

# Módulo 4. Pulso y otras variables cardiovasculares

## Medición y comprensión del pulso

### Introducción

El pulso, entendido como la manifestación periférica de la actividad cardíaca, ha sido históricamente uno de los parámetros básicos para estimar el estado fisiológico de una persona. Con el avance de la tecnología y la proliferación de monitores de frecuencia cardíaca (FC), se ha vuelto mucho más accesible y preciso el control de este valor, tanto en reposo como durante el ejercicio.

En este bloque abordaremos las diferentes técnicas para medir la frecuencia cardíaca, desde métodos manuales tradicionales hasta monitores electrónicos de última generación. También exploraremos la relación entre la FC y la carga interna en el ejercicio, y cómo este parámetro puede reflejar la intensidad del esfuerzo físico. Asimismo, veremos cómo interpretar la FC en reposo y durante el ejercicio como indicador de la condición física y como señal de alerta ante posibles problemas de salud. Por último, analizaremos la variabilidad que experimenta la FC a lo largo del día, influida por ritmos circadianos y otros factores fisiológicos.

Conocer estas pautas nos permitirá optimizar la monitorización y el control del rendimiento, así como prevenir riesgos asociados a la práctica deportiva.

### Técnicas de medición del pulso y frecuencia cardíaca

#### Métodos manuales y electrónicos

La medición de la frecuencia cardíaca (FC) puede realizarse de múltiples maneras, con distintos niveles de precisión y practicidad:

- **Métodos manuales tradicionales**

La palpación de arterias periféricas es el método más básico y ha sido utilizado históricamente en la práctica clínica y deportiva. Consiste en palpar la arteria radial (en la muñeca), carótida (en el cuello) o braquial (en el brazo), contando el número de pulsaciones en un tiempo determinado —por ejemplo, 15 o 30 segundos— y extrapolando ese valor a un minuto. Entre sus ventajas se destacan la simplicidad, el hecho de que no requiere equipamiento y la posibilidad de realizarse en cualquier lugar. Sin embargo, presenta ciertas limitaciones: pueden producirse errores de conteo, la presión excesiva sobre la arteria carótida puede alterar momentáneamente la FC y, durante ejercicios de alta intensidad, el pulso puede resultar más difícil de palpar.



- **Monitores de frecuencia cardíaca (FC)**

Las bandas de pecho con electrodos constituyen un método electrónico que capta la actividad eléctrica del corazón mediante electrodos ubicados en una banda que rodea el tórax. Esta señal se transmite de forma inalámbrica —por ejemplo, mediante ANT+ o Bluetooth— a un reloj, teléfono o consola de entrenamiento. Su precisión es muy alta, cercana a la del electrocardiograma clínico, siempre que la banda esté bien colocada y exista buen contacto con la piel. No obstante, algunas personas pueden encontrar incómoda su utilización, especialmente en ciertos deportes o en condiciones de calor y sudoración abundante.

- **Sensores ópticos en la muñeca**

Estos sensores, integrados en relojes inteligentes o pulseras, funcionan mediante la emisión de luz (LED) y la medición de la variación en la refracción de la sangre a través de la piel, un proceso conocido como fotopleletismografía. Su principal ventaja es la comodidad y la facilidad de uso cotidiano. Sin embargo, pueden presentar un cierto retardo frente a cambios rápidos en la FC, y su precisión puede verse afectada por movimientos bruscos, el tono de piel, tatuajes, temperatura ambiente o un mal ajuste del dispositivo.

- **Electrocardiograma (ECG) portátil**

Algunos sistemas portátiles permiten registrar un ECG en derivaciones reducidas, lo cual resulta útil para determinar la FC con gran exactitud y, además, detectar posibles arritmias o alteraciones del ritmo. El ECG es considerado el método de referencia para el control de la FC, aunque su uso fuera de entornos clínicos o de laboratorio puede no ser práctico.

- **Aplicaciones de teléfono y cámaras**

Existen aplicaciones que, mediante la cámara del teléfono inteligente y el flash, pueden estimar la FC al colocar el dedo sobre la lente. También se basan en fotopleletismografía. Aunque son útiles como herramienta de conveniencia, su precisión es variable y no resultan prácticas para un monitoreo continuo durante el ejercicio.

## **Uso de monitores de frecuencia cardíaca**

El uso de monitores de FC se ha popularizado en el deporte gracias a su facilidad para ofrecer datos en tiempo real. Algunas consideraciones para su uso óptimo:

- **Colocación adecuada**

En el caso de las bandas de pecho, es importante ajustar la correa para lograr un contacto firme pero cómodo, humedeciendo los electrodos para mejorar la conductividad. La banda debe situarse en el tercio inferior del esternón. En cuanto a



los relojes con sensores ópticos, deben colocarse a una distancia mínima de la muñeca —aproximadamente dos dedos por encima—, con suficiente firmeza para evitar que se desplacen, pero sin ejercer presión excesiva.

- **Calibración y sincronización**

Es fundamental asegurarse de que el dispositivo esté correctamente emparejado con el receptor, ya sea un reloj o una aplicación, y que la hora y demás ajustes estén configurados adecuadamente. También se recomienda mantener actualizados el *firmware* y el *software* para minimizar errores en el registro de datos.

- **Aplicación en distintos deportes**

En ciclismo, suele combinarse la medición de la frecuencia cardíaca con la potencia en vatios, lo que permite un control avanzado del rendimiento. En *running*, se utiliza para controlar el ritmo cardíaco según zonas de entrenamiento, como la zona aeróbica o el umbral. En deportes de equipo, el análisis del tiempo que un jugador pasa en distintas zonas de esfuerzo permite correlacionar la frecuencia cardíaca con las demandas físicas y tácticas del juego.

Cabe señalar algunas limitaciones en el uso de estos dispositivos. Puede haber interferencias provocadas por líneas eléctricas, teléfonos móviles u otros aparatos electrónicos, especialmente en ambientes saturados. Además, durante ejercicios de alta intensidad que impliquen movimientos explosivos —como *CrossFit*, *HIIT* o deportes de raqueta—, los sensores ópticos pueden registrar datos con menor precisión debido a los desplazamientos bruscos del brazo.

## **Relación entre la frecuencia cardíaca y la carga interna**

### **Cómo refleja el esfuerzo físico**

La frecuencia cardíaca es un indicador relativamente confiable de la intensidad del ejercicio (carga interna), debido a que el corazón responde a la demanda de oxígeno y nutrientes por parte de los músculos esqueléticos. A mayor requerimiento energético, mayor FC para aumentar el gasto cardíaco. Así:

- **Ley de Fick y FC**

El gasto cardíaco ( $Q$ ) es el producto de la frecuencia cardíaca (FC) por el volumen sistólico ( $VS$ ):  $Q = FC \times VS$ . Durante el ejercicio, el gasto cardíaco aumenta de manera significativa, principalmente por incrementos en la FC, aunque también se produce un ajuste en el volumen sistólico.

- **Curva FC-intensidad**

De forma general, existe una relación casi lineal entre la intensidad del ejercicio y la frecuencia cardíaca, al menos hasta alcanzar el umbral anaeróbico. A partir de ese



punto, la FC se aproxima a su valor máximo y la curva tiende a aplanarse, de modo que no se observan aumentos importantes a pesar de que la carga siga incrementándose.

- **Herramienta práctica**

El deportista puede visualizar su frecuencia cardíaca en tiempo real y determinar en qué zona de intensidad se encuentra. Esto resulta especialmente útil en entrenamientos aeróbicos —como correr, pedalear, nadar o remar—, ya que permite dosificar el esfuerzo en función de los objetivos específicos, como un rodaje regenerativo, intervalos o ritmo de competición.

### **Factores que pueden influir en la FC**

A pesar de ser un buen indicador, la frecuencia cardíaca no depende exclusivamente de la intensidad del ejercicio. Otros factores también intervienen en su comportamiento:

- **Estrés y estado emocional**

Niveles elevados de ansiedad o estrés incrementan el tono simpático, lo que eleva la frecuencia cardíaca incluso ante una misma carga física. Por ejemplo, un corredor muy nervioso antes de la salida de una competición puede presentar una FC elevada aun estando en reposo.

- **Temperatura y humedad ambiental**

En condiciones calurosas, el cuerpo dirige una mayor cantidad de energía y flujo sanguíneo hacia la piel para facilitar la termorregulación, lo que provoca un aumento de la FC. Además, la deshidratación asociada eleva aún más la frecuencia cardíaca, ya que el organismo intenta compensar la disminución del volumen plasmático.

- **Altitud**

En zonas de altitud elevada, la menor presión parcial de oxígeno exige una mayor respuesta del sistema cardiovascular para mantener una adecuada oxigenación tisular. Esto se traduce en un aumento de la FC tanto en reposo como durante el ejercicio. A medida que avanza el proceso de aclimatación, especialmente en deportistas, pueden observarse cambios progresivos en la frecuencia cardíaca.

- **Farmacología y sustancias**

El consumo de cafeína, nicotina, suplementos termogénicos o ciertos fármacos — como los betabloqueantes— puede alterar la respuesta normal de la frecuencia cardíaca al ejercicio, modificando su comportamiento tanto en reposo como en actividad.



- **Condición física y entrenamiento**

Un deportista entrenado aeróbicamente suele presentar una frecuencia cardíaca más baja en reposo y durante esfuerzos submáximos, gracias a un mayor volumen sistólico y a una mayor eficiencia cardiorrespiratoria. Así, a un mismo ritmo de carrera, su FC será menor que la de una persona sin entrenamiento específico.

## **Interpretación de la frecuencia cardíaca en reposo y ejercicio**

### **Indicadores de condición física**

La frecuencia cardíaca proporciona información valiosa sobre la capacidad cardiovascular y el estado de forma:

- **Frecuencia cardíaca en reposo (FCr)**

Una FCr baja —inferior a 60 lpm en adultos sanos— puede indicar un buen tono vagal y un alto nivel de entrenamiento aeróbico, aunque en algunos casos también puede deberse a factores genéticos. Los deportistas de resistencia de élite suelen presentar frecuencias cardíacas en reposo por debajo de los 40 lpm. Un incremento progresivo de la FCr a lo largo de varios días o semanas puede ser señal de fatiga, estrés, inicio de una infección o sobreentrenamiento.

- **Frecuencia cardíaca máxima (FCmáx)**

La FCmáx corresponde al valor más alto que puede alcanzar el corazón durante un esfuerzo al límite. La fórmula tradicional para estimarla es «220 menos la edad», aunque presenta márgenes de error amplios cuando se aplica a nivel individual. La determinación más confiable se realiza mediante una prueba de esfuerzo supervisada o con test de campo controlados. Si bien no es un indicador directo del rendimiento deportivo, sirve como referencia para establecer zonas de entrenamiento, como el 70 % o el 85 % de la FCmáx.

- **Frecuencia cardíaca de recuperación**

El ritmo al que desciende la frecuencia cardíaca tras un ejercicio intenso —por ejemplo, en el primer minuto posterior al esfuerzo— es un indicador de la capacidad de recuperación y del predominio parasimpático. Cuanto más rápido se reduce la FC, mayor es el nivel de condición física y de salud cardiovascular. Por el contrario, una recuperación lenta puede reflejar fatiga o una menor adaptación cardiorrespiratoria.

- **Umbrales de FC**

La frecuencia cardíaca guarda relación con ciertos umbrales fisiológicos, como los ventilatorios o los de lactato. Aunque su precisión es menor en comparación con la medición directa del lactato, se emplea habitualmente para definir zonas de



entrenamiento, tales como: Z1 (baja intensidad), Z2 (moderada), Z3 (umbral), Z4 (supramáxima), entre otras.

## Señales de alerta para la salud

La frecuencia cardíaca puede funcionar como una «bandera roja» en determinadas situaciones, alertando sobre posibles alteraciones fisiológicas o riesgos para la salud:

- **Taquicardia en reposo**

Un aumento significativo de la frecuencia cardíaca en reposo —por ejemplo, más de 10 lpm por encima del valor habitual— sin una causa aparente como estrés, fiebre o deshidratación, puede indicar que el organismo está enfrentando una infección, que existe un inicio de sobreentrenamiento o que se presenta algún desbalance fisiológico.

- **Arritmias**

Durante la medición de la frecuencia cardíaca, es posible detectar ritmos irregulares como extrasístoles o fibrilación auricular. Algunos dispositivos avanzados, como bandas de FC y relojes inteligentes, pueden emitir alertas ante la presencia de ritmos anormales. Si se observan pulsaciones irregulares o saltos inusuales de forma reiterada, se recomienda realizar una consulta médica.

- **Disociaciones en el ejercicio**

Cuando una persona realiza un esfuerzo moderado pero presenta una frecuencia cardíaca muy elevada, podría tratarse de un signo de sobrecarga excesiva o de una afección cardiovascular latente. Asimismo, si no se produce el aumento esperado de la FC al incrementar la intensidad del ejercicio, esto también puede sugerir la existencia de disfunciones, el efecto de ciertos medicamentos —como los betabloqueantes— u otros factores.

- **Posejercicio**

Una recuperación inusualmente lenta de la frecuencia cardíaca tras ejercicios submáximos, o en comparación con registros personales habituales, puede señalar fatiga acumulada o un problema cardiorrespiratorio que requiere atención.

## Variabilidad de la frecuencia cardíaca a lo largo del día

### Ritmos circadianos y su impacto

La frecuencia cardíaca y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) no se mantienen constantes a lo largo del día, sino que están influenciadas por los ritmos circadianos y por hábitos cotidianos. El cuerpo humano responde a un reloj

biológico de aproximadamente 24 horas, regulado principalmente por la secreción de melatonina y la exposición a la luz solar. Como parte de este ciclo, la frecuencia cardíaca en reposo tiende a descender durante la noche y aumenta de forma gradual en las primeras horas del día.

Durante el sueño profundo, especialmente en las fases NREM, la frecuencia cardíaca se mantiene baja y la VFC suele ser alta, lo que indica un predominio del sistema nervioso parasimpático. Al amanecer, el cuerpo comienza a liberar hormonas como el cortisol y la adrenalina, lo que provoca un aumento progresivo de la frecuencia cardíaca al despertar.

Muchos deportistas optan por registrar su frecuencia cardíaca en reposo o su VFC al despertar, antes de levantarse de la cama, con el objetivo de obtener valores estables y con la menor interferencia posible de factores externos. Otros prefieren medirla por la noche para evaluar la respuesta fisiológica al entrenamiento del día. Sin embargo, en este caso, variables como una cena tardía o situaciones de estrés pueden influir en el resultado.

Comprender el patrón circadiano de la frecuencia cardíaca permite planificar mejor los entrenamientos, seleccionando momentos más propicios como la media mañana o el final de la tarde, cuando el organismo muestra una mayor capacidad de adaptación al esfuerzo. Además, realizar las mediciones siempre en el mismo horario facilita la comparación de los valores a lo largo del tiempo y ayuda a detectar posibles desviaciones o tendencias anómalas.

### **Otros factores modulares**

Además de los ritmos circadianos, existen diversos elementos del entorno y del estilo de vida que pueden influir de manera significativa en la frecuencia cardíaca y su variabilidad. Entre ellos, se destacan los siguientes:

- **Siestas y microdescansos**

En personas que duermen poco por la noche, una siesta puede restablecer parcialmente el equilibrio del sistema nervioso autónomo, reduciendo la frecuencia cardíaca y aumentando la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) de forma temporal. Sin embargo, si la siesta es demasiado prolongada o se realiza muy cerca del horario de entrenamiento, puede interferir con el rendimiento o la disponibilidad energética.

- **Estrés laboral y familiar**

Los picos de estrés que suelen presentarse a mitad del día —como reuniones, exámenes o discusiones— generan aumentos transitorios en la frecuencia cardíaca. Este tipo de activación puede afectar la respuesta del sistema nervioso y disminuir la preparación física y mental para el entrenamiento posterior.



- **Cambios estacionales**

Durante el invierno, las temperaturas más bajas facilitan la termorregulación, lo que puede dar lugar a frecuencias cardíacas ligeramente menores en actividades comparables. En cambio, en verano, el calor exige una mayor respuesta fisiológica, elevando la frecuencia cardíaca. Además, la duración de la luz solar (fotoperiodo) influye en la secreción hormonal, el estado de ánimo y la respuesta cardiovascular general.

## **Conclusiones**

El pulso o frecuencia cardíaca es una variable esencial y relativamente sencilla de medir, que brinda información directa sobre la respuesta cardiovascular ante estímulos tanto de reposo como de ejercicio. Comprender las distintas técnicas de medición —desde la palpación manual hasta monitores de alta tecnología— permite seleccionar el método más adecuado para cada contexto y nivel de precisión requerido.

La frecuencia cardíaca refleja en gran parte la demanda energética del organismo durante el ejercicio y se correlaciona con el esfuerzo percibido y la capacidad aeróbica. Sin embargo, su comportamiento está condicionado por múltiples factores, como el estrés, la temperatura, la altitud o el uso de ciertos fármacos.

Indicadores como la frecuencia cardíaca en reposo, la frecuencia máxima, la recuperación tras el ejercicio y los umbrales de intensidad constituyen referencias clave para evaluar la condición física, la adaptación al entrenamiento y la posible aparición de estados de fatiga o sobreentrenamiento. Asimismo, cambios significativos respecto a los valores habituales, episodios de taquicardia sin causa aparente o una recuperación lenta pueden ser señales de alerta vinculadas a la salud cardiovascular o a una exigencia física excesiva.

Por otra parte, la frecuencia cardíaca no permanece constante a lo largo del día. Su variación responde a ritmos circadianos y a factores relacionados con el estilo de vida, como el descanso, el estrés o el entorno. Por ello, medirla de manera sistemática en horarios estables mejora la fiabilidad de las comparaciones y permite detectar desviaciones relevantes.

En definitiva, la monitorización del pulso es una práctica valiosa tanto para deportistas como para personas interesadas en cuidar su salud y su rendimiento. Integrada con otras herramientas —como la medición de lactato, la percepción del esfuerzo o la potencia en ciclismo—, contribuye a un control más preciso del entrenamiento y de la evolución fisiológica individual.

## **Resumen de la unidad 1**



En el estudio del rendimiento y de la salud cardiorrespiratoria, la frecuencia cardíaca desempeña un papel central. Desde técnicas manuales de palpación hasta dispositivos electrónicos de última generación, su medición permite cuantificar de forma práctica y eficaz tanto el esfuerzo físico como la recuperación. Gracias a su estrecha relación con la carga interna del ejercicio, la frecuencia cardíaca funciona como una guía útil para establecer zonas de entrenamiento, prevenir riesgos cardiovasculares y ajustar las cargas según factores como la temperatura, el estrés o la altitud.

La interpretación de los valores en reposo, durante el ejercicio y en la fase de recuperación inmediata, ofrece indicadores confiables sobre la condición física y la adaptación al entrenamiento. A su vez, ciertos desajustes —como una frecuencia cardíaca en reposo anormalmente elevada— pueden alertar sobre estados de fatiga, sobreentrenamiento o posibles alteraciones fisiológicas. Comprender la variabilidad circadiana de la frecuencia cardíaca a lo largo del día amplía la perspectiva de análisis, facilitando la optimización de los horarios de entrenamiento y la interpretación de fluctuaciones temporales en el estado fisiológico.

Como herramienta accesible y de uso generalizado, el control del pulso continúa evolucionando con la incorporación de tecnologías portátiles cada vez más precisas y la integración de datos en tiempo real. Todo ello refuerza su valor como base para la toma de decisiones informadas en la planificación deportiva y en el cuidado de la salud cardiovascular.

## Aplicaciones prácticas del pulso en el entrenamiento

### Introducción

El pulso, manifestación periférica de la actividad cardíaca, es uno de los indicadores más accesibles y versátiles para evaluar la respuesta interna del organismo ante distintas cargas de entrenamiento y condiciones de recuperación. Históricamente, su uso se limitaba al control manual —mediante palpación— o a registros discontinuos; sin embargo, con la llegada de la tecnología *wearable*, el seguimiento de la frecuencia cardíaca (FC) se ha convertido en un proceso continuo y detallado.

Este bloque se centra en cuatro aspectos fundamentales. En primer lugar, se aborda el uso del pulso para la monitorización del estrés fisiológico y su utilidad en la detección de sobreentrenamiento y fatiga. Luego, se presenta el entrenamiento por zonas de frecuencia cardíaca, con una descripción de su definición, aplicaciones prácticas y beneficios para distintos objetivos deportivos. A continuación, se analizan las tecnologías *wearables* aplicadas al seguimiento cardiovascular, su nivel de precisión y las funcionalidades adicionales que ofrecen. Por último, se propone la integración de los datos de pulso con otras métricas —como la variabilidad de la



frecuencia cardíaca, el lactato o la glucemia— para un análisis integral del rendimiento y la recuperación.

Comprender estas aplicaciones permite utilizar la frecuencia cardíaca de forma estratégica en la planificación y el ajuste del entrenamiento, en la prevención de lesiones y en la optimización de la salud y el rendimiento deportivo.

## Uso del pulso en la monitorización del estrés fisiológico

### Detección de sobreentrenamiento y fatiga

El sobreentrenamiento se define como un desequilibrio entre la carga impuesta y la capacidad de recuperación del deportista, generando una disminución crónica del rendimiento, alteraciones fisiológicas y psicológicas.

- **Señales de alerta a través de la FC**
  - **Aumento de la FC en reposo:** un deportista que, durante varios días consecutivos, registra valores de frecuencia cardíaca matinal 5-10 ppm por encima de su línea basal, puede estar experimentando fatiga acumulada o falta de recuperación.
  - **Recuperación lenta posejercicio:** tras esfuerzos intensos, si la frecuencia cardíaca tarda excesivamente en bajar a valores normales, puede significar estrés excesivo o aparición de fatiga crónica.
  - **Disociación ritmo-FC:** si, a un mismo ritmo de carrera o potencia de pedaleo, la frecuencia cardíaca sube más de lo habitual, refleja un posible desajuste fisiológico (hiperactivación simpática).
- **Mecanismos fisiológicos.** En estados de fatiga o sobreentrenamiento, el sistema nervioso simpático se ve hiperactivado como respuesta al estrés continuo, elevando la frecuencia cardíaca para intensidades submáximas e incluso en reposo. Simultáneamente, se altera la modulación parasimpática, dificultando que el pulso baje con eficacia tras la actividad.
- **Ajustes de la carga.** Cuando los indicadores de sobreentrenamiento emergen (frecuencia cardíaca en reposo elevada, fatiga persistente, bajo rendimiento), el entrenador debe reducir la intensidad o el volumen de las sesiones, priorizar la recuperación (masajes, sueño de calidad, nutrición adecuada) y controlar el estrés psicológico. Con un seguimiento diario de la frecuencia cardíaca, se pueden prever estos estados antes de que se tornen críticos.

### Ajuste de cargas basadas en la FC

La frecuencia cardíaca sirve como un marcador directo de la carga interna, reflejando cuánto esfuerzo está realizando el cuerpo para satisfacer la demanda energética de los músculos:



- **Entrenamientos basados en frecuencia cardíaca**

El deportista determina la intensidad de la sesión a partir de un rango de frecuencia cardíaca objetivo. Por ejemplo, un rodaje aeróbico en zona 2 (aproximadamente 60-70 % de la frecuencia cardíaca máxima) durante 45 minutos, o intervalos cercanos al 85-90 % en las repeticiones de alta intensidad. Este método se adopta especialmente en disciplinas de resistencia como el ciclismo, la carrera, la natación o el triatlón.

- **Factores de variabilidad**

Hay que tener en cuenta elementos que pueden distorsionar la frecuencia cardíaca, como el calor, la altitud, la deshidratación, el estrés emocional o la fatiga acumulada. Por ende, es aconsejable correlacionar la frecuencia cardíaca con la percepción subjetiva de esfuerzo (*RPE*) y otros indicadores.

- **Protocolos de recuperación activa**

Muchos planes de entrenamiento determinan la intensidad de la recuperación activa tras un intervalo exigente. Por ejemplo: «Trote suave hasta que la frecuencia cardíaca baje a 120 ppm; luego iniciar la siguiente repetición». De esta manera, se individualiza el descanso, optimizando la restauración de fosfágenos y lactato en función de la respuesta real del cuerpo en ese momento.

- **Monitoreo continuo en competición**

En ciertas competencias de larga duración, el uso de pulsómetros guía al atleta para no exceder umbrales peligrosos de frecuencia cardíaca y manejar el  *pacing* (ritmo) de manera inteligente. Si la frecuencia cardíaca sube demasiado rápido, regula la velocidad para evitar el agotamiento prematuro.

## **Entrenamiento por zonas de frecuencia cardíaca**

### **Definición de zonas y su aplicación**

El entrenamiento por zonas se basa en delimitar rangos de frecuencia cardíaca (o potencia, según el caso) que representan diferentes exigencias fisiológicas. Esta división permite planificar sesiones con objetivos específicos y ajustar la intensidad del esfuerzo en función de la respuesta cardiovascular.

Un ejemplo común es la siguiente clasificación:

- Zona 1 (50-60 % FC<sub>máx</sub>): recuperación, regeneración, trabajo muy ligero y de rehabilitación.



- Zona 2 (60-70 % FCmáx): base aeróbica, mejora del metabolismo lipídico, condición general.
- Zona 3 (70-80 % FCmáx): aeróbico extensivo, potencia aeróbica, umbral aeróbico (a veces 75 % FCmáx).
- Zona 4 (80-90 % FCmáx): umbral anaeróbico, gran estímulo para la mejora de la tolerancia al lactato.
- Zona 5 (90-100 % FCmáx): trabajo de VO<sub>2</sub>máx, esfuerzos máximos e intervalos cortos.

Para calcular estas zonas, puede utilizarse la fórmula estimada «220 menos la edad», aunque lo más preciso es obtener la frecuencia cardíaca máxima real mediante una prueba de esfuerzo. Algunos deportistas aplican la fórmula de Karvonen, que considera la frecuencia cardíaca de reserva  $[(FC \text{ ejercicio} - FC \text{ reposo}) / (FCmáx - FC \text{ reposo}) \times 100]$ , lo que permite una personalización más fina de los rangos.

Trabajar con zonas facilita la periodización del entrenamiento, ya que permite organizar cada sesión con un propósito fisiológico claro, como el desarrollo de la resistencia de base o el entrenamiento del umbral. También favorece la autorregulación: el deportista aprende a ajustar su ritmo interno en función de la respuesta cardiovascular real.

Es importante considerar que la frecuencia cardíaca puede verse afectada por factores externos como la temperatura, el estrés o la fatiga, por lo que su relación con la intensidad no siempre es exacta. En disciplinas intermitentes como el fútbol o el básquet, donde existen cambios de ritmo muy rápidos, la frecuencia cardíaca no refleja con precisión los picos de esfuerzo ni la recuperación inmediata, y se combina con el uso de otras métricas como la potencia o la velocidad.

### **Beneficios para diferentes objetivos deportivos**

El uso de zonas de frecuencia cardíaca permite adaptar el entrenamiento a las características y necesidades de distintas disciplinas y poblaciones. A continuación, se describen sus aplicaciones más relevantes en contextos específicos:

- **Deportes de resistencia (maratón, ciclismo, triatlón)**

Las zonas de frecuencia cardíaca permiten estructurar con precisión los entrenamientos, combinando rodajes largos en zona 2 para el desarrollo de la base aeróbica, sesiones en zona 4 para trabajar el umbral anaeróbico y series en zona 5 orientadas al VO<sub>2</sub>máx. Además, durante las competencias de larga duración, el



monitoreo en tiempo real favorece la dosificación del esfuerzo, evitando un inicio demasiado exigente que pueda comprometer el rendimiento en etapas posteriores.

- **Deportes de equipo**

Aunque la frecuencia cardíaca presenta limitaciones en deportes intermitentes debido a la naturaleza cambiante del esfuerzo, sigue siendo útil para entrenamientos de acondicionamiento aeróbico general y para el monitoreo postpartido. Las zonas 4 y 5 se relacionan con esfuerzos de alta intensidad, comparables a sprints o momentos de exigencia máxima durante un encuentro, lo que permite analizar la carga interna acumulada.

- **Poblaciones especiales**

Personas con sobrepeso, obesidad o hipertensión pueden beneficiarse de entrenamientos controlados en zonas de baja a moderada intensidad, lo que ayuda a reducir el riesgo cardiovascular mientras se promueve una adaptación progresiva al ejercicio. De forma similar, los pacientes en programas de rehabilitación cardíaca utilizan zonas cuidadosamente delimitadas para asegurar una recuperación segura y gradual.

- **Optimización del rendimiento**

La planificación estratégica de sesiones en diferentes zonas permite inducir adaptaciones específicas: por ejemplo, la zona 2 mejora la capacidad de oxidación de grasas, mientras que la zona 4 eleva el umbral anaeróbico. Programas bien diseñados alternan fases de carga y recuperación —a través de macrociclos y microciclos— para escalar la intensidad y maximizar la respuesta fisiológica en función del objetivo deportivo.

## **Conclusiones**

El uso de la frecuencia cardíaca (FC) en el entrenamiento deportivo representa una herramienta clave para monitorizar la carga interna, detectar signos de sobreentrenamiento y optimizar la planificación de las sesiones. Con el avance de la tecnología *wearable*, el control del pulso ha pasado de ser una medición esporádica a convertirse en un sistema continuo de registro y análisis, que permite una mejor comprensión de la respuesta fisiológica del organismo ante diferentes estímulos.

El seguimiento diario de la FC en reposo, durante el ejercicio y en la recuperación proporciona señales tempranas de fatiga o sobreentrenamiento, como el aumento persistente de la frecuencia cardíaca basal, una recuperación más lenta tras el esfuerzo o una disociación entre ritmo e intensidad cardíaca. Estas alteraciones reflejan desequilibrios autonómicos, en los que predomina la activación simpática y disminuye el control parasimpático. El ajuste adecuado de la carga en función de



estas variables permite prevenir la caída del rendimiento y favorecer la recuperación funcional.

El entrenamiento por zonas de frecuencia cardíaca constituye una estrategia efectiva para individualizar la intensidad del esfuerzo y orientar el desarrollo de capacidades específicas. Las zonas clásicas, definidas por porcentajes de frecuencia cardíaca máxima o de reserva cardíaca, permiten organizar las sesiones con objetivos precisos: desde la regeneración en zona 1 hasta el estímulo del  $\text{VO}_2\text{máx}$  en zona 5. No obstante, este enfoque debe complementarse con la interpretación contextual de la FC, ya que factores externos como el calor, la altitud o el estado emocional pueden alterar la respuesta cardíaca real.

El trabajo por zonas se adapta a distintos contextos y perfiles. En deportes de resistencia, permite estructurar cargas progresivas y controlar el ritmo competitivo; en deportes intermitentes, aporta información útil para el acondicionamiento aeróbico general; y en poblaciones clínicas o especiales, facilita una prescripción segura del ejercicio basada en parámetros fisiológicos objetivos.

La integración del pulso con otros indicadores —como la variabilidad de la frecuencia cardíaca, los niveles de lactato o la glucemia— amplía su valor como herramienta de monitorización, permitiendo un enfoque más completo e individualizado del entrenamiento. Así, el uso estratégico de la frecuencia cardíaca, tanto en la práctica diaria como en la competición, no solo mejora el rendimiento deportivo, sino que también contribuye a la salud y sostenibilidad del proceso de entrenamiento.

## Referencias bibliográficas de consulta

**Achten, J., & Jeukendrup, A. E.** (2003). Heart rate monitoring: Applications and limitations. *Sports Medicine*, 33(7), 517–538. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00004>

**Borresen, J., & Lambert, M. I.** (2008). Quantifying training load: A comparison of subjective and objective methods. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(1), 16–30. <https://doi.org/10.1123/ijspp.3.1.16>

**Buchheit, M.** (2014). Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5, 73. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>

**Buchheit, M., & Laursen, P. B.** (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports Medicine*, 43(5), 313–338. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>

**Chicharro, J. L., Hoyos, J., & Lucía, A.** (2000). Effects of endurance training on the isocapnic buffering and hypocapnic hyperventilation phases in professional cyclists.



*British Journal of Sports Medicine*, 34(6), 450–455.  
<https://doi.org/10.1136/bjism.34.6.450>

**Cottin, F., Papelier, Y., & Médigue, C.** (2007). Heart rate variability during exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 99(4), 401–407.

**García-Pallarés, J., & Izquierdo, M.** (2011). Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Medicine*, 41(4), 329–343. <https://doi.org/10.2165/11539690-000000000-00000>

**Halson, S. L.** (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(Suppl. 2), 139–147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>

**Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Kinnunen, H., & Tulppo, M. P.** (2007). Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *European Journal of Applied Physiology*, 101(6), 743–751. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0552-2>

**Lambert, M. I., & Mujika, I.** (2013). Preparing for competition: The taper. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(2), 141–147.

**Laursen, P. B., & Jenkins, D. G.** (2002). The scientific basis for high-intensity interval training. *Sports Medicine*, 32(1), 53–73. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232010-00003>

**Lucía, A., Hoyos, J., & Chicharro, J. L.** (2001). Physiology of professional road cycling. *Sports Medicine*, 31(5), 325–337. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131050-00004>

**Mann, T. N., Lamberts, R. P., & Lambert, M. I.** (2014). Methods of prescribing relative exercise intensity: Physiological and practical considerations. *Sports Medicine*, 44(7), 613–625.

**Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., & Urhausen, A.** (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(1), 186–205. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279a10a>

**Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., & 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. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8>



**Hailstone, J., & Kilding, A. E. (2011).** Reliability and validity of the Zephyr BioHarness™ to measure respiratory responses to exercise. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 15(4), 293–300. <https://doi.org/10.1080/1091367X.2011.615671>

**Seiler, S., & Tønnessen, E. (2009).** Intervals, thresholds, and long slow distance: The role of intensity and duration in endurance training. *Sports Science*, 13(2), 32–53.

**Shephard, R. J. (2012).** The impact of heat on cardiovascular performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22(4), e57–e63. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01522.x>

**Vangelakoudi, A., Tsakiris, T., & Chimonidis, C. (2015).** Heart rate deflection point and lactate threshold in circadian rhythm. *Chronobiology International*, 32(6), 801–807.

**Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2004).** *Physiology of sport and exercise*. Human Kinetics.

