 min de prórroga, ya que el encuentro se resolvió con un «gol de oro». No se realizó ningún entrenamiento ni general ni específico durante los 11 días del campeonato; tan sólo alguna sesión de recuperación y de activación consistente en ejercicios de estiramientos, de propiocepción y de flexibilidad.

Análisis de datos

Para el análisis estadístico de los datos se ha utilizado el paquete estadístico SPSS (v.15.0 SPSS Inc., Chicago). Para analizar posibles diferencias entre las medias de los parámetros de VFC observadas para los 7 partidos del campeonato, se ha realizado un análisis multivariante de la varianza según un modelo lineal general (GLM), incluyendo todas las variables en el modelo. La significación de todas las pruebas se ha considerado con un nivel de probabilidad del 5% o inferior, indicando siempre la significación exacta que ofrece el paquete estadístico SPSS.

Resultados

En la tabla 4 se muestran las medias y las desviaciones estándar, para los 4 jugadores y los 7 partidos, de la frecuencia cardiaca basal y de los parámetros de VFC, RMSSD y PNN50 en el dominio temporal, y HF, LF, LF/HF en el dominio frecuencial.

Los valores de la FC durante los registros de la VFC presentan un incremento significativo en el partido 7 ($F_{(18,6)} = 3,27$; $p = 0,024$). En concreto, la FC presenta valores superiores en el partido 7 respecto al partido 5 ($F_{(3,1)} = 10,67$; $p = 0,047$) y al partido 6 ($F_{(3,1)} = 42,88$; $p = 0,007$); la misma tendencia se observa respecto al partido 2 ($p = 0,055$). Los parámetros del dominio temporal relacionados con la variabilidad de la frecuencia cardiaca, RMSSD y PNN50 (figs. 1 y 2, respectivamente) presentan una disminución a lo largo de los partidos, siendo globalmente significativa para PNN50 ($F_{(18,6)} = 2,96$; $p = ,034$).

Los parámetros del dominio frecuencial relacionados con la actividad del SNS, LF y LF/HF (figs. 3 y 5 respectivamente) presentan un incremento a lo largo de los siete partidos (LF: $F_{(18,6)} = 2,72$; $p = 0,046$; para LF/HF el incremento no llega a ser significativo globalmente). Mientras que el parámetro

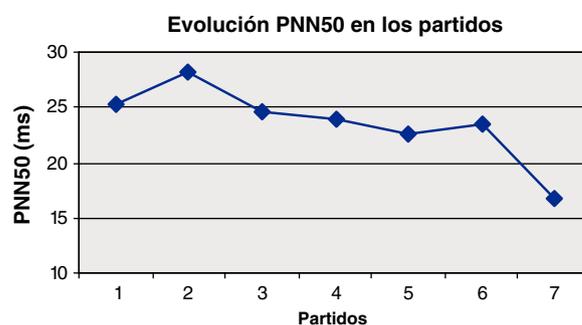


Figura 2 Representación gráfica de la evolución del parámetro PNN50 (dominio temporal) durante los siete partidos.

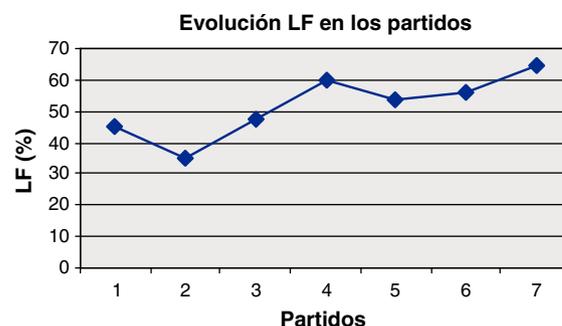


Figura 3 Representación gráfica de la evolución del parámetro LF (dominio frecuencial) durante los siete partidos.

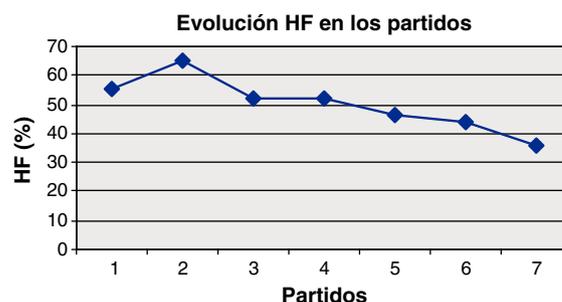


Figura 4 Representación gráfica de la evolución del parámetro HF (dominio frecuencial) durante los siete partidos.

HF (fig. 4) relacionado con la actividad del SNP presenta una disminución significativa a lo largo de los siete partidos ($F_{(18,6)} = 2,72$; $p = 0,046$).

En concreto, al analizar contrastes específicos según el modelo lineal general aplicado, basado en medidas

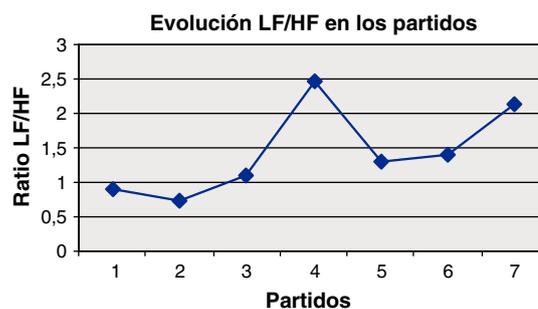


Figura 5 Representación gráfica de la evolución del ratio LF/HF (dominio frecuencial) durante los siete partidos.

Tabla 4 Media \pm DE de la frecuencia cardiaca (FC) y de los parámetros del análisis de la VFC, para los 7 partidos del campeonato (n=4)

Parámetro	Partido 1	Partido 2	Partido 3	Partido 4	Partido 5	Partido 6	Partido 7
FC	54,5 \pm 9,29	54,2 \pm 7,80	55,5 \pm 8,1	55,7 \pm 7,13	55,2* \pm 8,92	52,5 ^a \pm 8,88	59,2 \pm 9,91
HF	55 \pm 13,78	65,00 ^a \pm 21,37	52,50 ^a \pm 17,60	52,5 \pm 18,50	46,25 \pm 14,97	44,25 \pm 11,98	35,5 \pm 14,18
LF	45 \pm 13,78	35,00 ^a \pm 21,37	47,50 ^a \pm 17,60	60,25 \pm 18,50	53,75 \pm 14,97	55,75 \pm 11,98	64,5 \pm 14,18
LF/HF	0,9 \pm 0,43	0,75 \pm 0,85	1,09 ^a \pm 0,73	2,48 \pm 2,82	1,31 \pm 0,61	1,41 \pm 0,74	2,13 \pm 1,07
RMSSD	98,25 \pm 58,92	97 \pm 48,05	104,75 \pm 58,18	89,75 \pm 51,76	99 \pm 65,74	97,25 \pm 52,52	83 \pm 68,55
PNN50	25,275 ^a \pm 11,13	28,275 ^a \pm 9,12	24,6 \pm 9,92	23,825 \pm 9,55	22,575 \pm 9,59	23,525 \pm 6,87	16,65 \pm 13,20

^a diferencias significativas con el valor del partido 7, en cada fila, respectivamente para HFnu, LFnu, LF/HF y PNN50 ($p < 0,05$).

repetidas en los 7 partidos del campeonato, se observan diferencias significativas para los siguientes parámetros:

- LF presenta valores superiores en el partido 7 respecto al partido 2 ($F_{(3,1)} = 10,07$; $p = 0,050$) y al partido 3 ($F_{(3,1)} = 15,91$; $p = 0,028$); la misma tendencia se observa respecto a los partidos 1 ($p = 0,078$) y 5 ($p = 0,064$).
- HF presenta valores inferiores en el partido 7 respecto al partido 2 ($F_{(3,1)} = 10,07$; $p = 0,050$) y al partido 3 ($F_{(3,1)} = 15,91$; $p = 0,028$); la misma tendencia se observa respecto a los partidos 1 ($p = 0,078$) y 5 ($p = 0,064$).
- LF/HF presenta valores superiores en el partido 7 respecto al partido 3 ($F_{(3,1)} = 17,59$; $p = 0,025$); la misma tendencia se observa respecto a los partidos 1 ($p = 0,059$) y 2 ($p = 0,059$).
- PNN50 ($F_{(18,6)} = 2,96$; $p = 0,034$) presenta valores inferiores en el partido 7 respecto al partido 1 ($F_{(3,1)} = 10,162$; $p = 0,050$) y al partido 2 ($F_{(3,1)} = 29,61$; $p = 0,012$); la misma tendencia se observa respecto a los partidos 4 ($p = 0,080$) y 5 ($p = 0,059$).

En la figura 6 se representa la evolución individual del parámetro RMSSD para los 4 jugadores a lo largo de los 7 partidos (hemos visto anteriormente que resultaba significativa en conjunto).

Discusión

Éste es el primer estudio que se publica en nuestro país sobre el análisis de la VFC durante todas las pruebas en el transcurso de una competición de alto nivel, el campeonato del mundo de hockey hierba. Este campeonato representa una competición de altísimo nivel, de más nivel que los propios Juegos Olímpicos, con un calendario de encuentros muy exigente, donde se juegan 7 partidos en 11 días, probablemente un ritmo superior al de otras competiciones de otros deportes como el fútbol o el baloncesto. Partimos de la hipótesis de que los distintos parámetros de la VFC varían debido al cansancio progresivo y al estrés psicológico constante durante los días de la competición. A partir de estudios previos, consideramos algunos parámetros de la VFC como marcadores de fatiga o de falta de recuperación (puede consultarse la revisión realizada por los autores del presente trabajo)^{10,12}. Por tanto, el poder disponer de los datos individuales de cada jugador puede resultar interesante a la hora de implementar estrategias en la propia competición.

Los estudios de campo como el nuestro tienen como limitación importante el escaso número de deportistas que participan voluntariamente en la totalidad de las competiciones. Así, aunque el estudio se haya diseñado con todo el

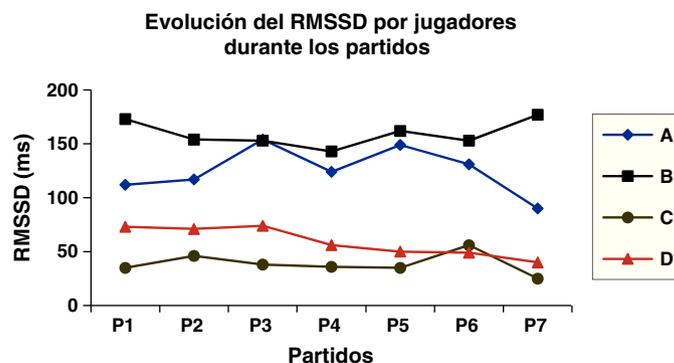


Figura 6 Perfil evolutivo individual del parámetro RMSSD durante los siete partidos en cada uno de los cuatro jugadores.

equipo de jugadores y se haya solicitado su participación, debido a las altas exigencias durante todo el campeonato, la muestra final es pequeña porque se no se han podido realizar las evaluaciones en todos los partidos y para todos los jugadores, perdiéndose casos para el estudio a medida que transcurre la competición. El hecho de interferir en la dinámica de cada jugador en un día de partido es un inconveniente a la hora de conseguir un número más grande de participantes. Éramos conscientes de la dificultad que supondría para quienes se prestasen voluntarios finalizar el estudio, debido, por ejemplo, a resultados deportivos del equipo no satisfactorios, a lesiones (se perdieron dos jugadores por este motivo) o al mal juego individual. Por todo ello, consideramos que, dada la magnitud del campeonato (Copa del Mundo) y la trascendencia de la competición para un país como España (tercero en el ranking mundial antes de comenzar esta competición), la muestra a estudiar y los resultados obtenidos son de un enorme interés.

Todos los jugadores llegaron al campeonato con buen estado de salud y presentaban un buen rendimiento deportivo los días previos a la competición. Los resultados del análisis de la VFC del primer día son indicativos de este hecho, mostrándose valores de los parámetros dentro de un rango de normalidad. Podemos añadir que los resultados, no incluidos en este estudio, de la evaluación de un cuestionario de percepción de fatiga previo a la competición, sugieren que la percepción general del estado de forma por parte de los jugadores era de estar en buenas condiciones, sin signos de cansancio y sin ningún diagnóstico de sobreentrenamiento. Es lógico que, a medida que pasan los partidos y se avanza en la competición, el cansancio físico aparezca progresivamente. Con un día o dos como máximo de recuperación, entendemos que es lógico que la fatiga física vaya en aumento, aunque no tenemos datos bioquímicos para objetivar tal hecho. No obstante, en otros estudios se ha demostrado esta relación¹² y que el sistema nervioso autónomo vegetativo refleja indirectamente estos cambios^{1-5,13}. A nivel global observamos que los parámetros del espectro de frecuencias que están relacionados con una mayor actividad del sistema simpático (LF y LF/HF) aumentan con el transcurso de la competición (LF lo hace de manera significativa), mientras que el parámetro HF (representativo de la actividad del SNP) disminuye significativamente. También disminuyen los parámetros del dominio temporal que indican variabilidad cardiaca: PNN50 y RMSSD (PNN50 de forma significativa). Una explicación coherente con estos resultados es que la fatiga se va acumulando a causa de la disputa de 7 partidos de alto nivel con periodos muy cortos de descanso entre ellos, siendo cada vez más difícil la capacidad de adaptación del sistema cardiovascular al esfuerzo. Además, a nivel psicológico la cercanía de luchar por un puesto en el podio puede generar en estos deportistas un incremento en la ansiedad precompetitiva e influir en la capacidad de adaptación de los jugadores a una sobrecarga física creciente, en la misma línea que en otros trabajos¹⁴. En este sentido, el análisis de la VFC permite estudiar patrones individuales. Por ejemplo, los perfiles individuales de la evolución de RMSSD son parecidos para los 4 jugadores evaluados. No obstante, existe una disminución progresiva para los jugadores A y D, que son los jugadores más jóvenes y con una participación muy activa durante todos los partidos del campeonato. El

jugador B es el más veterano y experto, además de jugar un mayor número de minutos por partido, y tanto sus datos basales como su perfil han sido bastante estables durante toda la competición. El jugador C juega poco, una media de 17 min por partido, y su perfil es muy estable durante todo el campeonato.

Es de especial interés comentar dos partidos en concreto: el cuarto (11-IX-2006 contra Nueva Zelanda) y el último (13-IX-2006 contra Corea). En el cuarto partido encontramos una disminución importante de la VFC, sobre todo en los parámetros RMSSD y HF, junto con un incremento significativo de LF y LF/HF, lo que sugiere un claro componente de cansancio físico y/o de estrés psicológico. Un problema en la interpretación es que no existen criterios validados para el análisis de la VFC que permitan distinguir independientemente la influencia de los dos aspectos, el fisiológico y el psicológico. Los aspectos deportivos que pueden ayudar a encontrar una explicación son los siguientes: tras una victoria contra Australia y después de dos empates contra Argentina y Pakistán (inesperado, sobre todo el primero de ellos), era imprescindible para el equipo español ganar el cuarto encuentro contra Nueva Zelanda, para tener opción a la lucha por las medallas. Si se lograba esta victoria, solamente con un empate contra Japón en el quinto partido —una selección con un nivel netamente inferior al de España—, el pase a semifinales estaba garantizado. Tal vez por la trascendencia del encuentro, creemos que sobre todo por razones de carácter emotivo y en mayor o menor medida por el cansancio acumulado de los tres partidos previos, en la mañana del cuarto encuentro los parámetros de VFC que marcan mayor actividad del SNS están más acentuados y los que indican actividad del SNP están más disminuidos. Además, tal vez sea interesante remarcar que no existen demasiados antecedentes de partidos del equipo español disputados contra la selección neozelandesa, y puede que este «desconocimiento del rival» tuviese alguna influencia. Si no tenemos en cuenta el último partido (encuentro por el tercer y cuarto puesto), el cuarto partido es el que presenta los registros más extremos.

En el séptimo partido el equipo español jugó para obtener el tercer o el cuarto puesto (17-IX-2006), disputándose tras una semifinal contra Alemania que, además de los 70 min de juego reglamentario, tuvo 15 min adicionales de prórroga y posteriormente una tanda de penaltis. El buen juego desarrollado por España, combinado con la derrota por penaltis, supuso un duro golpe para los jugadores. Además, la selección alemana ya había apeado a España de títulos importantes con anterioridad (se perdió la medalla de oro en un Campeonato de Europa [Barcelona 2003] y la medalla de Bronce en los Juegos Olímpicos de Atenas en 2004). Es normal que tras seis partidos disputados con gran intensidad, la fatiga física acumulada para el séptimo partido (17-IX-2006) se refleje en los parámetros frecuenciales y temporales de la VFC, de acuerdo con los resultados de otros trabajos^{2,4,5}. Es en la mañana previa a este partido cuando se observan los valores más extremos de RMSSD, PNN50, LF y HF. A nuestro juicio parece obvio destacar que, tal y como transcurrió y se resolvió la semifinal (15-IX-2006), a nivel psicológico existió una influencia importantísima que puede justificar los valores de los diversos parámetros de la VFC anteriormente citados, en la línea de los resultados obtenidos por Dishman et al¹⁴.

Conclusiones

Los resultados obtenidos sugieren que la VFC disminuye progresivamente a medida que avanza la competición y que se reducen los valores de los parámetros relacionados con el sistema parasimpático (indicativos de buena adaptabilidad psicofisiológica a las cargas de trabajo), a la vez que se incrementan los relacionados con el sistema simpático (sugestivos de fatiga, cansancio y mala adaptabilidad en general). Por ello, la VFC puede ser un buen marcador individual para monitorizar el estado psicofisiológico y la adaptabilidad cardiovascular al esfuerzo en deportistas de élite con un ritmo muy elevado de competiciones. En esta línea, es necesario realizar nuevos estudios para corroborar estos resultados y sobre todo para profundizar en la búsqueda de indicadores sensibles a las adaptaciones a la carga física, o de parámetros más específicos que permitan discernir entre el estrés físico y el psicológico. En competiciones de alto nivel como el campeonato del mundo de hockey hierba, donde se juegan muchos partidos en poco tiempo, el análisis de la VFC puede permitir obtener, de forma instantánea y no invasiva, marcadores que pueden ayudar a decidir la aplicación de estrategias concretas para mejorar el aspecto fisiológico o el psicológico.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Kleiger RE, Stein PK, Bigger Jr T. HRV: measurement and clinical utility. *Autonomic Nervous System*. 2005;10:88–101.
2. Kuipers H, Keizer HA. Overtraining in elite athletes. *Sports Med*. 1988;6:79–92.
3. Kindermann W. Overtraining: expression of a disturbed autonomic regulation. *Dtsch Z Sportmed Heft*. 1986;8:238–45.
4. Jenkendorf AE, Hesselink MKC, Snyder AC, Kuipers H, Keizer HA. Physiological changes in male competitive cyclists after two weeks of intensified training. *Int J Sports Med*. 1992;13:534–41.
5. Holloszy JO, Coyle EF. Adaptation of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol*. 1984;56:831–8.
6. Garet M, Pournaire N, Roche F, Laurent R, Lacour JR, Barthélémy JC, et al. Individual interdependence between nocturnal ANS activity and performance in swimmers. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:2112–8.
7. Mueck-Weymann M, Janshoff G, Mueck H. Stretching increases HRV in healthy athletes complaining about limited muscular flexibility. *Clin Auton Res*. 2004;14:15–8.
8. Matthew Lee C, Wood RH, Welsch MA. Influence of short-term endurance exercise training on HRV. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35:961–9.
9. Rodas G, Pedret C, Ramos J, Capdevila L. Variabilidad de la frecuencia cardiaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (Parte I). *Archivos de Medicina del Deporte*. 2008;123:41–7.
10. Rodas G, Pedret C, Ramos J, Capdevila L. Variabilidad de la frecuencia cardiaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (Parte II). *Archivos de Medicina del Deporte*. 2008;124:11–8.
11. Julio X, Cervantes C, Rodas G, Capdevila L. Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. *Psicothema*. 2009;21:531–6.
12. Mohr M, Krusturup P, Bangsbo J. Fatigue in soccer: a brief review. *J Sports Sci*. 2005;23:593–9.
13. Mourrot 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. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2004;24:10–8.
14. Dishman RK, Nakamura Y, García ME, Thompson MW, Dunn AL, Blair SN. Heart rate variability, trait anxiety and perceived stress among physically fit men and women. *International Journal of Psychophysiology*. 2000;37:121–3.