

Variabilidad de la frecuencia cardíaca y perfiles psicofisiológicos en deportes de equipo de alto rendimiento¹

Jordi Moreno Sánchez*, Eva Parrado Romero* y Lluís Capdevila Ortís*

HEART RATE VARIABILITY AND PSYCHOPHYSIOLOGICAL PROFILES IN HIGH-PERFORMANCE TEAM SPORTS

KEYWORDS: Heart rate variability (HRV), Mood states, Team sports, Autonomic nervous system.

ABSTRACT: This paper poses two objectives, pursued in two different studies. The first is to analyse the usefulness of a heart rate variability (HRV) analysis within the context of high-performance team sports. The second is to analyse HRV based on mood profiles, assessed using the POMS. For the first study, 53 athletes were selected from 3 different elite team sports: basketball, hockey and soccer. For the second study, the sample comprised 18 elite football players, divided into two groups: the iceberg profile and altered mood state. The results show that football players have a different HRV profile from basketball or hockey players, who both display a fairly similar one. In the case of soccer players with the iceberg profile, the vigour factor is negatively correlated with LF / HF and LF% and positively correlated with the HF% parameter. In the case of soccer players with the altered mood state, the fatigue factor is negatively correlated with the pNN50 and HF parameters. The results offer a deeper insight into HRV in team sports with a view to adapting the monitoring process and obtaining indicators of mood states associated with HRV.

En el ámbito deportivo, uno de los primeros parámetros utilizados para el control de la capacidad funcional del deportista y su adaptación a las cargas de los entrenamientos ha sido la frecuencia cardíaca (García-Manso et al., 2006). Los avances tecnológicos han permitido mejorar el estudio de este parámetro mostrando que los intervalos entre latidos no son constantes, lo que ha sido interpretado como sinónimo de salud. Este fenómeno es lo que se conoce como Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC) y se define como la variación temporal de la frecuencia del latido cardiaco durante un periodo de tiempo definido con anterioridad (nunca superior a 24 horas), en un análisis de periodos circadianos consecutivos (Capdevila y Niñerola, 2006).

El mecanismo responsable de la regulación de la VFC es el sistema nervioso autónomo (SNA) con sus dos ramas, simpática (SNS) y parasimpática (SNP), proponiéndose la VFC como un indicador del estado del SNA (Bricout, DeChenaud y Favre-Juvin, 2010). Las diferentes influencias de los dos sistemas modulan los intervalos de los latidos (RR) del complejo QRS, siendo el SNS el responsable de los cambios de la FC a causa del estrés (Pumprla, Howorka, Groves, Chester y Nolan, 2002; Rajendra, Paul, Kannathal, Min Lim y Suri, 2006), por lo que se ha establecido el análisis de la VFC como un método no invasivo y útil para valorar la capacidad del corazón para adaptarse a cargas tanto endógenas como exógenas (Parrado, Cervantes,

Pintanel, Rodas y Capdevila, 2010; Parrado, Garcia, Ramos, Cervantes, Rodas y Capdevila, 2010). En este sentido, la VFC puede ser un buen indicador para valorar el proceso de adaptación del deportista a los entrenamientos y competiciones, así como herramienta de seguimiento en lesiones, procesos de estrés-recuperación o estados de sobreentrenamiento (Hynynen, Uusitalo, Konttinen y Rusko, 2006).

Muchas de las investigaciones entre la VFC y deporte se han centrado en analizar la respuesta del SNA especialmente en disciplinas deportivas de resistencia y momentos diferentes a lo largo de una temporada o competición (Bosquet, Gamelin y Berthoin, 2007; Danilowicz-Szymanowicz, Raczak, Szwoch, Ratkowski y Torunski, 2010), indicando una relación entre el ejercicio físico y el incremento de la VFC, sugiriendo un impacto positivo sobre la actividad cardíaca (Sztajzel, Jung, Sievert y Bayes de Luna, 2008). Los estudios muestran que existen diferentes perfiles de VFC en función de su nivel de rendimiento (Saa, Sarmiento, Martín-González, Rodríguez-Ruiz, Quiroga y García-Manso, 2009), del nivel de la carga deportiva en entrenamientos y competiciones (Bricout et al., 2010) o de la edad (Yu, Katoh, Makino, Mimuno y Sato, 2010), pero son pocos los estudios que determinan diferencias en relación a la modalidad deportiva (Mal'tsev, Mel'nikov, Vikulnov y Gromova, 2010).

Correspondencia: Jordi Moreno Sánchez. Laboratori de Psicologia de l'Esport. Departament de Psicologia Bàsica, Evolutiva i de l'Educació. Edifici B. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra (Barcelona). E-mail: Jordi.Moreno.Sanchez@uab.cat

¹ Este trabajo se ha realizado gracias a los proyectos de I+D+I PSI2008-06417-C03-01/PSIC y PSI2011-29807-C02-01 del Ministerio de Ciencia e Innovación, y a la colaboración de los equipos técnicos y de los jugadores de la Selección Española de Hockey Hierba, de los primeros equipos de fútbol y de baloncesto del Futbol Club Barcelona, y del primer equipo del Real Club Deportivo Espanyol. Deseamos realizar un agradecimiento especial al Dr. Gil Rodas.

* Universitat Autònoma de Barcelona.

— Fecha de recepción: 7 de Octubre de 2011. Fecha de aceptación: 5 de Febrero de 2013.

En general, los hallazgos indican que los deportistas de élite presentan un tono parasimpático más elevado que los no deportistas, lo que indica una mayor adaptación a las cargas. No obstante, existen muchas diferencias individuales, lo que dificulta la interpretación de los resultados de forma inmediata, de manera que los estudios no permiten concluir que existan unos valores estándar de VFC con los que poder extraer conclusiones individuales. Por este motivo, se requieren más estudios que se centren en la respuesta del SNA en función de la modalidad deportiva, especialmente en deportes de equipo, ya que los estudios son escasos (Aubert, Seps y Beckers, 2003; Rodas, Pedret, Capdevila y Ramos, 2008b). Hablamos de modalidad deportiva entendiendo que cada modalidad deportiva implica diferentes cargas y tipos de entrenamiento. A nivel práctico, el establecimiento de las diferencias entre los deportes puede facilitar la evaluación y seguimiento de los deportistas, y disponer de una herramienta que permita ajustar las cargas de trabajo y las respuestas de adaptación a partir de la aplicación de plantillas de corrección e interpretación específicas para cada grupo.

Por otra parte, el estudio de la VFC ha sido relacionado en el ámbito deportivo con procesos de estrés-recuperación a corto y largo plazo (Cervantes, Florit, Parrado, Rodas y Capdevila, 2009), sobrecarga funcional, no funcional y el síndrome de sobreentrenamiento (Bosquet, Merkari, Arvisais y Aubert, 2008), y con estados de ansiedad precompetitiva (Cervantes, Rodas y Capdevila, 2009a, Cervantes, Rodas y Capdevila, 2009b) y estrés emocional (Dishman, Nakamura, Garcia, Thompson, Dunn y Blair, 2000). En relación al estado de ánimo, existe un patrón característico conocido como *perfil iceberg*. Éste, se ha asociado a deportistas de élite con alto rendimiento y se define por presentar unos niveles bajos en las escalas de tensión, depresión, hostilidad, fatiga y confusión, y niveles particularmente altos en la escala de vigor (Leunes y Burger, 2000; Rowley, Landers, Blaine Kylló y Etnier, 1995). Estudios más recientes (Bresciane, Cuevas, Garatachea, Molinero, Almar, De Paz, Márquez y González-Gallego, 2010; Poole, Hamer, Wawrzyniak y Steptoe, 2011) han empezado a relacionar el estado de ánimo con marcadores fisiológicos. Sin embargo, se requieren estudios que evalúen conjuntamente el estado de ánimo y el análisis de la VFC, relacionándolos y contrastándolos en poblaciones deportivas, ya que ambos instrumentos se relacionan con la evaluación del estrés competitivo.

A partir de estas consideraciones, en el presente trabajo se plantean dos objetivos, que se llevan a cabo en dos estudios diferentes. En primer lugar, se pretende analizar la utilidad del análisis de la VFC dentro del contexto de los deportes de equipo de alto rendimiento. Por otra parte, se pretende encontrar patrones psicofisiológicos de relación entre la VFC y estados de ánimo en deportes de equipo de alto rendimiento.

Método

Participantes

La muestra del Estudio 1 estuvo formada por deportistas de élite pertenecientes a tres deportes de equipo de nivel internacional: el primer equipo de baloncesto del Futbol Club Barcelona ($n = 14$), el equipo de la Selección Nacional Española de hockey hierba ($n = 13$), y el primer equipo de fútbol del Futbol Club Barcelona ($n = 26$). La media de edad fue de 26 años (± 4.6), 24.08 (± 3.5), y 25.62 (± 4.9) respectivamente. La muestra del

Estudio 2 estuvo formada por 18 jugadores de fútbol del primer equipo de fútbol del Real Club Deportivo Espanyol, con una media de edad de 26.67 años (± 3.43). Se obtuvo un consentimiento informado por parte de todos los jugadores que participaron voluntariamente en el estudio.

Instrumentos

Medidas Fisiológicas

Para el registro de la VFC se utilizó, en ambos estudios, el *OmegaWave System (OmegaWave Technologies, LLC)*. Este sistema permite la detección y registro de los intervalos RR en un espacio de tiempo definido y de forma no invasiva. El registro se realiza a través de un ECG de 3 derivaciones a partir de electrodos de pinza conectados al sistema y que se colocan en las muñecas y tobillos de los participantes. A partir de los registros RR de cada participante se calcularon los parámetros con un software propio. Para el análisis del dominio temporal se calcularon: la media de los intervalos RR (RRmean), la desviación estándar de los intervalos RR (SDRR), la raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR (RMSSD) y el porcentaje de los intervalos RR consecutivos que discrepan más de 50 ms entre sí (pNN50). Los parámetros de dominio de la frecuencia se obtuvieron a partir de la transformación rápida de Fourier (FFT) para cuantificar las bandas de las altas frecuencias (HF; .15-.40 Hz), bajas frecuencias (LF, .04-.15 Hz), muy bajas frecuencias (VLF, 0.00-0.04 Hz) proporción de altas y bajas frecuencias (LF/HF), porcentaje de altas frecuencias (%HF) y porcentaje de muy bajas frecuencias (%VLF). Se comprobó la normalidad de los parámetros con la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y las variables que no seguían una distribución normal fueron transformadas mediante un logaritmo natural en base 10 (se añade la etiqueta "log").

Medidas de estado de ánimo

Para valorar el estado emocional se utilizó el *Perfil del Estado de Ánimo (Profile of Mood States, POMS)* de McNair, Lorr y Droppelman (1971). Se utilizó la versión reducida de 15 ítems propuesta por Fuentes, García-Merita, Melia y Balaguer (1994) utilizada posteriormente por Cervantes et al. (2009). Esta versión también se ha utilizado en otros estudios con futbolistas (De la Vega et al. 2008). La versión constata 5 factores de estado de ánimo: Tensión, Depresión, Hostilidad, Vigor y Fatiga. El factor de Vigor es el único que se interpreta de forma positiva, correspondiendo una mayor puntuación a un mejor estado de ánimo. El resto de factores tienen una interpretación negativa y las puntuaciones altas se interpretan como un estado de ánimo negativo. Los ítems están precedidos de la frase "*Cómo te sientes en este momento*", y las respuestas oscilan en una escala de 5 puntos, donde 0 es "*Nada*", 1 es "*Poco*", 2 es "*Moderadamente*", 3 es "*Bastante*" y 4 es "*Mucho*". En este estudio, se han utilizado las puntuaciones directas del POMS dado que no se ha encontrado una baremación de referencia de nuestra muestra. Se calculó también la puntuación total del POMS para valorar la alteración global del estado de ánimo. Esta puntuación resulta de restar la puntuación del factor Vigor al conjunto de factores negativos. A más puntuación total, mayor alteración del estado de ánimo. Los valores negativos en esta puntuación total son sinónimos de un estado de ánimo óptimo y se relacionan con un *perfil iceberg*.

Procedimiento

Los datos fueron obtenidos por los autores del trabajo y por los responsables médicos de cada equipo siguiendo un protocolo estricto. En el primer estudio, los datos se obtuvieron en periodo de pretemporada o preparación. En el segundo estudio, los datos fueron obtenidos a mitad de la temporada justo después de haber conseguido un buen resultado en la competición. Se trata de una competición de liga con las cargas habituales que implican entrenamientos diarios y un partido semanal. Los registros se realizaron en una sala aislada en el lugar de entrenamiento de los deportistas, después de levantarse y antes del desayuno, en las instalaciones médicas de cada equipo. Antes del registro de la

VFC, cada participante contestaba el POMS. Para la captación de los intervalos RR se realizó un registro de la VFC con el *Omega Wave System* durante 5 minutos en reposo en posición supina. Para el Estudio 1 los jugadores respiraban libremente durante el registro, mientras que en el Estudio 2 los futbolistas seguían un patrón pautado de respiración de 12 ciclos/min (0.2 Hz) a través de unas instrucciones de audio. Para este segundo estudio, se dividió la muestra de futbolistas en dos grupos: a) *perfil iceberg* (n = 9), y b) *estado de ánimo alterado* (n = 9). Se usó como criterio de clasificación la puntuación total del POMS. La Figura 1 muestra los perfiles individuales de los futbolistas en ambos grupos.

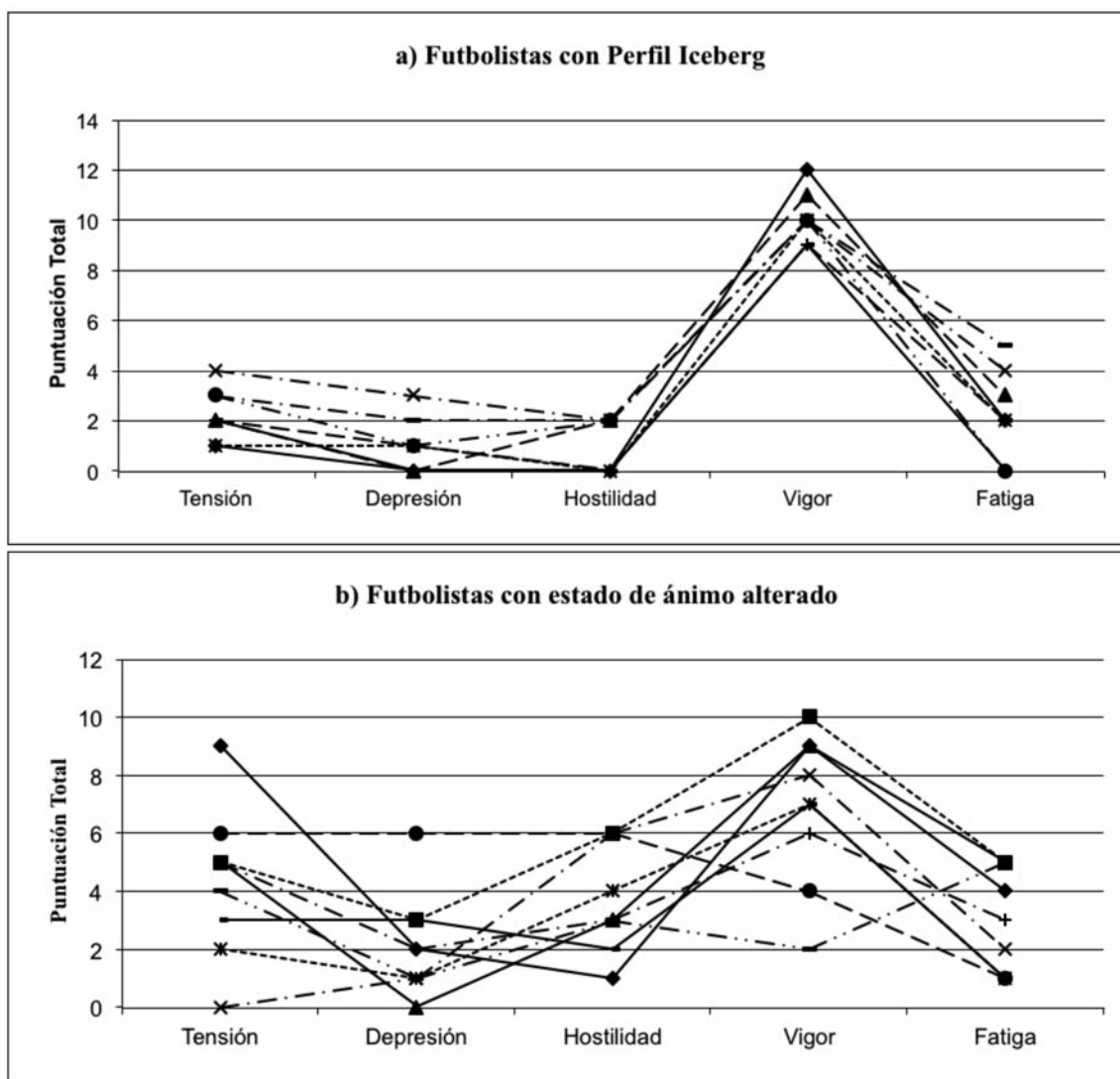


Figura 1. Perfiles individuales de los futbolistas con perfil iceberg y estado de ánimo alterado.

Análisis estadístico

Para analizar las diferencias en la VFC entre los 3 grupos de deportistas del Estudio 1 y entre los 2 grupos de futbolistas del Estudio 2, se realizó un análisis de la variancia (ONEWAY). Para analizar la relación entre los factores del POMS y los parámetros

de la VFC del Estudio 2 se aplicó la prueba no paramétrica de correlación de Spearman (*rho*), para cada grupo de perfil de estado de ánimo. Para la obtención de estos datos se utilizó el paquete estadístico SPSS, versión 18.0.

Resultados

Estudio 1

A partir de los resultados obtenidos del análisis de la VFC, se pueden observar diferencias en función de la modalidad deportiva (Tabla 1). En líneas generales, los parámetros analizados indican que los jugadores de baloncesto y de hockey hierba presentan una mayor variabilidad de la frecuencia cardíaca que los jugadores de fútbol, tanto en los parámetros de dominio del tiempo como en los frecuenciales.

El análisis de los parámetros de dominio temporal muestra que tanto los jugadores de baloncesto ($p = .005$) como los de hockey hierba ($p = .042$) obtienen unos valores medios RR (RRmean) significativamente mayores que los jugadores de fútbol. Los jugadores de hockey hierba también presentan una SDRR significativamente mayor que los futbolistas ($p = .034$). En cambio, no existen diferencias significativas entre el grupo de baloncesto y el de hockey hierba en relación a los parámetros RRmean y SDRR. En cuanto al parámetro RMSSD, nuevamente

los jugadores de baloncesto y los de hockey hierba presentan unos valores similares y significativamente mayores que los futbolistas ($p = .013$ y $p = .008$, respectivamente). Sucede lo mismo con los valores del parámetro pNN50, presentando los futbolistas unos valores más bajos respecto al grupo de baloncesto ($p = .001$) y hockey hierba ($p = .001$).

Por otra parte, en los parámetros de dominio frecuencial los futbolistas presentan unos valores significativamente más bajos respecto a los jugadores de baloncesto y hockey hierba en los parámetros HFlog ($p = .009$ y $p = .002$, respectivamente), % HF ($p = .044$ y $p = .021$, respectivamente). En el parámetro LF/HFlog los jugadores de baloncesto muestran valores con una tendencia a la significación mayores que los futbolistas ($p = .052$). En el parámetro %VLF son los jugadores de hockey hierba los que presentan unos valores más bajos que los jugadores de fútbol ($p = .016$). No existen diferencias significativas entre los jugadores de baloncesto y los de hockey hierba en los parámetros de dominio frecuencial.

	Baloncesto (n = 14)	Hockey hierba (n = 13)	Fútbol (n = 26)
Dominio Temporal			
RRmean (ms)	1192.18 ± 211.32*	1152.54 ± 103.4*	1010.16 ± 161
SDRR (ms)	75.16 ± 29.4	78 ± 32.8*	54.8 ± 19.43
RMSSD (ms)	85.31 ± 41.8*	88 ± 40.54*	52 ± 24.24
pNN50 (%)	53.7 ± 21.61**	53.5 ± 14**	29.5 ± 19.41
Dominio Frecuencial			
HFlog	3.17 ± .4*	3.26 ± .35*	2.8 ± .42
LF/HFlog	-.15 ± .39*	-.114 ± .26	-.1 ± .28
% HF	42 ± 19.5*	43.86 ± 12*	29.3 ± 14
%VLF	27 ± 16.89	21.41 ± 11.3*	36 ± 15

Todos los valores están expresados en media ± SD. * $p < .05$ respecto al grupo Fútbol; ** $p < .01$ respecto al grupo Fútbol; RRmean: media de los intervalos RR; SDRR: desviación estándar de los intervalos RR; RMSSD: raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR; pNN50: porcentaje de intervalos RR consecutivos que discrepan más de 50 ms entre sí; HFlog: altas frecuencias normalizadas (ms²), (0,15-0,40 Hz); LF/HFlog: proporción de altas y bajas frecuencias normalizadas (%); %HF: porcentaje de altas frecuencias; %VLF: porcentaje de muy bajas frecuencias. log = unidades normalizadas en logaritmo en base 10.

Tabla 1. Comparación de los parámetros de dominio temporal, dominio frecuencial y análisis no lineal (Poincaré Plot) entre los jugadores de baloncesto, hockey hierba y fútbol.

Estudio 2

En la Figura 2 se pueden observar los perfiles medios de los futbolistas con perfil iceberg y los que presentan un estado de ánimo alterado, siendo el Vigor el único factor que muestra diferencias significativas ($p = .034$). En cuanto a la relación entre los factores del POMS y los parámetros de la VFC (Tabla 2 y Tabla 3), en el grupo con perfil iceberg los resultados muestran

correlaciones negativas entre el factor de Vigor y los parámetros LF/HF ($\rho = -.765$; $p = .027$) y %LF ($\rho = -.661$; $p = .053$) y positivas con el parámetro %HF ($\rho = .780$; $p = .013$). En el grupo de futbolistas con estado de ánimo alterado, se observan correlaciones negativas entre el factor de Fatiga y los parámetros pNN50 ($\rho = -.725$; $p = .027$) y HF ($\rho = -.690$; $p = .040$).

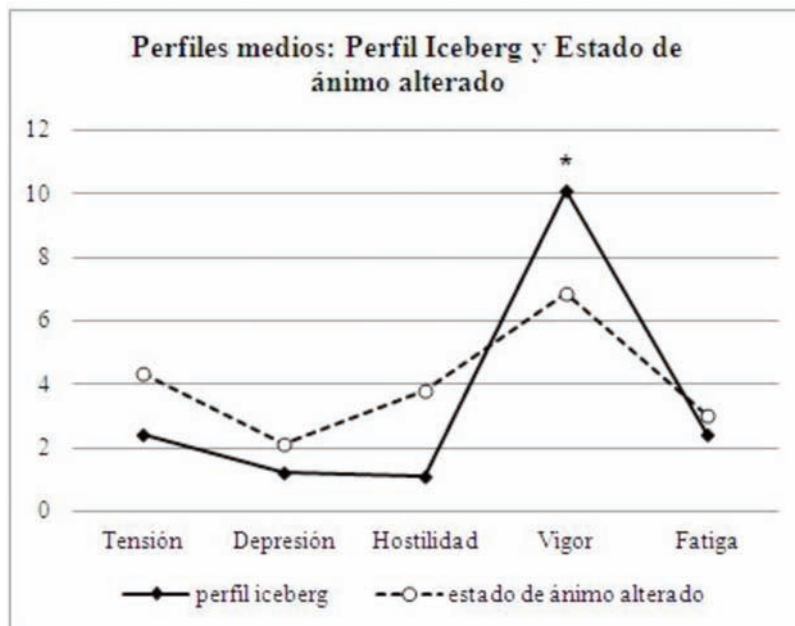


Figura 2. Perfiles medios de los futbolistas con perfil iceberg y estado de ánimo alterado (* $p < .05$).

	Tensión	Depresión	Hostilidad	Vigor	Fatiga
SDRR (ms)	-.01	.48	.00	.17	.31
RMSSD (ms)	-.06	.50	-.09	.17	.45
pNN50 (%)	-.18	.34	-.09	.44	.34
LF (ms ²)	.22	.55	.09	-.37	.19
HF (ms ²)	-2.15	.28	.9	.44	.24
LF/HF (%)	.28	-.09	.00	-.77*	-.33
%LF	.32	.02	-.09	-.66*	-.28
%HF	-.39	-.12	.00	.78*	-.07

* $p < .05$; SDRR: desviación estándar de los intervalos RR; RMSSD: raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR; pNN50: porcentaje de intervalos RR consecutivos que discrepan más de 50 ms entre sí; LF: bajas frecuencias (ms²), (0.04-0.15 Hz), HF: altas frecuencias (ms²), (0.15-0.40 Hz) LF/HF: proporción de altas y bajas frecuencias; %LF: porcentaje de bajas frecuencias; %HF: porcentaje de altas frecuencias.

Tabla 2. Correlaciones de Spearman entre los parámetros de VFC y los factores del POMS para los futbolistas con perfil iceberg (n = 9).

	Tensión	Depresión	Hostilidad	Vigor	Fatiga
SDRR	-.33	.44	.04	-.19	-.59
RMSSD	.34	.47	-.04	-.13	-.52
pNN50	-.09	.42	.29	-.40	-.73*
LF	.33	.08	.22	-.35	-.40
HF	-.20	.32	.29	-.34	-.69*
LF/HF	.61	-.25	-.09	-.22	.38
%LF	.61	.08	-.02	-.57	.17
%HF	-.51	-.03	.28	-.06*	.05

* $p < .05$; SDRR: desviación estándar de los intervalos RR; RMSSD: raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR; pNN50: porcentaje de intervalos RR consecutivos que discrepan más de 50 ms entre sí; LF: bajas frecuencias (0.04-0.15 Hz), HF: altas frecuencias (0.15-0.40 Hz) LF/HF: proporción de altas y bajas frecuencias; %LF: porcentaje de bajas frecuencias; %HF: porcentaje de altas frecuencias.

Tabla 3. Correlaciones de Spearman entre los parámetros de VFC y los factores del POMS para los futbolistas con estado de ánimo alterado (n = 9).

Discusión

Los resultados del Estudio 1 muestran que la VFC puede ser un indicador fisiológico para identificar las diferencias entre modalidades deportivas. Este indicador puede ser de utilidad para establecer y valorar perfiles específicos para cada deporte, ayudando a interpretar los resultados con más precisión que si lo hacemos de forma general para cualquier deporte. Los resultados del Estudio 2 sugieren la relación de algunos parámetros de VFC con los factores de Vigor y Fatiga del POMS en futbolistas profesionales.

En relación a la modalidad deportiva (baloncesto, hockey hierba y fútbol), sólo encontramos diferencias entre los futbolistas y el resto de deportistas. Los jugadores de fútbol presentan una menor actividad vagal o control parasimpático tal y como indican los parámetros SDRR, RMSSD, pNN50 o HFlog. Esto puede ser debido a las características propias del deporte, donde se requieren diferentes programas de entrenamiento, resultados que van en la línea del estudio de Mal'tsev et al. (2010) en el que encontraron diferencias en la VFC en deportistas que seguían diferentes programas de entrenamiento. En su estudio, los deportistas que practicaban disciplinas de fuerza como la halterofilia presentaban una menor actividad vagal (RMSSD, pNN50, HF, LF, VLF y LF/HF) que los deportistas que practicaban modalidades de resistencia como los corredores de fondo. Estas diferencias se explicaban por las características propias del deporte, como el incremento en el índice de masa corporal (IMC). Una de las características del fútbol, así como de muchos deportes de equipo, es que intervienen componentes aeróbicos y anaeróbicos en el desarrollo del juego (Rankovic, Mutjavidzic, Toskic, Preljevic, Kocic, Nedin-Rankovic y Damjanovic, 2010; Reilly, Bangso y Franks, 2000). En este sentido, sería interesante tener en cuenta el balance de ambos tipos de ejercicio, presentes en los entrenamientos, para mejorar la actividad vagal de la VFC. Otros estudios, como el de Berkoff, Cairns, Leon y Claude (2007), que no encontraron diferencias en la VFC entre corredores de larga distancia y velocistas, concluyen que podría ser crucial el entrenamiento del componente anaeróbico. De acuerdo con nuestros resultados, los parámetros de referencia para el estudio de los componentes aeróbico y anaeróbico podrían ser el RRmean, SDRR, RMSSD y pNN50, tal y como indican Aubert et al. (2003).

En cuanto al análisis psicofisiológico del Estudio 2, hemos visto que en los futbolistas con *perfil iceberg* el factor Vigor se relaciona negativamente con los parámetros LF/HF y %LF, lo que indica un menor activación simpática, y se relaciona positivamente con el parámetro %HF, el cual refleja un predominio de actividad parasimpática (de acuerdo con la revisión de Rodas, Pedret, Ramos y Capdevila, 2008a). Estos resultados se relacionan con los encontrados por Pichon, Nuisser y Chapelot (2010) donde establecen el Vigor como uno de los predictores de los cambios en el parámetro LF/HF. Otros estudios (Bricout et al. 2010) han observado un aumento significativo de los niveles del parámetro LF/HF después de los partidos. Así pues, la escala de Vigor del POMS, cuando se muestra el *perfil iceberg*, parece ser un indicador del estado psicofisiológico de los futbolistas, por su relación con los componentes simpático y parasimpático del SNA.

Por otra parte, en los futbolistas con estado de ánimo alterado hemos encontrado una relación negativa entre el factor de Fatiga y los parámetros pNN50 y HF, lo cual se interpreta como una

menor variabilidad y activación vagal (Sztajzel et al., 2008). Estos resultados se relacionan con los obtenidos por Parrado et al. (2010) donde un incremento de la fatiga percibida se relacionaba con una disminución del parámetro pNN50. Por su parte, la escala de Fatiga del POMS, cuando no se muestra el *perfil iceberg*, también se muestra como un indicador del estado psicofisiológico de los futbolistas.

Los resultados obtenidos muestran que los factores de Vigor y Fatiga son los que se relacionan más con la VFC. Sin embargo, no queda clara la relación de otros factores como la Tensión, la Depresión y la Hostilidad con la VFC. Los factores de Vigor y Fatiga pueden estar describiendo mejor que las otras escalas del POMS los aspectos relacionados con la práctica deportiva, como pueden ser los entrenamientos y competiciones; en cambio, el resto de factores pueden estar reflejando aspectos con menor componente físico y mayor componente psicológico. En este sentido, una de las principales críticas que ha recibido el POMS es el hecho de incluir varios factores negativos y solamente uno de positivo (Leunes et al. 2000). Por una parte, y tal como se ha visto en nuestro estudio, esto facilita la detección de los estados de ánimo altamente positivos, caracterizando muy bien el *perfil iceberg*. Sin embargo, los perfiles que presentan un estado de ánimo alterado son más variados, pudiéndose encontrar perfiles altos en Fatiga que pueden estar reflejando un estado de tendencia a la sobrecarga o incluso al sobreentrenamiento, o perfiles altos en Depresión y Tensión que podrían estar indicando un malestar no necesariamente relacionado con la práctica deportiva. Así pues, las diferentes causas de los estados de ánimo alterados y sus diferentes representaciones en el POMS hacen que nos cuestionemos si es pertinente analizarlos conjuntamente ya que, tal y como indican De la Vega et al. (2008) existe una gran variabilidad de los estados de ánimo de deportistas que pertenecen a un mismo equipo.

También hay que tener en cuenta que cuando evaluamos el estado de ánimo es imprescindible conocer, a parte del nivel de los entrenamientos, la relación entre el contexto de evaluación y los eventos deportivos significativos por los que está pasando el equipo (Andrade, Arce y Seoane, 2000). Así pues, es importante destacar que la evaluación se realizó el día después que el equipo consiguiera un resultado muy importante en su competición, lo que probablemente se reflejó en el estado de ánimo de algunos futbolistas, pero quizás no se reflejó del mismo modo en los parámetros de la VFC.

Probablemente las diferentes tipologías de estado de ánimo alterado puedan tener impactos diferentes sobre la variabilidad, incluso a corto plazo. Estos estados emocionales y el hecho de catalogarse como alterados o negativos para la práctica deportiva ya han sido cuestionados en investigaciones más iniciales. Terry (1995) señala que en ciertas disciplinas deportivas, como los deportes de combate o el campo a través, puntuaciones altas en hostilidad o tensión se han relacionado de forma positiva con el rendimiento deportivo. En esta línea, y tal como ya han hecho Hoffman et al. (1999) resulta importante incluir variables de rendimiento objetivas que ayuden a contextualizar el estado de ánimo.

Limitaciones del estudio y líneas futuras de investigación

Una de las principales limitaciones del presente trabajo ha sido no poder disponer de la posibilidad de realizar más de una evaluación a los deportistas seleccionados. En el caso del Estudio 2, hubiera sido interesante evaluar el estado de ánimo junto con la VFC en más momentos de la temporada, pudiendo así seguir

la evolución de ambas medidas y su relación con variables como el rendimiento, así como analizar la evolución de los factores de Tensión, Depresión y Hostilidad y ver su relación a largo plazo. No obstante, hay que destacar que una de las mayores aportaciones del estudio ha consistido en analizar datos que pertenecen a deportistas del más alto nivel dentro de su modalidad deportiva.

De cara a líneas futuras de investigación sería interesante seguir con el estudio de la VFC en deportes de equipo, con muestras más grandes y con más evaluaciones de seguimiento. Más específicamente, sería interesante analizar el impacto que pueda tener sobre la VFC la posición del deportista dentro del equipo en deportes como el fútbol, el baloncesto o el hockey. Posiblemente se puedan observar diferentes balances entre los sistemas simpático y parasimpático que caracterizan el rol de cada deportista (por ejemplo, portero, defensa, alero, pivot...), en función de las diferentes cargas aeróbicas y anaeróbicas. Por otra parte, convendría seguir con el estudio de patrones psicofisiológicos específicos en relación al estado de ánimo junto con la VFC, mediante estudios longitudinales, para poder ver la

evolución del resto de componentes del estado de ánimo y su posible relación con el rendimiento deportivo.

Conclusiones

A partir de los datos obtenidos en el presente trabajo se destaca la utilidad del análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca como un indicador específico relacionado con la modalidad deportiva en el contexto de los deportes de equipo, en función de las cargas de entrenamiento y de competición. Por otra parte, se propone el análisis conjunto de los factores de Vigor y de Fatiga del POMS con los parámetros de la VFC, como indicadores de perfiles psicofisiológicos en deportes de equipo como el fútbol profesional. Este análisis continuado a lo largo de la temporada puede permitir un seguimiento individual de cada jugador, ofreciendo información valiosa para ajustar las cargas de entrenamiento y/o para detectar posibles intervenciones a nivel psicológico.

VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA Y PERFILES PSICOFISIOLÓGICOS EN DEPORTES DE EQUIPO DE ALTO RENDIMIENTO

PALABRAS CLAVE: Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC), Estado de ánimo, Deportes de equipo, Sistema nervioso autónomo.

RESUMEN: En el presente trabajo se plantean dos objetivos, llevados a cabo en dos estudios diferentes. En primer lugar, se pretende analizar la utilidad del análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC) dentro del contexto de los deportes de equipo de alto rendimiento. Por otra parte, se pretende analizar la VFC en base a los perfiles de estado de ánimo evaluados con el POMS. Para el primer estudio se seleccionaron 53 deportistas de 3 deportes de equipo de élite diferentes: baloncesto, hockey hierba y fútbol. Para el segundo estudio la muestra la formaron 18 futbolistas de élite, divididos en dos grupos: *perfil iceberg* y estado de ánimo alterado. Los resultados muestran que los futbolistas presentan un perfil de VFC diferente a los jugadores de baloncesto o hockey hierba, que muestran un perfil de VFC bastante parecido. En los futbolistas con *perfil iceberg*, el factor de Vigor correlaciona negativamente con los parámetros LF/HF y %LF, y positivamente con el parámetro HF%. En los futbolistas con estado de ánimo alterado, el factor de Fatiga correlaciona negativamente con los parámetros pNN50 y HF. Los resultados permiten profundizar en el estudio de la VFC en deportes de equipo para adaptar mejor los seguimientos, así como obtener indicadores de estado de ánimo relacionados con la VFC.

VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E PERFIS PSICOFISIOLÓGICOS EM DESPORTOS COLECTIVOS DE ALTO RENDIMENTO

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), Estado de humor, Desportos colectivos, Sistema nervoso autónomo.

RESUMO: No presente trabalho foram formulados dois objetivos, levados a cabo em dois estudos diferentes. Em primeiro lugar, pretende-se analisar a utilidade da análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) no contexto dos desportos colectivos de alto rendimento. Por outro lado, pretende-se analisar a VFC baseada nos perfis de estados de humor avaliados, avaliada pelo POMS. Para o primeiro estudo foram seleccionados 53 desportistas de 3 desportos colectivos de elite: basquetebol, hóquei de campo e futebol. Para o segundo estudo a amostra foi constituída por 18 futebolistas de elite, divididos em dois grupos: *perfil iceberg* e estado de humor alterado. Os resultados indicam que os futebolistas apresentam um perfil de VFC diferente dos jogadores de basquetebol e de hóquei de campo, que possuem um perfil de VFC bastante similar. Nos futebolistas com *perfil iceberg*, o factor Vigor correlaciona-se negativamente com os parâmetros LF/HF e %LF, e positivamente com o parâmetro HF%. Nos futebolistas com estado de humor alterado, o factor Fadiga correlaciona-se negativamente com os parâmetros pNN50 e HF. Os resultados permitem aprofundar o estudo da VFC em desportos colectivos de forma a adaptar de forma mais cabal os processos de monitorização e obter indicadores de estados de humor associados à VFC.

Referencias

- Andrade, E. M., Arce, C. y Seoane, G. (2000). Aportaciones del POMS a la medida del estado de ánimo de los deportistas: estado de la cuestión. *Revista de Psicología del Deporte*, 9, 7-20.
- Aubert, A. E., Seps, B. y Beckers, F. (2003). Heart Rate Variability in Athletes. *Sports Medicine* 33 (12), 889-919.
- Berkoff, D., Cairns, C., Leon, D. y Moorman, C. (2007). Heart Rate Variability in Elite American Track-and-Field Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 227-231.

- Bresciane, G., Cuevas, M. J., Garatachea, N., Molinero, O., Almar, M., De Paz, J. A., Márquez, S. y González-Gallego, J. (2010). Monitoring biological and psychological measures throughout an entire season in male handball players. *European Journal of Sport Science*, 10(6), 377-384.
- Bricout, V., DeChenaud, S. y Favre, A. (2010). Analyses of heart rate variability in young soccer players: The effects of sport activity. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 154, 112-116.
- Bosquet, L., Gamelin, F. X. y Berthoin, S. (2007). Is aerobic endurance a determinant of cardiac autonomic regulation? *European Journal of Applied Physiology*, 100, 363-369.
- Bosquet, L., Merkari, S., Arvisais, D. y Aubert, A. E. (2008). Is heart rate a convenient tool monitor over-reaching? A systematic review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 709-714.
- Capdevila, L. y Niñerola, J. (2006). Evaluación psicológica en deportistas. En E. Garcés (Ed), *Deporte y Psicología* (pp. 145-176). Murcia: Diego Marín.
- Cervantes, J., Florit, D., Parrado, E., Rodas, G. y Capdevila, L. (2009). Evaluación fisiológica y cognitiva del proceso de estrés-recuperación en la preparación pre-olímpica de deportistas de élite. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 5, 111-117.
- Cervantes, J., Rodas, G. y Capdevila, L. (2009a). Heart rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. *Psicothema*, 4, 531-536.
- Cervantes, J., Rodas, G. y Capdevila, L. (2009b). Perfil psicofisiológico de rendimiento en nadadores basado en la variabilidad de la frecuencia cardíaca y en estados de ansiedad precompetitiva. *Revista de Psicología del Deporte*, 18, 37-52.
- Danilowicz-Szymanowicz, L., Raczak, G., Szwoch, M., Ratkowski, W. y Torunski, A. B. (2010). The effect of anaerobic and aerobic tests on autonomic nervous system activity in health young athletes. *Biology of Sport*, 27, 65-69.
- De la Vega, R., Ruiz, R., García-Mas, A., Balagué, G., Olmedilla, A. y del Valle, S. (2008). Consistencia y fluctuación de los estados de ánimo en un equipo de fútbol profesional durante una competición de play off. *Revista de Psicología del Deporte*, 17, 241-251.
- Dishman, R. K., Nakamura, Y., García, M. E., Thompson, R. W. Dunn, A. L. y Blair, S. N. (2000). Heart rate variability, trait anxiety, and perceived stress among physically fit men and women. *International Journal Psychophysiology*, 37, 121-133.
- Fuentes, I., García-Merita, M., Melia, J. L. y Balaguer, I. (1994). Formas paralelas de la adaptación valenciana del Perfil de Estados de Ánimo (POMS). *IV Congreso de Evaluación Psicológica*. Santiago de Compostela.
- García-Manso, J. M., Sarmiento, S., Rodríguez-Ruiz, D., Quiroga, M., de Saa, Y. y Bara, A. (2006). *Variabilidad de la frecuencia cardíaca y su aplicación al entrenamiento*. I Congreso Internacional de Avances en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Sevilla.
- Hynynen, E., Uusitalo, A., Konttinen, N. y Rusko. (2006). Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 313-317.
- Hoffman, J. R., Bar-Eli, M. y Tenenbaum, G. (1999). An examination of mood changes and performance in a professional basketball team. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39, 74-79.
- Leunes, A. y Burger, J. (2000). Profile of Mood States Research in Sport and Exercise Psychology: Present, Past and Future. *Journal of Applied Sport Psychology*, 12, 5-15.
- Mal'tsev, A., Mel'nikov, Vikulov, A., Gromova y K. (2010). Central Hemodynamic Heart Rate Variability Parameters in Athletes during Different Training Programs. *Human Physiology*, 36(1), 96-101.
- McNair, D., Lorr, M. y Droppleman, L. (1971). *Manual for the Profile of Mood States*, San Diego CA: Educational and Industrial Testing Service.
- Parrado, E., Cervantes, J., Pintanel, M., Rodas, G. y Capdevila, L. (2010). Perceived tiredness and heart rate variability in relation to overload during a field hockey world cup. *Perceptual and Motor Skills*, 110(2), 699-713.
- Parrado, E., García, M. A., Ramos, J., Cervantes, J., Rodas, G. y Capdevila, L. (2010). Comparison of two devices to detect RR intervals. *International Journal of Sports Medicine*, 31, 336-341.
- Pichon, A., Nuissier, F. y Chapelot, D. (2010). Heart rate variability and depressed mood in physical education students: A longitudinal study. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 156, 117-123.
- Poole, L., Hamer, M., Wawrzyniak, J. A. y Steptoe, A. (2011). The effects of exercise withdrawal on mood and inflammatory cytokine responses in humans. *Informa Healthcare*, 14(4), 439-447.
- Pumprla, J., Howorka, K., Groves, D., Chester, M. y Nolan, J. (2002). Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. *International Journal of Cardiology*, 84, 1-14.
- Rajendra, U., Paul, J. K., Kannathal, N., Choo Min, L. y Jasjit, S. (2006). Heart rate variability: A Review. *IFMBE Journal of Medical and Biological Engineering & Computing Journal*, 44(12), 1031-1051.
- Rankovic, G., Mutjavidzic, V., Toskic, D., Preljevic, A., Kocic, M., Nedin-Rankovic, G. y Damjanovic, N. (2010). *Aerobic capacity as an indicator in different kinds of sports*. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*, 10(1), 44-48.
- Reilly, T., Bangsbo, J. y Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18(9), 669-683.
- Rodas, G., Pedret, C., Ramos, J. y Capdevila, L. (2008a). Variabilidad de la frecuencia cardíaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (I). *Archivos de Medicina del Deporte*, 123, 41-47.
- Rodas, G., Pedret, C., Capdevila, L. y Ramos, J. (2008b). Variabilidad de la frecuencia cardíaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (II). *Archivos de Medicina del Deporte*, 25, 11-18.
- Rowley, A. J., Landers, D. M., Blaine Kyllö, L. y Etnier, J. L. (1995). Does the Iceberg Profile Discriminate Between Successful and Less Successful Athletes? A Meta-Analysis. *Journal of Sport and Science Psychology*, 17, 185-199.
- Saa, Y., Sarmiento, S., Martín-González, J. M., Rodríguez-Ruiz, D., Quiroga, M.E. y García-Manso, J.M. (2009). Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca en la caracterización de deportistas de élite de lucha canaria con diferente nivel de rendimiento. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* 2(4), 120-125.
- Sztajzel, J., Jung, M., Sievert, K. y Bayes de Luna, A. (2008). Cardiac autonomic profile in different sports disciplines during all-day activity. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(4), 495-501.
- Terry, P. (1995). The efficacy of mood state profiling whit elite performers: A review and synthesis. *The Sport Psychologist*, 9, 309-324.
- Yu, S., Katoh, T., Makino, H., Mimuno, S. y Sato, S. (2010). Age and Heart Rate Variability After Soccer Games. *Research in Sports Medicine*, 18, 263-269.