

## Evaluación fisiológica y cognitiva del proceso de estrés-recuperación en la preparación pre-olímpica de deportistas de elite

Physiological and cognitive evaluation of the stress-recovery process in the pre-Olympic preparation of elite athletes

Julio César Cervantes<sup>1</sup>, Dani Florit<sup>2</sup>, Eva Parrado<sup>1</sup>, Gil Rodas<sup>2</sup>, Lluís Capdevila<sup>1</sup>

1. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España. Laboratorio de Psicología del Deporte

2. Futbol Club Barcelona, Barcelona, España

### CORRESPONDENCIA:

Julio César Cervantes Blásquez,

Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), España

Facultad de Psicología; Departamento de Psicología Básica,

Evolutiva y de la Educación, Edificio B. Campus de Bellaterra

Cerdanyola del Vallés. 08123 Barcelona

catajulio@hotmail.com

Recepción: noviembre 2008 • Aceptación: abril 2009

### Resumen

El presente trabajo tiene el objetivo de obtener indicadores del proceso de estrés-recuperación basados en los cambios que provoca el entrenamiento intenso en la relación entre la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) y variables cognitivas. Para ello, se evaluó el estado de ánimo, los signos tempranos relacionados al síndrome de sobreentrenamiento y la VFC de los jugadores de la Selección Nacional Española de Hockey sobre Hierba. Los datos se recogieron durante el periodo de preparación Pre-Olímpica para Pekin 2008 en dos sesiones diferentes: (a) después de un periodo corto de descanso, y (b) después de un día de entrenamiento intenso. Los índices relacionados con la actividad parasimpática y con una elevada variabilidad de la frecuencia cardíaca correlacionaron negativamente con las puntuaciones del cuestionario estandarizado (CE) propuesta por la Sociedad Francesa de Medicina del Deporte (SFMS). Después del entrenamiento intenso, los parámetros de VFC relacionados con la actividad parasimpática decrecieron, a la vez que las puntuaciones de la subescala de fatiga del POMS incrementaron. Se propone un sistema de evaluación que, de manera simultánea, mida objetivamente –a través de la VFC– y subjetivamente –a través de cuestionarios– el proceso de estrés-recuperación de los jugadores de élite, a largo plazo –cuestionario CE; signos tempranos del síndrome de sobreentrenamiento o sobrecarga no funcional– y a corto plazo –cuestionario POMS; sobrecarga funcional–.

**Palabras Clave:** Análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca, VFC, Sobrecarga, Sobreentrenamiento, Evaluación Psicológica.

### Abstract

The aim of this research was to obtain markers of the stress-recovery process based on the changes in heart rate variability and cognitive aspects due to strenuous training. Mood state, early signs of overtraining, and heart rate variability were evaluated in the Spanish National Hockey team players. Data were collected during a preparatory period for the Beijing 2008 Olympic Games on two separate occasions: (a) after a short recovery period, and (b) after a day of strenuous training. The indices related to the parasympathetic activity and to a high variability of heart rate were negatively correlated with the scores from the standardized questionnaire (CE) of the "Société Française de Médecine du Sport" (SFMS). After strenuous training, the vagal-related heart rate variability indices decreased, while fatigue subscale scores from the POMS increased. An evaluation method that can simultaneously provide objective (HRV) and subjective measures for the long-term stress-recovery process in elite players (early signs of overtraining or non-functional overtraining with a questionnaire (CE); and for the short-term stress-recovery process, functional overtraining with POMS) is proposed.

**Key words:** Heart Rate Variability Analysis, Overreaching, Overtraining, Psychological Evaluation.

## Introducción

La planificación del entrenamiento y de la competición se centra en determinar los estímulos estresantes y los estímulos facilitadores de la recuperación o de la supercompensación de los deportistas de élite. En función de las características de la carga de entrenamiento (frecuencia, intensidad, duración) el proceso de estrés-recuperación puede manifestarse en diferentes fases: (1) *Sobrecarga Aguda*: estado de fatiga después de una o varias sesiones de entrenamiento y con pronta recuperación; (2) *Sobrecarga Funcional*: se caracteriza por el incremento de entrenamiento durante un periodo corto provocando el decremento temporal del rendimiento; es posible que los deportistas alcancen la supercompensación con un periodo de descanso de días a semanas; (3) *Sobrecarga No Funcional*: se refiere al estado de sobrecarga extremo provocado por el desequilibrio entre la carga y la recuperación; la acumulación de cargas de entrenamiento no permite alcanzar la supercompensación y la recuperación del deportista puede ocurrir después de semanas o meses; (4) *Síndrome de Sobreentrenamiento*: hace referencia a la acumulación de las cargas de entrenamiento y otras fuentes estresantes no relacionadas con el entrenamiento, que provocan una desadaptación prolongada en mecanismos de regulación biológicos, neuroquímicos, psicológicos y hormonales, además del decremento del rendimiento; debido a ello, no es posible alcanzar la supercompensación y la recuperación del deportista puede tardar meses (Meeusen, Duclos, Gleeson, Rietjens, Steinacker y Hurhausen, 2007; Bosquet, Merkari, Arvisais y Aubert, 2008). De las fases analizadas, el estado de sobrecarga funcional es considerado como un proceso de estrés-recuperación necesario y reversible en la búsqueda de mejorar el estado de forma y de rendimiento de los deportistas. Si las cargas de entrenamiento se incrementan se toma el riesgo de pasar a una sobrecarga no funcional y de que se desencadenen desequilibrios en el proceso de estrés-recuperación, lo cual puede conllevar al estado de sobreentrenamiento (Hynynen, Uusitalo, Konttinen y Rusko, 2006).

Desde el ámbito de la Medicina del Deporte, se propone el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) como uno de los métodos más válidos, rápidos y no invasivos para evaluar el efecto de la carga de entrenamiento sobre el organismo del deportista (Rodas, Pedret, Ramos y Capdevila, 2008a). La VFC se refiere a que el ritmo cardiaco no es constante y que dichas variaciones son moduladas por el sistema nervioso autónomo (SNA). El valor de algunos parámetros en el análisis de la VFC, calculados a partir de diferentes métodos estadísticos en el dominio temporal, se han

asociado a un estado más sano del sistema cardiovascular, mientras que a partir de los parámetros calculados a través de métodos espectrales en el dominio frecuencial es posible analizar y cuantificar la modulación autonómica cardiovascular ante diferentes situaciones (Rodas, Pedret, Ramos y Capdevila, 2008b). Las diferentes bandas de frecuencias obtenidas a partir del análisis espectral se han relacionado de manera específica con las dos ramas del SNA. Los índices de la banda de altas frecuencias (HF) están relacionados a la actividad del sistema nervioso parasimpático, los índices de la banda de bajas frecuencias (LF) son considerados principalmente como marcadores de la actividad simpática con componente parasimpático y la proporción LF/HF es un indicador que generalmente se utiliza como medida del equilibrio simpático-parasimpático. El incremento en los valores de LF/HF indica una influencia mayor de la actividad simpática, un descenso de la actividad parasimpática o la combinación de ambos aspectos (Task Force of the European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996; Acharya, Joseph, Kannathal, Lim y Suri, 2006). Gracias a esta información que proporciona el análisis de la VFC, diversos autores se han interesado en estudiar la respuesta autonómica en situaciones de entrenamiento intenso (Leicht, Allen y Hoey, 2003; Hautala, Tulppo, Makikallio, Laukkanen, Nissila y Huikuri, 2001), de entrenamiento aeróbico (Jammes, Arbogast, Faucher, Montmayeur, Tagliarini y Robinet, 2001; Aubert, Beckers y Ramaekers, 2001; Pichot, Roche, Gaspoz, Enolras, Antoniadis, Minimi et al., 2000; Pigozzi, Alabiso, Parisi, Disalvo, Di Luigi, Sparato et al., 2001), de competición (Iellamo, Pigozzi, Spataro, Lucini y Pagani, 2004), durante estados de sobreentrenamiento (Mourot, Bouchaddi, Perrey, Rouillon y Regnard, 2004), o como herramienta de seguimiento y control de una temporada de entrenamiento (Hedelin, Wiklund, Bjerle y Henriksson-Larsen, 2000). Los resultados de estos trabajos coinciden en que los valores de parámetros de la VFC relacionados a la actividad parasimpática son menores en cuanto el estado de fatiga se incrementa.

Los cuestionarios sobre la percepción del estado físico y psicológico de los deportistas pueden constituir otras herramientas interesantes de evaluación del proceso de estrés-recuperación. Así por ejemplo, el cuestionario para determinar el Perfil del Estado de Ánimo (POMS) de McNair, Lorr y Droppelman (1971), ha servido para valorar el efecto del ejercicio aeróbico sobre el estado emocional (Head, Kendall, Ferner y Eagles, 1996), como variable psicológica relacionada con el estado de sobreentrenamiento (Buchheit, Simon, Piquard, Ehrhart, y Brandenberger, 2004) o con

la frecuencia cardiaca (Arruza, Tellechea, Arribas, Balagué y Brustad, 2005). Por otro lado, el cuestionario estandarizado (CE) propuesto por la Sociedad Francesa de medicina del Deporte (SFMS), se basa en la detección temprana de una serie de signos clínicos del síndrome de sobreentrenamiento (Legros, et le groupe "Surentraînement", 1993) y permite valorar las diferentes fases del proceso de estrés-recuperación de los deportistas (Brun, 2003). De manera específica, con este cuestionario, en conjunción con marcadores biológicos, ha sido posible determinar el estado de forma de jugadores de rugby (Elloumi, El Elj, Zaouali, Maso, Filaire, Tabka et al., 2005). Por su parte, el estudio de Chatard, Atlaoui, Pichot, Gourné, Duclos y Guezennec (2003) es un antecedente en la utilización tanto de mediciones fisiológicas como psicológicas, a partir de un cuestionario de percepción de la fatiga y del análisis de la VFC, con los que se evaluó el efecto de las variaciones de las cargas de entrenamiento sobre el estado de fatiga de un grupo de nadadores.

El presente trabajo tiene el objetivo de obtener indicadores del proceso de estrés-recuperación basados en los cambios que provoca el entrenamiento intenso en la relación entre la variabilidad de la frecuencia cardiaca y variables cognitivas. En cuanto a la valoración del proceso de estrés-recuperación de los jugadores, se espera que los parámetros de la VFC relacionados con la actividad parasimpática correlacionen negativamente con las puntuaciones obtenidas por el CE respecto a los signos relacionados con la sobrecarga o con el proceso de sobreentrenamiento. Por otro lado, se espera que las puntuaciones de la subescala de fatiga del POMS se incrementen y que los valores de la VFC disminuyan debido al entrenamiento intenso.

## Método

### Participantes

Participaron de manera voluntaria los jugadores de la selección nacional española de hockey sobre hierba (n = 17), con una edad media de 24,47 años (DT = 3,65), un peso medio de 75,11 kg (DT = 4,91) y una altura media de 1,77 m (DT = 4,52). Cumpliéndose las normas éticas del comité de investigación, se obtuvo un consentimiento informado por parte de los jugadores.

### Material

*Cuestionario Estandarizado (CE)*. Propuesto por la Sociedad Francesa de Medicina del Deporte (Legros et al., 1993), es un cuestionario elaborado sobre bases clíni-

cas acerca de los signos relacionados con el proceso de sobreentrenamiento, compuesto por 54 ítems con dos opciones de respuesta, "Sí" o "No". La puntuación total se obtiene sumando el número de respuestas afirmativas que reciben individualmente el conjunto de ítems. Las puntuaciones mayores de 20 indican sobreentrenamiento (Maso, Lac y Brunn, 2005). Sin embargo, con dicha puntuación también es posible detectar y distinguir los síntomas relacionados con la sobrecarga (puntuaciones menores de 20), de la manifestación de signos tempranos de sobreentrenamiento (Elloumi et al., 2005). En este estudio se utilizó la versión semanal adaptada al español (Del Villar, Pegueros y Franco, 2008) bajo la indicación: 'Marca un "Sí" o un "No" en la columna de la derecha para TODAS las preguntas'. La frase que encabezaba todos los ítems era: 'Durante esta última semana...'

*Perfil del Estado de Ánimo (Profile of Mood States, POMS)* de McNair, Lorr y Droppelman (1971). En este estudio se utilizó la versión reducida (Fuentes, García-Merita, Meliá y Balaguer, 1994) de 15 ítems que permite interpretar 5 estados de ánimo: Tensión, Depresión, Hostilidad, Vigor y Fatiga. Para 4 de los factores, las puntuaciones elevadas en sus ítems se relacionarán con aspectos negativos. El factor de Vigor es el único que se interpreta como un estado de ánimo positivo, cuanto mayor sea su puntuación. El deportista debe valorar el grado en que experimenta cada estado anímico situacional, bajo la instrucción 'Cómo te sientes en este momento', según una escala de 5 puntos, donde 0 es "Nada", 1 es "Un poco", 2 es "Moderadamente", 3 es "Bastante" y 4 es "Mucho".

*Sistema OmegaWave (OmegaWave Technologies, LLC)*. Este aparato permite la detección de los intervalos RR a través de los electrodos conectados al sistema, los cuales son unas pinzas que se colocan en las muñecas y en los tobillos de los participantes. El cálculo de los parámetros se realizó a partir del software propio del Sistema OmegaWave. Para el análisis en el dominio temporal, se obtuvieron la desviación estándar de los intervalos RR (SDNN) y la desviación estándar de las diferencias entre los intervalos RR adyacentes (SDSD), los cuales reflejan la variabilidad global; la raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos (RMSSD) y el porcentaje de intervalos RR consecutivos que discrepan más de 50 milisegundos entre sí (pNN50), los cuales se relacionan con la actividad vagal. Para el dominio frecuencial se utilizó el análisis espectral a partir de la transformación rápida de Fourier (FFT) para cuantificar las bandas de las frecuencias bajas (LF; 0,04-0,15 Hz), y las frecuencias altas (HF; 0,15-0,40 Hz), expresadas en ms<sup>2</sup> (Task Force, 1996; Acharya et al., 2006; Rodas et al., 2008a).

## Diseño y procedimiento

El estudio fue realizado durante el periodo de preparación Pre-Olímpica para Pekín 2008 en las instalaciones del Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat. La colección de datos se realizó en dos sesiones diferentes: a) situación basal el primer día del periodo de preparación, en una situación en que los jugadores provenían de un periodo corto de descanso (S1) (n = 17); y b) 30 días después del inicio del periodo de preparación, un día después de que los jugadores hubieran realizado un entrenamiento muy intenso (S2), (n = 8).

Las dos sesiones de evaluación se realizaban en una habitación aislada de un centro de alto rendimiento donde estaban concentrados los jugadores, con una temperatura ambiente entre 20° C y 24° C, donde cada jugador tenía un horario asignado de llegada, entre las 7:30 y las 9:00 AM, inmediatamente después de levantarse y antes de desayunar. La primera parte del protocolo individualizado de registro consistió en la cumplimentación de los cuestionarios, primero el POMS y a continuación el CE. Una vez completados, el jugador se estiraba en una camilla y permanecía en reposo en posición supina. Se colocaban los electrodos y se iniciaba la monitorización y el almacenamiento de los datos de la VFC durante 5 minutos. Durante el registro de la VFC los participantes respiraron a 12 ciclos/min. (0,2 Hz) sincronizando su patrón respiratorio con las instrucciones que escuchaban en un sistema de audio.

## Análisis estadístico

Para relacionar las puntuaciones de sobreentrenamiento (proceso estrés-recuperación) con los valores de los parámetros de VFC se calcularon correlaciones de Spearman. Para comparar las puntuaciones de los cuestionarios y de los parámetros de la VFC entre las dos sesiones, se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon. Los datos son presentados en medias (M) y error típico (ET). Se utilizó el paquete estadístico SPSS (v.15.0 SPSS Inc., Chicago).

## Resultados

En cuanto a la relación entre las variables cognitivas y los parámetros del análisis de la VFC correspondientes a la primera sesión (n=17), los resultados obtenidos muestran una correlación negativa entre las puntuaciones de sobreentrenamiento del CE y los valores de los parámetros RMSSD ( $p = 0,006$ ), SDSD

( $p = 0,012$ ) y HFms<sup>2</sup> ( $p = 0,007$ ). Se observa una correlación negativa, aunque no es significativa, entre las puntuaciones de las subescalas de fatiga, tensión, depresión y hostilidad del POMS y los valores de la VFC. En cambio, la puntuación de la subescala de vigor correlaciona positivamente con la mayoría de parámetros de VFC, aunque de manera no significativa (Ver Tabla 1).

Por otra parte, al analizar los cambios de la primera a la segunda sesión se puede observar un decremento significativo en los parámetros relacionados con la actividad vagal, en el dominio del tiempo de la VFC, RMSSD ( $p = 0,017$ ), PNN50 ( $p = 0,36$ ) y SDSD ( $p = 0,017$ ): por su parte, los parámetros del dominio de la frecuencia no presentaron cambios significativos (ver Tabla 2). En cuanto a las variables cognitivas, los valores de la subescala de fatiga del POMS se incrementaron significativamente en la segunda sesión ( $p = 0,024$ ), a la vez que las puntuaciones del CE no presentan cambios significativos (Ver Tabla 3).

## Discusión

En base a la evaluación de la primera sesión, este estudio con jugadores de élite de hockey sobre hierba durante el periodo de preparación para los Juegos Olímpicos de Pekín 2008, confirma que los parámetros de la VFC relacionados con la actividad parasimpática se relacionan significativamente con los índices cognitivos evaluados, indicando que cuanto mayor es la percepción de sobrecarga física de los jugadores, es menor la VFC y la actividad vagal.

Debido a que las puntuaciones del CE obtenidas en la primera sesión de nuestro estudio fueron menores de 20 puntos ( $4,68 \pm 1,14$ ), de acuerdo con las indicaciones de Maso et al. (2005), se descarta un posible estado de sobreentrenamiento de los jugadores al inicio del periodo de preparación preolímpica. Este tipo de registro ha facilitado el seguimiento de las sesiones de entrenamiento y el control del proceso de estrés-recuperación dentro de las variaciones de sobrecarga funcional de los jugadores, a quienes se les valoró como adecuado el estado de forma el primer día del periodo de preparación pre-olímpica.

Los resultados de la comparación de los valores de la VFC entre las dos sesiones del estudio muestran un descenso en los índices de la VFC relacionados con la actividad parasimpática en la segunda sesión respecto a los niveles basales obtenidos en los jugadores. Esto puede indicar que los niveles bajos de la VFC (SDNN) y de la actividad vagal (RMSSD y pNN50) se mantienen un día después de un entrenamiento intenso. Los mis-

**Tabla 1. Correlaciones de Spearman entre los índices de la actividad vagal de la VFC, y del CE y la subescala de fatiga del POMS, (n = 17).**

Puntuaciones	Parámetros de la VFC				
	RMSSD	SDSD	pNN50	HF ms <sup>2</sup>	LF ms <sup>2</sup>
CE	rho = -0,634 p = 0,006	rho = -0,96 p = 0,012	rho = -0,443 p = 0,075	rho = -0,625 p = 0,007	rho = -0,399 p = 0,113
Subescala de tensión del POMS	rho = -0,438 p = 0,079	rho = -0,448 p = 0,071	rho = -0,326 p = 0,201	rho = -0,462 p = 0,062	rho = -0,346 p = 0,173
Subescala de depresión del POMS	rho = -0,227 p = 0,381	rho = -0,206 p = 0,428	rho = -0,344 p = 0,176	rho = -0,123 p = 0,637	rho = -0,270 p = 0,295
Subescala de hostilidad del POMS	rho = -0,408 p = 0,104	rho = -0,408 p = 0,104	rho = -0,408 p = 0,104	rho = -0,357 p = 0,159	rho = -0,408 p = 0,104
Subescala de vigor del POMS	rho = 0,201 p = 0,440	rho = 0,233 p = 0,368	rho = 0,153 p = 0,557	rho = 0,333 p = 0,192	rho = -0,127 p = 0,627
Subescala de fatiga del POMS	rho = -0,318 p = 0,214	rho = -0,302 p = 0,239	rho = -0,125 p = 0,631	rho = -0,331 p = 0,194	rho = -0,061 p = 0,815

mos cambios en la VFC fueron encontrados por Hautala et al. (2000) en su estudio con esquiadores un día después de realizar un esfuerzo máximo. En nuestro estudio, los cambios en los valores de los parámetros de la VFC en la segunda sesión de evaluación indican variaciones del proceso de estrés-recuperación, aportando datos valiosos respecto a la evaluación y cuantificación del estado de sobrecarga funcional durante el periodo de preparación preolímpica en los jugadores de hockey hierba.

En cuanto a las variables cognitivas, los cambios en el perfil del estado de ánimo de los deportistas (POMS) se observan en el incremento de las puntuaciones de la escala de fatiga en la segunda sesión. Al igual que Rietjens, Kuipers, Adam, Saris, van Breda, van Hamont, et al. (2005), nuestros resultados indican que el POMS es un instrumento que permite el diagnóstico de la sobrecarga, es decir, permite cuantificar (subjetivamente) el efecto a corto plazo de las cargas de entrenamiento. Por otra parte, las puntuaciones del CE no presentaron diferencias significativas entre las dos sesiones. Con dichas puntuaciones, menores de 20 puntos en las dos sesiones, nos fue posible confirmar que los jugadores no presentaron síntomas de estar bajo un proceso de sobreentrenamiento, aún con cargas elevadas de entrenamiento acumuladas en el periodo de preparación.

Nuestros resultados muestran que las puntuaciones del CE y las del POMS no aportan la misma información sobre el estado de forma de los jugadores, encontrándose de todas formas que existe coherencia entre lo que mide cada cuestionario en función de la temporalidad de las cargas de entrenamiento. Por un lado, el incremento significativo de las puntuaciones de la subescala de fatiga del POMS después de un entrenamiento inten-

**Tabla 2. Comparación de las medias entre las dos sesiones del estudio para los valores de los parámetros de la VFC en el dominio del tiempo y de la frecuencia, (n = 8).**

Parámetros de la VFC	Sesión 1		Sesión 2	
	M	ET	M	ET
<b> dominio del Tiempo</b>				
SDSD	155,50	24,89	106,25*	20,05
PNN50	30,888	2,83	21,825*	5,13
RMSSD	121,00	18,92	83,38*	15,58
<b> dominio de la Frecuencia</b>				
HF ms <sup>2</sup>	3057,63	1050,91	1643,63	528,88
LH ms <sup>2</sup>	1156,25	384,46	1028,88	383,40

\*p < 0,05. Prueba de Wilcoxon.

**Tabla 3. Comparación de las medias entre las dos sesiones del estudio para las puntuaciones del CE y POMS, (n = 8).**

Variables Cognitivas	Sesión 1		Sesión 2	
	M	ET	M	ET
SDSD	155,50	24,89	106,25*	20,05
Puntuaciones del CE	6,25	2,30	5,00	2,04
Subescala de tensión (POMS)	2,00	0,756	1,75	0,590
Subescala de depresión (POMS)	0,50	0,267	0,50	0,378
Subescala de hostilidad (POMS)	0,00	0,000	1,00	0,756
Subescala de vigor (POMS)	8,75	0,881	8,13	0,895
Subescala de fatiga (POMS)	1,00	0,627	3,00*	0,463

\*p < 0,05. Prueba de Wilcoxon.



so, posibilita valorar los cambios del estado de fatiga debido a las cargas de entrenamiento a corto plazo, lo cual podría relacionarse con el estado de sobrecarga funcional de los jugadores. En cambio, un descenso (aunque no significativo) en las puntuaciones del CE después de un entrenamiento intenso, no parece relacionarse con el mismo efecto a corto plazo. A pesar de que en este estudio no se presentó ningún caso de sobreentrenamiento, nuestros resultados coinciden con los del trabajo de Elloumi et al. (2005), quienes lograron detectar signos de sobreentrenamiento en algunos jugadores, a partir de la relación de las puntuaciones del CE con marcadores biológicos a lo largo de varias semanas de esfuerzo intenso. Es decir, el CE podría presentar relación con el proceso de estrés-recuperación en función de la acumulación de las cargas a largo plazo. Así, la información obtenida a partir de la metodología de evaluación implementada en este trabajo puede ser de utilidad en el seguimiento de un plan de entrenamiento para detectar el estado de forma, valorando las diferentes fases del proceso de estrés-recuperación de los deportistas y, por lo tanto, resulta un instrumento objetivo para controlar las cargas de entrenamiento.

## Conclusión

Con los datos obtenidos en el presente estudio se propone un nuevo enfoque de evaluación que puede permitir evaluar objetivamente –a partir del análisis de la VFC– y subjetivamente –a partir de cuestionarios–, el proceso de estrés-recuperación a largo plazo (CE; signos tempranos de sobreentrenamiento) y a corto plazo (POMS; sobrecarga funcional) de los jugadores de élite que se ven sometidos a cargas físicas elevadas durante periodos de tiempo prolongados –como es el caso del Hockey hierba–.

## Agradecimientos

Trabajo realizado con el apoyo de las ayudas del Ministerio de Educación y Ciencia (DEP2006-56125-C03/PREV; SEJ2005-05113) y de la Generalitat de Catalunya (SGR2005-00318).

BIBLIOGRAFÍA

- Acharya, U.R., Joseph, K.P., Kannathal, N., Lim, C.M. & Suri, J.S. (2006). Heart rate variability: a review. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 44, 1031-51.
- Arruza, J., Tellechea, S., Arribas, S., Balagué, G. & Brustad, R. (2005). Capacidad de esfuerzo en snowboarders: diferencias individuales en una prueba de máximo esfuerzo en half-pipe. *Revista de Psicología del Deporte*, 14, 283-300.
- Aubert, A.E., Beckers F. & Ramaekers D. (2001). Short-term heart rate variability in young athletes. *Journal of Cardiology*, 37, 85-88.
- Bosquet, L., Merkari, S., Arvisais, D. & Aubert, A.E. (2008). Is heart rate a convenient tool to monitor over-reaching? A systematic review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 709-714.
- Brun, J.L. (2003). The overtraining: to a system of evaluation usable by routine examination. *Science and Sports*, 18, 282-286.
- Buchheit, M., Simon, C., Piquard, F., Ehrhart, J. & Brandenberger, G. (2004). Effect of increased training load on vagal-related indexes of heart rate variability: a novel sleep approach. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 287, 2813-2818.
- Chatard, J.C., Atlaoui, D., Pichot, V., Gourné, C., Duclos, M. & Guezennec, Y.C. (2003). Training follow up by questionnaire fatigue, hormones and heart rate variability. *Science and Sports*, 18, 302-304.
- Del Villar, A., Pegueros, A. y Franco, G. (2008). Questionnaire for detection of early signs of overtraining: adjustment and evaluation in mexican athletes. *Archivos de Medicina del Deporte*, 25, 573.
- Eloumi, M., El Elj, N., Zaouali, M., Maso, F., Filaire, E., Tabka, Z. & Lac, G. (2005). IGFBP-3, a sensitive marker of physical training and overtraining. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 604-610.
- Fuentes, I., García-Merita, M., Melia, J.L. & Balaguer, I. (1994). Formas paralelas de la adaptación valenciana del perfil de estados de ánimo (POMS). *IV Congreso de Evaluación psicológica*. Santiago de Compostela.
- Hautala, A., Tulppo, M.P., Makikallio, T.H., Laukkanen, R., Nissila, S. & Huikuri, H.V. (2001). Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clinical Physiology*, 21, 238-245.
- Head, A., Kendall, M.J., Ferner, R. & Eagles C. (1996). Acute effects of beta blockade and exercise on mood and anxiety. *British of Journal of Sports Medicine*, 30, 238-242.
- Hedelin R., Wiklund U., Bjerle P. & Henriksson-Larsen, K. (2000). Pre and post season heart rate variability in adolescent cross-country skiers. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 10, 298-303
- Hynynen, E., Uusitalo, A., Konttinen, N. & Rusko, H. (2006). Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 313-317.
- Iellamo, F., Pigozzi, E., Sparato, A., Lucini, D., & Pagani, M. (2004). T-wave and heart rate variability changes to assess training in world-class athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1342-1346.
- Jammes, Y., Arbogast, S., Faucher, M., Montmayeur, A., Tagliarini, F. & Robinet, C. (2001). Interindividual variability of surface EMG changes during cycling exercise in healthy humans. *Clinical Physiology*, 21, 556-560.
- Legros, P. et le groupe «surentrainement» (1993). Le surentrainement: diagnostic des manifestations psychocomportementales précoces. *Science and Sports*, 8, 71-74.
- Leicht, A.S., Allen, G.D. & Hoey, A.J. (2003). Influence of intensive cycling training on heart rate variability during rest and exercise. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28, 898-909.
- Maso, F., Lac, G. & Brun, J.F. (2005). Analysis and interpretation of SFMS questionnaire for the detection of early signs of overtraining: a multicentric study. *Science and Sports*, 20, 12-20.
- McNair, D., Loor, M. & Droppleman, L. (1971). *Manual for the Profile Mood States*. San Diego C.A.: Educational and Industrial Testing Service.
- Meeusen, R., Duclos M., Gleeson, M., Rietjens G., Steinacker J. & Hurlausen, A. (2007). Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome. *European Journal of Sport Science*, 6, 1-14.
- Mourou, L., Bouchaddi, M., Perrey, S., Rouillon, J.D. & Regnard J. (2004). Quantitative poincare plot analysis of heart rate variability: effect of endurance training. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 19-27.
- Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J.M., Enolras, F., Antoniadis, A., Minimi, P., Costes, F., Busso, T., Lacour, J.R. & Barthelemy, J.C. (2000). Relation between heart rate variability and training load in middle distance runners. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 32, 1729-1736.
- Pigozzi, F., Alabiso, A., Parisi, A., Disalvo, B., Di Luigi, L., Sparato, A. & Iellamo, F. (2001). Effects of aerobic exercise training on 24hr profile of heart rate variability in female athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41, 101-107.
- Rietjens, G.J., Kuipers, H., Adam, J.J., Saris, W.H., Van Breda, E., Van Hamont, D. & Keizer, H.A. (2005). Physiological, biochemical and psychological markers of strenuous training-induced fatigue. *International Journal of Sports and Medicine*, 26, 16-26.
- Rodas, G., Pedret, C., Ramos, J. & Capdevila, L. (2008a). Variabilidad de la frecuencia cardiaca: conceptos, medidas y relación con aspectos clínicos (I). *Archivos de Medicina del Deporte*, 123, 41-47.
- Rodas, G., Pedret, C., Capdevila, L. & Ramos, J. (2008b), Variabilidad de la frecuencia cardiaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (II). *Archivos de Medicina del Deporte*, 25, 124, 11-18.
- Task Force of the European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart Rate Variability – standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17, 354-381.