

Módulo 1. Integración de *wearables* en programas de entrenamiento

El deporte de alto rendimiento ha evolucionado significativamente con la integración de tecnologías avanzadas y el uso de datos fisiológicos para optimizar el rendimiento de los atletas. El análisis de datos se ha convertido en una herramienta importante para entrenadores, preparadores físicos y cuerpos médicos, ya que permite una toma de decisiones basada en evidencia. En este capítulo se examina cómo el análisis de datos puede contribuir a mejorar el rendimiento, facilitar la recuperación, prevenir lesiones y optimizar las cargas de entrenamiento. También se aborda la integración de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, el *big data* y la monitorización remota.

Unidad 1. Estrategias de incorporación

La incorporación de la monitorización fisiológica en el entrenamiento diario requiere una estrategia bien pensada y adaptada al contexto específico de cada deportista o equipo. Para que este tipo de control tenga un impacto real en el rendimiento y la prevención de lesiones, no basta con adquirir dispositivos tecnológicos: es necesario integrar su uso de forma natural dentro de la rutina del entrenamiento y asegurar la comprensión de su propósito por parte de todos los implicados.

Una de las primeras consideraciones al introducir estas prácticas es la elección de qué variables monitorizar y con qué frecuencia. Es recomendable comenzar por unos pocos indicadores clave, como la variabilidad de la frecuencia cardíaca (*HRV*), el sueño y la percepción subjetiva del esfuerzo (*RPE*). Estos parámetros ofrecen una visión clara del estado de recuperación, la carga interna y el equilibrio físico-mental del atleta, y son relativamente fáciles de recolectar de forma diaria con dispositivos accesibles y fiables.

Para que los datos recogidos tengan valor, deben obtenerse de manera constante y en momentos estandarizados. Por ejemplo, medir la *HRV* al despertarse todos los días permite comparar los valores en condiciones similares. De igual modo, registrar la *RPE* inmediatamente después del entrenamiento ofrece una lectura fiable del impacto de la sesión. Establecer rutinas fijas —como un chequeo matinal rápido o un reporte posentrenamiento de dos minutos— ayuda a automatizar el proceso sin interrumpir la dinámica deportiva.

El uso de guías ayuda considerablemente a establecer estrategias adecuadas para la monitorización de parámetros fisiológicos. En este sentido, una referencia destacada que



se puede seguir para monitorizar la HRV son las *Best Practice Guidelines for Measurement, Analysis and Interpretation of Resting Heart Rate and Heart Rate Variability in Athletes*, un documento de consenso elaborado por especialistas en fisiología y rendimiento deportivo (Bellenger, 2023). Estas guías ofrecen recomendaciones precisas sobre cómo, cuándo y en qué condiciones realizar las mediciones de frecuencia cardíaca en reposo (RHR) y variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV), dos de los indicadores más utilizados para evaluar el estado de recuperación, el nivel de carga interna y el equilibrio del sistema nervioso autónomo.

Se destaca, por ejemplo, la importancia de realizar las mediciones en condiciones estables, preferentemente al despertar, en posición supina o sentada, sin estímulos externos y utilizando dispositivos validados científicamente. También se abordan aspectos importantes, como la duración mínima de las mediciones, la necesidad de recoger datos durante varios días para establecer patrones fiables y las mejores formas de interpretar los resultados tanto a nivel individual como colectivo.

Aplicar estas recomendaciones permite reducir la variabilidad de los datos, mejorar su fiabilidad y tomar decisiones más fundamentadas sobre ajustes en la carga, planificación del descanso o prevención del sobreentrenamiento. Además, al seguir un protocolo aceptado internacionalmente, se facilita la comparación de datos entre atletas, temporadas o contextos, lo que añade valor al proceso de análisis longitudinal. Incorporar estas buenas prácticas en la rutina de trabajo no solo mejora la calidad del monitoreo, sino que refuerza la confianza del equipo técnico y del deportista en el valor real de los datos obtenidos.

Un ejemplo ilustrativo de lo anterior es la influencia que puede tener la postura corporal en los resultados de la HRV. Aunque se han utilizado posturas supinas, sentadas y de pie para la recolección puntual de datos, se recomienda optar por la postura sentada o de pie, ya que introducen un nivel leve, pero sostenido, de modulación simpática, lo cual evita el fenómeno conocido como «saturación parasimpática». Este fenómeno, que puede observarse sobre todo en atletas de resistencia de alto nivel con volúmenes elevados de entrenamiento, consiste en una reducción paradójica de la HRV (medida, por ejemplo, a través del RMSSD) como consecuencia de una hiperactividad del sistema parasimpático.

En contextos donde esta saturación pueda estar presente, se sugiere complementar el análisis del RMSSD con el cociente entre RMSSD y el intervalo RR para obtener una interpretación más precisa del estado autonómico. En términos prácticos, se considera que las mediciones realizadas en posición sentada o de pie son más sensibles para detectar el estado real del sistema nervioso autónomo, siendo más representativas del nivel de estrés fisiológico y del estado adaptativo del atleta. Además, la postura sentada suele ser más cómoda y fácil de mantener que la postura de pie, lo que facilita su aplicación diaria en contextos de entrenamiento.



Evidentemente, estas recomendaciones no pueden aplicarse a las mediciones nocturnas, donde el atleta permanece en decúbito; sin embargo, cuando se trata de evaluaciones diarias y programadas, seguir estas indicaciones mejora significativamente la fiabilidad y utilidad de los datos recogidos. Aplicar estos estándares permite reducir la variabilidad de las condiciones de medición, mejorar la comparabilidad de los resultados y fortalecer la capacidad de utilizar la HRV como herramienta real de control del entrenamiento y la recuperación.

Otro aspecto importante es la integración de esta información en la toma de decisiones cotidianas. Los datos deben utilizarse para ajustar las cargas de entrenamiento, determinar si un deportista requiere un día de recuperación activa o anticipar posibles situaciones de sobrecarga. Para lograrlo, el cuerpo técnico debe revisar los datos con regularidad, idealmente en reuniones breves semanales, en las que se analicen tendencias, se detecten anomalías y se adopten medidas preventivas o correctivas.

La comunicación entre el deportista y el equipo técnico es fundamental en este proceso. Es importante que el atleta comprenda el propósito de cada medición, cómo puede beneficiarlo y que se sienta parte activa del proceso. Cuando esto ocurre, la adherencia a la rutina de monitorización mejora notablemente y se fomenta una cultura de autorregulación y responsabilidad. En este sentido, también resulta útil formar a los deportistas para que sepan interpretar sus propios datos, al menos de forma básica.

Desde el punto de vista técnico, conviene utilizar plataformas que integren los datos recogidos en un solo sistema, lo que permite una visualización clara y una interpretación sencilla. El exceso de datos sin contexto puede ser contraproducente; por ello, es preferible trabajar con pocas métricas bien seleccionadas y contextualizadas. Con el tiempo, se puede ampliar el número de variables monitorizadas, siempre que exista una utilidad práctica y se mantenga la consistencia en la recolección.

Por último, la monitorización no debe convertirse en una carga ni para el cuerpo técnico ni para el deportista. Debe ser un proceso fluido, casi imperceptible, que se integre de manera natural en la rutina diaria. La clave está en equilibrar el uso de la tecnología con la experiencia y la intuición, y emplear los datos como una herramienta complementaria para mejorar el rendimiento, proteger la salud del atleta y respaldar la toma de decisiones fundamentadas.

Uso de dispositivos adecuados

La selección de dispositivos adecuados para la monitorización fisiológica es un paso fundamental para garantizar que la recolección de datos sea fiable, práctica y útil. No



todos los dispositivos son apropiados para todos los contextos, por lo que la elección debe basarse en varios factores: el tipo de deporte, el nivel competitivo, los objetivos del control fisiológico, el presupuesto disponible y el grado de formación técnica tanto del cuerpo técnico como de los deportistas.

El primer aspecto a considerar es la validez científica del dispositivo. Muchos productos disponibles en el mercado ofrecen métricas avanzadas, pero no todos han sido validados por estudios independientes. Por ello, se recomienda optar por aquellos que cuenten con respaldo científico y hayan demostrado precisión en condiciones reales de entrenamiento o competición. Dispositivos como bandas de frecuencia cardíaca, sensores de HRV, plataformas GPS o monitores de sueño deben ser fiables y coherentes en sus mediciones para que la interpretación de los datos sea significativa.

También resulta relevante considerar la comodidad y facilidad de uso. Si un dispositivo es incómodo, requiere mucho tiempo para configurarse o interfiere con la práctica deportiva, es poco probable que se mantenga su uso de forma constante. Por esta razón, es preferible optar por herramientas que puedan emplearse sin alterar la rutina habitual del entrenamiento: sensores portátiles, relojes deportivos, camisetas con sensores integrados, aplicaciones móviles con sincronización automática, entre otros. Cuanto más simple y accesible sea el proceso de recolección de datos, mayor será la adherencia y menor la resistencia por parte del deportista.

Además, se debe considerar la compatibilidad entre dispositivos y su integración con plataformas de análisis. En muchos casos se utilizan diferentes tecnologías para monitorizar distintas variables (por ejemplo, frecuencia cardíaca, carga de entrenamiento y sueño). Lo ideal es que estos datos puedan integrarse en una sola interfaz que permita su análisis conjunto. Existen sistemas que agrupan toda esta información, generando paneles visuales y alertas automáticas que facilitan la toma de decisiones.

Otro criterio importante es la durabilidad y adaptabilidad al entorno. En deportes de campo o de montaña, por ejemplo, es necesario que los dispositivos sean resistentes al agua, al polvo o a temperaturas extremas. En deportes de contacto, deben ser seguros para evitar lesiones o interferencias. En disciplinas de sala, en cambio, la prioridad puede ser la precisión en la medición del movimiento o del esfuerzo. Cada deporte tiene necesidades específicas, por lo que no existe una solución universal. La elección del dispositivo debe estar alineada con las características de la disciplina y con las preguntas que se pretende responder a través de los datos.

También es relevante tener en cuenta la frecuencia de uso. Algunos dispositivos son adecuados para evaluaciones puntuales, como los medidores de lactato o los analizadores de composición corporal, mientras que otros están diseñados para un uso diario, como los sensores de HRV o los monitores de sueño. Esta diferencia es



determinante al planificar rutinas de control, ya que no todos los parámetros requieren ser medidos con la misma frecuencia ni con el mismo nivel de detalle.

Finalmente, el factor económico no debe pasarse por alto. Aunque existen dispositivos de alta gama con múltiples funciones, en muchos contextos es posible comenzar con soluciones más simples y accesibles que proporcionan datos útiles y fiables. Lo fundamental es que el dispositivo seleccionado pueda integrarse en la rutina diaria sin grandes barreras técnicas o logísticas, y que aporte información relevante para el proceso de entrenamiento.

En síntesis, la elección de dispositivos debe ser estratégica. Más allá de la tecnología, lo verdaderamente importante es que los datos recolectados sean útiles, aplicables y sostenibles en el tiempo. La tecnología debe adaptarse al deporte, y no al revés, y estar siempre al servicio de las decisiones técnicas, médicas y deportivas orientadas a optimizar el rendimiento y preservar la salud del atleta.

Cómo resumir los datos para poder facilitar la interpretación

En el contexto del monitoreo fisiológico deportivo, uno de los principales desafíos es sintetizar y resumir la gran cantidad de datos generados, de modo que su interpretación y utilización para la toma de decisiones resulten efectivas. La variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) es uno de los indicadores más valiosos para evaluar el estado de recuperación, la adaptación al entrenamiento y la carga interna del atleta; sin embargo, su carácter dinámico y su alta variabilidad diaria pueden dificultar el análisis si se considera un único valor aislado.

Por esta razón, la evidencia científica sugiere que la utilización de promedios móviles (*rolling averages*) a lo largo de varios días mejora significativamente la sensibilidad para detectar cambios fisiológicos inducidos por el entrenamiento, en comparación con valores puntuales recogidos en un solo día. En particular, un promedio móvil de siete días resulta más eficaz para suavizar la variabilidad natural diaria y captar tendencias reales en el estado fisiológico del deportista (Plews et al., 2013; Le Meur et al., 2013). Para que este promedio sea válido, se requiere al menos un mínimo de tres mediciones dentro de ese periodo semanal.

No obstante, un problema creciente en la práctica actual es que muchos de los dispositivos de consumo utilizados para registrar la HRV —como anillos inteligentes, relojes deportivos o pulseras de actividad— emiten alertas o calificaciones como «recuperación baja», «estrés elevado» o «preparación óptima» sin explicar claramente cómo se realiza esa interpretación. En la mayoría de los casos, los algoritmos propietarios que determinan si un valor es «bueno» o «malo» no transparentan qué método se ha utilizado para calcular la media de referencia ni cómo se define el umbral de cambio significativo. Esto dificulta tanto la validación externa de sus resultados como su



aplicación práctica por parte de entrenadores y atletas que buscan una comprensión profunda y contextualizada del estado fisiológico del deportista.

En este sentido, es importante recordar que el valor aislado de la HRV correspondiente a un único día debe interpretarse en relación con una línea base individual, y que las fluctuaciones naturales solo adquieren sentido cuando se enmarcan dentro de un sistema de análisis que contemple el historial reciente. Idealmente, este análisis debe incorporar estadísticas personalizadas como el promedio de los últimos siete o sesenta días, el coeficiente de variación y el cambio significativo más pequeño (*smallest worthwhile change*, SWC, por sus siglas en inglés). La falta de acceso a estos cálculos intermedios limita la utilidad real de los dispositivos comerciales como herramientas de monitorización avanzada, especialmente si se utilizan como fuente principal para tomar decisiones relacionadas con la carga de entrenamiento, el descanso o la prevención de lesiones.

Además, para captar tanto las fluctuaciones a corto plazo como las adaptaciones a largo plazo, algunas plataformas de monitorización avanzadas emplean múltiples promedios móviles: uno de cuatro días para detectar cambios agudos (conocido como ATL) y otro de veintiocho días para identificar tendencias crónicas (conocido como CTL) en la frecuencia cardíaca y la HRV. Esta estrategia dual es teóricamente sólida, aunque aún no se ha determinado con exactitud cuál es el número óptimo de días necesario para reflejar cada tipo de respuesta fisiológica.

Un segundo aspecto relevante para facilitar la interpretación de los datos es el uso de estadísticas que permitan determinar si un cambio observado en la HRV es significativo o simplemente refleja la variabilidad natural del atleta. Para ello se utiliza el coeficiente de variación (CV), que calcula la dispersión relativa de los valores de frecuencia cardíaca o HRV en un periodo determinado. Este coeficiente se expresa como el cociente entre la desviación estándar y la media, multiplicado por cien para obtener un porcentaje. Aunque no existe un consenso definitivo sobre el periodo temporal óptimo para calcular este valor, debe ser lo suficientemente largo como para reflejar un estado fisiológico estable, incluyendo tanto fases de carga como de recuperación. Por ejemplo, el panel de control AMS emplea un CV calculado sobre sesenta días, ya que este lapso ofrece un equilibrio adecuado: no es excesivamente sensible a cambios agudos ni tan prolongado como para diluir las adaptaciones crónicas, lo que permite reflejar de manera más precisa el estado actual del atleta.

Este CV también se utiliza para establecer el «cambio mínimo significativo» (SWC) dentro del mismo atleta. A diferencia de variables de rendimiento más directas y cuantificables, como los tiempos en competencia, la HRV es una medida fisiológica compleja, por lo que el SWC debe estimarse en función de la variabilidad individual. El panel de control AMS calcula el SWC multiplicando el CV del atleta por un factor de 0,5, lo que proporciona un umbral pragmático para distinguir cambios verdaderamente relevantes en la HRV.



Finalmente, la identificación de un cambio significativo debe realizarse en torno a un valor «típico» o de referencia de HRV para ese atleta, lo que facilita la interpretación de si una variación es positiva o negativa en términos de adaptación al entrenamiento. Nuevamente, aunque no existe consenso sobre cuál es el mejor valor típico, el uso de un promedio móvil de sesenta días para la HRV, como propone el panel AMS, ofrece una línea base estable y representativa del estado fisiológico actual del deportista. Así, cualquier medición de lnRMSSD (una métrica común de HRV) que supere el promedio de sesenta días más o menos el SWC será considerada un cambio significativo, y deberá interpretarse como una adaptación relevante, ya sea positiva (mejora en el estado de recuperación y adaptación) o negativa (indicativo de fatiga o sobrecarga).

En resumen, la síntesis inteligente de los datos fisiológicos mediante promedios móviles y estadísticas individualizadas no solo mejora la precisión y la sensibilidad del monitoreo, sino que también simplifica la comunicación de los resultados a entrenadores y atletas. Al reducir el ruido inherente a las mediciones diarias, se facilita la identificación temprana de tendencias significativas, lo que a su vez permite realizar ajustes oportunos en la carga de entrenamiento y en las estrategias de recuperación. Esto representa un avance importante para transformar grandes volúmenes de datos en información útil, práctica y aplicable dentro del contexto del deporte de alto rendimiento.

Un enfoque complementario para simplificar la interpretación es la categorización del estado del atleta mediante sistemas tipo «semáforo», que codifican en colores (verde, amarillo, rojo) el nivel de riesgo o de fatiga detectado a partir de la HRV y otros indicadores. Por ejemplo, cuando la HRV se mantiene dentro del rango esperado o mejora con respecto a la línea base, el sistema muestra una luz verde, lo que indica que el atleta se encuentra en condiciones favorables para entrenamientos intensos. Por el contrario, una disminución significativa de la HRV por debajo del SWC puede activar una luz amarilla o roja, alertando sobre una posible fatiga, sobrecarga o riesgo de lesión, y sugiriendo la necesidad de ajustar la carga o implementar estrategias de recuperación.

Adicionalmente, la integración de múltiples variables fisiológicas y subjetivas —como la frecuencia cardíaca en reposo, la calidad del sueño, los niveles de estrés percibido o el estado de ánimo— en un análisis multivariado permite obtener un panorama más completo del estado del deportista. Al cruzar estos datos, es posible identificar patrones complejos que no serían evidentes si se evaluaran los indicadores de forma aislada. Por ejemplo, una baja HRV combinada con mala calidad del sueño y un aumento en la percepción del esfuerzo puede constituir un indicio más sólido de sobrecarga que cualquiera de estos parámetros por separado.

En cuanto a la periodicidad en la toma de datos, se recomienda establecer rutinas de medición que aseguren la consistencia y la fiabilidad. Lo ideal es realizar las mediciones a la misma hora y en condiciones similares (por ejemplo, al despertar y antes de levantarse), con el fin de reducir la influencia de factores externos y facilitar las



comparaciones longitudinales. Esta regularidad contribuye a que los promedios móviles sean más precisos y que los cambios detectados reflejen de manera más fiel la evolución fisiológica del atleta.

Para ilustrar cómo puede aplicarse esta metodología en un contexto real, se puede considerar el caso de un ciclista de resistencia que busca optimizar su entrenamiento y evitar el sobreentrenamiento. Este atleta realiza mediciones diarias de su variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) al despertar, utilizando un dispositivo *wearable* validado que registra los datos en posición sentada, conforme a las recomendaciones para evitar la saturación del sistema parasimpático y obtener una lectura más sensible del estado autonómico.

Durante las primeras semanas, el ciclista acumula datos suficientes para calcular un promedio móvil de siete días y un coeficiente de variación (CV) a sesenta días, estableciendo así una línea base personalizada que refleja su estado fisiológico habitual. Con esta información, el entrenador puede observar cómo las variaciones diarias se relacionan con las cargas de entrenamiento aplicadas.

Por ejemplo, tras una serie de sesiones de alta intensidad, el ciclista presenta una disminución sostenida en su HRV que supera el menor cambio significativo (SWC) calculado para él. Esta señal, combinada con reportes subjetivos de fatiga y una leve disminución en la calidad del sueño, alerta al entrenador sobre un posible inicio de sobrecarga. En respuesta, se decide implementar un día de recuperación activa, reduciendo la intensidad y el volumen del entrenamiento, y monitorizando la respuesta del ciclista en los días siguientes.

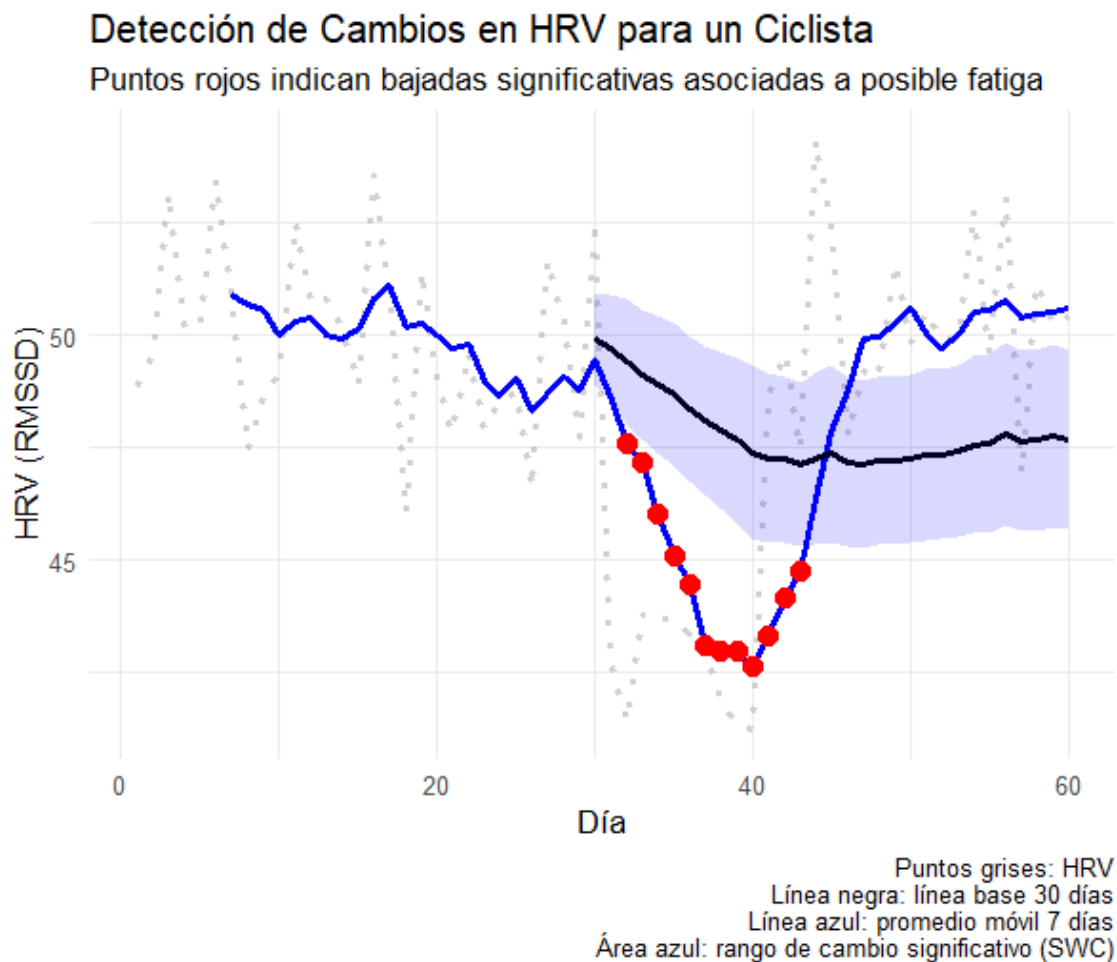
Gracias al uso del promedio móvil de siete días, el entrenador no se ve influenciado por fluctuaciones puntuales que podrían ser normales o provocadas por factores externos, sino que toma decisiones basadas en tendencias reales y sostenidas. A lo largo del ciclo de entrenamiento, también se emplean promedios móviles de cuatro y veintiocho días para detectar cambios más agudos o adaptaciones crónicas, ajustando la planificación según corresponda.

De este modo, la monitorización constante y el análisis estadístico riguroso permiten al ciclista y a su equipo técnico maximizar el rendimiento, evitando tanto la fatiga excesiva como la falta de estímulos necesarios para progresar. La comunicación abierta y la formación del deportista en la interpretación de sus propios datos fortalecen, además, la adherencia al programa y la capacidad de autorregulación, elementos clave para el éxito a largo plazo.

La figura 1 muestra un ejemplo real de un ciclista de 53 años, al que se le ha monitorizado diariamente la HRV durante la noche con un Garmin Vivosmart 5.



Figura 1. Evolución del HRV medido durante la noche en un ciclista amateur de 53 años



Fuente: Altini, 2021, <https://goo.su/wRoB38>

En la gráfica se observan tres líneas principales y un área sombreada que ayuda a interpretar la variabilidad del HRV en el ciclista:

- La **línea negra** representa la línea base del HRV, calculada como el promedio móvil de 30 días. Esta línea nos da una referencia estable del estado fisiológico del atleta a medio plazo, considerando tanto períodos de carga como de recuperación.
- La **línea azul** muestra el promedio móvil de 7 días (del HRV), que responde más rápidamente a cambios agudos en el HRV. Esta línea fluctúa más y es la que usamos para detectar respuestas inmediatas al entrenamiento o al estrés.
- El **área azul clara** alrededor de la línea base (negra) representa el rango de cambio significativo, basado en el SWC. Cualquier valor de HRV fuera de este rango puede considerarse un cambio relevante en el estado fisiológico del ciclista.

- Los **puntos rojos** indican los días en los que el promedio móvil de 7 días baja por debajo del límite inferior del rango de cambio significativo (SWC inferior). Esto sugiere que el ciclista está experimentando una reducción significativa en su HRV, que suele estar asociada con un aumento del estrés fisiológico o fatiga.

¿Qué significa esto en la práctica?

Cuando la HRV de corto plazo (línea azul) se mantiene dentro del rango sombreado, puede interpretarse que el ciclista se encuentra en un estado fisiológico estable o transitando una adaptación normal al entrenamiento.

En cambio, la aparición de puntos rojos señala una caída pronunciada en la HRV, lo que suele estar relacionado con fatiga acumulada, estrés elevado, falta de recuperación o incluso el inicio de un proceso de sobreentrenamiento.

Frente a estas señales, tanto el entrenador como el propio ciclista pueden tomar decisiones informadas: ajustar la carga de trabajo, incorporar más descanso o implementar estrategias de recuperación que ayuden a prevenir una baja en el rendimiento o la aparición de lesiones.

Por eso, combinar el análisis a corto plazo (7 días) con el de mediano plazo (30 días) resulta útil para distinguir entre variaciones normales y cambios que realmente reflejan una alteración significativa en el estado fisiológico.

Capacitación en el uso y comprensión de datos

La integración efectiva de datos fisiológicos en el entrenamiento deportivo requiere mucho más que tecnología avanzada; implica, ante todo, una comprensión profunda por parte de todos los actores involucrados. En este sentido, la capacitación en el uso e interpretación de datos se vuelve un componente clave para aprovechar al máximo el potencial de la monitorización. Tanto entrenadores como atletas necesitan formación no solo en el manejo de dispositivos y plataformas digitales, sino también en la lectura crítica de las métricas y su aplicación práctica en contextos reales de entrenamiento y competición.

Uno de los primeros desafíos a superar es la alfabetización digital y científica. Muchos profesionales del deporte todavía enfrentan dificultades para interpretar adecuadamente métricas complejas, como la carga interna (a partir de indicadores como la percepción subjetiva del esfuerzo o los niveles de lactato), la carga externa (distancia, velocidad, potencia), los datos de recuperación (frecuencia cardíaca en reposo, calidad del sueño, HRV) o parámetros biomecánicos (variabilidad en la zancada, simetría, eficiencia de pedaleo, entre otros). Sin una formación estructurada, existe el riesgo de interpretar como



alarmas fluctuaciones que son normales, o de pasar por alto información relevante por falta de criterio analítico.

Por ello, los programas de formación deben ir más allá de explicar qué mide cada parámetro; deben ayudar a contextualizar su significado según el deporte, la disciplina, el momento de la temporada y el perfil individual del atleta. Un mismo valor de frecuencia cardíaca, por ejemplo, puede reflejar una buena condición física en un ciclista bien entrenado, o bien indicar fatiga en un corredor de fondo tras un bloque de carga intenso. Del mismo modo, una caída en la calidad del sueño puede tener interpretaciones muy distintas si ocurre durante una semana de competición o en un periodo de descanso.

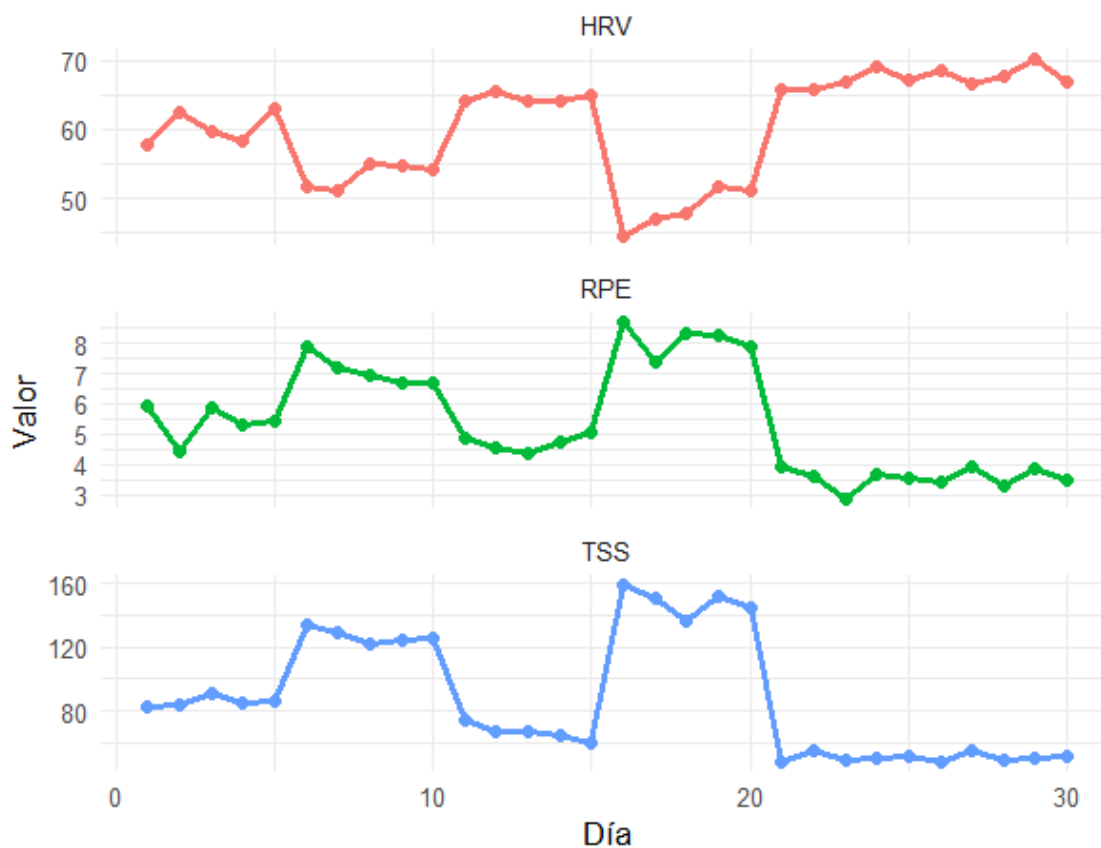
Otro aspecto fundamental es la capacidad de interpretar tendencias a lo largo del tiempo, en lugar de centrarse en datos aislados. Una forma sencilla de hacerlo —y perfectamente viable si se logra integrar la información de distintos dispositivos— consiste en vincular valores individuales tomados en un mismo día y observar cómo evolucionan en conjunto. Por ejemplo, si se combinan registros de HRV obtenidos con anillos inteligentes, la carga de trabajo (TSS) medida por GPS y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) registrada mediante una aplicación, es posible visualizar correlaciones relevantes. La figura 2 muestra cómo las fases de carga (valores elevados de TSS) y descarga (valores bajos) están bien definidas; al mismo tiempo, se observa una disminución de la HRV durante las fases de sobrecarga, lo que indica estrés fisiológico, y un aumento del RPE, que persiste incluso cuando el TSS disminuye brevemente, lo que sugiere fatiga acumulada.

Figura 2. Evolución mensual de un ciclista durante un mes de entrenamiento



Respuesta fisiológica y percepción de esfuerzo en ciclismo

Evolución de TSS, HRV y RPE durante 30 días



Fuente: Altini, 2021, <https://goo.su/wRoB38>

Para que la monitorización sea realmente útil, es fundamental que los usuarios aprendan a identificar patrones relevantes en las métricas clave, así como a distinguir entre variaciones esperadas y posibles señales de alerta. La formación debe enfocarse en el desarrollo de habilidades como la lectura de promedios móviles, el análisis del coeficiente de variación (CV), la interpretación de umbrales individuales y la comparación con valores base personalizados.

No obstante, la capacitación no puede centrarse únicamente en los aspectos técnicos o fisiológicos. También es necesario fortalecer competencias en comunicación y en la toma de decisiones basada en datos. Un entrenador debe ser capaz de traducir los resultados del análisis en ajustes concretos en la planificación del entrenamiento, y el deportista debe sentirse con las herramientas necesarias para dialogar sobre su estado físico a partir de la información obtenida. Para ello, es clave fomentar una cultura de confianza y colaboración, en la que los datos no se perciban como un mecanismo de control, sino como una herramienta compartida al servicio del rendimiento y el bienestar.

La formación práctica cumple un rol central en este proceso. Idealmente, los programas de capacitación deberían combinar instancias teóricas con ejercicios aplicados, en los



que los usuarios trabajen con datos reales o simulados, interpreten gráficos, identifiquen anomalías, formulen hipótesis y propongan acciones correctivas. También resulta útil incluir casos de estudio y ejemplos provenientes de distintos deportes y perfiles de atletas, con el fin de mostrar la diversidad de aplicaciones y enfoques posibles.

Por último, es fundamental comprender que interpretar métricas clave no implica memorizar rangos de referencia genéricos, sino aprender a construir un marco de análisis individualizado y dinámico. Las métricas más utilizadas —como el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.), la frecuencia cardíaca en diferentes umbrales, la tasa de recuperación, la variabilidad de la frecuencia cardíaca, el balance de carga aguda-crónica (ACWR, por sus siglas en inglés *acute chronic work ratio*), la eficiencia mecánica, el tiempo en zonas de intensidad, entre muchas otras— deben integrarse dentro de una visión global del rendimiento, que contemple tanto los aspectos físicos como los psicológicos y contextuales.

En resumen, la capacitación en el uso y comprensión de datos es una inversión imprescindible para cualquier entorno deportivo que aspire a utilizar la monitorización de forma efectiva. Implica dotar a entrenadores y atletas de herramientas conceptuales, técnicas y prácticas para transformar los datos en decisiones informadas. Solo así se puede lograr una aplicación verdaderamente individualizada, inteligente y sostenible de la tecnología en el deporte de alto rendimiento.

Comunicación y *feedback* continuo

La monitorización en el entrenamiento deportivo pierde impacto si los datos no se traducen en acciones concretas, ajustes significativos y una comprensión compartida. Para que la información recogida durante las sesiones tenga un verdadero valor transformador, es fundamental establecer canales efectivos de comunicación y retroalimentación continua entre todos los actores involucrados, especialmente entre el entrenador y el atleta. Esta interacción fluida no solo enriquece la interpretación de los datos, sino que también fortalece la relación interpersonal y profesional que sostiene el proceso de entrenamiento.

El primer aspecto clave es entender que la comunicación no debe ser puntual ni esporádica, sino constante y adaptable. A lo largo de un ciclo de entrenamiento, las condiciones físicas, psicológicas y contextuales del deportista pueden cambiar significativamente, y es a través de una comunicación continua como estas variaciones pueden ser detectadas, comprendidas y abordadas de forma adecuada. En este contexto, el *feedback* no debe entenderse como una simple devolución del entrenador al atleta, sino como un intercambio bidireccional, donde las percepciones, sensaciones y observaciones del deportista tienen un valor tan relevante como las métricas objetivas registradas por los dispositivos de seguimiento.



Uno de los grandes desafíos de la implementación de la tecnología en el deporte ha sido precisamente evitar que los datos deshumanicen el proceso de entrenamiento. La interpretación de las métricas debe ser acompañada por una escucha activa y una disposición abierta al diálogo. Por ejemplo, un descenso en la variabilidad de la frecuencia cardíaca puede ser una señal de fatiga acumulada, pero también puede deberse a factores externos como el estrés académico, una mala noche de sueño o una alimentación inadecuada. Solo mediante una comunicación cercana con el atleta se puede identificar la causa real y tomar decisiones acertadas.

Herramientas para compartir información

Es fundamental que tanto entrenadores como atletas estén capacitados no solo para comprender los datos, sino también para compartirlos, analizarlos en conjunto y extraer conclusiones útiles. Esta dinámica requiere no solo una alfabetización digital básica, sino también habilidades blandas como la empatía, la claridad en la comunicación y la capacidad de escucha. El entrenador debe asumir un rol de guía, pero también actuar como facilitador del conocimiento y como interlocutor confiable.

El uso de herramientas digitales representa un apoyo clave para esta dinámica comunicativa. Plataformas como TrainingPeaks, Final Surge, Strava o incluso hojas de cálculo compartidas en Google Drive permiten visualizar los datos con claridad, registrar observaciones y construir históricos valiosos para la toma de decisiones. Sin embargo, estas herramientas no deben convertirse en el eje de la interacción, sino en un medio que la facilite. Lo importante es adaptar su uso al perfil del atleta: algunos preferirán interfaces gráficas intuitivas, otros valorarán más un resumen narrativo de los datos, y aquellos menos familiarizados con la tecnología —como atletas jóvenes o con baja exposición digital— pueden necesitar un acompañamiento más personalizado para interpretar la información.

El formato de la retroalimentación también debe variar según la situación y el objetivo. En algunos casos, una revisión semanal de los datos con comentarios del entrenador puede ser suficiente. En otros, puede ser necesario un intercambio diario, especialmente cuando se está en una fase crítica del entrenamiento o ante señales de alerta. La posibilidad de utilizar mensajes de voz, vídeos explicativos breves o anotaciones en el propio dispositivo del atleta amplía el abanico de recursos disponibles para una comunicación efectiva.

Mejora de la relación entrenador-atleta

Más allá del componente técnico, esta interacción continua contribuye a fortalecer el vínculo interpersonal entre el entrenador y el atleta. La confianza no se construye únicamente a partir de los resultados, sino a través de la sensación compartida de estar trabajando en un proyecto común, con transparencia, respeto mutuo y atención a las necesidades individuales. Cuando el atleta percibe que sus observaciones son



escuchadas y consideradas, aumenta su compromiso con el proceso, su adherencia a las pautas establecidas y su disposición a aceptar los ajustes necesarios.

Este tipo de relación crea un entorno en el que el error no se sanciona, sino que se analiza; en el que la duda no se esconde, sino que se aborda de manera conjunta. En este marco, el entrenador deja de ser solo un supervisor o evaluador para convertirse en un verdadero compañero de camino en la búsqueda del rendimiento óptimo. Esta concepción humanista del entrenamiento se ve potenciada por el uso adecuado de los datos, que no solo aportan objetividad, sino que también enriquecen el diálogo, lo hacen más preciso y, por lo tanto, más útil.

En la práctica, este tipo de relación se traduce en decisiones más acertadas, una mayor capacidad de adaptación ante imprevistos y una reducción significativa de riesgos como el sobreentrenamiento o la desmotivación. El atleta aprende a conocerse mejor, a interpretar las señales de su cuerpo, a identificar cuándo debe exigirse más y cuándo es necesario detenerse. El entrenador, por su parte, desarrolla una sensibilidad más afinada hacia las particularidades de cada deportista, lo que le permite diseñar propuestas más ajustadas y eficaces.

Además, una comunicación efectiva en el contexto de la monitorización facilita la integración armónica del equipo multidisciplinario. Cuando los datos y las observaciones se comparten de forma clara y estructurada, el fisioterapeuta puede identificar patrones de sobrecarga, el nutricionista ajustar el plan alimentario según el volumen e intensidad del entrenamiento, y el psicólogo detectar señales de estrés o ansiedad. En este sentido, la tecnología actúa como un puente entre disciplinas, pero solo si se apoya sobre una base de comunicación sólida y bien gestionada.

Uno de los beneficios clave del *feedback* continuo es la posibilidad de realizar ajustes en tiempo real. En lugar de esperar una evaluación mensual o el cierre de la temporada, el entrenador puede detectar desviaciones, errores o necesidades de corrección en el momento en que ocurren. Esto no solo mejora la eficacia del entrenamiento, sino que reduce el margen de error y optimiza el uso del tiempo disponible.

También es importante destacar que esta cultura de retroalimentación puede —y debe— ser entrenada. No todos los atletas cuentan, desde el inicio, con la disposición o las habilidades necesarias para expresar cómo se sienten, qué les preocupa o cómo viven el proceso. Por eso, el entrenador debe crear un clima de confianza y aprendizaje, donde el error no se castigue y la comunicación se entienda como una herramienta de mejora, y no como una obligación externa.

En este proceso, es útil establecer rutinas claras de comunicación. Por ejemplo, una pregunta fija al inicio y al final de cada sesión, un formulario semanal con preguntas clave sobre el estado físico y emocional, o una revisión mensual conjunta de los principales



indicadores. Estas rutinas no solo sistematizan la recolección de información cualitativa, sino que generan un hábito que, con el tiempo, se convierte en parte natural del proceso.

Además, es importante tener en cuenta las diferencias culturales, generacionales y personales al implementar estas estrategias. Lo que para un atleta puede ser una herramienta motivadora, para otro puede resultar intrusivo o innecesario. Por ello, conviene partir de un enfoque flexible, dialogado y ajustable. El objetivo no es imponer un sistema, sino construirlo de forma conjunta, adaptándolo a las necesidades y particularidades de cada realidad.

Por último, la mejora de la relación entre entrenador y atleta, a través de una comunicación de calidad, tiene efectos que trascienden el rendimiento deportivo. Contribuye al desarrollo personal del deportista, a su capacidad para afrontar retos, a su autonomía y a su bienestar general. En un mundo donde el éxito suele medirse por resultados inmediatos, fomentar vínculos basados en el respeto, la escucha y la colaboración representa un valor inestimable.

En conclusión, la monitorización del entrenamiento solo alcanza su verdadero potencial cuando se convierte en una herramienta al servicio de la comunicación humana. Los datos son útiles, pero su impacto depende de cómo se comparten, se interpretan y se transforman en acciones. Por ello, invertir en una cultura de retroalimentación continua, utilizar herramientas adecuadas para compartir información y fortalecer la relación entrenador-atleta no son aspectos accesorios del proceso, sino elementos centrales que marcan la diferencia entre un enfoque técnico y uno verdaderamente integral.

Unidad 2. Seguimiento y ajuste de objetivos

Seguimiento del progreso y ajuste de objetivos

El seguimiento del progreso en el entrenamiento deportivo es esencial para garantizar que los atletas avancen hacia sus metas de manera efectiva. Este proceso implica la recopilación y análisis sistemático de datos relacionados con el rendimiento físico, técnico, táctico y psicológico del deportista. Existen diversas herramientas y métodos para realizar un seguimiento efectivo del progreso:

- **Tecnologías portátiles.** Dispositivos como pulsómetros, acelerómetros y GPS permiten monitorear variables como la frecuencia cardíaca, la velocidad y la distancia recorrida.
- **Plataformas digitales.** Aplicaciones como Strava y 360Player facilitan el registro y análisis de datos de entrenamiento, además de fomentar la interacción social y la motivación entre deportistas.



- **Evaluaciones periódicas.** Pruebas físicas y técnicas realizadas de forma regular permiten comparar el rendimiento actual con registros anteriores, identificando mejoras o áreas que requieren atención.

El seguimiento continuo proporciona información valiosa para ajustar los objetivos de entrenamiento. Si los datos indican que un atleta ha superado sus metas iniciales, es oportuno establecer nuevos desafíos que mantengan su motivación y promuevan un desarrollo continuo. Por otro lado, si se detecta un estancamiento o retroceso, es necesario reevaluar las estrategias de entrenamiento y realizar los ajustes pertinentes.

La evaluación periódica del rendimiento es un componente clave en la planificación del entrenamiento, ya que permite medir el impacto de las cargas de trabajo y la eficacia de las estrategias empleadas. Podemos realizar distintas evaluaciones:

- **Evaluaciones físicas.** Incluyen pruebas de resistencia, fuerza, velocidad y flexibilidad, proporcionando datos objetivos sobre la condición física del atleta.
- **Evaluaciones técnicas y tácticas.** Analizan la ejecución de habilidades específicas y la toma de decisiones en situaciones de juego, fundamentales en deportes de equipo.
- **Evaluaciones psicológicas.** Miden aspectos como la motivación, la concentración y la autoconfianza, que influyen directamente en el rendimiento deportivo.

Los resultados de las evaluaciones deben utilizarse para redefinir las metas a corto y largo plazo. Establecer objetivos realistas y alcanzables, basados en datos concretos, aumenta la probabilidad de éxito y mantiene la motivación del deportista. Además, contar con una planificación flexible permite adaptarse a los cambios en el rendimiento o a las circunstancias personales del atleta.

Como se ha mencionado anteriormente, el análisis y la visualización de datos de rendimiento pueden ser herramientas valiosas para fomentar la motivación y el compromiso. Representar gráficamente los avances permite a los deportistas observar de forma tangible sus progresos, lo que refuerza su autoestima y los incentiva a seguir esforzándose. La motivación, sin duda, es un factor clave para que el atleta mantenga una actitud adecuada hacia el entrenamiento. En este sentido, la gamificación —que consiste en aplicar elementos propios del juego en contextos no lúdicos— ha demostrado ser eficaz para aumentar la motivación en el ámbito deportivo. Incorporar retos personales, recompensas y sistemas de puntos puede hacer que el proceso de entrenamiento resulte más atractivo y estimulante.

El rendimiento deportivo óptimo no depende únicamente del entrenamiento físico, sino también de una nutrición adecuada y de estrategias eficaces de recuperación. Una dieta



equilibrada y ajustada a las necesidades individuales del atleta es esencial para respaldar tanto el entrenamiento como la recuperación. En periodos de alta carga de trabajo, es especialmente importante asegurar una ingesta calórica suficiente y una adecuada proporción de macronutrientes. Por su parte, la recuperación incluye prácticas como el descanso adecuado, la terapia física y la gestión del estrés. Implementar estrategias de recuperación efectivas contribuye a prevenir lesiones y a mantener un rendimiento estable en el tiempo.

Es por ello que la colaboración entre entrenadores, nutricionistas, fisioterapeutas y psicólogos deportivos permite una planificación integral que considera todos los aspectos que influyen en el rendimiento del atleta. Esta sincronización asegura que las intervenciones en un área no interfieran negativamente en otra, optimizando así el bienestar general del deportista.

Análisis de casos de éxito en la implementación

Estudiar casos de éxito en la implementación de estrategias de seguimiento y ajuste de objetivos ofrece lecciones valiosas y permite identificar buenas prácticas. Por ejemplo, atletas de disciplinas como el atletismo o la natación han incorporado tecnologías de monitoreo y análisis de datos para perfeccionar su técnica y mejorar su rendimiento. El uso de videoanálisis y sensores de movimiento ha resultado clave para detectar y corregir errores técnicos con precisión.

En el ámbito del fútbol de alto nivel, diversos equipos han integrado sistemas avanzados de seguimiento —como cámaras de alta resolución y análisis de datos en tiempo real— con el objetivo de optimizar tanto el rendimiento colectivo como individual. Estas herramientas permiten monitorear variables como la carga de trabajo, la ubicación en el campo y la interacción entre jugadores.

Las lecciones aprendidas de estas experiencias pueden resumirse en los siguientes puntos:

- **Importancia de la individualización.** Adaptar las estrategias a las necesidades y características específicas de cada atleta maximiza la eficacia de las intervenciones.
- **Valor de la comunicación.** Una comunicación abierta y constante entre todos los miembros del equipo multidisciplinario es esencial para una planificación coherente y efectiva.
- **Integración de tecnología y experiencia.** Combinar herramientas tecnológicas con la experiencia y el juicio profesional permite una toma de decisiones más informada y precisa.



El seguimiento y ajuste de objetivos en el entrenamiento deportivo es un proceso dinámico y multifacético que requiere una planificación cuidadosa y una ejecución meticulosa. Al integrar evaluaciones periódicas, análisis de datos, estrategias de motivación y una colaboración multidisciplinaria, se genera un entorno propicio para el desarrollo continuo y el logro de metas deportivas. La implementación exitosa de estas estrategias no solo mejora el rendimiento físico, sino que también promueve el bienestar general del atleta, fomentando una carrera deportiva sostenible y satisfactoria. La clave del éxito reside en la adaptabilidad, la comunicación efectiva y el compromiso con la mejora continua.

Una de las lecciones más relevantes extraídas de la implementación de sistemas de seguimiento y ajuste de objetivos es el reconocimiento, cada vez más extendido, de que la monitorización del atleta no puede limitarse exclusivamente a datos cuantitativos. Investigaciones recientes han puesto de relieve que las variables subjetivas —como la percepción del esfuerzo (RPE), el estado de ánimo, el nivel de motivación, la calidad del sueño y el bienestar general— aportan un valor crítico para una interpretación integral del estado del deportista (Timmerman, 2024).

Estos indicadores, aunque no son cuantificables en términos estrictos, ofrecen una perspectiva que la tecnología por sí sola no puede captar. Por ejemplo, un deportista puede presentar métricas fisiológicas «normales», pero reportar fatiga mental, falta de motivación o niveles elevados de estrés, elementos que pueden anticipar una posible sobrecarga o una disminución del rendimiento a corto plazo.

Esta tendencia pone de relieve una realidad ineludible: a pesar del avance acelerado de las tecnologías de análisis y seguimiento, los entrenadores y los equipos de apoyo continúan desempeñando un rol central en el proceso de monitorización del rendimiento. Su capacidad para interpretar los datos dentro de un contexto humano, emocional y social —y no solo numérico— es insustituible. El enfoque híbrido, que combina datos objetivos con valoraciones subjetivas, permite construir una visión más completa, empática y eficaz del estado del atleta. En definitiva, la tecnología debe estar al servicio de la experiencia profesional, y no reemplazarla.

Ejemplo de aplicación tecnológica en el monitoreo deportivo: el caso de la NBA y KINEXON

El uso de tecnologías de monitoreo de atletas ha adquirido una relevancia sin precedentes en la NBA, en parte gracias al sistema KINEXON, líder en el rastreo de datos dentro de esta liga. Esta tecnología permite a los equipos sincronizar la información de partidos y entrenamientos, generando una visión integral del rendimiento y la carga de los jugadores a lo largo de toda la temporada. Un ejemplo destacado es el centro de entrenamiento de los Philadelphia 76ers, equipado con sensores que registran datos



precisos sobre movimiento, frecuencia cardíaca y efectividad de tiro en tiempo real, lo que posibilita ajustes inmediatos y personalizados en la preparación física y táctica.

Más allá de los beneficios fisiológicos, esta tecnología también es valorada desde una perspectiva de gestión financiera y optimización del capital humano. Los propietarios de equipos, conscientes de las significativas inversiones en contratos de jugadores, demandan datos concretos y análisis rigurosos que respalden decisiones clave sobre disponibilidad, riesgo de lesión y retorno a la competición.

Sin embargo, el uso de estas herramientas también plantea desafíos importantes, como la resistencia de algunos jugadores, preocupados por el uso contractual de sus datos, y la complejidad de integrar esta información en contextos tan exigentes como el calendario de la NBA, que contempla 82 partidos en seis meses. Por esta razón, el éxito del monitoreo no depende exclusivamente de la tecnología, sino también de la calidad de la comunicación y de las relaciones entre el cuerpo técnico, el equipo médico y los propios atletas. La correcta interpretación y transmisión de los datos, ajustada a los distintos niveles de comprensión, resulta fundamental para una toma de decisiones conjunta y eficaz.

Este caso no solo pone en evidencia el potencial de las tecnologías emergentes aplicadas al monitoreo deportivo, sino también la necesidad de una implementación sensible, ética y contextualizada, en la que el conocimiento científico se combine con habilidades interpersonales para lograr un impacto real en el rendimiento y en la salud de los atletas.

Referencias

Altini, M. (2021). Heart rate variability (HRV) trends: going beyond daily scores. *Medium*. https://medium.com/@altini_marco/heart-rate-variability-hrv-trendsgoing-beyond-daily-scores-d32609c1eddd

Bellenger, C., Siegel, R., Stanley, J., & McGibbon, K. (2023). *AIS best practice guidelines for the measurement, analysis and interpretation of resting heart rate and heart rate variability in athletes*. Australian Institute of Sport. https://www.ais.gov.au/data/assets/pdf_file/0013/1130260/HRV-BPG_FINAL.pdf

Le Meur, Y., Pichón, A., Schaal, K., Schmitt, L., Louis, J., Gueneron, J., Vidal, P. P., & Hauswirth, C. (2013). Evidence of parasympathetic hyperactivity in functionally overreached athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(11), 2061.

Plews, D., Laursen, P., Stanley, J., Kilding, A., & Buchheit, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*, 43(9), 773–781.



Timmerman, W. P., Abbiss, C. R., Lawler, N. G., Stanley, M., & Raynor, A. J. (2024). Athlete monitoring perspectives of sports coaches and support staff: A scoping review. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 19(4), 1813–1832.

