

# Observación automatizada: la variabilidad de la frecuencia cardíaca y su relación con las variables psicológicas determinantes del rendimiento en nadadores jóvenes

Jesús M. Ortigosa-Márquez<sup>1\*</sup>, Rafael E. Reigal<sup>1</sup>, Mariona Portell<sup>2</sup>,  
Verónica Morales-Sánchez<sup>1</sup> y Antonio Hernández-Mendo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Málaga, Málaga (España).  
<sup>2</sup> Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona (España).

**Resumen:** La correcta interpretación de los marcadores de rendimiento desde una perspectiva psicofisiológica es importante para el desarrollo de los atletas en etapas formativas. Este trabajo contiene dos objetivos. El primero es analizar la relación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) con las variables psicológicas: calidad de sueño, autoestima y estados de ánimo en jóvenes nadadores de una escuela profesional. El segundo objetivo es estudiar la relación de la VFC y determinantes psicológicos con el rendimiento. Esta se compuso 9 nadadores ( $11.7 \pm 1.4$  años) basada en un método de muestreo a propósito. Las mediciones fueron efectuadas una vez por semana durante tres semanas de entrenamiento. El análisis estadístico muestra como la dimensión de ansiedad correlacionó negativamente con el logaritmo natural de banda de alta frecuencia (Ln HF) y positivamente con el logaritmo natural de la banda de muy baja frecuencia (Ln VLF) de forma significativa. No se encontraron relaciones para las variables autoestima y calidad de sueño. El tiempo en la prueba de rendimiento fue asociado negativamente con indicadores de la actividad parasimpática. Estos resultados sugieren que la VFC podría ser una herramienta válida para la predicción del rendimiento y mejora de la interpretación de la ansiedad.

**Palabras clave:** Calidad de sueño; estados de ánimo; autoestima; rendimiento.

**Title:** Automated observation: heart rate variability and its relationship with performance-related psychological variables in young swimmers.

**Abstract:** Correct interpretation of performance markers from a psychophysiological perspective is important in young developing athletes. This study had two objectives. The first was to analyze the relationship between heart rate variability (HRV) and the psychological variables sleep quality, self-esteem, and mood states in young swimmers from a professional swimming club. The second was to study the relationship between performance and HRV and psychological determinants. The sample was composed of nine swimmers ( $11.7 \pm 1.4$  years) based on purposive sampling method. Data were collected once a week during training sessions for 3 weeks. The statistical analysis showed that anxiety was negatively correlated with the high frequency component of HRV (Ln HF) and positively correlated with the very low frequency component (Ln VLF). No significant correlations were observed for self-esteem or sleep quality. Performance in a 200-m freestyle event was negatively correlated with the parasympathetic HRV indices. Our results suggest that HRV could be a valid tool for predicting performance and improving interpretation of psychometric tests.

**Key words:** Sleep quality; mood states; self-esteem; performance.

## Introducción

En las ciencias de la actividad física y el deporte los dispositivos electrónicos para evaluar objetivamente la actividad física y el patrón de movimiento en la vida cotidiana son muy populares. La más reciente popularización de dispositivos electrónicos para evaluar ambulatoriamente otro tipo de variables psicológicas (v.g. estados de ánimo) abre nuevas perspectivas a la psicología del deporte (Schlicht, Ebner-Priemer, y Kanning, 2013). Ambos tipos de aproximaciones pueden ser conceptualizadas como formas de observación con diferente grado de relación entre el deportista, objeto de estudio, y la implicación requerida a dicho deportista por parte del procedimiento empleado para obtener los datos (Portell, Anguera, Hernández-Mendo, y Jonsson, 2015). Esta implicación sería mínima en el caso en que sólo tenga que ajustarse un dispositivo electrónico, y máxima cuando el objeto de estudio son aspectos a los que se accede a través de la autoobservación (v.g. fatiga o dolor). Usamos el concepto "observación automatizada" para referirnos al primer caso.

En contextos competitivos, este tipo de aproximaciones metodológicas es fundamental para el estudio de los condicionantes psicológicos que permiten el desarrollo de las habilidades específicas con el fin de optimizar el rendimiento (Buceta, 1998). Desde la perspectiva psicofisiológica, la frecuencia cardíaca (FC) es uno de los parámetros más utilizados con este fin y su comportamiento ha sido asociado a numerosas variables psicológicas (e.g. Draper, Jones, Fryer, Hodgson, y Blackwell, 2010; Fernandez-Fernandez et al., 2015). Sin embargo, el desarrollo tecnológico ha contribuido al creciente interés por la observación automatizada de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC).

La medida de la FC se refiere normalmente al número en un espacio de tiempo previamente determinado (v.g. un minuto). Sin embargo, el concepto de VFC hace referencia a la variación en tiempo (milisegundos) entre latidos. La monitorización de este parámetro permite estudiar de forma no-invasiva la incidencia del sistema nervioso simpático (SNS) y parasimpático (SNP), los cuales integran el sistema nervioso autónomo (SNA). La acción predominante del SNP produce una disminución en la FC que provoca o mantiene el estado de reposo tras un estímulo estresante (v.g. actividad física, ansiedad, etc.). Por el contrario, el SNS es el encargado de aumentar la FC con el fin de preparar al organismo ante una situación de estrés físico y/o psicológico (Billman, 2011).

La mayoría de las investigaciones actuales se centran en

**\* Correspondence address [Dirección para correspondencia]:**

Jesús M. Ortigosa-Márquez, Departamento de Psicología Social, Trabajo Social, Antropología social y Estudios de Asia Oriental, Facultad de Psicología, Campus de Teatinos, s/n, Universidad de Málaga, 29071 Málaga (España). E-mail: [ptjesusortigosa@gmail.com](mailto:ptjesusortigosa@gmail.com)

analizar la respuesta de la VFC ante los estímulos del entrenamiento con el fin de optimizar la planificación deportiva. De esta forma, algunos investigadores han mostrado como la VFC podría ser una herramienta útil para maximizar los procesos adaptativos y prescribir ejercicio diario (Kiviniemi, Hautala, Kinnunen, y Tulppo, 2007; Pichot et al., 2000; Plews, Laursen, Kilding, y Buchheit, 2012, 2014). Por otro lado, varios autores han mostrado la modulación de esta variable según el volumen e intensidad de entrenamiento aplicado (Cottin et al., 2004; Kaikkonen, Hynynen, Mann, Rusko, y Nummela, 2010); así como su relación con el rendimiento (Nummela, Hynynen, Kaikkonen, y Rusko, 2010) o estados de sobre-entrenamiento (Hedelin, Wiklund, Bjerle, y Henriksson-Larsén, 2000) en deportes de resistencia. De estos hallazgos han surgido modelos de interpretación del comportamiento de la VFC para adaptar las cargas de entrenamiento a la respuesta individual del atleta (Buchheit, 2014).

Dado que la VFC depende de la modulación del SNA y este tiene implicaciones en los estados emocionales, algunos autores han profundizado en la evaluación de los aspectos psicológicos en el deporte como la ansiedad (Cervantes, Rodas, y Capdevila, 2009; Morales et al., 2013) o la calidad de sueño, la cual ha mostrado ser un predictor del síndrome de fatiga crónica (Burton, 2010; Plews et al., 2012). En el caso de la ansiedad, los autores informan la VFC se muestra sensible a las alteraciones que se producen de este factor en situaciones precompetitivas. Aunque se deben tener en cuenta las diferencias individuales con el fin de mejorar la precisión de la medida (Hautala et al., 2006), la literatura destaca las posibilidades de la VFC como un análisis rápido y eficaz para la evaluación de estados de estrés en este tipo de contextos (Thompson, Swain, Branch, Spina, y Grieco, 2015).

Recientemente, otros estudios han considerado la implicación de la autoestima en el resultado competitivo y la importancia de su evaluación en el campo de la psicología del deporte (Molina, Chorot, Valiente, y Sandín, 2014). Rosenberg (1965) define la autoestima como una variable de la personalidad referida al grado de valoración de una persona sobre sí misma. Esta ha sido relacionada positivamente con el bienestar mental en los atletas. La consideración de esta variable durante las etapas de especialización deportiva es esencial para asegurar el correcto desarrollo psicológico del individuo. En esta línea, varios autores han indicado su relación negativa con estados emocionales como la ansiedad (Coudeville, Gernigon, y Martin Ginis, 2011). Aunque sí existen suficientes investigaciones que destacan su influencia en el rendimiento académico (Esteban-Cornejo, Tejero-Gonzalez, Sallis, y Veiga, 2014), no sucede lo mismo respecto al rendimiento en el ámbito deportivo.

Por otro lado, Sánchez et al. (2013) analizaron la relación entre los estados de ánimo y la VFC en deportistas de élite. Los autores destacaron las asociaciones que resultaron entre algunos parámetros frecuenciales y las dimensiones de fatiga y vigor correspondientes al perfil del estado de ánimo (Profile of Mood States, POMS), siendo esta variable ampliamente utilizada en el campo de la psicología deportiva como predic-

tor del rendimiento (Beedie, Terry, y Lane, 2008). Así mismo, Weinstein et al. (2007) identificaron las reducciones de los índices parasimpáticos como predictores de estados de ánimo negativos. Pese a estos hallazgos, la literatura científica no es consistente sobre la asociación entre los correlatos fisiológicos de la VFC y las variables psicológicas.

Además de la escasez de investigaciones que traten este aspecto desde una orientación psicofisiológica, la variedad en los métodos de evaluación de la VFC (Task Force, 1996) e inconsistencias metodológicas en los diseños dificultan el contraste de los resultados hasta ahora obtenidos (Buchheit, 2014). Por tanto, se requieren más estudios que evalúen de forma conjunta la VFC y los aspectos psicológicos relacionados con el rendimiento en diferentes tipos de población deportiva. Debido a estas consideraciones, este trabajo posee dos objetivos que pretenden analizar la utilidad del uso de la VFC en deportistas jóvenes. El primero es analizar la relación entre la VFC y las variables psicológicas determinantes del rendimiento, en este caso: la calidad de sueño, el estado de ánimo y la autoestima. El segundo es determinar la asociación de la VFC y las variables psicológicas con el rendimiento en etapas formativas. La evaluación de estos aspectos resulta fundamental para la inclusión de esta variable en los procesos de monitorización el ámbito deportivo.

## Método

### Participantes

La muestra se compuso de 9 nadadores jóvenes ( $11.7 \pm 1.4$  años), siete nadadoras femeninas ( $11.5 \pm 1.5$  años) y dos nadadores masculinos ( $11.5 \pm 2.1$  años), pertenecientes a la escuela de natación Redeco, en la ciudad de Breslavia, Polonia. Para su selección, fue adoptado un método de muestreo a propósito, estableciendo como criterios de selección la edad y el método de entrenamiento con el fin de construir una muestra homogénea. Estos asistieron de forma diaria a las sesiones de entrenamiento que comenzaban a las 7:00 am con una duración de 1 hora exceptuando los fines de semana. La mayoría participaba de forma habitual en los campeonatos regionales y autonómicos en sus respectivas categorías.

### Instrumentos

Los siguientes instrumentos fueron utilizados para llevar a cabo el estudio:

Perfil del Estado de Ánimo (POMS) de McNair, Loor y Droppleman (1971) adaptado al polaco (Dudek y Koniarek, 1987). Para este trabajo se utilizó la versión reducida de 6 ítems (alfa de Cronbach = .70) (Hernandez Mendo, González, Morales Sánchez, Guillén, y Reigal, 2013). La escala evalúa 6 factores de estado de ánimo: Ansiedad, Depresión, Confusión, Tensión, Vigor y Fatiga. El factor Vigor es el único cuya puntuación se considera positiva y por tanto, se interpreta como un mejor estado de ánimo. La puntuación para cada dimensión se indica en una escala tipo Likert desde

0 (nada) hasta 4 (mucho). Para esta investigación se analizaron las puntuaciones directas de la escala. La puntuación total fue calculada para evaluar el resultado global. Con este fin, el resultado en el factor Vigor fue restado al conjunto de puntuaciones obtenidas de los factores negativos. Las puntuaciones negativas en este valor se consideraron como estados de ánimo óptimos; mientras que puntuaciones elevadas fueron relacionadas con estados de ánimo alterados.

Escala de calidad de sueño del cuestionario de Recuperación-Estrés (RESTQ-Sport) de (Kellmann y Kallus, 2001) con traducción al polaco. Los participantes deben indicar de forma retrospectiva en una escala Likert desde 0 hasta 6 el grado de acuerdo con los enunciados que muestran cada uno de los ítems, en total 4. De estos, la puntuación obtenida en uno de ellos se valora de forma negativa, restando al resultado global.

Escala de Autoestima de Rosenberg. Esta escala (alfa de Cronbach = .81) fue diseñada originalmente por Rosenberg (1965) para la evaluación de la autoestima en adolescentes y está compuesta por diez ítems centrados en la exploración de los sentimientos de respeto y aceptación del yo. La mitad de los ítems están enunciados de forma positiva, mientras que la otra mitad de forma negativa. Las valoraciones personales se indican en una escala de tipo Likert desde 1 (muy en desacuerdo) hasta 4 (muy de acuerdo). La puntuación total, por tanto, oscila entre 10 y 40. Para el estudio se utilizó la versión adaptada al polaco (Dzwnokowska, Lachowicz-Tabaczek, y Łaguna, 2008).

Monitor de frecuencia cardíaca Polar® RS800CX y sensor pectoral Wearlink® Wind en banda elástica (Polar® Electro Oy). Este modelo ha sido utilizado de forma habitual en otros estudios (Plews et al., 2012, 2014; Quintana, Guastella, Outhred, Hickie, y Kemp, 2012) para el registro de la VFC.

BreathPacer. Esta aplicación móvil fue usada para controlar el ritmo respiratorio durante los registros de los intervalos RR. Permite configurar el ritmo e incluso la duración de cada fase. Además, dispone de un temporizador.

### Procedimiento

Este trabajo ha sido desarrollado respecto a los principios de la Declaración de Helsinki (WMA 2000, Bošnjak 2001, Tyebkhan 2003) que describen los principios éticos fundamentales y el marco de la investigación en humanos. Para este fin, se redactó una carta de presentación destinada a informar sobre los objetivos y procedimientos del estudio a los tutores oficiales de cada uno de los participantes y al entrenador, quien estuvo presente en todas las fases de recogida de datos. Además, se organizó una charla informativa con los tutores interesados. El equipo investigador obtuvo el consentimiento informado por parte de todos los miembros que participaron voluntariamente en la investigación. Además, fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Málaga (nº243, nº de registro CEUMA 18-2015-H).

Los datos fueron recogidos por los investigadores en co-

laboración con el entrenador del equipo de natación. Durante tres días previos al comienzo del estudio, el equipo investigador estuvo presente en cada uno de los entrenamientos realizados con el fin de familiarizarse con los nadadores. En el último entrenamiento de cada semana se realizó una simulación de competición. Este procedimiento fue repetido durante tres semanas. Una vez completada la fase de calentamiento previa a la prueba, cada participante contestaba al POMS, la escala de autoestima y calidad de sueño antes del registro de los intervalos RR. No se completaron hasta estar el grupo investigador seguro de que las instrucciones fueron entendidas y las respuestas se basaron en las emociones de los participantes en ese momento. Este proceso fue supervisado por un colaborador nativo.

A continuación, cada nadador accedía a la sala médica para realizar un registro de la VFC durante 5 minutos en reposo en posición supina mientras seguían un patrón de respiración pautado de 0.2 Hz mediante la aplicación móvil BreathPacer de acuerdo a las recomendaciones establecidas (Task Force, 1996). Por último, los nadadores realizaron una toma de tiempo de 200m estilo libre en una piscina de 25m con salida desde la pared. Al final de la prueba, el entrenador registraba el tiempo empleado mediante un cronómetro manual.

### Procesamiento de los datos y análisis estadístico

Para la corrección de los errores y posterior análisis de los intervalos RR se utilizó el software Kubios® HRV (V.2.2. OS-X, Universidad de Kuopio, Finlandia). La aplicación permite el cálculo de los parámetros de dominio temporal, frecuencial y no-lineales. Para el análisis, tanto el primer como el último minuto de cada registro fueron excluidos (Task Force, 1996). Los rangos de frecuencia por defecto, altas frecuencias (HF: .15-.40 Hz), bajas frecuencias (LF: .04-.15 Hz) y muy bajas frecuencias (VLF: 0.00-0.04 Hz) se ajustan en el programa a lo indicado por la literatura (Task Force, 1996). Además, varios autores recientemente han validado su uso para el análisis de la VFC en el ámbito científico (Johnsen Lind, Helge Johnsen, Hill, Sollers Iii, y Thayer, 2011; Tarvainen, Niskanen, Lipponen, Ranta-Aho, y Karjalainen, 2014).

El dispositivo Polar® RS800CX fue configurado para analizar con una frecuencia de muestreo de 1000Hz. Para el análisis se excluyeron tanto el primer minuto como el último de cada registro (Task Force, 1996). Al menos 256 intervalos RR sucesivos fueron utilizados para el análisis por participante y sesión. Por tanto, en este estudio fueron procesados en total 6.912 datos. Los datos asociados a la VFC fueron transformadas al logaritmo natural (Ln) con el fin de disminuir el sesgo. Para analizar la relación entre variables fisiológicas y psicológicas se utilizó el programa estadístico SPSS v.21 OS-X. La prueba de correlación de Pearson fue utilizada para el estudio de las asociaciones entre la VFC y las variables psicológicas (autoestima, calidad de sueño y perfil de estado de

ánimo). Del mismo modo, se analizaron las relaciones entre la actividad parasimpática y las variables psicológicas con el rendimiento (marca en la prueba de 200m).

## Resultados

La Tabla 1 muestra los datos del análisis para ambos géneros. El análisis muestra la correlación inversa entre indicadores de la actividad parasimpática (Ln HF) y factores del POMS

considerados como negativos: ansiedad ( $p < .01$ ) y confusión ( $p < .05$ ). Además, este indicador de la VFC correlacionó de forma negativa con la puntuación total del perfil de estado de ánimo. Por otro lado, el índice Ln VLF, asociado con la actividad simpática del SNA, se relacionó de forma positiva con el factor ansiedad y correlacionó negativamente con el factor vigor ( $p < .05$ ). Sin embargo, el análisis estadístico no arrojó resultados significativos entre la VFC y la autoestima o la calidad de sueño.

**Tabla 1.** Correlaciones de Pearson entre los parámetros de VFC y los factores del perfil de estado de ánimo.

		Calidad de sueño	Auoestima	Ansiedad	Depresión	Confusión	Tensión	Vigor	Fatiga	Puntuación Total POMS
Dominio temporal	Ln rMSSD	.42	.68	-.06	-.20	-.06	.24	-.03	.18	.05
	Ln pNN50	.40	.76	-.03	-.14	-.07	.15	.14	-.07	-.07
No-lineales	Ln SD1	.42	.68	-.06	-.20	-.06	.24	-.03	.18	.05
	Ln HF	.88	.13	-.55**	-.41	-.53**	.12	.04	-.04	-.42*
Dominio frecuencial	Ln VLF	.72	.15	.49*	.42	.39	-.08	-.45*	-.14	.37

\*\*  $p < 0.01$ ; \*  $p < 0.05$  (niveles de correlación significativa) Ln rMSSD: logaritmo natural de la raíz cuadrada de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR; Ln SD1: logaritmo natural de la desviación estándar de los intervalos ortogonales de los puntos RRi, RRi+ al diámetro transversal de la elipse; Ln pNN50: logaritmo natural del porcentaje de intervalos RR consecutivos que discrepan más de 50ms entre sí; Ln HF: logaritmo natural de la proporción de alta frecuencia (.15-.40Hz); Ln VLF: logaritmo natural de la proporción de muy baja frecuencia (.003-.04Hz).

La Tabla 2 revela la asociación de la actividad parasimpática con el rendimiento deportivo. En este caso, la prueba estadística muestra como los parámetros de dominio temporal (Ln rMSSD y Ln pNN50) correlacionaron negativamente con el tiempo empleado en la prueba. Se observa la misma relación con el parámetro no-lineal Ln SD1. No se hallaron correlaciones significativas entre las variables psicológicas y el tiempo empleado en la prueba de 200m estilo libre.

**Tabla 2.** Correlaciones de Pearson entre la marca en la prueba de 200m libres y los indicadores de la VFC relacionados a la actividad parasimpática.

	Dominio temporal		No-lineales	Dominio frecuencial
	Ln rMSSD	Ln pNN50	Ln SD1	Ln HF
Rendimiento	-.45*	-.46*	-.44*	.28

\*  $p < 0.05$  (niveles de correlación significativa) Ln rMSSD: logaritmo natural de la raíz cuadrada de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR; Ln SD1: logaritmo natural de la desviación estándar de los intervalos ortogonales de los puntos RRi, RRi+ al diámetro transversal de la elipse; Ln pNN50: logaritmo natural del porcentaje de intervalos RR consecutivos que discrepan más de 50ms entre sí; Ln HF: logaritmo natural de la proporción de alta frecuencia (.15-.40Hz).

## Discusión

El objetivo de esta investigación fue determinar la utilidad de la VFC para controlar el entrenamiento deportivo en etapas formativas, mostrando una aplicación en psicología del deporte de lo que hemos denominado observación automatizada. Para ello, se ha analizado su relación con el tiempo empleado en una prueba de 200m estilo libre y las variables psicológicas determinantes del rendimiento. Los datos de este trabajo sugieren que la evaluación de índices relacionados con la actividad parasimpática podrían ser predictores del rendimiento. Además, los resultados revelan que los parámetros de dominio frecuencial podrían ser más adecuados para valorar factores negativos en el perfil de estado de ánimo.

Estos hallazgos se sitúan en la línea marcada por otros autores que examinan este fenómeno en el contexto deportivo (Weinstein, Deuster, y Kop, 2007). No se hallaron correlaciones significativas con el factor Fatiga. Este hecho contrasta con los resultados obtenidos por otros estudios que si obtuvieron correlaciones negativas entre este elemento e indicadores de la actividad parasimpática (Moreno, Parrado y Capdevila, 2013). No obstante, sí concuerdan los resultados respecto al factor Vigor, que ha mostrado una asociación negativa con la actividad del SNS.

También coinciden la relación inversa entre la ansiedad y los parámetros de altas frecuencias (Ln HF) asociados con la actividad vagal, y su relación positiva con los parámetros de muy bajas frecuencias (Ln VLF) que reflejan la actividad simpática del SNA (Cervantes et al., 2009). Aunque los datos reflejan que la VFC podría facilitar la detección de estados de ánimos alterados, estos pueden ser generados por diferentes causas que podrían no estar relacionadas con el entrenamiento deportivo. Por tanto, la evaluación posterior del individuo por parte del equipo técnico es fundamental para su correcta interpretación.

Respecto a la autoestima, este trabajo es de los primeros en incluirla en relación a la VFC dada la importancia que la literatura muestra sobre su consideración en deportistas jóvenes (Bresciani et al., 2010; Esteban-Cornejo et al., 2014); así como sus efectos sobre el rendimiento (Molina et al., 2014) o su relación con la ansiedad u otros factores de origen psicológico (Coudevylle et al., 2011). En este estudio no se hallaron asociaciones de tipo psicofisiológico de la variable con cualquiera relacionada a la VFC o el rendimiento. Tampoco se obtuvieron resultados significativos respecto a la calidad de sueño. Debido a estos hechos, el uso combinado de la VFC para la detección de alteraciones en ambos valores no se muestra como una herramienta adecuada. En ambos

casos, el uso de cuestionarios psicométricos es esencial para mantener la atención sobre la modulación de la autoestima en estas edades.

Por otro lado, se ha observado como los parámetros de la actividad parasimpática (Ln rMSSD, Ln pNN50 y Ln SD1) correlacionan de forma negativa con la marca en la prueba de rendimiento. Es preciso indicar que mejores valores de marca (menor tiempo) coincidirían con mayores valores de actividad vagal. Del mismo modo, varios estudios han aportado resultados similares en disciplinas de resistencia (Buchheit et al., 2010; Garet et al., 2004). Nummela et al. (2010) observaron cómo los cambios en la velocidad máxima alcanzada en una prueba de esfuerzo tras un período de entrenamiento en población sedentaria concuerdan con aquellos registrados respecto a los parámetros del SNP. En esta línea, nuestro estudio sugiere que la monitorización de las variables relacionadas con la actividad vagal podría ser útil para predecir del rendimiento en fases de formación deportiva. Asimismo, el estudio ilustra la potencialidad de complementar evaluaciones convencionales de variables psicológicas con técnicas de observación automatizada.

Las futuras investigaciones deberían continuar con el estudio del comportamiento de las variables psicológicas determinantes del rendimiento en relación a la VFC en deportistas jóvenes. El incremento de las herramientas efectivas de control en estas etapas es esencial para mejorar el desarrollo de los atletas hasta la especialización deportiva. La principal limitación de este estudio, el tamaño muestral, no ha permitido la aplicación de técnicas estadísticas que permitieran profundizar en las relaciones de causa-efecto. En esta línea, se requieren estudios longitudinales que permitan analizar la evolución de estas variables en las fases formativas e investigaciones con un mayor tamaño muestral con el fin de determinar posibles diferencias por género para optimizar la atención a las diferencias individuales del entrenamiento. En estos estudios sería recomendable complementar las evaluaciones de variables fisiológicas basadas en observación automatizada, con indicadores de constructos psicológicos mues-

treados siguiendo los criterios de las técnicas para el estudio de la vida cotidiana (Portell, Anguera, Hernández-Mendo, y Jonsson, 2015; Schlicht, Ebner-Priemer, y Kanning, 2013).

En conclusión, esta investigación ha mostrado las relaciones entre los índices de la VFC y los factores del perfil de estado de ánimo; así como el rendimiento. Acorde con los antecedentes, el control de estos parámetros en reposo durante 5 minutos podría ser el método no-invasivo más adecuado para su integración en el día a día para los deportistas con resultados científicos notables (Buchheit, 2014; Plews et al., 2012; Plews, Laursen, Kilding, y Buchheit, 2013; Moreno et al., 2013). La incorporación de los índices que muestran la regulación del SNA sobre el sistema cardiovascular en la monitorización diaria del entrenamiento podría predecir el rendimiento y ayudar a mejorar la interpretación de los resultados de los cuestionarios psicométricos. A pesar de ello, algunos autores (Buchheit, 2014) sugieren que la utilización de este tipo de test seguiría siendo fundamental dada la complejidad y la gran variedad de factores que pueden influir en la VFC (Billman, 2011).

**Agradecimientos.-** El equipo investigador quiere agradecer la colaboración del club de natación Redeco y la dedicación a este estudio por parte de su entrenador Dariusz Wolny. Este trabajo ha sido apoyado por dos programas del gobierno español: *Avances metodológicos y tecnológicos en el estudio observacional del comportamiento deportivo* (Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad) durante el período 2015-2017 [PSI2015-71947-REDT; MINECO/FEDER, UE], y *La actividad física y el deporte como potenciadores del estilo de vida saludable: Evaluación del comportamiento deportivo desde metodologías no intrusivas* (Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad) durante el período 2016-2018 [DEP2015-66069-P; MINECO/FEDER, UE]. Del mismo modo, agradecemos el apoyo del grupo de investigación de la Generalitat de (GRUP DE RECERCA E INNOVACIÓ EN DISSENYS [GRID]). *Tecnologia i aplicació multimedia i digital als dissenys observacionals*, [2014 SGR 971].

## Referencias

- Beedie, C. J., Terry, P. C., y Lane, A. M. (2008). The profile of mood states and athletic performance: Two meta-analyses. *Journal of Applied Sport Psychology*.
- Billman, G. E. (2011). Heart rate variability - A historical perspective. *Frontiers in Physiology*, 2, 1-13. <http://doi.org/10.3389/fphys.2011.00086>
- Bresciani, G., Cuevas, M. J., Garatachea, N., Molinero, O., Almar, M., De Paz, J. A., ... 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. <http://doi.org/10.1080/17461391003699070>
- Buceta, J. M. (1998). Psicología del entrenamiento deportivo.
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5, 17-19. <http://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Buchheit, M., Chivot, A., Parouty, J., Mercier, D., Al Haddad, H., Laursen, P. B., y Ahmaidi, S. (2010). Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *European Journal of Applied Physiology*, 108(6), 1153-1167. <http://doi.org/10.1007/s00421-009-1317-x>
- Burton, A., Rahman, K., Kadota, Y., Lloyd, A., y Vollmer-Conna, U. (2010). Reduced heart rate variability predicts poor sleep quality in case-control study of chronic fatigue syndrome. *Experimental Brain Research*, 204, 71-78.
- César, J., Blásquez, C., Rodas, G., y Ortís, L. C. (2009). 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.
- Cottin, F., Médigue, C., Leprêtre, P. M., Papelier, Y., Koralsztein, J. P., y Billat, V. (2004). Heart Rate Variability during Exercise Performed below and above Ventilatory Threshold. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(4), 594-600. <http://doi.org/10.1249/01.MSS.0000121982.14718.2A>
- Coudeville, G. R., Gernigon, C., y Martín Ginis, K. A. (2011). Self-esteem, self-confidence, anxiety and claimed self-handicapping: A mediational analysis. *Psychology of Sport and Exercise*, 12(6), 670-675.

- <http://doi.org/10.1016/j.psychsport.2011.05.008>
- Draper, N., Jones, G. A., Fryer, S., Hodgson, C. L., y Blackwell, G. (2010). Physiological and psychological responses to lead and top rope climbing for intermediate rock climbers. *European Journal of Sport Science*, 10, 13–20.
- Dudek B., K. J. (1987). Adaptacja Testu D.M. McNaira, M. Lorra I L.F. Droppleman – Profile of Mood States (POMS). *Przegląd Psychologiczny*, 3, 753–762.
- Dzwnokowska, I., Lachowicz-Tabaczek, K., y Łaguna, M. (2008). Samoocena i jej pomiar. Warszawa: PTP.
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-Gonzalez, C. M., Sallis, J. F., y Veiga, O. L. (2014). Physical activity and cognition in adolescents: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*, 18(5), 534–9. <http://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.07.007>
- Fernandez-Fernandez, J., Boulosa, D. A., Sanz-Rivas, D., Abreu, L., Filáire, E., y Mendez-Villanueva, A. (2015). Psychophysiological stress responses during training and competition in young female competitive tennis players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(1), 22–8. <http://doi.org/10.1055/s-0034-1384544>
- Garet, M., Tournaire, N., Roche, F., Laurent, R., Lacour, J. R., Barthélémy, J. C., y Pichot, V. (2004). Individual Interdependence between nocturnal ANS activity and performance in swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(12), 2112–2118.
- Hautala, A. J., Kiviniemi, A. M., Mäkilallio, T. H., Kinnunen, H., Nissilä, S., Huikuri, H. V., y Tulppo, M. P. (2006). Individual differences in the responses to endurance and resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, 96(5), 535–542. <http://doi.org/10.1007/s00421-005-0116-2>
- Hedelin, R., Wiklund, U., Bjerle, P., y Henriksson-Larsén, K. Cardiac autonomic imbalance in an overtrained athlete. *Medicine and science in sports and exercise*, 32, 1531–1533 (2000).
- Hernandez Mendo A, González SL, Morales Sánchez V, Guillén F, y Reigal R. Evidencias de validez del POMS-6. Huelva: XIV Congreso Andaluz y I Congreso Internacional Luso-Andaluz de Psicología del Deporte y de la Actividad Física; 2013.
- Johnsen Lind, A., Helge Johnsen, B., Hill, L. K., Sollers Iii, J. J., y Thayer, J. F. (2011). A user-friendly application for the extraction of Kubios hrv output to an optimal format for statistical analysis - biomed. *Biomedical Sciences Instrumentation*, 47, 35–40.
- Kaikkonen, P., Hynynen, E., Mann, T., Rusko, H., y Nummela, A. (2010). Can HRV be used to evaluate training load in constant load exercises? *European Journal of Applied Physiology*, 108(3), 435–442. <http://doi.org/10.1007/s00421-009-1240-1>
- Kellmann, M., y Kallus, K. W. (2001). Recovery-Stress Questionnaire for Athletes. User Manual. (Human Kine). Champaign.
- Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Kinnunen, H., y Tulppo, M. P. (2007). Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *European Journal of Applied Physiology*, 101(6), 743–751. <http://doi.org/10.1007/s00421-007-0552-2>
- Molina, J., Chorot, P., Valiente, R. M., y Sandín, B. (n.d.). Miedo a la evaluación negativa, autoestima y presión psicológica: efectos sobre el rendimiento deportivo en adolescentes. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 14(3), 57–66.
- Morales, J., García, V., García-Massó, X., Salvá, P., Escobar, R., y Buscà, B. (2013). The use of heart rate variability in assessing precompetitive stress in high-standard judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 34(2), 144–51. <http://doi.org/10.1055/s-0032-1323719>
- Nummela, A., Hynynen, E., Kaikkonen, P., y Rusko, H. (2010). Endurance performance and nocturnal HRV indices. *International Journal of Sports Medicine*, 31(3), 154–159. <http://doi.org/10.1055/s-0029-1243221>
- Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J. M., Enjolras, F., Antoniadis, A., Minini, P., ... Barthélémy, J. C. (2000). Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(10), 1729–1736. <http://doi.org/10.1097/00005768-200010000-00011>
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., y Buchheit, M. (2012). Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training A case comparison. *European Journal of Applied Physiology*, 112(11), 3729–3741. <http://doi.org/10.1007/s00421-012-2354-4>
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., y Buchheit, M. (2013). Evaluating training adaptation with heart-rate measures: A methodological comparison. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 688–691.
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., y Buchheit, M. (2014). Heart-Rate Variability and Training-Intensity Distribution in Elite Rowers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(6), 1026–1032. <http://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0497>
- Portell, M., Anguera, M.T., Hernández-Mendo, A., y Jonson, G. (2015). Quantifying biopsychosocial aspects in everyday contexts: an integrative methodological approach from the behavioral sciences. *Psychology Research and Behavior Management*, 8, 153–160. doi:10.2147/PRBM.S82417
- Quintana, D. S., Guastella, A. J., Outhred, T., Hickie, I. B., y Kemp, A. H. (2012). Heart rate variability is associated with emotion recognition: Direct evidence for a relationship between the autonomic nervous system and social cognition. *International Journal of Psychophysiology*, 86(2), 168–172. <http://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2012.08.012>
- Quintana, D. S., Heathers, J. A. J., y Kemp, A. H. (2012). On the validity of using the Polar RS800 heart rate monitor for heart rate variability research. *European Journal of Applied Physiology*, 112(12), 4179–4180. <http://doi.org/10.1007/s00421-012-2453-2>
- Sánchez, J. M., Romero, E. P., y Ortíz, L. C. (2013). Variabilidad de la frecuencia cardíaca y perfiles psicofisiológicos en deportes de equipo de alto rendimiento. *Revista de Psicología Del Deporte*, 22(2), 345–352.
- Schlicht, W., Ebner-Priemer, U.W., y Kanning, M. (2013). Ecological momentary assessment and intervention in physical activity and well-being: affective reactions, social-cognitive factors, and behaviors as determinants of physical activity and exercise. *Frontiers in Psychology*, 4, 916. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00916
- Tarvainen, M. P., Niskanen, J.-P., Lipponen, J. A., Ranta-Aho, P. O., y Karjalainen, P. A. (2014). Kubios HRV—heart rate variability analysis software. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 113(1), 210–20. <http://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.07.024>
- Task Force. (1996). Guidelines Heart rate variability. *European Heart Journal*, 17, 354–381. <http://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
- Thompson, A. G., Swain, D. P., Branch, J. D., Spina, R. J., y Grieco, C. R. (2015). Autonomic Response to Tactical Pistol Performance Measured by Heart Rate Variability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 926–933. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000615>
- Wallén, M. B., Hasson, D., Theorell, T., Canlon, B., Osika, W., y Ward, S. a. (2012). Possibilities and limitations of the polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. *European Journal of Applied Physiology*, 112(3), 1153–1165. <http://doi.org/10.1007/s00421-011-2079-9>
- Weinberg, R. S. (2010). Fundamentos de psicología del deporte y del ejercicio físico. Ed. Médica Panamericana. Retrieved from <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=o-KxCxx5g64C&pgis=1>
- Weinstein, A. A., Deuster, P. A., y Kop, W. J. (2007). Heart Rate Variability as a Predictor of Negative Mood Symptoms Induced by Exercise Withdrawal. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(4), 735–741. <http://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802f590c>

(Artículo recibido: 12-10-2016; revisado: 29-11-2016; aceptado: 16-12-2016)