



apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

## Canvis de la variabilitat de la freqüència cardíaca (VFC) de jugadors d'hoquei durant el Campionat del Món de 2006

Gil Rodas<sup>a,b,\*</sup>, Xavier Yanguas<sup>a</sup>, Carles Pedret<sup>c,d</sup>, Joan Ramos<sup>e</sup>, Lluís Capdevila<sup>f</sup>

<sup>a</sup> Serveis Mèdics, Futbol Club Barcelona, Barcelona, Espanya

<sup>b</sup> Cap dels serveis mèdics de la Federació Espanyola d'Hockey Herba, Espanya

<sup>c</sup> Centro Mapfre de Medicina del Tennis, Barcelona, Espanya

<sup>d</sup> Centre de Diagnòstic per la Imatge, Tarragona, Espanya

<sup>e</sup> Departament d'Enginyeria Electrònica, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Espanya

<sup>f</sup> Laboratori de Psicologia de l'Esport, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, Espanya

Rebut el 30 d'agost de 2010; acceptat el 7 d'abril de 2011

### PARAULES CLAU

Variabilitat de la freqüència cardíaca (VFC);  
Hoquei;  
Adaptabilitat;  
Monitorització;  
Marcadors

**Resum** L'objectiu de l'estudi és determinar els canvis de la variabilitat de la freqüència cardíaca (VFC) dels jugadors d'hoquei en el transcurs d'un campionat del món. Van participar a l'estudi els jugadors de l'equip nacional espanyol i es realitzà un registre diari de l'interval R-R (Omegawave System), els dies en què es disputaven els partits. Es determinà la freqüència cardíaca basal (FC) i diferents paràmetres de la VFC.

Mitjançant un MANOVA, durant 7 partits es compara l'evolució dels valors promig de l'FC i dels diferents paràmetres de la VFC i s'analitzen els contrastos respecte al darrer partit. L'FC presenta un increment progressiu durant els set partits especialment significatiu en l'últim ( $F(18,6) = 3,27$ ;  $p = 0,024$ ). Els paràmetres RMSSD i PNN50 presenten una disminució progressiva al llarg del campionat, especialment significativa en el PNN50 ( $F(18,6) = 2,96$ ;  $p = 0,034$ ). Respecte als paràmetres de l'espectre de freqüències, LF i LF/HF presenten un increment al llarg dels 7 partits (en l'LF,  $F(18,6) = 2,72$ ;  $p = 0,046$ ), i HF va presentant valors inferiors.

La VFC disminueix progressivament i es redueixen els valors dels paràmetres relacionats amb l'activitat del sistema parasimpàtic (RMSSD i HF), que són indicatius de bona adaptabilitat psicofísica a les càrregues de treball. A la vegada, s'incrementa el valor dels paràmetres relacionats amb l'activitat del sistema simpàtic (LF i LF/HF), que suggereixen un augment de la fatiga i del cansament i una mala adaptabilitat en general. Per això, l'anàlisi de la VFC pot ser un bon marcador individual per monitoritzar l'estat psicofísic, l'adaptabilitat cardiovascular a l'esforç i un possible estat de sobrecàrrega física dels esportistes en les competicions.

© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicat per Elsevier España, S.L. Tots els drets reservats.

\*Autor per a correspondència.

Correu electrònic: 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.

## Introducció

La variabilitat de la freqüència cardíaca (VFC) depèn en gran mesura de l'equilibri entre el sistema nerviós parasimpàtic (SNP) i el sistema nerviós simpàtic (SNS). L'avaluació d'aquest equilibri permet disposar d'una eina important en la medicina de l'esport, per poder valorar tant les adaptacions fisiològiques i/o físiques, com les alteracions psicoemocionals dels esportistes sotmesos a entrenaments i competicions d'alt nivell<sup>1-4</sup>. La monitorització de la VFC ha estat proposada com un bon marcador per determinar l'adaptació de l'esportista a les càrregues d'exercici físic<sup>1,5</sup>. Així, una disminució de la VFC ha estat considerat com un marcador de cansament, de fatiga, de mala adaptació cardiovascular a l'esforç i de sobreentrenament; també s'ha correlacionat amb rendiments esportius baixos<sup>2,6</sup>. Igualment, s'ha correlacionat una disminució de la VFC amb canvis psicoemocionals com l'ansietat i la dificultat per afrontar una competició<sup>1,3,7,8</sup>.

Respecte a l'anàlisi de la VFC, són molt diversos els paràmetres que es calculen a partir de l'interval R-R i que informen d'aspectes diferents, els més freqüents dels quals són els que es calculen a partir del domini temporal, com l'RMSSD, l'SDNN o el PNN50, o els que es calculen a partir del domini freqüencial o espectral, com les potències de l'LF, HF o LF/HF. Per a més informació sobre l'origen i utilitat, aconsellem consultar una revisió realitzada pels autors del treball present<sup>9-11</sup>.

D'altra banda, cal destacar algunes característiques sobre l'esport que és objecte d'anàlisi en aquest estudi. Els

partits d'hoquei consten de 2 parts de 35 min en què no es para el cronòmetre, amb la possibilitat de fer canvis constants i indefinits. Intervenien 11 jugadors per equip, el rendiment és multifactorial i depèn de factors fisiològics, taccopsicològics i tecnicobiomecànics. És un esport amb un metabolisme preferentment aerobi-anaerobi, tot i que existeixen diferències segons el rol de cada jugador (porter, defensa, mig o davanter). Durant el campionat del món es juguen els partits en períodes de descans de 24 h com a mínim a 48 h com a màxim, a diferència d'altres esports d'equip, en què les competicions són més espaiades. Per tant, per arribar en condicions als partits finals decisius, l'hoquei exigeix nivells elevats de càrrega física i estats físics i emocionals adequats. És important, per tant, trobar marcadors que permetin valorar una bona recuperació entre els partits, per poder realitzar correccions individuals si cal.

L'objectiu de l'estudi és determinar els canvis de la variabilitat de la freqüència cardíaca (VFC) dels jugadors d'hoquei durant un campionat del món (Mönchengladbach, setembre de 2006) en què es jugaren 7 partits durant un període d'11 dies.

## Material i mètodes

L'estudi es realitzà amb els integrants de la selecció espanyola d'hoquei, que participaren voluntàriament mitjançant el consentiment informat: 16 jugadors integrants de la selecció espanyola d'hoquei que viatjaren a Mönchenglad-

**Taula 1** Edat, pes i percentatge de greix (Faulkner) dels participants

	Edat	Pes (kg)	% greix	Copa d'Europa	Copa del Món	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

S'especifica el nombre de competicions internacionals disputades per cada participant (entre parèntesi, competicions amb la selecció nacional sub21).

**Taula 2** Dies de partit, horari, rival i resultat

Codi partit	Data	Horari	Rival	Resultat (ESP vs...)
Partit 1	7 set. 2006	18:00	Austràlia	3-1
Partit 2	8 set. 2006	20:15	Argentina	1-1
Partit 3	10 set. 2006	12:30	Pakistan	2-2
Partit 4	11 set. 2006	14:00	Nova Zelanda	3-1
Partit 5	13 set. 2006	14:00	Japó	4-2
Partit 6	15 set. 2006	20:00	Alemanya (SF)	2-2 (PPP)
Partit 7	17 set. 2006	13:00	Corea (PB)	3-2 (GO)

PPP: perdut en la tanda de penalti-strokes; SF: semifinal; PB: partit per la tercera i quarta posició; GO: guanyat en temps de pròrroga per "gol d'or").

bach (Alemanya) per disputar el campionat del món d'hoquei entre el 6 i el 17 de setembre de 2006. La mostra inicial fou de 6 jugadors, però 2 es van lesionar durant el campionat. De 4 jugadors, disposem de totes les dades que presentem en aquest estudi. Tots havien disputat competicions continentals o internacionals importants, almenys en 3 ocasions (Copa d'Europa, Champions Trophy, Copa del Món o Jocs Olímpics). Les característiques antropomètriques i esportives d'aquests jugadors es detallen a la taula 1.

S'explicà detalladament als jugadors en què consistia l'estudi i es deixà ben clar que participar-hi no havia de suposar cap tipus d'alteració en la dinàmica pròpia de cada jugador en un dia de partit. També es comptà amb l'aprovació del seleccionador nacional, responsable màxim de l'equip. Se cità els jugadors a primera hora del matí en l'habitació de l'equip mèdic, acabats de llevar i abans d'esmorzar (entre les 8.30 i les 10.00 del matí) per realitzar el registre de l'interval R-R i el processament posterior de l'anàlisi de la VFC, mitjançant el sistema OmegaWave (OmegaWave Technologies, LLC). El registre s'efectuà de forma individualitzada, amb el jugador estirat en una llitera en decúbit supí, amb l'habitació completament en silenci i amb una temperatura ambient entre 20 i 24 graus. Els tests es realitzaven cada matí de dia de partit, per rigorós ordre d'arribada dels jugadors. Les principals característiques dels partits s'indiquen a la taula 2.

La durada de cada registre fou de 300 s. L'anàlisi de la VFC es realitzà posteriorment i els paràmetres es calcularen a partir del software propi del sistema OmegaWave:

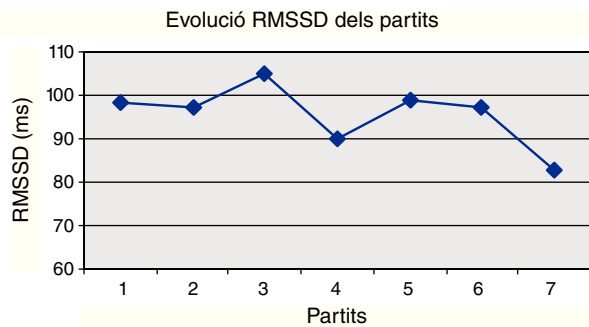
- Quant al domini temporal, s'analitzaren els paràmetres RMSSD i PNN50; l'RMSSD és l'arrel quadrada del valor

mitjà de les diferències al quadrat de tots els intervals RR successius, i informa sobre les variacions a curt termini dels intervals R-R i sobre la influència de l'SNP; el PNN50 és el percentatge dels intervals RR consecutius que discrepen en més de 50 ms entre sí, i informa sobre la dispersió de l'interval R-R (major dispersió indica més variabilitat).

- Quant al domini freqüencial o espectral, s'analitzaren els paràmetres HF, LF i LF/HF; HF (alta freqüència [*high frequency*]) es refereix a les freqüències de l'espectre dels intervals R-R, situades entre 0,15 i 0,4 Hz, que es relacionen amb l'activitat de l'SNP; LF (baixa freqüència [*low frequency*]) es refereix a les freqüències entre 0,04 i 0,15 Hz i proporciona informació sobre l'activitat de l'SNS; la relació LF/HF permet estimar la influència vagal, de manera que els valors baixos són suggestius de bona adaptabilitat físicopsíquica a les càrregues de treball, i els valors alts són propis d'estats de cansament, fatiga o mala adaptació en general.

**Taula 3** Mitjana de temps per partit i temps total dels minuts jugats pels 4 jugadors en els 7 partits del campionat

	Total	Mitjana
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** Representació gràfica de l'evolució del paràmetre RMSSD (domini temporal) durant els set partits.

El temps disputat per cada jugador es recollí en temps real durant cada partit gràcies al software NAC Sport Timer per a tablet PC (NAC Sport®). A la taula 3 es mostra la mitjana de temps i el temps total de participació dels 4 jugadors de l'estudi en els 7 partits.

Cal esmentar que al sisè partit es jugà una pròrroga de 2 parts de 7 min 30 s que disputaren els 4 jugadors, acumulant 15 min més cadascun. En el setè partit es jugaren escassament 2 min de pròrroga, ja que l'encontre es resolgué amb un "gol d'or". No es realitzà cap entrenament ni general ni específic durant els 11 dies de campionat, tan sols alguna sessió de recuperació i d'activació consistent en exercicis d'estiraments, de propiocepció i de flexibilitat.

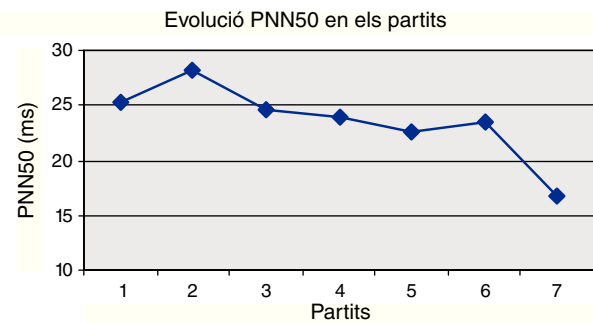
## Anàlisi de dades

Per a l'anàlisi estadística de les dades s'ha utilitzat el paquet estadístic SPSS (v.15.0 SPSS Inc., Chicago). Per analitzar possibles diferències entre les mitjanes dels paràmetres de VFC observades pels 7 partits del campionat, ha estat realitzada una anàlisi multivariant de la variància segons un model lineal general (GLM), incloent-hi les variables en el model. La significació de totes les proves s'ha considerat amb un nivell de probabilitat del 5% o inferior, i s'ha indicat sempre la significació exacta que ofereix el paquet estadístic SPSS.

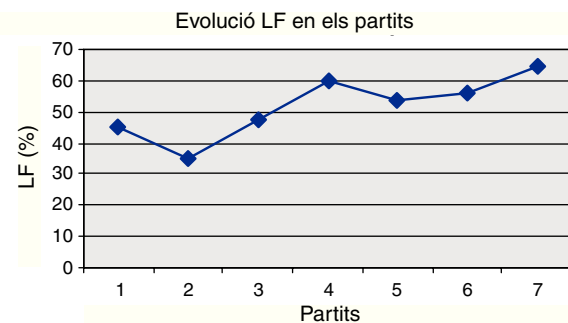
## Resultats

A la taula 4 es mostren les mitjanes i les desviacions estàndard dels 4 jugadors i els 7 partits, de la freqüència cardíaca basal i els paràmetres de VFC, RMSSD i PNN50 en el domini temporal, i HF, LF, LF/HF en el domini freqüencial.

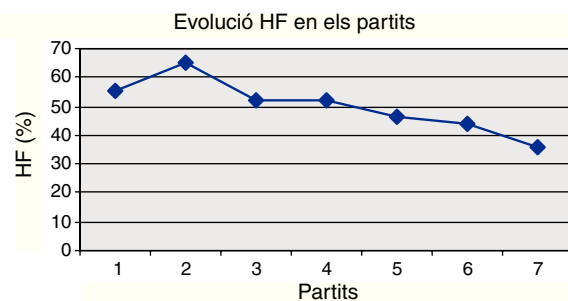
Els valors de la FC durant els registres de la VFC presenten un increment significatiu en el partit 7 ( $F(18,6) = 3,27$ ;  $p = 0,024$ ). En concret, la FC presenta valors superiors en el partit 7 respecte al partit 5 ( $F(3,1) = 10,67$ ;  $p = 0,047$ ) i al partit 6 ( $F(3,1) = 42,88$ ;  $p = 0,007$ ); la mateixa tendència s'observa respecte al partit 2 ( $p = 0,055$ ). Els paràmetres del domini temporal relacionats amb la variabilitat de la freqüència cardíaca, RMSSD i PNN50 (figs 1 i 2, respectivament) presenten una disminució al llarg dels partits, i és globalment significativa en el PNN50 ( $F(18,6) = 2,96$ ;  $p = ,034$ ).



**Figura 2** Representació gràfica de l'evolució del paràmetre PNN50 (domini temporal) durant els set partits.

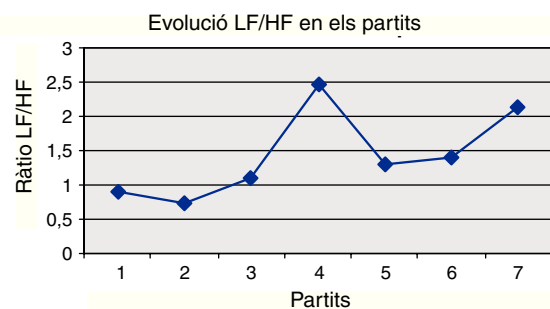


**Figura 3** Representació gràfica de l'evolució del paràmetre LF (domini freqüencial) durant els set partits.



**Figura 4** Representació gràfica de l'evolució del paràmetre HF (domini freqüencial) durant els set partits.

Els paràmetres del domini freqüencial relacionats amb l'activitat de l'SNS, LF i LF/HF (figs. 3, 4 i 5, respectivament) presenten un increment al llarg dels set partits (en



**Figura 5** Representació gràfica de l'evolució de la ràtio LF/HF (domini freqüencial) durant els set partits.

**Taula 4** Mitjana  $\pm$  DE de la freqüència cardíaca (FC) i dels paràmetres de l'anàlisi de la VFC, dels 7 partits del campionat (n = 4)

Paràmetre	Partit 1	Partit 2	Partit 3	Partit 4	Partit 5	Partit 6	Partit 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 <sup>a</sup> $\pm$ 8,88	59,2 $\pm$ 9,91
HF	55 $\pm$ 13,78	65,00 <sup>a</sup> $\pm$ 21,37	52,50 <sup>a</sup> $\pm$ 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 <sup>a</sup> $\pm$ 21,37	47,50 <sup>a</sup> $\pm$ 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 <sup>a</sup> $\pm$ 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 <sup>a</sup> $\pm$ 11,13	28,275 <sup>a</sup> $\pm$ 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

<sup>a</sup> diferències significatives amb el valor del partit 7, a cada fila, respectivament en l'HFnu, LFnu, LF/HF i PNN50 ( $p < 0,05$ ).

l'LF:  $F(18,6) = 2,72$ ;  $p = 0,046$ ; en l'LF/HF l'increment no arriba a ser significatiu globalment). Mentre que el paràmetre HF (fig. 4), relacionat amb l'activitat de l'SNP, presenta una disminució significativa al llarg dels set partits ( $F(18,6) = 2,72$ ;  $p = 0,046$ ).

En concret, en analitzar contrastos específics segons el model lineal general aplicat, basat en mesures repetides en els partits del campionat, s'observen diferències significatives en els paràmetres següents:

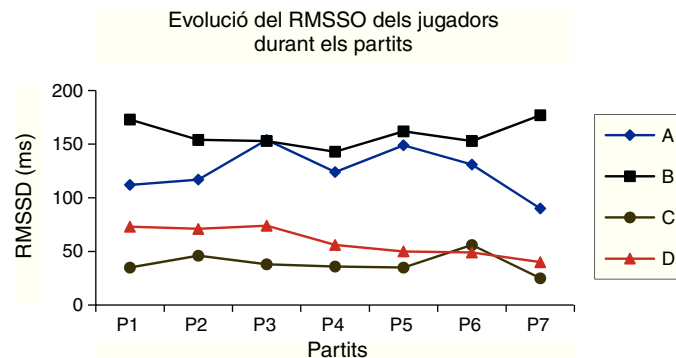
- LF presenta valors superiors en el partit 7 respecte al partit 2 ( $F(3,1) = 10,07$ ;  $p = 0,050$ ) i al partit 3 ( $F(3,1) = 15,91$ ;  $p = 0,028$ ); la mateixa tendència s'observa respecte als partits 1 ( $p = 0,078$ ) i 5 ( $p = 0,064$ ).
- HF presenta valors inferiors en el partit 7 respecte al partit 2 ( $F(3,1) = 10,07$ ;  $p = 0,050$ ) i al partit 3 ( $F(3,1) = 15,91$ ;  $p = 0,028$ ); la mateixa tendència s'observa respecte als partits 1 ( $p = 0,078$ ) i 5 ( $p = 0,064$ ).
- LF/HF presenta valors superiors en el partit 7 respecte al partit 3 ( $F(3,1) = 17,59$ ;  $p = 0,025$ ); la mateixa tendència s'observa respecte als partits 1 ( $p = 0,059$ ) i 2 ( $p = 0,059$ ).
- PNN50 ( $F(18,6) = 2,96$ ;  $p = 0,034$ ) presenta valors inferiors en el partit 7 respecte al partit 1 ( $F(3,1) = 10,162$ ;  $p = 0,050$ ) i al partit 2 ( $F(3,1) = 29,61$ ;  $p = 0,012$ ); la mateixa tendència s'observa respecte als partits 4 ( $p = 0,080$ ) i 5 ( $p = 0,059$ ).

La figura 6 representa l'evolució individual del paràmetre RMSSD dels 4 jugadors al llarg dels 7 partits (hem vist anteriorment que en conjunt resultava significativa).

## Discussió

Aquest és el primer estudi que es publica al nostre país sobre l'anàlisi de la VFC durant totes les proves d'una competició d'alt nivell, el campionat del món d'hoquei. Aquest campionat representa una competició d'altíssim nivell, de més nivell que els Jocs Olímpics, amb un calendari d'encontres molt exigent, en què es juguen 7 partits en 11 dies, probablement un ritme superior al d'altres competicions d'altres esports com el futbol o el bàsquet. Partim de la hipòtesi que els diferents paràmetres de la VFC varien degut al cansament progressiu i a l'estrès psicològic constant durant els dies de la competició. A partir d'estudis previs, considerem alguns paràmetres de la VFC com els marcadors de fatiga o de falta de recuperació (pot consultar-se la revisió realitzada pels autors del treball present)<sup>10,12</sup>. Per tant, disposar de les dades individuals de cada jugador pot resultar interessant a l'hora d'implementar estratègies en la pròpia competició.

Els estudis de camp com el nostre tenen una limitació important: l'escàs nombre d'esportistes que participà voluntàriament en totes les competicions. Per tant, tot i que l'estudi hagi estat dissenyat amb tot l'equip de jugadors i se n'hagi sol·licitat la participació, degut a les altes exigències durant tot el campionat, la mostra final és petita perquè no s'han pogut realitzar les avaluacions de tots els partits ni de tots els jugadors, amb la pèrdua de casos d'estudi a mesura que avança la competició. El fet d'interferir en la dinàmica de cada jugador en un dia de partit és un inconvenient a l'hora d'aconseguir un nombre de participants més



**Figura 6** Perfil evolutiu individual del paràmetre RMSSD durant els set partits en cadascun dels quatre jugadors.

gran. Érem conscients de la dificultat que podia suposar finalitzar l'estudi dels que s'ofereixin voluntàriament, degut, per exemple, a resultats esportius no satisfactoris de l'equip, a les lesions (es perderen 2 jugadors per aquest motiu) o al mal joc individual. Per tot això, considerem que, donada la magnitud del campionat (copa del món) i la transcendència de la competició per un país com Espanya (tercer en el rànquing mundial abans de començar aquesta competició), la mostra a estudiar i els resultats obtinguts són d'un interès enorme.

Tots els jugadors arribaren al campionat amb bon estat de salut i presentaven un bon rendiment esportiu els dies previs a la competició. Els resultats de l'anàlisi de la VFC del primer dia són indicatius d'aquest fet, i els valors dels paràmetres es mostren dins un rang de normalitat. Podem afegir que els resultats, no inclosos en aquest estudi, de l'avaluació d'un qüestionari de percepció de fatiga, previ a la competició, suggereixen que la percepció general de l'estat de forma per part dels jugadors era d'estar en bones condicions, sense signes de cansament i sense cap diagnòstic de sobreentrenament. És lògic que, a mesura que passen els partits i s'avança en la competició, el cansament físic aparegui progressivament. Amb un dia o dos com a màxim de recuperació, entenem que és lògic que la fatiga física vagi en augment, tot i que no tenim dades bioquímiques per objectivar tal fet. Tanmateix, en altres estudis s'ha demostrat aquesta relació<sup>12</sup>, i que el sistema nerviós autònom vegetatiu reflecteix indirectament aquests canvis<sup>1-5,13</sup>. A nivell global observem que els paràmetres de l'espectre de freqüències relacionades amb una activitat més gran del sistema simpàtic (LF i LF/HF) augmenten amb el transcurs de la competició (LF ho fa de manera significativa), mentre que el paràmetre HF (representatiu de l'activitat de l'SNP) disminueix significativament. També disminueixen els paràmetres del domini temporal que indiquen variabilitat cardíaca: PNN50 i RMSSD (PNN50 de forma significativa). Una explicació coherent amb aquests resultats és que la fatiga es va acumulant a causa de la disputa de 7 partits d'alt nivell en períodes molt curts de descans entre ells, i és cada vegada més difícil la capacitat d'adaptació del sistema cardiovascular a l'esforç. A més, a nivell psicològic la proximitat a lluitar per un lloc al podi pot generar en aquests esportistes un increment de l'ansietat precompetitiva i influir en la capacitat d'adaptació dels jugadors a una sobrecàrrega física creixent, en la mateixa línia que en altres treballs<sup>14</sup>. En aquest sentit, l'anàlisi de la VFC permet estudiar patrons individuals. Per exemple, els perfils individuals de l'evolució de RMSSD són semblants en els 4 jugadors avaluats. No obstant això, existeix una disminució progressiva en els jugadors A i D, que són els jugadors més joves i amb una participació molt activa durant tots els partits del campionat. El jugador B és el més veterà i expert, i a més de jugar un major nombre de minuts per partit, tant les seves dades basals com el seu perfil han estat força estables durant tota la competició. El jugador C juga poc, una mitjana de 17 min per partit, i el seu perfil és molt estable durant tot el campionat.

És especialment interessant comentar dos partits en concret: el quart (11-IX-2006 contra Nova Zelanda) i el darrer (13-IX-2006 contra Corea). En el quart partit trobem una disminució important de la VFC, sobretot en els paràmetres

RMSSD i HF, juntament a un increment significatiu de l'LF i LF/HF, cosa que suggereix un component clar de cansament físic i/o d'estrès psicològic. Un problema en la interpretació és que no hi ha criteris validats per a l'anàlisi de la VFC que permetin distingir independentment la influència dels dos aspectes, el fisiològic i el psicològic. Els aspectes esportius que poden ajudar a trobar una explicació són els següents: després d'una victòria contra Austràlia i després de dos empats contra Argentina i Pakistan (inesperat, sobretot el primer), era imprescindible per a l'equip espanyol guanyar el quart encontre contra Nova Zelanda, per tenir opció a la lluita per les medalles. Si s'aconseguia aquesta victòria, solament amb un empat contra Japó en el cinquè partit —una selecció amb un nivell netament inferior al d'Espanya—, la passada a semifinals estava garantida. Tal vegada per la transcendència de l'encontre, creiem que per raons de caràcter emotiu especialment i en major o menor mesura pel cansament acumulat dels tres partits previs, al matí del quart encontre els paràmetres de la VFC que marquen major activitat de l'SNS estan més accentuats i els que indiquen activitat de l'SNP estan més disminuïts. A més, potser sigui interessant remarcar que no hi ha gaire antecedents de partits de l'equip espanyol disputats contra la selecció neozelandesa, i pot ser que aquest "desconeixement del rival" hagués pogut influir. Si no tenim en compte l'últim partit (encontre per al tercer i quart lloc), el quart partit és el que presentava els registres més extrems.

En el setè partit l'equip espanyol jugà per obtenir el tercer o el quart lloc (17-IX-2006), i es jugà després d'una final contra Alemanya que, a més dels 70 min de joc reglamentari, tingué 15 min addicionals de pròrroga i posteriorment una tanda de penals. El bon joc realitzat per Espanya, combinat amb la derrota per penals, suposà un cop dur per als jugadors. A més, la selecció alemanya ja havia apartat Espanya de títols importants amb anterioritat (es perdé la medalla d'or en un campionat d'Europa [Barcelona 2003] i la medalla de Bronze al Jocs Olímpics d'Atenes el 2004). És normal que després de jugar sis partits a gran intensitat, la fatiga física acumulada pel setè partit (17-IX-2006) es reflecteixi als paràmetres freqüencials i temporals de la VFC, d'acord amb els resultats d'altres treballs<sup>2,4,5</sup>. El matí previ a aquest partit s'observaren els valors extrems d'RMSSD, PNN50, LF i HF. A parer nostre sembla obvi destacar que, tal i com va transcórrer i es resolgué la semifinal (15-IX-2006), a nivell psicològic existí una influència importantíssima que pot justificar els valors de diversos paràmetres de la VFC anteriorment esmentats, en la línia dels resultats obtinguts per Dishman et al.<sup>14</sup>.

## Conclusions

Els resultats obtinguts suggereixen que la VFC disminueix progressivament a mesura que avança la competició i que es redueixen els valors dels paràmetres relacionats amb el sistema parasimpàtic (indicatius de bona adaptabilitat psicofisiològica a les càrregues de treball), a la vegada que s'incrementen els relacionats amb el sistema simpàtic (suggerits de fatiga, cansament i mala adaptabilitat en general). Per això, la VFC pot ser un bon marcador individual per monitoritzar l'estat psicològic i l'adaptabilitat cardiovascu-

lar a l'esforç d'esportistes d'elit amb un ritme molt elevat de competicions. En aquesta línia, és necessari realitzar nous estudis per corroborar aquests resultats i sobretot per aprofundir en la recerca d'indicadors sensibles a les adaptacions a la càrrega física o de paràmetres més específics que permetin discernir entre l'estrès físic i el psicològic. En competicions d'alt nivell com el campionat del món d'hoquei, en el qual es juguen molts partits en poc temps, l'anàlisi de la VFC pot permetre obtenir, de forma instantània i no invasiva, marcadors que puguin ajudar a decidir l'aplicació d'estratègies concretes, per millorar l'aspecte fisiològic o el psicològic.

### Conflicte d'interessos

Els autors declaren que no tenen cap conflicte d'interessos.

### Bibliografia

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 cardíaca: 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 cardíaca: 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, Krstrup P, Bangsbo J. Fatigue in soccer: a brief review. *J Sports Sci*. 2005;23:593-9.
13. Mouro L, Bouhaddi M, Perrey S, Cappelle S, Henriët MT, Wolf JP, et al. Decrease in heart rate variability with over-training: 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.