



# MONITORIZACIÓN DE LA FATIGA Y RECUPERACIÓN

Shona L. Halson | Centro de Recuperación | Instituto Australiano del Deporte | Canberra | Australia

## PUNTOS CLAVE

- Una monitorización adecuada de la carga de trabajo puede ayudar a determinar si un atleta se está adaptando al programa de entrenamiento y a minimizar el riesgo de desarrollar excesos no funcionales (fatiga que dure semanas a meses), enfermedad y/o lesión.
- Los investigadores han buscado numerosas herramientas para cuantificar y monitorizar las cargas externas, como los aparatos para medir la potencia generada, análisis de movimientos, así como unidades de medición de carga interna, incluyendo la percepción del esfuerzo, la frecuencia cardiaca, la concentración de lactato y el impulso del entrenamiento. La disociación entre las unidades de carga externa e interna pueden revelar el nivel de fatiga de un atleta.
- La recuperación de la frecuencia cardiaca, la función neuromuscular, las evaluaciones bioquímicas/hormonales/inmunológicas, los cuestionarios y diarios, la velocidad psicomotora y la calidad y cantidad de sueño son otras herramientas de supervisión utilizadas en programas de alto rendimiento.
- La estrategia de control aplicada a los atletas dependerá de si se encuentran en actividades deportivas individuales o de equipo, pero la importancia de la individualización del seguimiento de la carga no deberá exagerarse.
- Detectar cambios significativos con el análisis científico y estadístico permitirá aportar confianza y certeza al implementar los cambios.
- El control apropiado de la carga de entrenamiento puede aportar información importante a los atletas y entrenadores; sin embargo, los sistemas de supervisión deberán ser intuitivos, aportar un análisis e interpretación de los resultados eficiente, y permitir un reporte de retroalimentación simple, así como válido científicamente.

## INTRODUCCIÓN

Conforme los atletas se esfuerzan para mejorar su rendimiento, se requiere realizar modificaciones en la carga de entrenamiento, y en particular, incrementos en la frecuencia, duración e intensidad. Las cargas de entrenamiento se manejan en varios momentos durante el ciclo de entrenamiento sea para incrementar o reducir la fatiga dependiendo de la fase de entrenamiento (por ejemplo, etapa inicial o competitiva). Es crítico asegurarse que la fatiga se ajuste apropiadamente tanto para las adaptaciones al entrenamiento como para el rendimiento en competencia.

Generalmente se define monitorizar como “observar y revisar el progreso o calidad de algo durante un periodo” (Diccionario Oxford de Inglés en línea). Al considerar una definición específica de monitorizar a los atletas, pueden surgir confusiones basadas en evaluaciones únicas (por ejemplo, una evaluación nutricional anual) versus una monitorización rutinaria más frecuente. Para el propósito de este artículo, la evaluación de un atleta se considerará si, 1) la evaluación ocurre más de una vez y 2) las evaluaciones ocurren con suficiente frecuencia para aportar la información deseada y relevante al atleta, entrenador o científico.

Monitorizar la carga de entrenamiento de un atleta es considerado por muchos como algo importante para determinar si se está adaptando al programa de entrenamiento y minimizar el riesgo de excesos no funcionales (fatiga que dure semanas a meses), lesión o enfermedad (Halson & Jeukendrup, 2004). En la actualidad, la investigación en esta área es limitada y la mayoría de lo que se conoce sobre la monitorización proviene de experiencias personales e información anecdótica.

## MONITORIZAR LA CARGA

### Razones a favor y en contra de monitorizar la carga

Como se mencionó previamente, existen numerosas razones del por qué el monitorizar la carga se ha vuelto una estrategia incrementalmente moderna y científica de entender a los atletas, las respuestas del entrenamiento y la preparación para las competencias. Aunque faltan datos publicados de atletas de alto rendimiento, el monitorizar la carga de entrenamiento puede aportar una explicación de los cambios en el rendimiento si se realizan utilizando principios científicos. Esto puede ayudar en mejorar la claridad y confianza sobre posibles razones de cambios en el rendimiento y minimizar el grado de incertidumbre asociada con estos cambios. De estos resultados, no sólo es posible examinar en retrospectiva las relaciones de la carga y el rendimiento, sino también permite planificar apropiadamente las cargas de entrenamiento y competencias. El monitorizar la carga también sirve para tratar de reducir el riesgo de lesiones, enfermedades y sobrecarga no funcional. Los resultados también serán útiles para la selección de equipos y determinar aquellos atletas que están listos para las demandas de la competencia.

Existen numerosos beneficios relacionados a la comunicación y construcción de relaciones con atletas, equipo de apoyo y entrenadores. Cuando los atletas se involucran en la monitorización, puede ayudar a mejorar su sentido de participación en el programa de entrenamiento y se sentirán facultados y con la sensación de propiedad de dicho programa. Los datos obtenidos de la monitorización del entrenamiento también pueden ser útiles para facilitar la comunicación entre el equipo de apoyo y el de entrenadores. Cuando se combinan, estos beneficios pueden ayudar a mejorar la confianza asociada con el programa de entrenamiento.

Sin embargo, no todos los entrenadores y científicos se involucran en la monitorización del atleta. Para algunos atletas/equipos, tener recursos insuficientes puede ser la razón principal para no incluir un sistema de monitorización del entrenamiento. Estos recursos pueden ser tiempo, dinero o recursos humanos necesarios para coleccionar, procesar y analizar estos datos. Más aún, ya que no existen garantías de que el monitorizar la carga de entrenamiento resulte en rendimientos exitosos, los recursos pueden ser retenidos. La falta de conocimiento o de experiencia con técnicas de monitorización también pueden resultar en la inhabilidad de implementar un sistema práctico y sustentable y/o la inhabilidad de interpretar los datos obtenidos. Además, se requiere una razón clara para identificar por qué monitorizar, qué se va a monitorizar, cada cuánto se hará, cómo se interpretarán los datos y cómo se presentarán al equipo de entrenadores. Finalmente, la capacidad y oportunidad de implementar el cambio y aportar retroalimentación es crítica para un sistema de monitorización exitoso, si esto no ocurre, no será posible mantenerlo.

### Mediciones potenciales de monitorización de la carga

Para poder lograr un entendimiento de las cargas de entrenamiento y sus efectos en el atleta, existen numerosos marcadores potenciales para los atletas, entrenadores y científicos. Sin embargo, muy pocos de estos marcadores tienen una evidencia científica fuerte que respalden su uso y no existe un marcador único y definitivo descrito en la literatura. Para medir la fatiga, parece ser que la mejor prueba en términos de validez ecológica es una prueba de rendimiento máximo que replique la competencia del atleta. Sin embargo, existen numerosas dificultades para realizar pruebas máximas en los atletas. Las pruebas máximas pueden agregarse a la fatiga existente en un atleta, lo cual puede ser problemático en las fases cercanas a las competencias. Se requerirá una reducción gradual para determinar las capacidades verdaderas de rendimiento, lo cual generalmente es poco práctico. Además de que los atletas cuando se encuentran fatigados tienen poca motivación para realizar un esfuerzo máximo el cual no es para propósitos de competencia. Para algunos deportes, en particular los deportes de equipo, también es extremadamente difícil replicar o incluso definir un rendimiento máximo (Taylor, 2012). Finalmente, si sólo se evalúa el rendimiento máximo, se podrá obtener muy poca información sobre los mecanismos potenciales de la fatiga. La tabla 1 resume diferentes variables que se pueden utilizar para monitorizar la carga de entrenamiento y la fatiga resultante.

### Carga interna vs. Carga externa

Cuando se monitoriza la carga de entrenamiento, las unidades de carga pueden ser pensadas como internas o externas. Tradicionalmente, la carga externa ha sido la base de la mayoría de los sistemas de monitorización. La carga externa se define como el trabajo realizado por el atleta medido independientemente de sus características internas (Wallace et al., 2009). Un ejemplo de la carga externa en ciclismo de ruta puede ser la producción de energía alcanzada en un determinado tiempo (por ejemplo, 400 W por 30 min). Mientras que la carga externa es importante para entender el trabajo realizado y las aptitudes y capacidades del atleta, la carga interna, o el estrés fisiológico o psicológico relativo impuesto, también es crítico para determinar la carga de entrenamiento y la adaptación subsecuente. Ya que ambas cargas, interna y externa, tienen su peso para entender la carga de entrenamiento de los atletas, la combinación de ambas será importante para monitorizar el entrenamiento. De hecho, debe haber una relación entre las cargas externas e internas que ayuden a revelar

la fatiga. Por ejemplo, utilizando la carga externa de pedaleo mencionada previamente, la potencia producida se puede mantener durante la misma duración; sin embargo, dependiendo del estado de fatiga del atleta, ésta puede ser alcanzada con una mayor o menor frecuencia cardíaca o a una mayor o menor percepción del esfuerzo. Esta separación o divergencia de las cargas externas e internas son las que pueden diferenciar entre un atleta fresco o uno fatigado (Pyne & Martin, 2011).

**Tabla 1. Variables que pueden ser utilizadas para monitorizar la carga de entrenamiento y la fatiga subsecuente. RPE – Escala de Percepción de Esfuerzo; REST-Q – Cuestionario de Recuperación de Estrés; VAS – Escala Visual Análoga.**

VARIABLE	UNIDADES/DESCRIPCIÓN
Frecuencia	Sesiones por Día, Semana, Mes
Tiempo	Segundos, Minutos, Horas
Intensidad	Absoluta, Relativa
Tipo	Modalidad, Ambiente
Esfuerzo Máximo	Potencia Media Máxima, Altura de Salto
Esfuerzos Repetidos	Número de Esfuerzos, Calidad de Esfuerzos
Volumen de Entrenamiento	Tiempo, Intensidad
Percepción del Esfuerzo	RPE
Percepción de la Fatiga y Recuperación	Cuestionarios, REST-Q, VAS
Enfermedad	Incidencia, Duración
Lesión	Tipo, Duración
Análisis Bioquímico y Hormonal	Basales, Respuesta al Ejercicio
Técnica	Desviaciones del Movimiento
Composición Corporal	Peso Corporal Total, Masa Grasa, Masa Libre de Grasa
Sueño	Calidad, Cantidad, Rutina
Psicología	Estrés, Ansiedad, Motivación
Sensaciones	Ilusionado, Neutral, Desilusionado

### MÉTODOS PARA MONITORIZAR LA CARGA EXTERNA

Para lograr un entendimiento de la carga de entrenamiento externa, existe mucha tecnología disponible para los atletas y entrenadores. En el ciclismo, los aparatos para medición de la producción de energía como el SRM™ y PowerTap™ permiten la medición continua de la frecuencia de trabajo (producción de energía) (Jobsen et al., 2009). Se pueden grabar y analizar los datos de los entrenamientos y competencias para aportar información de numerosos parámetros que incluyan potencia promedio, potencia normalizada, velocidad y aceleraciones. La producción de energía de pedaleo se puede

convertir en un Score de Estrés de Entrenamiento (TSS™, por sus siglas en inglés) a través del software comercialmente disponible (Pyne & Martin, 2011) y permite la cuantificación del entrenamiento basado en la intensidad relativa, duración y frecuencia.

En los deportes de equipo, el análisis de tiempo-movimiento (TMA), incluyendo sistemas de posicionamiento global (GPS) y patrones de análisis de movimiento a través de video digital (como ProZone™) se están convirtiendo cada vez más populares para monitorizar a los atletas (Taylor, 2012), particularmente durante las competencias. Típicamente, cuando se utiliza el TMA, se pueden establecer umbrales de velocidad arbitrarios (Lovell & Abt, 2013). Estas categorías pueden incluir caminar, trotar, correr, carrera a zancada larga, arrancones, etc. (Aughey, 2011). La confiabilidad del GPS en la monitorización del movimiento está afectada por factores como la frecuencia, velocidad, duración de la actividad y el tipo de actividad (Aughey, 2011). De la literatura disponible, parece que mientras más velocidad de movimiento haya, menor fiabilidad del GPS (Aughey, 2011). Más aún, la fiabilidad se reduce también cuando se evalúan las actividades que requieren cambios de dirección y el GPS no cuantifica la carga del salto, patear un balón y acciones de contacto (Aughey, 2011).

### Función neuromuscular

Las mediciones de la función neuromuscular como las pruebas de salto (en contra movimiento/sentadilla y salto), rendimiento en arrancón y en dinamometría isocinética e isoinercial se ocupan generalmente en los deportes de equipo (Twist & Highton, 2013). Estas mediciones se han vuelto populares debido a la simplicidad de la administración y la mínima cantidad de fatiga adicional inducida. Las variables comunes de las mediciones de las pruebas de saltos incluyen la potencia media, velocidad máxima, fuerza máxima, altura de salto, tiempo de vuelo (del salto), tiempo de contacto e índice de desarrollo de fuerza (Taylor, 2012; Twist & Highton, 2013).

## MÉTODOS PARA MONITORIZAR LA CARGA INTERNA

### Percepción del esfuerzo

La tasa de percepción del esfuerzo (RPE, por sus siglas en inglés) es una de las formas más comunes de evaluar la carga interna. El uso de la RPE se basa en la idea de que los atletas pueden monitorizar su estrés fisiológico durante el ejercicio así como aportar información de forma retrospectiva sobre su esfuerzo percibido después del entrenamiento o competencia. Los reportes sugieren que la RPE se correlaciona adecuadamente con la frecuencia cardíaca durante el ejercicio en etapa estable e intervalos de alta intensidad en el entrenamiento de ciclismo, pero no así durante ejercicios de fútbol soccer de corta duración y alta intensidad (Borresen & Lambert, 2009). Además, un meta-análisis de la literatura reportó que mientras la RPE es una forma válida de evaluar la intensidad del ejercicio, la validez puede que no sea tan alta como se creía previamente (Chen et al., 2002)

### Sesión RPE

Foster (1998) desarrolló el método de sesión RPE para cuantificar la carga de entrenamiento, éste implica multiplicar la RPE del atleta (en una escala de 1-10) por la duración de la sesión (en minutos). Este simple método ha demostrado ser válido y confiable en la literatura (Foster, 1998). Mientras que el método de sesión de RPE puede ser simple, válido y confiable, la adición del monitorización de la frecuencia

cardíaca puede ayudar en entender la varianza no explicada por el método de sesión de RPE.

### Frecuencia cardíaca

La monitorización de la frecuencia cardíaca es una de las formas más comunes de evaluación de la carga interna en los atletas. El uso de la frecuencia cardíaca durante el ejercicio está basado en la relación lineal entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno y la intensidad del ejercicio en estado estable (Hopkins, 1991); sin embargo, el porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima se utiliza generalmente tanto para prescribir y monitorizar la intensidad (Borresen & Lambert, 2008). Debido a la variación diaria de la frecuencia cardíaca (más del 6.5%), es importante controlar factores como la hidratación, medio ambiente, medicamentos (Bagger et al., 2003). La medición de la frecuencia cardíaca de forma aislada puede tener un valor limitado, pero combinado con otras mediciones puede ser más poderoso (Achten & Jeukendrup, 2003).

### Índice de frecuencia cardíaca-Percepción del esfuerzo [Índice FC-RPE]

La evaluación de los indicadores de carga fisiológicos y perceptuales, a una intensidad submáxima fija, pueden aportar información del estado de fatiga del atleta. La combinación de la medición de la frecuencia cardíaca y percepción del esfuerzo (Índice FC-RPE) puede ayudar en esclarecer la fatiga (Martin & Andersen, 2000). Por ejemplo, la carga interna de un ciclista que tuvo una frecuencia cardíaca submáxima reducida en combinación con una elevada percepción del esfuerzo puede ser diferente a la de un ciclista con un índice FC-RPE normal (Pyne & Martin, 2011).

### Impulso de entrenamiento [TRIMP]

El impulso de entrenamiento (TRIMP) se considera generalmente como un medio útil de evaluar la carga de entrenamiento (Pyne & Martin, 2011) y es una unidad de esfuerzo físico que se calcula utilizando la duración del entrenamiento, frecuencia cardíaca máxima, frecuencia cardíaca en reposo y frecuencia cardíaca promedio durante la sesión de ejercicio (Morton et al., 1990). Se han desarrollado más derivaciones del modelo inicial TRIMP de Banister. Éstas incluyen el modelo TRIMP de Edward, el cual utiliza el tiempo acumulado en cinco zonas arbitrarias de frecuencia cardíaca multiplicadas por un factor de ponderación (Edwards, 1993). El modelo TRIMP de Lucia es similar a la derivación de Edward; sin embargo, hay tres zonas de frecuencia cardíaca las cuales están basadas en los umbrales de lactato determinados individualmente y al inicio de la acumulación del lactato en sangre (Lucia et al., 2000). Además, se ha desarrollado el uso de un TRIMP individualizado (iTRIMP) para utilizarse en corredores (Manzi et al., 2009) y recientemente probado en jugadores de fútbol soccer (Akubat et al., 2012). El uso del iTRIMP reduce los problemas asociados con zonas arbitrarias y ponderaciones genéricas.

### Concentraciones de lactato

Las concentraciones de lactato en sangre son sensibles a los cambios en la intensidad y duración del ejercicio (Beneke et al., 2011). Sin embargo, existen numerosas limitaciones potenciales para el uso de la monitorización regular de las concentraciones de lactato durante entrenamientos y competencias. Estas incluyen diferencias inter e intra individuos en la acumulación de lactato y diferencias en la

acumulación de lactato dependiendo de la temperatura ambiente, estado de hidratación, contenido de glucógeno, ejercicio previo, cantidad de masa muscular utilizada y procedimientos de muestreo (tiempo y lugar) (Borresen & Lambert, 2008).

### Índice de lactato-percepción del esfuerzo

Similar al índice FC-RPE, el índice de Lactato-RPE puede ser útil en determinar las cargas internas e identificar la fatiga en los atletas (Snyder et al., 1993). De nuevo, los cambios en estos parámetros fijados a una carga de trabajo submáxima pueden ser útiles para identificar los cambios fisiológicos y perceptuales en la carga interna.

### Recuperación de la frecuencia cardiaca (RFC)

La recuperación de la Frecuencia Cardiaca (RFC) es la tasa a la cual el corazón disminuye al dejar de realizar el ejercicio y se ha sugerido como un marcador de la función autonómica y de entrenamiento en los atletas (Daanen et al., 2012). La RFC se puede calcular sobre tiempos variables, usualmente entre los 30 segundos y 2 minutos, siendo más utilizada la diferencia entre la frecuencia cardiaca del final del ejercicio y la frecuencia cardiaca a los 60 segundos después del ejercicio.

En una revisión reciente sobre la RFC y la monitorización de los cambios en el nivel de entrenamiento, se sugirió que la RFC mejora con el incremento del nivel de entrenamiento, se mantiene sin cambios cuando no hay cambios en el nivel de entrenamiento y se reduce cuando el nivel de entrenamiento es reducido (Daanen et al., 2012). Se concluyó que con excepción del sobreentrenamiento (en el cual la investigación es conflictiva), que la RFC puede ser utilizada para monitorizar la acumulación de la fatiga en los atletas. Sin embargo, las consideraciones mencionadas previamente sobre estandarizar los factores que puedan influenciar la frecuencia cardiaca, también son relevantes para la RFC.

### Evaluaciones Bioquímicas/Hormonales/Inmunológicas

Se han realizado algunas investigaciones que evalúan el rango de respuestas bioquímicas, hormonales e inmunológicas al ejercicio, principalmente como una forma de monitorizar la fatiga y minimizar la fatiga excesiva y las enfermedades. Se encuentra fuera del objetivo de este artículo revisar la literatura de esta área; sin embargo, en resumen, el uso de las mediciones bioquímicas, hormonales y/o inmunológicas como indicadores de la carga interna actualmente no está justificada basada en la investigación limitada en esta área. Además de que éstas mediciones pueden ser costosas, implican tiempo y no son prácticas en la aplicación en el terreno de juego (Shetler et al., 2001).

### Cuestionarios y diarios

Los cuestionarios y diarios pueden ser relativamente simples y medios poco caros para determinar la carga de entrenamiento y las respuestas subsecuentes al entrenamiento. Sin embargo, tanto los cuestionarios como los diarios dependen de información subjetiva, la cual necesita ser corroborada con los datos fisiológicos (Borresen & Lambert, 2009). Es posible que los atletas manipulen los datos y/o sobrestimen o subestimen la carga de entrenamiento. De forma importante, la frecuencia de administración del cuestionario y su extensión deberán ser considerados para maximizar su cumplimiento y evitar la "fatiga" del cuestionario. Existen numerosos cuestionarios identificados en la

literatura que han sido utilizados por programas de alto rendimiento deportivo (Taylor, 2012). Éstos incluyen el Perfil del Estado de Ánimo (POMS, por sus siglas en inglés) (Morgan et al., 1987). El Cuestionario de Recuperación de Estrés para Atletas (REST-Q-Sport, por sus siglas en inglés) (Kellman & Kallus, 2000), Análisis Diario de las Demandas de Vida para Atletas (DALDA, por sus siglas en inglés) (Rushall, 1990) y la Escala de Recuperación Total (TQR, por sus siglas en inglés) (Kentta & Hassmen, 1998).

Mientras que los cuestionarios pueden aportar información subjetiva simple y generalmente útil, se deberán considerar factores como la frecuencia de administración, el tiempo tomado para resolver el cuestionario, la sensibilidad del cuestionario, el tipo de respuesta requerida (respuestas escritas o circular respuestas), la hora del día en que se complete y la cantidad de tiempo requerida para una retroalimentación apropiada.

### Sueño

La pérdida del sueño o la privación pueden tener efectos significativos en el rendimiento, motivación, percepción del esfuerzo y cognición, así como en muchas otras funciones biológicas. El monitorizar la calidad y cantidad del sueño puede ser útil para la detección temprana e intervención antes de que se observen reducciones significativas en el rendimiento y la salud. El uso de diarios simples indicando las horas de sueño y percepción de la calidad del sueño pueden ser útiles. Otros métodos no invasivos como la actigrafía (dispositivo de muñeca que utiliza acelerometría) puede aportar información más detallada sobre cortos periodos (7-14 días). La actigrafía puede aportar datos del tiempo en cama, hora de despertar, latencia de aparición del sueño (tiempo tomado para quedar dormido), despertares durante el sueño, eficiencia del sueño (estimado de la calidad del sueño), así como aportar información sobre las rutinas del sueño. Debido al conocimiento creciente sobre la importancia del sueño, monitorizarlo y evaluarlo se ha convertido en algo popular entre los atletas elite, entrenadores y equipo de apoyo (Halsen, 2014).

### ATLETAS DE DEPORTES DE EQUIPO VS. DEPORTES INDIVIDUALES

La naturaleza de la monitorización de la carga requerida, o de hecho posible, puede variar enormemente entre los atletas de deportes de equipo y deportes individuales. Cuando se monitorizan los deportes de equipo generalmente se percibe como un reto mayor debido al diverso rango de actividades de entrenamiento (por ejemplo, acondicionamiento general, entrenamiento de fuerza, entrenamiento interválico y acondicionamiento basado en habilidades) comúnmente empleadas. Además, la medición de las habilidades del rendimiento y la "carga cognitiva" o la fatiga que influyen en la toma de decisiones es importante para el rendimiento en deportes de equipo y posee muchos retos para una medición precisa. Cuando se monitoriza a los atletas de deportes de equipo, algunas de las mediciones más útiles involucran cambios fisiológicos, evaluación de los patrones de movimiento e indicadores de habilidades, siendo estas mediciones tan específicas del deporte como sea posible (Pyne & Martin, 2011). Se pueden medir los patrones de movimiento por medio de análisis de tiempo de movimiento o rastreo GPS. Otras dificultades para evaluar el rendimiento de competencia de deportes de equipo incluyen la

influencia de la táctica de equipo (incluyendo al equipo contrario), condiciones ambientales, cohesión del equipo, competencias de local o visitante y viajes.

En los deportes individuales como el ciclismo, natación y triatlón, la fatiga generalmente es el resultado de cargas altas de entrenamiento, y el manejo de estas cargas durante la monitorización puede ser particularmente importante (Pyne & Martin, 2011). La monitorización de la carga generalmente está basada en el volumen, duración e intensidad del entrenamiento junto con los indicadores de percepción de fatiga como el RPE.

### UTILIZANDO UN ACERCAMIENTO BASADO EN SISTEMAS

Con el incremento en la cantidad de datos disponibles que ofrecen los dispositivos como el GPS, el video digital, los dispositivos SRM y su combinación con las mediciones de la carga interna como la frecuencia cardíaca, los cuestionarios y las percepciones de fatiga, surge la necesidad de incorporar esta información en una base de datos y un sistema de manejo de datos que sean eficientes para acceder a información significativa. De acuerdo a Pyne & Martin (2011), "el futuro del manejo de la fatiga en el deporte elite es un enfoque basado en sistemas que integren pruebas diagnósticas bien escogidas, con tecnología de sensores inteligentes, bases de datos y sistemas de manejo de datos en tiempo real". Actualmente existen numerosos sistemas de monitorización de atletas comerciales como Training Peaks™, Kinetic Athlete y Smartabase, que permiten la integración de datos y herramientas de reportes sencillos que se han convertido cada vez más populares en el deporte de alto rendimiento.

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN SUSTENTABLE

Es crítico tener un sistema de monitorización efectivo y sustentable que asegure que los datos son capturados y reportados efectivamente. La Tabla 2 identifica diversas características principales de dicho sistema.

**Tabla 2. Características principales de un Sistema de Monitorización Sustentable**

Fácil de usar/diseño intuitivo

Reporte de resultados eficiente

Que pueda ser utilizado con o sin conexión a Internet, por ejemplo, disponible para ser utilizado de forma remota efectivamente

Los datos deben ser fáciles de traducir en resultados simples, como la magnitud del efecto

El sistema deberá ser flexible y adaptable a diferentes deportes y atletas

La identificación de un cambio significativo deberá ser simple y eficiente

Deberá incluir la medición de la función cognitiva

Deberá estar disponible para aportar respuestas tanto individuales como de grupo.

### APLICACIONES PRÁCTICAS

- Las herramientas de monitorización deben ser específicas al deporte y pueden utilizarse más de una para asegurar que la información aportada sea precisa.
- La monitorización debe ser lo suficientemente frecuente para aportar la información necesaria; sin embargo, no tan seguido como para que reduzca el desempeño. Las mediciones semanales son comunes en los programas de alto rendimiento.
- La retroalimentación que los entrenadores y atletas reciban tan pronto como sea posible después de la colección de datos, deberá ser fácil de interpretar e incluir indicadores simples sobre si las mediciones de los cambios son significativas y/o si se requiere alguna intervención.
- La monitorización debe ser sustentable desde una perspectiva financiera y humana, ser un agregado más al programa de entrenamiento y tomar el menor tiempo posible para que el atleta lo realice.

### CONCLUSIONES

Utilizar los principios científicos para el monitorizar la carga puede ser una forma muy importante de reducir el riesgo de sobrecarga no funcional, enfermedad o lesión. Con muchos atletas expuestos a cargas altas de entrenamiento y gran estrés de entrenamiento y competencias, es necesario manejar los riesgos asociados con los resultados negativos posibles y mantener una salud fisiológica y psicológica óptima así como el bienestar del atleta. Ya que se ha descrito un amplio rango de mediciones potenciales de la carga externa e interna, y que también están involucrados numerosos factores que determinan las razones a favor y en contra de la monitorización de la carga, se deberá evaluar de forma apropiada el tipo de monitorización necesaria para evaluar los cambios en el deporte de conjunto e individual. Si se aporta una retroalimentación simple y precisa al atleta y entrenador, la monitorización de la carga resultará en un conocimiento enriquecedor para mejorar las respuestas al entrenamiento, ayudar al diseño de programas de entrenamiento, aportar una mejor vía de comunicación entre el equipo de apoyo, atletas y entrenadores y finalmente mejorar el rendimiento del atleta.

## REFERENCIAS

- Achten, J., and A. E. Jeukendrup (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med.* 33 :517-38.
- Akubat, I., E. Patel, S. Barrett, and G. Abt (2012). Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players. *J. Sports Sci.* 30:1473-1480.
- Aughey, R.J. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 6:295-310.
- Bagger, M., P.H. Petersen, and P.K. Pedersen (2003). Biological variation in variables associated with exercise training. *Int. J. Sports Med.* 24:433-440.
- Beneke, R., R.M. Leithauser, and O. Ochentel (2011). Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 6:8-24.
- Borresen, J., and M.I. Lambert (2008). Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 3:16-30.
- Borresen, J., and M.I. Lambert (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Med.* 39:779-795.
- Chen, M.J., X. Fan, and S.T. Moe (2002). Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *J. Sports Sci.* 20:873-899.
- Daanen, H.A., R.P. Lamberts, V.L. Kallen, A. Jin, and N.L. Van Meeteren (2012). A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 7:251-260.
- Edwards, S. (1993). High performance training and racing. In: S. Edwards (ed) *The Heart Rate Monitor Book*. Sacramento: Feet Fleet Press, pp. 113-123.
- Foster, C. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:1164-1168.
- Halsón, S. L., and A. E. Jeukendrup (2004). Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med.* 34:967-81.
- Halsón, S. (2014). Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep. *Sports Med.* 44 Suppl 1:S13-23.
- Hopkins, W.G. (1991). Quantification of training in competitive sports. *Methods and applications.* *Sports Med.* 12:161-183.
- Jobson, S.A., L. Passfield, G. Atkinson, G. Barton, and P. Scarf (2009). The analysis and utilization of cycling training data. *Sports Med.* 39:833-844.
- Kellmann, M., and K.W. Kallus (2000). *The recovery-stress-questionnaire for athletes*. Frankfurt, Germany: Swets Test Services.
- Kentta, G., and P. Hassmen (1998). Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Med.* 26:1-16.
- Lovell, R., and G. Abt (2013). Individualisation of time-motion analysis: A case-cohort example. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 8:456-458.
- Lucia, A., J. Hoyos, M. Perez, and J.L. Chicharro (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32:1777-1782.
- Manzi, V., F. Iellamo, F. Impellizzeri, S. D'Ottavio, and C. Castagna (2009). Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 41:2090-2096.
- Martin, D.T., and B. Andersen (2000). Heart rate-perceived exertion relationship during training and taper. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 40:201-208.
- Morgan, W.P., D.R. Brown, J.S. Raglin, P.J. O'Connor, and K.A. Ellickson (1987). Psychological monitoring of overtraining and staleness. *Br. J. Sports Med.* 21:107-114.
- Morton, R.H, J.R. Fitz-Clarke, and E.W. Banister (1990). Modeling human performance in running. *J. Appl. Physiol.* 69:1171-1177.
- Oxford English Dictionary Online. Retrieved September 1, 2014, from <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/monitor>.
- Pyne, D.B., and D.T. Martin (2011). Fatigue-insights from individual and team sports. In: F.E. Marino (ed) *Regulation of Fatigue in Exercise*. New York: Nova Science, pp. 177-185.
- Rushall, B.S. A tool for measuring stress tolerance in elite athletes (1990). *J. Appl. Sport Psych.* 2:51-66.
- Shetler, K., R. Marcus, V.F. Froelicher, S. Vora, D. Kaisetti, M. Prakash, D. Do, and J. Myers (2001). Heart rate recovery: validation and methodologic issues. *J. Am. Coll. Cardiol.* 38:1980-1987.
- Snyder, A.C., A.E. Jeukendrup, M.K. Hesselink, H. Kuipers, and C.A. Foster (1993). Physiological/psychological indicators of over-reaching during intensive training. *Int. J. Sports Med.* 14:29-32.
- Taylor, K. (2012). Fatigue monitoring in high performance sport: A survey of current trends. *J. Aus. Strength Cond.* 20:12-23.
- Twist, C., and J. Highton (2013). Monitoring fatigue and recovery in rugby league players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 8:467-474.
- Wallace, L.K., K.M. Slattery, and A.J. Coutts (2009). The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *J. Strength Cond. Res.* 23:33-38.

## TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: Halsón S. (2014). Monitoring Fatigue and Recovery Sports Science Exchange 135, Vol. 27, No. 135, 1-6, por el Dr. Samuel Alberto García Castrejón.