

Módulo 1. Introducción a las tecnologías *wearables* en el deporte

Evolución y tipos de *wearables*

Evolución y estado actual de los *wearables* deportivos

El desarrollo de la tecnología *wearable* en el ámbito deportivo es el resultado de una evolución multidisciplinaria que combina avances en electrónica, bioingeniería, informática, fisiología del ejercicio y ciencias del entrenamiento. Lo que en sus inicios fueron herramientas rudimentarias para estimar la frecuencia cardíaca o contar pasos, hoy constituye un ecosistema de dispositivos sofisticados capaces de medir, en tiempo real, una amplia gama de variables fisiológicas, biomecánicas y metabólicas.

En sus primeras etapas, durante las décadas de 1980 y 1990, los *wearables* se limitaban a simples pulsómetros que mostraban la frecuencia cardíaca media y máxima durante el ejercicio. Eran dispositivos unidimensionales, sin almacenamiento ni capacidad de análisis. Con el avance de la tecnología digital, la aparición del GPS, la integración de sensores ópticos y la conectividad inalámbrica —Bluetooth, ANT+—, estos dispositivos comenzaron a incorporar nuevas funciones: registro de la distancia, altimetría, velocidad, calorías estimadas y zonas de entrenamiento cardíaco.

Actualmente, el ecosistema de *wearables* en el deporte se caracteriza por su versatilidad, miniaturización, personalización y conectividad. Estos dispositivos no solo recogen datos, sino que también los procesan, los sincronizan con plataformas digitales y generan informes interpretativos que permiten tomar decisiones en tiempo real. Esta transformación ha supuesto una auténtica revolución para entrenadores, fisioterapeutas, médicos del deporte y deportistas, al facilitar el seguimiento objetivo y continuo del estado fisiológico del atleta.

Historia y desarrollo de la tecnología portátil

La historia de los *wearables* está estrechamente vinculada a los avances en la miniaturización de sensores y microprocesadores. Desde el primer reloj digital con pulsómetro integrado —Polar Sport Tester lanzado en 1977— hasta los actuales *smartwatches* multideporte, el camino ha estado marcado por diversos hitos. Entre los más relevantes se encuentran los siguientes:

- La aparición de las primeras bandas de pecho con electrodos secos (años 90).



- La integración del GPS en dispositivos portátiles, podómetros y pulseras de actividad (años 2000).
- La incorporación de sensores ópticos de pulso (fotopleismografía) y de ropa inteligente a partir de 2010.
- El desarrollo de algoritmos capaces de estimar el consumo máximo de oxígeno ($VO_2\text{máx}$), los umbrales metabólicos, la recuperación, el estrés y la relación carga aguda-crónica.

Además, el progreso y avance de los wearables desde el ámbito deportivo al clínico y del bienestar ha reforzado su desarrollo, abriendo líneas de innovación orientadas también al control del sueño, la glucemia, la hidratación, la respiración y la salud cardiovascular.

Impacto en el deporte y la actividad física

La incorporación masiva de tecnologías *wearables* ha transformado la manera en que se entrena, se compite y se recupera. En el deporte de alto rendimiento, estos dispositivos permiten:

- Realizar análisis de carga externa e interna en tiempo real.
- Controlar la respuesta del sistema nervioso autónomo mediante la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC).
- Estimar umbrales metabólicos sin necesidad de pruebas invasivas.
- Monitorizar la calidad del sueño y su impacto en el rendimiento.
- Identificar estados de fatiga y anticipar riesgos de lesión o sobreentrenamiento.

En el deporte aficionado, los *wearables* cumplen una función motivadora y educativa, ya que ayudan a los usuarios a comprender su esfuerzo, regular la intensidad del ejercicio y mantener una adherencia más prolongada a programas de actividad física. El acceso a métricas básicas —como pasos, calorías, frecuencia cardíaca y recuperación— contribuye también a prevenir problemas derivados del sedentarismo o de una planificación inadecuada del ejercicio.

En resumen, los *wearables* han convertido el deporte en una actividad más precisa, segura, motivadora y accesible, con beneficios tanto para atletas profesionales como para la población general.

Tipos de dispositivos y sensores disponibles

El ecosistema de *wearables* deportivos se ha diversificado de manera significativa en los últimos años, lo que ha permitido establecer una clasificación funcional basada en el tipo



de sensor, su ubicación corporal y la finalidad del dispositivo. A continuación, se describen los principales tipos disponibles en la actualidad.

- **Relojes inteligentes multideporte (*smartwatches* deportivos).** Combinan sensores ópticos de pulso, GPS, barómetro, brújula, acelerómetro, giroscopio, podómetro y conectividad con plataformas de análisis. Son los más utilizados por deportistas recreativos y profesionales debido a su versatilidad, facilidad de uso y portabilidad. Algunos modelos avanzados incluyen estimaciones de consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), umbrales metabólicos, carga cardiovascular, tiempo de recuperación, variabilidad de la frecuencia cardíaca y monitoreo del sueño.
- **Bandas de pecho con electrodos (HRM).** Proporcionan datos altamente precisos sobre la actividad eléctrica del corazón, especialmente útiles para el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) y la detección de DFA Alpha1 durante esfuerzos submáximos. Se recomiendan en situaciones que requieren gran precisión temporal, como el control de zonas de entrenamiento o estudios fisiológicos.
- **Parches cutáneos y sensores de sudor.** Representan una de las líneas más innovadoras de *wearables*: biosensores capaces de detectar metabolitos como lactato, glucosa, sodio o pH directamente desde el sudor. Dispositivos como Onasport o los sensores de Eccrine Systems permiten una monitorización continua y no invasiva, abriendo nuevas posibilidades en deportes de resistencia y en condiciones ambientales extremas.
- **Textiles inteligentes y prendas sensorizadas.** Incorporan fibras conductoras o microcircuitos en camisetas, sujetadores deportivos o pantalones, capaces de medir variables como frecuencia cardíaca, carga mecánica (fuerzas de impacto, aceleración), electromiografía superficial o cambios de temperatura local. Aunque aún se encuentran en fase de desarrollo, constituyen una vía prometedora hacia una monitorización completamente integrada y sin dispositivos externos visibles.
- **Anillos y pulseras de recuperación (por ejemplo, *Oura Ring*, *Whoop Strap*).** Se enfocan en el análisis del sueño, la recuperación fisiológica y el control de la carga cardiovascular mediante métricas como VFC, frecuencia cardíaca en reposo, temperatura dérmica, saturación de oxígeno y puntuaciones compuestas de «*readiness*» (preparación física). Son utilizados tanto por atletas de élite como por



profesionales de la salud y del fitness.

- **Chalecos GPS y sensores de movimiento (por ejemplo, Catapult, STATSports).** Se emplean principalmente en deportes de equipo para medir desplazamientos, aceleraciones, cargas de impacto y cambios de dirección. Suelen integrarse con plataformas de análisis para evaluar la carga externa y planificar el entrenamiento colectivo e individual.

Esta variedad permite elegir dispositivos según el objetivo del entrenamiento, el tipo de deporte, la duración de la actividad y el nivel del deportista.

Diferencias y funcionalidades de cada tipo

La elección del *wearable* adecuado depende de múltiples factores, como el tipo de señal buscada, la fiabilidad requerida, la compatibilidad con software de análisis y la comodidad del usuario. A continuación, se sintetizan algunas diferencias relevantes:

Tabla 1. Diferencias y funcionalidades de cada tipo de *wearable*

Tipo de <i>wearable</i>	Señal principal	Ventajas principales	Limitaciones
Relojes deportivos	Pulso óptico + GPS	Versatilidad, interfaz integrada	Menor precisión en intervalos
Bandas de pecho	ECG (intervalo RR)	Alta precisión, ideal para VFC y DFA Alpha1	Menos cómodas de llevar
Parches de sudor	Lactato, sodio, glucosa, etc.	Monitorización bioquímica en tiempo real	Aún limitados por validación
Prendas sensorizadas	Pulso, movimiento, EMG	Sin necesidad de dispositivos externos	Costo, aún en fase de adopción
Pulseras/Anillos	VFC, sueño, temperatura	Excelente para seguimiento de recuperación	Menor utilidad en esfuerzo agudo
Chalecos GPS	Carga externa (distancia, sprints)	Ideales en deportes de equipo	Uso limitado a entrenamientos

Fuente: elaboración propia

Principales fabricantes y productos en el mercado



El mercado de *wearables* deportivos está dominado por varias compañías líderes, cada una con especialización en distintos segmentos:

- **Garmin.** Amplia presencia en relojes multideporte con funciones avanzadas de análisis fisiológico, métricas de rendimiento y navegación.
- **Polar.** Pionera en la medición de la frecuencia cardíaca, con un enfoque destacado en el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) y la recuperación.
- **Suunto.** Especializada en actividades *outdoor* y de montaña, con dispositivos robustos y de amplia autonomía.
- **Apple Watch.** Ampliamente adoptado por usuarios generales, con énfasis en la integración de salud, estilo de vida y notificaciones inteligentes.
- **Whoop.** Orientada a la recuperación, con un modelo de suscripción basado en el análisis de datos y en una puntuación diaria de carga y recuperación.
- **Oura Ring.** Focalizada en el análisis del sueño, la VFC y el estado de preparación, con un enfoque minimalista y gran aceptación en ámbitos clínicos y corporativos.
- **Onalabs.** Empresa emergente especializada en sensores cutáneos para el análisis de lactato, sodio y otros biomarcadores.

Cada fabricante ofrece su propio entorno de análisis y procesamiento de datos, lo que condiciona la interoperabilidad entre plataformas y dispositivos. Algunos, como Garmin o Polar, permiten exportar archivos en formato .fit o .tcx para análisis externo, mientras que otros, como Whoop, funcionan exclusivamente a través de sus propias aplicaciones.

Innovaciones recientes

Los *wearables* deportivos han dejado de ser dispositivos destinados únicamente a medir variables fisiológicas. En la actualidad incorporan capacidades analíticas avanzadas, lo que los convierte en herramientas de apoyo para la toma de decisiones y no solo en instrumentos de registro. Entre las principales innovaciones recientes se encuentran las siguientes:

- **Sensores multiparámetro.** Dispositivos capaces de medir simultáneamente variables como frecuencia cardíaca, temperatura dérmica, saturación de oxígeno, glucosa y movimientos biomecánicos. Esta integración mejora la interpretación contextual y permite realizar inferencias más complejas, como la detección de estrés térmico o el cálculo del balance energético.



- **Monitorización de metabolitos a través del sudor.** Tecnologías emergentes como las desarrolladas por Onalabs posibilitan la estimación de lactato sanguíneo o electrolitos sin necesidad de punciones ni muestras de sangre. Esto abre la puerta a una monitorización metabólica en tiempo real durante la actividad física, especialmente útil en deportes de resistencia o en condiciones de calor extremo.
- **Medición no invasiva de glucosa (CGM ópticos).** Aunque todavía en fase de validación, se desarrollan sensores ópticos portátiles que podrían sustituir a los sensores subcutáneos en deportistas que requieren un control glucémico continuo, con aplicaciones tanto clínicas como deportivas.
- **Estimación de umbrales mediante análisis del DFA Alpha1.** A partir de señales de frecuencia cardíaca de alta resolución, es posible estimar el umbral aeróbico de forma no invasiva mediante el análisis de la dinámica de variabilidad. Esta innovación permite realizar test submáximos y seguimiento diario sin necesidad de lactato ni laboratorio.
- **Uso de inteligencia artificial en el análisis de datos.** Los algoritmos de aprendizaje automático permiten identificar patrones en grandes volúmenes de datos longitudinales, lo que facilita la predicción de fatiga, la optimización del rendimiento y la detección precoz de signos de sobreentrenamiento o enfermedad.

Integración con aplicaciones y plataformas digitales

Uno de los factores decisivos en el éxito de los *wearables* no reside únicamente en su *hardware*, sino en el ecosistema digital que los acompaña. La mayoría de los dispositivos actuales se sincronizan de forma automática con plataformas webs o móviles, lo que posibilita:

- almacenar datos de múltiples sesiones, días, semanas o temporadas completas;
- visualizar gráficamente tendencias, como recuperación cardiovascular, relación carga aguda-crónica o progresión del VO_2 máx;
- realizar análisis comparativos entre diferentes periodos o entre varios deportistas;
- exportar datos en formatos estandarizados (*.fit*, *.csv*, *.tcx*) para análisis externos con software especializado (WK05, GoldenCheetah, Kubios VFC, entre otros).

Entre las plataformas más utilizadas se encuentran las siguientes:

- **Garmin Connect.** Plataforma nativa de Garmin que ofrece análisis detallado de métricas fisiológicas, de sueño, rendimiento y VO₂máx.
- **Polar Flow.** Entorno de seguimiento diario con foco en la carga cardiovascular y el análisis de la recuperación.
- **TrainingPeaks.** Herramienta avanzada para planificación, análisis y cuantificación de la carga, ampliamente utilizada por entrenadores.
- **Strava.** Red social deportiva con funciones básicas de análisis, seguimiento por segmentos, desafíos y conexión comunitaria.
- **Whoop y Oura.** Plataformas cerradas con modelo de suscripción, centradas en métricas de recuperación, estrés y *readiness*.

Cabe señalar que la interoperabilidad entre plataformas continúa siendo un desafío. No todos los dispositivos permiten una integración cruzada sencilla, lo que obliga a elegir ecosistemas tecnológicos compatibles entre sí cuando se busca centralizar el análisis de la carga y del rendimiento.

Comunidad y redes sociales deportivas

El uso de *wearables* ha generado nuevas formas de interacción entre deportistas, entrenadores y comunidades en línea. A través de plataformas como Strava, Garmin Connect o redes sociales integradas, los usuarios pueden:

- compartir sus entrenamientos y logros diarios;
- participar en desafíos semanales o mensuales;
- comparar su progreso con amigos, rivales o comunidades locales;
- obtener retroalimentación mediante *kudos*, comentarios o *rankings*.

Esta dimensión social aporta un componente de motivación extrínseca y de sentido de pertenencia que favorece la adherencia al entrenamiento, especialmente en poblaciones *amateurs* o en programas de ejercicio para la salud. Además, permite generar «comunidades de práctica» en las que se comparten experiencias, estrategias, productos, entrenamientos o resultados.

En el ámbito profesional, los entrenadores pueden acceder a los datos de sus deportistas en tiempo real, ya sea mediante plataformas compartidas o a través de sistemas de gestión en la nube. Esto les permite adaptar la carga diaria, ajustar sesiones de forma



remota y realizar un seguimiento longitudinal con alta precisión y sin necesidad de presencialidad.

Reflexión final del bloque

La evolución de los *wearables* deportivos ha transformado a estos dispositivos en auténticas extensiones del cuerpo humano, capaces de proporcionar información valiosa para optimizar el rendimiento, prevenir lesiones y promover la salud. Su utilidad no depende únicamente de la tecnología que incorporan, sino de la correcta interpretación de los datos, su integración en la práctica y la contextualización de acuerdo con el deporte, el atleta y los objetivos de entrenamiento.

El futuro de los *wearables* se orienta hacia una monitorización cada vez más individualizada, automatizada y predictiva, en la que los dispositivos no solo registren datos, sino que también contribuyan a la toma de decisiones basadas en la evidencia científica y adaptadas al contexto real de cada deportista.

Ventajas y desafíos de los *wearables*

Ventajas en la implementación de *wearables*

Los *wearables* ofrecen una propuesta de valor definida tanto para atletas profesionales como para personas físicamente activas. Uno de sus principales beneficios es la capacidad de monitorizar variables fisiológicas en tiempo real, lo que permite al deportista o al equipo técnico realizar ajustes inmediatos en función de la respuesta del organismo durante el esfuerzo.

Esta monitorización continua posibilita:

- identificar zonas de entrenamiento en tiempo real, basadas en la frecuencia cardíaca, la potencia o la velocidad, lo que mejora la especificidad del estímulo fisiológico;
- controlar la carga interna en sesiones intensas, garantizando que el atleta se mantenga dentro de rangos deseados y evitando situaciones de sobre-esfuerzo o subestimulación;
- seguir la recuperación aguda (entre sesiones) y crónica (a lo largo de la temporada), optimizando la programación semanal;
- detectar patrones fisiológicos alterados que pueden sugerir fatiga, riesgo de lesión o necesidad de descanso.



Además, los *wearables* ofrecen un grado creciente de personalización. Gracias a los algoritmos integrados en muchos dispositivos, el entrenamiento puede ajustarse automáticamente en función del estado fisiológico diario del deportista. Esta personalización resulta especialmente útil en deportes de resistencia, donde la gestión de la intensidad, el volumen y la recuperación es determinante para el rendimiento a largo plazo.

Otra ventaja significativa es su utilidad en la educación del deportista. Al disponer de acceso diario a sus propias métricas, muchos atletas desarrollan una mayor conciencia sobre la forma en que responde su cuerpo frente a diferentes cargas, lo que fortalece la autorregulación y la adherencia al plan de entrenamiento. Este proceso genera un aprendizaje experiencial sustentado en datos objetivos.

En el ámbito del alto rendimiento, los *wearables* facilitan además la objetivación de la carga de entrenamiento, que puede utilizarse como evidencia en procesos de planificación, toma de decisiones multidisciplinares, retorno a la competición tras lesiones y evaluación del impacto de distintas estrategias de recuperación o intervención nutricional.

Monitorización en tiempo real

Una de las principales revoluciones asociadas al uso de *wearables* es la posibilidad de monitorizar variables fisiológicas en tiempo real y en condiciones reales de práctica. A diferencia del laboratorio —donde las condiciones son controladas, pero poco representativas de la competición—, los *wearables* permiten observar al deportista en su entorno habitual.

Entre los aspectos que abarca esta monitorización se encuentran los siguientes:

- **Pulso instantáneo y zonas de entrenamiento dinámicas**, visibles durante la sesión en el reloj o en el teléfono.
- **Alertas personalizadas** por frecuencia cardíaca, tiempo en zona, fatiga acumulada o falta de variabilidad.
- **Transmisión en directo de datos a entrenadores** durante competiciones o sesiones clave mediante tecnología móvil o plataformas en la nube.
- **Geolocalización y análisis biomecánico en campo abierto**, como ocurre con los chalecos GPS en fútbol, *rugby* o atletismo.

El entrenamiento, de este modo, se convierte en un proceso dinámico, retroalimentado constantemente por datos y con capacidad de adaptación inmediata. Esto supone un cambio radical respecto del modelo tradicional de planificación cerrada y evaluaciones aisladas.



Personalización y adaptación del entrenamiento

La individualización es uno de los principios fundamentales del entrenamiento deportivo moderno, y los *wearables* lo hacen posible a gran escala. A partir de los datos recogidos, es posible ajustar múltiples elementos del proceso, entre ellos los siguientes:

- Volumen total semanal en función de la recuperación fisiológica.
- Intensidades adaptadas a la variabilidad cardíaca diaria (por ejemplo, modificar o anular una sesión si se detectan signos de fatiga acumulada).
- Tipo de carga —aeróbica, neuromuscular o regenerativa— en función del estado de preparación.
- Intervenciones nutricionales sincronizadas con los datos fisiológicos del día.

Esta personalización no solo mejora el rendimiento, sino que también reduce el riesgo de síndrome de sobreentrenamiento, habitualmente asociado a desequilibrios prolongados entre carga externa y respuesta interna.

Desafíos y limitaciones actuales

Pese a todas sus ventajas, el uso de *wearables* presenta también limitaciones que deben conocerse y gestionarse adecuadamente. Una de las principales es la precisión de los datos recogidos, especialmente en condiciones de movimiento, sudoración intensa o esfuerzo máximo. Entre las situaciones más frecuentes se encuentran las siguientes:

- Los sensores ópticos de pulso pueden presentar errores en ejercicios de alta intensidad o con mucho movimiento de muñeca.
- Los sensores de glucosa pueden mostrar cierto retraso temporal (*lag*) respecto de la glucemia capilar, lo que afecta la toma de decisiones en tiempo real.
- Algunos algoritmos estimativos —como el VO_2 máx o el umbral— pueden no estar validados para todos los perfiles poblacionales (por ejemplo, mujeres, deportistas jóvenes o personas con enfermedades crónicas).

Además, el análisis y la interpretación de los datos requieren conocimientos específicos. Muchos deportistas interpretan de manera errónea los indicadores o les atribuyen un valor absoluto a métricas que deben analizarse en contexto. Por ejemplo, una VFC muy baja no siempre significa fatiga si existe una carga aguda controlada. Este tipo de mala interpretación puede generar ansiedad, obsesión con los datos o decisiones equivocadas.

Otro reto es la interoperabilidad entre plataformas, ya que muchos dispositivos no se comunican entre sí y cada fabricante utiliza su propio sistema de análisis. Esta falta de



estandarización limita la centralización de datos y dificulta el trabajo multidisciplinario cuando médicos, entrenadores y deportistas emplean herramientas distintas.

Por último, el uso continuado de *wearables* puede derivar en una dependencia excesiva de la tecnología para realizar actividad física, desplazando la percepción subjetiva y natural del esfuerzo, del cansancio o del rendimiento. Existe incluso la posibilidad de que algunas personas dejen de entrenar si no llevan el dispositivo, o se sientan frustradas cuando los datos no se registran de manera adecuada.

Costos y accesibilidad

Aunque en los últimos años se ha producido una democratización en el acceso a los *wearables*, todavía persiste una barrera económica significativa en ciertas tecnologías, especialmente en los sensores bioquímicos avanzados, los sistemas de análisis de datos mediante suscripción o los dispositivos multideporte de gama alta. Esta situación puede generar una brecha entre deportistas con mayor y menor poder adquisitivo, así como entre disciplinas individuales y deportes de equipo, donde el coste se multiplica por el número de jugadores.

Asimismo, muchos dispositivos requieren renovaciones frecuentes, suscripciones para acceder a funciones avanzadas o la adquisición de accesorios adicionales —como bandas, parches o aplicaciones de pago—. El coste total acumulado puede convertirse en un factor limitante para la adopción sostenida de estas tecnologías.

Consideraciones de privacidad y seguridad de datos

El uso de datos biométricos plantea cuestiones éticas y legales, especialmente en contextos donde la información pueda emplearse sin consentimiento. Entre las principales preocupaciones se encuentran las siguientes:

- Uso comercial de los datos por parte de las empresas.
- Acceso no autorizado a información sensible, como estados de salud, lesiones o rendimiento.
- Falta de transparencia en los algoritmos de análisis y en la gestión de la información por plataformas externas.

Para mitigar estos riesgos, resulta fundamental cumplir con normativas como el *Reglamento General de Protección de Datos* (RGPD) en la Unión Europea o la HIPAA en Estados Unidos. Asimismo, es indispensable garantizar el consentimiento informado, el control de los datos por parte del usuario y la trazabilidad del acceso a los mismos.



Adopción y adherencia por parte de los atletas

Muchos deportistas comienzan con entusiasmo a usar *wearables*, pero con el tiempo abandonan su uso debido a:

- falta de comprensión de los datos;
- sensación de vigilancia constante o presión por los números;
- problemas de usabilidad o sincronización con otras herramientas;
- percepción de que la tecnología no ofrece beneficios reales al rendimiento.

Para lograr una implementación exitosa es necesario acompañar el proceso con educación y formación, asegurando que el deportista comprenda para qué sirve cada dato, cómo interpretarlo, cuándo usarlo y cómo vincularlo con su entrenamiento.

Educación y capacitación en tecnología

La alfabetización tecnológica resulta fundamental para que los *wearables* no se conviertan en un elemento decorativo o, peor aún, en un factor de confusión. Tanto los atletas como los entrenadores deben recibir formación en distintos aspectos, entre ellos los siguientes:

- Principios fisiológicos que sustentan las métricas.
- Diferencias entre carga interna y carga externa.
- Significado y límites de indicadores como VFC, DFA Alpha1, *readiness* o HRR.
- Interpretación contextual de las métricas en términos de progresión, variabilidad y tendencias.

Esta formación puede llevarse a cabo mediante talleres, cursos específicos, seminarios virtuales o acompañamiento individualizado, y resulta especialmente necesaria cuando se introducen nuevas tecnologías o se trabaja con jóvenes deportistas o con poblaciones clínicas.

Reflexión final del bloque

Las tecnologías *wearables* han revolucionado la práctica deportiva al proporcionar información privilegiada sobre el rendimiento y la salud en tiempo real. Sin embargo, su uso debe ser consciente y equilibrado. Aunque ofrecen ventajas evidentes —como la personalización del entrenamiento, la prevención de lesiones y el aumento de la motivación—, también plantean desafíos relacionados con la dependencia tecnológica, la privacidad de los datos y el coste económico.



En este sentido, las tecnologías *wearables* deben entenderse como herramientas complementarias que apoyan, pero no reemplazan, la capacidad de escuchar al propio cuerpo, tomar decisiones informadas y disfrutar del movimiento. El valor real de la tecnología en el deporte no reside únicamente en los datos, sino en la manera en que se utilizan para promover un rendimiento saludable, sostenible y autónomo.

Referencias bibliográficas de consulta

- Banos, O., Galvez, J. M., Damas, M., Pomares, H., & Rojas, I.** (2014). Wearable inertial sensors for human motion analysis: A review. *Sensors*, *14*(12), 22966–23001.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., Cable, N. T., & Cable, N. T.** (2017). Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(2), S2-161–S2-170. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2017-0208>
- Brocherie, F., Girard, O., Millet, G. P., & Hausswirth, C.** (2020). Monitoring training load and fatigue in high-performance athletes: Current practice and challenges. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *15*(3), 335–339.
- Chatterjee, A., Ghosh, S., Chattopadhyay, S., & Ray, S.** (2022). Big data analytics in wearable healthcare: A review. *ACM Transactions on Computing for Healthcare (HEALTH)*, *3*(4), 1–41.
- Chung, H. U., Rwei, A. Y., Hourlier-Fargette, A., Xu, S., Lee, K., Dunne, P., Abdon, A., Floyd, C., & Rogers, J. A.** (2019). Skin-interfaced biosensors for advanced physiological monitoring. *Nature Materials*, *18*(5), 484–493.
- Flatt, A. A., & Esco, M. R.** (2016). Validity of the WHOOP strap for measuring heart rate variability and heart rate. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *21*(10), 1091–1095. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.05.015>
- Khan, S. S., Hussain, A., & Zubair, S.** (2020). Applications of artificial intelligence in sports technology: A systematic review. *IEEE Access*, *8*, 133516–133544.
- Kiefer, A. W., Pincus, D., Richardson, M. J., & Seay, J. F.** (2022). Physiological complexity reflected in DFA-alpha1 of HRV during low-intensity exercise is sensitive to training status. *Frontiers in Physiology*, *12*, 738054.
- Melvin, M., Fawkner, S., & Lindsay, D.** (2022). Barriers and facilitators to adopting wearable activity monitors in elite athletes: A mixed-methods study. *JMIR Formative Research*, *6*(5), e33532.



- Passler, S., Senner, V., & Potthast, W.** (2021). A systematic review of wearable inertial-based motion analysis for sport performance monitoring. *Sensors*, *21*(23), 8297.
- Patterson, J. T., Esfahani, E. T., Goodrich, R. L., & Soller, B. R.** (2022). Emerging wearable biosensor technologies for real-time sweat monitoring. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *10*, 869374.
- Peake, J. M., Kerr, G., & Sullivan, J. P.** (2018). A critical review of consumer wearables, mobile applications, and equipment for providing biofeedback, monitoring stress, and sleep in physically active populations. *Frontiers in Physiology*, *9*, 743. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00743>
- Seshadri, D. R., Li, R. T., Voos, J. E., Rowbottom, J. R., Alfes, C. M., Zorman, C. A., & Drummond, C. K.** (2019). Wearable sensors for monitoring the internal and external workload of the athlete. *NPJ Digital Medicine*, *2*(1), 71. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0149-2>
- Smuck, M., Odonkor, C. A., Wilt, J. K., Schmidt, N., & Swiernik, M. A.** (2021). The emerging clinical role of wearables: Factors for successful implementation in healthcare. *NPJ Digital Medicine*, *4*(1), 45.
- Snyder, M. P., Li, X., & Weng, W.** (2020). Wearables and the future of personalized health care. *Nature Biotechnology*, *38*(12), 1379–1384.
- Stuart, S., & Morris, R.** (2021). Wearable technology for measuring gait and balance in sports and clinical settings: A scoping review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, *18*(1), 62.
- Thompson, W. R.** (2020). Worldwide survey of fitness trends for 2020. *ACSM's Health & Fitness Journal*, *24*(6), 10–19. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000526>
- Thomson, D., Batterham, A. M., & Bredin, S. S. D.** (2019). Wearable heart rate monitor validation study: Accuracy of Apple Watch, Fitbit Charge HR, and Garmin Forerunner 225. *Journal of Medical Internet Research*, *21*(6), e11889. <https://doi.org/10.2196/11889>
- Van Hooren, B., & Peake, J. M.** (2021). Do wearable devices accurately measure heart rate variability? A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, *51*(2), 217–239.
- Välimäki, V., Nieminen, T., Lindholm, H., & Kinnunen, H.** (2022). Wearables for measuring sports training load: A review of validity and reliability. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, *8*(1), e001144. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2021-001144>

