

PERFIL PSICOFISIOLÓGICO DE RENDIMIENTO EN NADADORES BASADO EN LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA Y EN ESTADOS DE ANSIEDAD PRECOMPETITIVA¹

Julio César Cervantes Blásquez, Gil Rodas* y Lluís Capdevila Ortís**

*PSYCHO-PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE PROFILE BASED ON HEART RATE VARIABILITY AND
PRECOMPETITIVE ANXIETY STATES FOR SWIMMERS*

KEYWORDS: Precompetitive anxiety, Competitive stress, Heart rate variability, Spectral analysis, Izof model.

ABSTRACT: This study analyzed the influence of competition stress on the psycho-physiological state of a group of swimmers. The CSAI-2 inventory was used and a spectral analysis was conducted to relate precompetitive state anxiety

Correspondencia: Julio César Cervantes Blásquez. Facultat de Psicologia. Departament de Psicologia Bàsica, Evolutiva i de l'Educació. Edifici B. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra (Barcelona).

E-mail: catajulio@hotmail.com

¹ Este trabajo se ha realizado gracias a los proyectos de I+D+I SEJ2005-05113 y DEP2006-56125-C03-01/PREV del Ministerio de Educación y Ciencia, al proyecto PSI2008-06417-C03-01/PSIC del Ministerio de Ciencia e Innovación, y al proyecto SGR2005-00318 concedido como grupo consolidado por la Generalitat de Catalunya.

* Servicios Médicos. Futbol Club Barcelona. Barcelona.

** Departament Psicologia Bàsica, Evolutiva i de l'Educació. Facultat de Psicologia. Universitat Autònoma de Barcelona.

— Fecha de recepción: 13 de Febrero de 2008. Fecha de aceptación: 9 de Enero de 2009.

with heart rate variability (HRV). Results showed that with a higher level of pre-competitive anxiety, HFms2 and HF nu. parameters related with parasympathetic activity decreased significantly ($p < 0.05$), whereas LF/HF% parameters related with sympathetic activity significantly increased ($p < 0.01$). Performance was significantly enhanced under these conditions ($p < 0.05$). An HRV analysis can be used as a quick, non-invasive technique to assess objectively competitive stress and its related performance. The determination of the profile of each individual's psycho-physiological state is proposed in terms of the IZOF model (Hanin, 2003).

En el ámbito de la psicología del deporte es habitual dar importancia al impacto de las emociones sobre el rendimiento deportivo. Según Lazarus (2000), estrés y emoción deben ser examinados como un mismo tema para entender y explicar el rendimiento en el deporte de competición. Dentro de esta aproximación, Hanin (2003) propone el modelo IZOF afirmando que se trata de un marco intraindividual que permite describir, predecir, explicar y controlar las experiencias subjetivas (óptimas o disfuncionales) del atleta, relacionadas con el rendimiento individual exitoso o bajo; es decir, permite la conceptualización del impacto funcional de la emoción sobre el rendimiento.

El principio "dentro y fuera de la zona" del modelo IZOF se refiere a que cada deportista tiene su propio nivel de ansiedad-activación y una zona individual de intensidad. Diversos estudios confirman y refuerzan la validez y aplicabilidad del modelo IZOF en el campo deportivo, como por ejemplo, los trabajos con karatekas de Ruiz y Hanin (2004a, 2004b). Según Turner y Raglin (1996), en comparación con la teoría de la U invertida, el modelo IZOF predice con mayor eficacia el rendimiento deportivo. Así, el nivel óptimo de intensidad precompetitiva puede ser alto o bajo dependiendo de las características individuales y situacionales (Cervello, Santos-Rosa, Jimenez, Nerea y García, 2002) y/o de las características de la tarea (Parfitt y Pates,

1999; Weinberg y Genuchi, 1980; Wilson y Raglin, 1997). Otros estudios han confirmado la hipótesis de que los mejores rendimientos están asociados con las intensidades de la ansiedad cognitiva y somática que caen dentro de la zona individual de funcionamiento óptimo (Davis y Cox, 2002; Jokela y Hanin, 1999; Kamata, Tenenbaum y Hanin, 2002).

Para evaluar de forma multidimensional la ansiedad, un cuestionario utilizado habitualmente es el CSAI-2, que parte del modelo de estado-rasgo de ansiedad introducido por Spielberger (1972) en un ámbito más general de la psicología, y adaptado por Martens, Burton, Vealey, Bump, y Smith (1990) específicamente para el ámbito deportivo. Así, el CSAI-2 se ha utilizado, por ejemplo, para evaluar la ansiedad precompetitiva en nadadores (Burton, 1988; Martens, Vealey, y Burton, 1990), corredores (Buceta, López de la Llave, Pérez-Llantada, Vallejo y del Pino, 2002, 2003) y en otros deportes individuales y colectivos (Taberner y Márquez, 1994). Se han constatado unas propiedades psicométricas adecuadas del CSAI-2 para la versión española, por parte de Andrade, Lois y Arce (2007).

En esta investigación se propone determinar el estado precompetitivo a nivel psicofisiológico y, en cierta medida, predecir el rendimiento deportivo estudiando la relación de la ansiedad precompetitiva con la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC), aspecto que se detalla a continuación.

La VFC se considera una herramienta eficaz para valorar de manera cuantitativa la respuesta del Sistema Nervioso Autónomo (SNA) ante diversas situaciones (Lerma, Infante y José, 2000). El estudio de las variaciones latido a latido (intervalos R-R) de la frecuencia cardiaca puede realizarse mediante métodos de análisis en el dominio temporal, en el dominio de la frecuencia y métodos no lineales. De manera específica, el análisis de la VFC en el “dominio de la frecuencia” o “espectral de potencia” ha sido propuesto como medida del control autonómico cardiaco, donde los valores obtenidos tienen una correlación fisiológica; los parámetros derivados de la banda HF (High Frequency) son mediados por el Sistema Nervioso Parasimpático (SNP), mientras que los parámetros derivados de la banda LF (Low Frequency) son mediados por el Sistema Nervioso Simpático (SNS) pero con componente parasimpático (Akselrod, 1981; Task Force of the European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). Así, con la introducción del análisis espectral ha sido posible analizar el grado de actividad simpática y vagal como respuesta al estrés mental (Berntson, Bigger, Eckberg, Grossman, Kautman, Malik, et al, 1994 y Porges, 1995) y a la ansiedad (Cohen, 2006 y Friedman, 2007). Mediante la utilización del parámetro LF/HF %, el cual refleja el equilibrio del SNA, algunas investigaciones sobre la adaptación fisiológica han observado un predominio en la actividad del SNS sobre la actividad del SNP ante situaciones de entrenamiento (Aubert, Seps y Beckers, 2003; Carter, Banister y Blaber, 2003; Cotting, Durbin y Papelier, 2004; Hirayanagi, Nakabayashi, Okonogi y Ohiwa, 2003; Leicht, Allen y Hoey, 2003; Mourot, Bouchaddi, Perrey, Rouillon y Regnard,

2004; Mourot, Buhaddi, Perrey, Cappelle, Henriot, Wolf et al, 2004) y ante situaciones de competición (Iellamo, Pigozzi, Spataro, Lucini y Pagani, 2004). Sin embargo, en la bibliografía no se encuentra evidencia empírica que relacione la VFC directamente con la ansiedad precompetitiva.

Bajo la propuesta de que la VFC depende de la modulación autonómica y de que tiene implicaciones en los estados emocionales, en esta investigación se parte de la teoría de Hanin (2003) para profundizar en la evaluación del estado precompetitivo. Es decir, nos amparamos en el modelo IZOF (Zona individual de Funcionamiento Optimo), tanto por razones teóricas como metodológicas. Creemos necesario generar una metodología que integre tanto índices objetivos (fisiológicos) como subjetivos (psicológicos), concebidos y explicados bajo las dimensiones de “forma” e “intensidad” de dicho modelo. También han sido tomadas en cuenta para el diseño de esta investigación otras variables que pueden tener un papel modulador del estado emocional y, por tanto, tener repercusiones sobre el rendimiento, como por ejemplo, la importancia del evento y la proximidad temporal de la competición, que quedan integradas dentro de las dimensiones de “contexto” y “tiempo” respectivamente.

Método

Participantes

La muestra estuvo formada por 10 nadadores/as ($n = 10$) de un equipo de natación “Master”. En total, fueron 6 mujeres y 4 hombres con una media de edad de 47 años ($DT = 6,81$) y con una media de participación en eventos a eventos a nivel regional y nacional de 8 años ($DT = 2,07$).

El primer contacto se hizo con el director y el entrenador de un club privado de la ciudad de Sabadell, a quines se les explicó el tipo de trabajo, detallando el objetivo y contenido general del estudio. Posteriormente se realizó una segunda exposición con los miembros (nadadores y nadadoras) del equipo de Natación Master, quienes bajo consentimiento informado aceptaron participar en el estudio. De esta forma se conformó la muestra del estudio.

Material e instrumentos

Para llevar a cabo el estudio, se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Competitive State Anxiety Inventory_2 (CSAI-2) de Martens et al. (1990b). Cuestionario utilizado para valorar el estado de ansiedad precompetitivo. Se trata de un auto informe multidimensional específico para situaciones deportivas, compuesto por 27 ítems que permiten obtener una puntuación global del estado de ansiedad competitiva (Puntuación Total), y tres puntuaciones independientes sobre Ansiedad Somática, Ansiedad Cognitiva y Autoconfianza. En la versión adaptada utilizada, las respuestas a los ítems se valoran según una escala Likert con un rango de 0 a 10, en la que el 0 corresponde a “Nada” y el 10 a “Mucho” de acuerdo con la formulación de la pregunta “¿Cómo te sientes en este momento?” (Capdevila, 2005).

- Pulsómetro telemétrico *Polar* modelo S810i y electrodo pectoral elástico *Polar T61* (*Polar Electro Oy*). Validado por Gamelín et al. (2006) para el análisis de la VFC, este aparato permite el registro de los intervalos RR, con una capacidad máxima de 30000 latidos y una frecuencia de muestreo de 1000 Hz.

- Cronómetro de Pared o llegada Automático Omega (situado en la pared de la

piscina) y/o Cronómetro manual Marca Timex con 50 memorias.

Procedimiento

Para establecer el diseño de la investigación se tomaron en cuenta aspectos como la rutina precompetitiva, donde cada nadador realiza una serie de actividades anteriores a su prueba de competición, y la planificación de la temporada, ya que cada nadador siguió un mismo programa de entrenamiento de 13 microciclos. El registro de datos se llevó a cabo durante el periodo de competición, específicamente en el microciclo de puesta a punto o “tapering”. Con el objetivo de obtener información de las diferentes variables del mismo grupo de nadadores en dos momentos diferentes y para el posterior análisis de los cambios producidos, el diseño de la investigación se estructuró en dos fases: Fase 1 de Entrenamiento, donde el registro de los datos se llevó a cabo durante la simulación de una competición, en el tercer día del microciclo competitivo de puesta a punto “tapering”; Fase 2 de Competición real, donde el registro de datos se llevó a cabo durante los Campeonatos de Catalunya de Natación Master, en el décimo día del microciclo competitivo de puesta a punto “tapering”.

El protocolo para la obtención de los datos de las variables cognitivas, fisiológicas y de rendimiento fue el siguiente: 1) Durante el tiempo de espera previo a la prueba y una vez realizada su fase de calentamiento, cada nadador/a se dirigía a un espacio previamente acondicionado donde completaba en primer lugar el cuestionario CSAL_2. A continuación se le colocaba el pulsómetro y la banda pectoral elástica (con utilización de gel conductor) y adoptaba una posición supina sobre una colchoneta, para acceder al registro del ritmo cardiaco durante 10 min. Es

importante mencionar que los primeros 5 minutos fueron considerados como periodo de estabilización y los últimos 5 fueron los que se tomaron en cuenta para el análisis de la VFC). Al final de la prueba de 50 metros se registraba el tiempo realizado mediante el cronómetro automático de llegada y, en caso de algún fallo, se computaba con el cronómetro manual.

Procesamiento de Datos de la VFC

Previo al procesamiento de los datos, el registro de 10 minutos de los intervalos RR de cada participante fue transferido a un ordenador personal, realizándose la corrección de los posibles errores mediante el Software *Polar Precision Performance* (Versión 4.03.041, Polar Electro, Finland). Posteriormente, para la obtención de los índices del análisis espectral, los intervalos RR fueron exportados al *HRV Analysis Software* (Versión 1.1 SP1 University of Kuopio, Finland). La aplicación del método de análisis espectral de la VFC permite la cuantificación de la banda o zona de alta frecuencia (0,15 a 0,4 Hz.) (en inglés "*High Frequency*", HF). Este rango de frecuencias presenta influencia de la actividad parasimpática y la respiración; de la banda o zona de baja frecuencia (0,04 a 0,15 Hz.) (en inglés "*Low Frequency*", LF), este rango de frecuencias presenta influencia tanto de la actividad simpática como parasimpática y está asociada a la actividad barorreceptora sobre los ritmos cardiacos; y de la proporción LF/HF, generalmente utilizada como medida del equilibrio simpático/parasimpático. El incremento de este dato indica una influencia mayor de la actividad simpática, descenso de la actividad parasimpática o la combinación de ambas (Task Force, 1996).

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis estadístico para observar los cambios en las medias de la primera fase a la segunda fase del estudio, en cuanto a las variables psicológicas, fisiológicas y de rendimiento. Se aplicó la prueba estadística no paramétrica de Wilcoxon para la comparación de medias con medidas repetidas. Para la obtención de estos datos se utilizó el programa SPSS 14.0 para Windows.

Resultados

Variables Psicológicas

En cuanto a los resultados obtenidos a partir del CSAI-2 (Tabla 1), se observa un incremento significativo en la ansiedad somática ($p = ,009$) y en la puntuación total de la ansiedad precompetitiva ($p = ,028$), de la primera fase (simulación de competición en entrenamiento) a la segunda fase (situación de competición). Por otro lado, las puntuaciones de autoconfianza presentan un descenso de la Fase 1 a la Fase 2, con una tendencia a la significación.

Variables Fisiológicas

A partir del análisis espectral de la VFC (ver Tabla 1), de todos los parámetros relacionados con la actividad simpática, el parámetro LF/HF % es el único que muestra un incremento significativo de las medias de la primera fase a la segunda fase ($p = ,005$). Por otra parte, en cuanto a los parámetros relacionados con la actividad parasimpática, se observa un decremento de las medias en la segunda fase con respecto a la primera. Se encontraron cambios significativos en los diferentes parámetros de la banda de altas frecuencias: HFms² ($p = ,017$), HF nu. ($p = ,013$), por su parte el parámetro HF %

muestra una tendencia a la significación ($p = ,059$), (ver Tabla 1). En cuanto al rendimiento de los nadadores, se observa una mejora en la segunda fase (competición) respecto a la primera fase ($p = ,028$). Hay que

tener en cuenta que el rendimiento es mejor en la medida en que el tiempo en segundos disminuye y se acerca a cero, siendo este cero equivalente a la mejor marca del nadador en la prueba de 50 metros (ver Tabla 1).

Variables	Fase 1		Fase 2		<i>p</i>
	M	DT	M	DT	
<i>Psicológicas</i>					
Ansiedad Cognitiva	3,08	1,89	3,35	1,92	NS
Ansiedad Somática	2,37	1,87	3,64**	1,52	,009
Autoconfianza	5,71	1,30	5,17	1,72	NS
Puntuación Total	3,23	1,47	3,83*	1,32	,028
<i>Fisiológicas</i>					
<i>VFC (Dominio de la Frecuencia)</i>					
Muy bajas frecuencias (VLF %)	20,03	32,69	26,11	25,34	NS
Bajas frecuencias (LF %)	60,02	27,61	64,78	22,41	NS
Altas frecuencias (HF %)	21,03	13,25	9,11	9,36	NS
Radio entre bajas frecuencias y altas frecuencias (LF/HF %)	7,45	14,92	16,74**	17,55	,005
Muy bajas frecuencias (VLF ms ²)	49,60	65,49	131,40	153,98	NS
bajas frecuencias (LF ms ²)	525,60	531,78	378,50	328,02	NS
Altas frecuencias (HF ms ²)	209,20	250,05	87,20*	328,02	,017
Bajas frecuencias normalizadas (LF nu.)	59,19	21,54	76,43	14,94	NS
Altas frecuencias normalizadas (HF nu.)	19,45	8,31	9,77*	8,52	,01
<i>Rendimiento</i>					
Segundos	3,46	2,53	1,43*	2,00	,028

Tabla 1. Comparación de medias entre las dos fases del estudio respecto a las variables psicológicas (Ansiedad Precompetitiva), fisiológicas (VFC) y rendimiento (R= diferencia entre el tiempo en segundos realizado en la prueba de 50 metros con respecto a la mejor marca de cada nadador).

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

VFC: Variabilidad de la frecuencia cardiaca

VLF: *Very low frequency*

LF: *Low frequency*

HF: *High frequency*

Análisis de perfiles individuales

Se analizó de manera individual la diferencia de los valores de cada variable entre las dos fases del estudio (Fase 2 – Fase 1). De esta manera, para analizar el estado precompetitivo de cada nadador, se configuró un perfil psicofisiológico (Figura 1). Las puntuaciones positivas se refieren al incremento en los valores en la segunda fase con respecto a la primera fase y las puntuaciones negativas al decremento de los valores de cada nadador. En general, en cuanto a las variables fisiológicas, psicológicas y de rendimiento se

observa: 1) la mejora del rendimiento, reflejada como puntuación negativa, ya que en la segunda fase se mejora el tiempo realizado en la prueba de 50 metros respecto a la primera; 2) el incremento de los valores de la ansiedad (puntuación total y ansiedad somática) y de los valores del parámetro LF/HF % de la VFC; 3) el descenso de la puntuación de la autoconfianza y de los valores de los parámetros HF % de la VFC. Aunque para la mayoría de los nadadores se observa este perfil, el nadador 7 presenta otra tendencia, ya que realizó un tiempo mayor que su propia marca en la prueba de 50 metros (Figura 2).

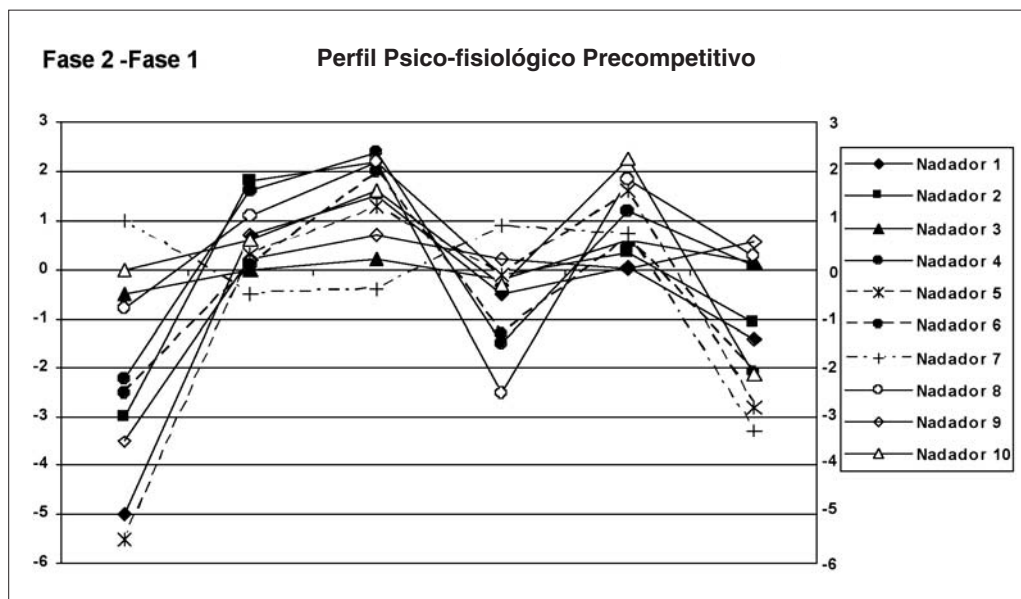


Figura 1. Perfil psico-fisiológico individual del estado precompetitivo para los diez nadadores. Se representa la diferencia de los valores de cada variable entre las dos fases del estudio para cada nadador (Fase 2 – Fase 1). Los valores de los parámetros LF/HF % y HF % se presentan en una escala de 0 a 10. (R. = rendimiento; P.T. = puntuación total; A.S. = ansiedad somática; AC. = autoconfianza).

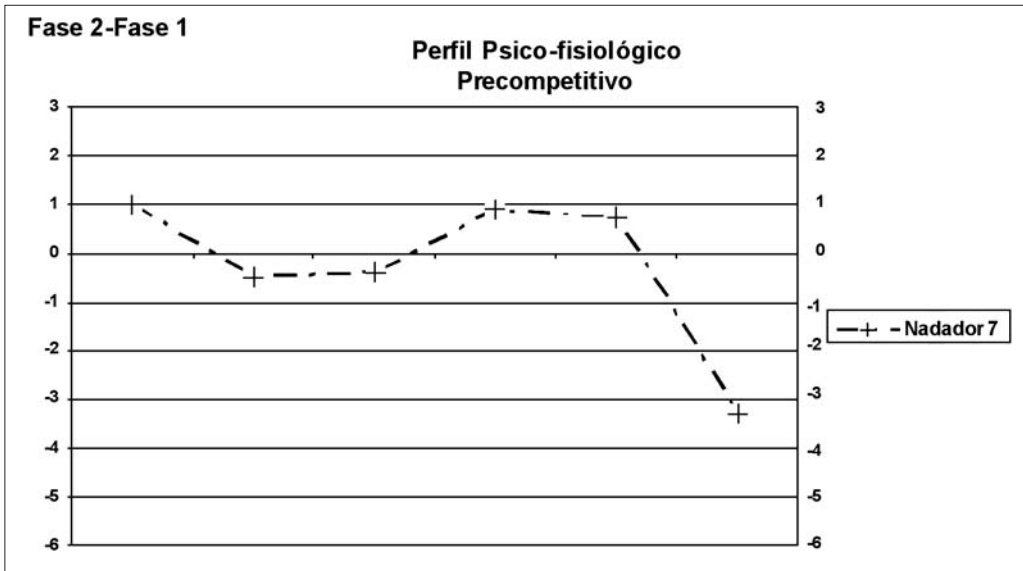


Figura 2. Perfil individual del estado precompetitivo del nadador 7. (Los valores de los parámetros LF/HF % y HF % se presentan en una escala de 0 a 10. (R = rendimiento; P.T. = puntuación total; A.S. = ansiedad somática; AC. = autoconfianza).

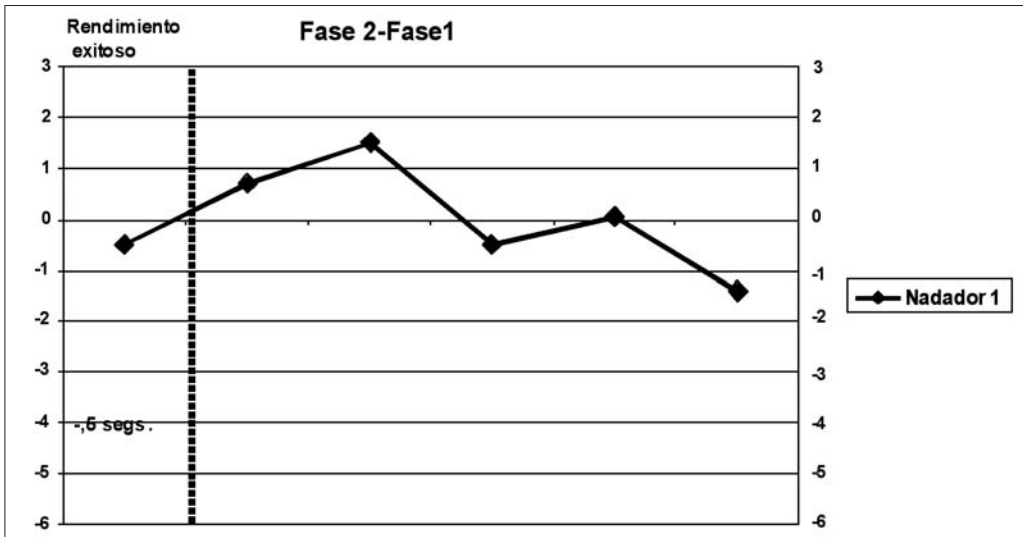


Figura 3. Rendimiento exitoso (fase 2-mejor marca) y perfil individual del estado precompetitivo (fase 2-fase1) del nadador 1. (R = Rendimiento; A.S. = Ansiedad Somática; AC. = Autoconfianza).

Cabe destacar el rendimiento de los nadadores/as 1, 3 y 4, para quienes el tiempo realizado en la competición (segunda fase) puede ser

considerado como un rendimiento exitoso, ya que consiguieron rebajar o igualar sus mejores marcas en la prueba de 50 metros (Figuras 3, 4 y 5).

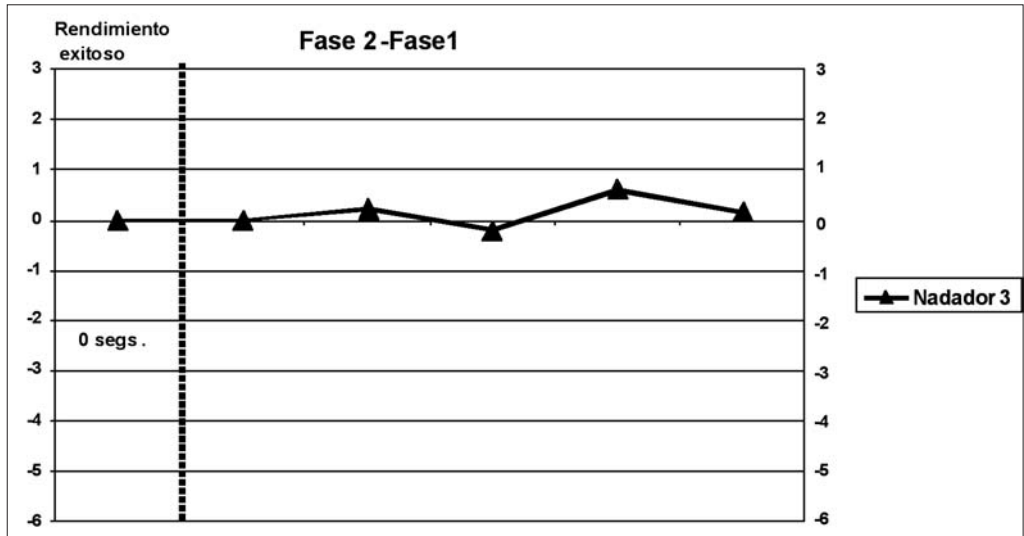


Figura 4. Rendimiento exitoso (fase 2-mejor marca) y perfil individual del estado precompetitivo (fase 2-fase1) del nadador 3. (R = Rendimiento; A.S. = Ansiedad Somática; AC. = Autoconfianza).

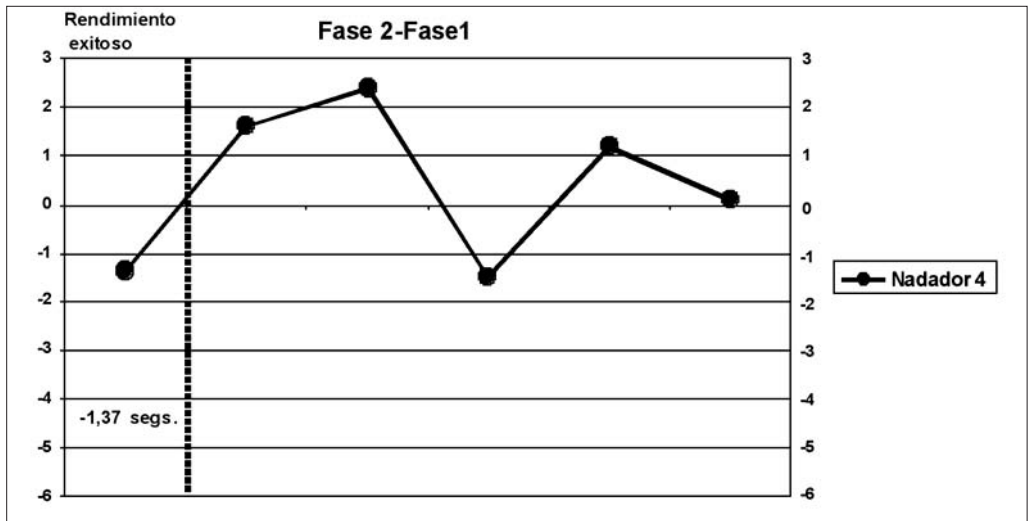


Figura 5. Rendimiento exitoso (fase 2-mejor marca) y perfil individual del estado precompetitivo (fase 2-fase1) del nadador 4. (R = Rendimiento; A.S. = Ansiedad Somática; AC. = Autoconfianza).

Discusión

Los resultados obtenidos del análisis de la ansiedad precompetitiva muestran, al igual que los trabajos de Parfitt y Pates (1999), y Hanton, Jones y Mullen (2000), que la ansiedad somática se ve influenciada por la situación competitiva en pruebas de corta duración, ya que la intensidad es mayor en la fase de competición que en la fase de entrenamiento. A la vez, el rendimiento, es mejor en la fase de competición que en la de entrenamiento. Dentro del marco del modelo IZOF (Hanin, 2003), el nivel de intensidad de la ansiedad durante la situación de competición parece estar cerca o dentro de la "zona de funcionamiento óptimo", ya que en esta fase se alcanzaron mejores marcas en la prueba de 50 metros.

A partir de que se ha confirmado el estado emocional por medio de la evaluación psicológica subjetiva, y de que el nivel de ansiedad precompetitiva se ve aumentado por la situación de competición, a continuación se discuten los resultados de la evaluación fisiológica, aportando datos objetivos del estado emocional ante la competición. Así, al analizar los cambios de los valores de los diferentes parámetros de la VFC ante la situación de competición, el estado biopsicosocial en que se basa el modelo IZOF puede ser evaluado no sólo mediante test cognitivos, sino también mediante un registro de indicadores fisiológicos.

Los resultados en cuanto a los cambios de los valores de los diferentes parámetros en el dominio espectral del análisis de la VFC, confirman el control autonómico en situaciones de competición. Tales resultados indican un incremento de la actividad simpática y, a la vez, una inhibición de la actividad parasimpática. El parámetro que incrementó significativamente sus valores es

LF/HF %, indicando un predominio de la actividad simpática sobre la parasimpática. Los parámetros que decrecieron su valor y que se relacionan con la actividad parasimpática son: el porcentaje de la banda de altas frecuencias la banda de bajas frecuencias en milisegundos al cuadrado ($HF\ ms^2$) y la banda de bajas frecuencias normalizadas ($HF\ nu.$). Estos datos están en la misma línea que los resultados obtenidos en otros estudios (Bornas, Llabrés, Noguera, Tortella, Fullana, Montoya et al., 2006; Cohen y Benjamin, 2006; Ruediger, Seibt, Scheuch, Krause y Alam, 2004).

Los datos obtenidos y discutidos hasta ahora corresponden a los promedios de cada variable de todos los deportistas, y aportan evidencias de la relación entre el estado emocional precompetitivo y el rendimiento. Debido a que en el modelo IZOF se sugiere que tal estado es individual y que pueden existir diferencias entre deportistas, se analizaron los datos de cada deportista mediante estudios de caso. En base al concepto de "Emocionalidad" del modelo IZOF de Hanin (2003), se analizó la respuesta emocional de manera particular ante una situación de competición, lo cual ha permitido obtener un patrón de respuesta psicofisiológico. Por lo tanto, para determinar la zona de funcionamiento óptimo de cada nadador proponemos el estudio del perfil psicofisiológico y de su relación con el rendimiento (Figura 1). Para la mayoría de los nadadores, este perfil queda representado por: a) una mejora del rendimiento (mejor tiempo en la segunda fase con respecto a la primera fase); b) unos valores positivos de la ansiedad total y de la ansiedad somática, y valores negativos en la autoconfianza (puntuaciones menores en competición); c) unos valores positivos del parámetro LF/HF % de la VFC, que indican la activación

simpática; es decir, en respuesta a los efectos del ambiente externo, en nuestro caso la competición, el nadador se prepara promoviendo la respuesta de movilización de los recursos existentes en el cuerpo para una adecuada actuación; d) valores negativos del parámetro HF % de la VFC, que indican la inhibición de la actividad parasimpática. De esta manera, bajo la ampliación del modelo de Hanin y la inclusión de la valoración fisiológica a través de los parámetros de la VFC, la interpretación subjetiva de cada nadador de su estado emocional precompetitivo se ve reforzada con valores objetivos que permiten cuantificar dicho estado.

Del estudio de los perfiles individuales se puede asumir que la dimensión de "intensidad" planteada por el modelo IZOF, es un elemento fundamental para determinar y describir el estado de rendimiento óptimo de cada nadador. Se puede observar que cada nadador registra un nivel de intensidad particular, tanto cognitivo (puntuaciones registradas por el CSAI-2), como fisiológico (valores en los parámetros de la VFC); sin embargo, cada perfil muestra un incremento simultáneo de la ansiedad total y de la ansiedad somática junto con los valores del parámetro LF/HF % (dos "picos" positivos en el perfil representado), con un decremento de la autoconfianza y de los valores del parámetro HF % (dos "picos" negativos). Sin embargo, la nadadora 7 es el único caso donde su percepción de la ansiedad no se corresponde con el incremento de la activación fisiológica, observándose que estaba más activada en la competición que en el entrenamiento, ya que los valores del parámetro LF/HF % incrementaron y los del parámetro HF % descendieron (Figura 2). A partir de esta excepción se puede resaltar la importancia de nuestro planteamiento, que propone valorar globalmente el estado

precompetitivo para explicar el rendimiento. Posiblemente, en esta nadadora el bajo rendimiento tiene que ver con el incremento de la autoconfianza y el descenso de de la ansiedad somática y de la puntuación total de la ansiedad. Así, un exceso de confianza pudo afectar el ritmo de nadar en la prueba de 50 metros, ya que se pudo observar que la primera parte la nadó de manera más lenta de lo requerido en este tipo de prueba. Estos datos, junto a los demás casos del estudio, nos sugieren que cada nadador se encuentra cerca o dentro de su zona IZOF cuando existe una correspondencia en el incremento de intensidad a nivel cognitivo y a nivel fisiológico, y mantienen el interés de seguir investigando en esta dirección.

En cuanto al rendimiento deportivo, se realizó un análisis más profundo a partir de los mismos valores de las variables cognitivas y fisiológicas, pero sustituyendo el registro del rendimiento absoluto por el del "rendimiento exitoso", como medida relativa. De esta forma, se consideró el rendimiento de los nadadores en función de si igualaron o mejoraron su mejor marca en la prueba de 50 metros. Analizando el perfil psicofisiológico de los tres nadadores que consiguieron mejorar sus mejores marcas en los Campeonatos de Catalunya, se observa que se encontraban dentro de su zona de funcionamiento óptimo. La respuesta individual psicológica y fisiológica ante la competición de estos nadadores es diferente en intensidad, pero muestra un perfil parecido: un incremento en las puntuaciones de ansiedad somática y en los valores del parámetro LF/HF % de la VFC. Así, el nadador 1 (Figura 3), obtuvo un rendimiento exitoso, pues bajó en 0,5 segundos su mejor marca, mostró un incremento en la ansiedad somática y un ligero aumento en el parámetro LF/HF %. Por su parte, el

nadador 3 se encontraba cerca o dentro de la zona IZOF en las dos fases; sin embargo, teniendo en cuenta que el día de la competición igualó su marca y que las diferencias entre las dos fases en las variables cognitivas y fisiológicas y en el rendimiento son mínimas, mostrando un perfil casi plano (Figura 4), podríamos decir que, tanto en el entrenamiento como en la competición, este nadador se encontraba dentro de su zona de funcionamiento óptimo. El nadador 4 es el que presenta un mejor rendimiento exitoso de importancia individual y, comparado con los demás, es el que muestra un mayor rendimiento, ya que rebajó su marca en 1,37 s. En su perfil individual (Figura 5) podemos observar que es el nadador con una mayor puntuación en la ansiedad somática y en el parámetro LF/HF % de la VFC.

Nuestros resultados coinciden con estudios anteriores respecto a la utilización del registro de corta duración (5 minutos) en posición supina (Sobrino, 1997; Gamelin, Berthoin, y Bosquet, 2006). También

coinciden con trabajos que se basan en el análisis en el dominio de la frecuencia de la VFC: por un lado, los que confirman la relación inversa entre el aumento del estado de ansiedad o estrés y el decremento de los valores en los parámetros de altas frecuencias (HF) relacionados con la actividad vagal (Dishman et al, 2000; Schwarz et al., 2003); y, por otro lado, los estudios que muestran un incremento de los valores de los parámetros de la VFC relacionados con la actividad simpática (LF) (Bornas et al., 2006; Delaney. y Brodie, 2000; Ruediger et al., 2004).

Concluyendo, el análisis de la VFC de corta duración (de 5 min.) es una técnica que complementa la evaluación del estado emocional a partir de indicadores fisiológicos. Nuestros resultados indican que, siguiendo la rutina precompetitiva de los nadadores, se puede evaluar de manera rápida y no invasiva su estado precompetitivo. Este método puede posibilitar la predicción del rendimiento de los nadadores en la prueba de 50 metros.

PERFIL PSICOFISIOLÓGICO DE RENDIMIENTO EN NADADORES BASADO EN LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA Y EN ESTADOS DE ANSIEDAD PRECOMPETITIVA

PALABRAS CLAVE: ansiedad precompetitiva, estrés competitivo, variabilidad de la frecuencia cardiaca, análisis espectral, modelo IZOF.

RESUMEN: Nuestro objetivo fue analizar la influencia del estrés competitivo sobre el estado psico-fisiológico en un grupo de nadadores. Se utilizó el cuestionario CSAI-2 (Competitive State Anxiety Inventory 2) y se aplicó un análisis espectral para relacionar el estado de ansiedad precompetitiva con la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC). Los resultados han mostrado que con un mayor nivel de ansiedad precompetitiva: los parámetros HFms² y HF nu., relacionados a la actividad parasimpática, decrecieron significativamente ($p < 0,05$); mientras que el parámetro LF/HF %, relacionado con la actividad simpática, mostró un incremento significativo ($p < 0,01$). Bajo estas condiciones el rendimiento mejoró de manera significativa ($p < 0,05$). El análisis de la VFC puede ser utilizado como una técnica rápida y no invasiva para evaluar objetivamente el estrés competitivo y su relación con el rendimiento. En base al modelo IZOF (Hanin, 2003) se propone determinar el perfil psicofisiológico precompetitivo de cada nadador.

PERFIL PSICOFISIOLÓGICO DO RENDIMENTO EM NADADORES, BASEADO NA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E EM ESTADOS DE ANSIEDADE PRÉ-COMPETITIVA

PALAVRAS-CHAVE: Ansiedade pré-competitiva, Stresse competitivo, Variabilidade da frequência cardíaca, Análise espectral, Modelo IZOF.

RESUMO: O nosso objectivo foi analisar a influência do stresse competitivo no estado psicofisiológico de um grupo de nadadores. Foi utilizado o questionário CSAI-2 (Competitive State Anxiety Inventory 2) e aplicou-se uma análise espectral para relacionar o estado de ansiedade pré-competitiva com a variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Os resultados mostraram que com um maior nível de ansiedade pré-competitiva os parâmetros HFms2 e HF nu., relacionados com a actividade parassimpática, decresceram significativamente ($p < 0,05$), enquanto que o parâmetro LF/HF %, relacionado com a actividade simpática, revelou um aumento significativo ($p < 0,01$). Nestas condições, o Rendimento melhorou de forma significativa ($p < 0,05$). A análise da VFC pode ser utilizada como uma técnica rápida e não invasiva para avaliar objectivamente o stresse competitivo e a sua relação com o rendimento. Com base no modelo IZOF (Hanin, 2003), propõe-se determinar o perfil psicofisiológico pré-competitivo de cada nadador.

Referencias

- Andrade, Lois y Arce (2007). Propiedades psicométricas de la versión española del inventario de ansiedad competitiva CSAI-2R en deportistas. *Psicothema*, 19, 150-155.
- Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F. A., Shannon, D. C., Barger A. C. y Cohen R. J. (1981). Power spectrum analysis of heart rate fluctuations. A quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*, 213, 220-222.
- Aubert, A. E., Seps, B. y Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine*, 33, 889-919.
- Berntson, G. S., Bigger, J. T. Jr., Eckberg, D.L., Grossman, P., Kautman, D. G., Malik, M., Nagaraja, H. N., Porges, S.W., Saul, J. P., Stone, D. H. y Vander Molen, M. W. (1994). Heart rate variability: origins, methods and interpretative caveats. *Psychophysiology*, 34, 623-648.
- Bornas, X., Llabrés, J., Noguera, M., Tortella, F. M., Fullana, M. A., Montoya, P., Gelabert, J. M. y Vila, I. (2006). Heart rate variability of flight phobics during a paced breathing task and exposure to fearful stimuli. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 6, 549-563.
- Buceta, J. M., López de la Llave, A., Pérez-Llantada, M. C., Vallejo, M. y Del Pino, M. D. (2003). Estado psicológico de los corredores populares de maratón en los días anteriores a la prueba. *Psicothema*, 15, 273-277.
- Buceta, J. M., López de la Llave, A., Pérez-Llantada, M. C., Vallejo, M. y Del Pino, M. D. (2002). Intervención psicológica con corredores de maratón: características y valoración del programa aplicado en el maratón de Madrid. *Revista de Psicología del Deporte*, 1, 83-109.
- Burton, D. (1988). Do anxious swimmers swim slower? reexamining the elusive anxiety-performance relationship. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 10, 45-61.
- Capdevila, L. (2005). *Entrenamiento psicológico en deporte*. Laboratorio de Psicología del Deporte: Universitat Autònoma de Barcelona.

- Carter, J. R., Banister, E. W., y Blaber, A. P. (2003). The effect of age and gender on heart rate variability after endurance training. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 35, 1333-1340.
- Cervelló E., Santos-Rosa F. J., Jimenez R., Nerea A. y García T. (2002). Motivación y ansiedad en jugadores de tenis. *Motricidad*, 9, 141-161.
- Cohen, H. y Benjamin, J. (2006). Power spectrum analysis and cardiovascular morbidity in anxiety disorders. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 128, 1-8.
- Cotting, F., Durbin, F. y Papelier, Y. (2004). Heart rate variability during cicloergometric exercise or judo wrestling eliciting the same heart rate level. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 177-184.
- Davis, J. E. y Cox, R. H. (2002). Interpreting Direction of Anxiety Within Hanin's Individual Zone of Optimal Functioning. *Journal of Applied Sport Psychology*, 14, 43-52.
- Delaney, J. P. y Brodie, D. A. (2000). Effects of short-term psychological stress on the time and frequency domains of heart rate variability. *Perceptual and Motor Skills*, 91, 515-524.
- Doan, B., Newton, R., Kwon, Y-H y Scheet, T. (2006). Salivary cortisol, testosterone, and T/C ratio responses during a 36-hole golf competition. *International Journal of Sport Medicine*, 28, 470-9.
- Dishman, R. K., Nakamura, Y., García, M. E., Thompson, M. 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 of Psychophysiology*, 37, 121-133.
- Friedman, B. H. (2007). An autonomic flexibility-neurovisceral integration model of anxiety and cardiac vagal tone. *Biological Psychology*, 74, 185-199.
- Gamelin, F. X., Berthoin, S. y Bosquet, L. (2006). Validity of the polar S810 heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 38, 887-893.
- Hanin, Y. L. (2000). *Emotions in sport*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Hanin, Y. L. (2003, Febrero). Performance Related Emotional States in Sport: A Qualitative Analysis [48 paragraphs]. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research* [On-line Journal], 4 (1). Disponible en: <http://www.qualitative-research.net/fqs-texte/1-03/1-03hanin-e.htm> [Fecha de acceso: Septiembre, 20, 2007].
- Hanton S., Jones G y Mullen R. (2000). Intensity and direction of competitive state anxiety as interpreted by rugby players and rifle shooters. *Perceptual and Motor Skills*, 90, 513-521.
- Hirayanagi, K., Nakabayashi, K., Okonogi, K. y Ohiwa, H. (2003). Autonomic nervous activity and stress hormones induced by hyperbaric saturation diving. *Undersea and Hyperbaric Medicine*. 30, 47-55.
- Iellamo, F., Pigozzi, F., Spataro, A., Lucini, D. y 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.
- Jokela, M. y Hanin, Y. (1999). Does the individual zones of optimal functioning model discriminate between successful and less successful athletes? A meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 17, 873-887.
- Kamata, A., Tenenbaum, G. y Hanin, Y. (2002). Individual Zone of Optimal Functioning (IZOF): a probabilistic estimation. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 24, 189-208.
- Lazarus R.S. (2000). How Emotions Influence Performance in Competitive Sports. *The Sport Psychologist*, 14, 229-252.

- Leicht, A. S., Allen, G. D. y 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.
- Lerma, C., Infante O. y José M. V. (2000). Sistema de análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca. *Memorias de Electro 2000*, 22, 63-67.
- Martens, R., Burton, D., Vealey, R. S., Bump, L. A. y Smith, D. (1990). The Competitive State Anxiety Inventory-2 (CSAI-2). En R. Martens, R. S. Vealey y D. Burton (Eds.) *Competitive Anxiety in Sport*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Martens, R., Vealey, R. S. y Burton, D. (1990). *Competitive anxiety in sport*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Mourot, L., Bouchaddi, M., Perrey, S., Rouillon, J. D. y Regnard, J. (2004). Quantitative poincare plot analysis of heart rate variability: effect of endurance training. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 79-87.
- Mourot, L., Buhaddi, N., Perrey, S., Cappelle, S., Henriët, M. T., Wolf, J. P., Rovillon, J. D. y Regnard, J. (2004). Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by poicare plot analysis. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 24, 10-18.
- Parfitt, C. G. y Pates, J. (1999). The effect of cognitive and somatic anxiety and self confidence on components of performance during competition. *Journal of Sports Science*, 17, 351-356.
- Porges, S. W. (1995). Cardiac vagal tone: a physiological index of stress. *Neuroscience and Biobehavioral Review*, 19, 225-233.
- Ruediger, H., Seibt, R., Scheuch, K., Krause, M. y Alam, S. (2004). Sympathetic and parasympathetic activation in heart rate variability in male hypertensive patients under mental stress. *Journal of Human Hypertension*, 18, 307-315.
- Ruiz, M. C. y Hanin, Y. L. (2004a) Idiosyncratic description of anger states in skilled spanish karate athletes: an application of the izof model. *Revista de Psicología del Deporte*, 13, 75-93.
- Ruiz, M. C. y Hanin, Y. L. (2004b) Athlete's self perceptions of optimal states in karate: an application of the IZOF model. *Revista de Psicología del Deporte*, 13, 229-244.
- Shwarz, A. M., Schachinger, H., Adler, R. H. y Goetz, S.M. (2003). Hopelessness is associated with decreased heart rate variability during championship chess games. *Psychosomatic Medicine*, 65, 658-661.
- Sobrino, J. A. (1997). Análisis espectral no estacionario. Análisis de la variabilidad de señales fisiológicas. Integración en un sistema de monitorización inteligente. Tesis Doctoral no publicada. Universidad de Santiago de Compostela. Dpto. de Electrónica y Computación. Santiago de Compostela. España.
- Spielberger, C. D. (1972). *Anxiety: Current trends in theory and research: I*. Nueva York, N.Y.: Academic Press.
- Taberero, B. y Márquez, S. (1994). Interrelación y cambios temporales en los componentes de la ansiedad-estado competitiva. *Revista de Psicología del Deporte*, 5, 53-67.
- 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.
- Turner, P. y Raglin, J. N. (1996). Variability in precompetition anxiety and performance track and field athletes. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 28, 378-385.

- Weinberg, R. S. y Genuchi, M. (1980). Relationship between competitive trait anxiety, state anxiety, and golf performance: a field study. *Journal of Sport Psychology*, 2, 148-154.
- Wilson, G. S. y Raglin, J. S. (1997). Optimal and predicted anxiety in 9-12 year old track and field athletes. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sport*, 2, 148-152.