

# Módulo 2. Carga interna vs. carga externa en el ejercicio

## Unidad 1. Conceptos y diferencias fundamentales

### Definición y diferencias entre carga interna y carga externa

La prescripción y el control del entrenamiento son aspectos importantes para optimizar el rendimiento deportivo, prevenir lesiones y asegurar una progresión adecuada en la condición física. En este contexto, el concepto de «carga» ha cobrado cada vez más relevancia y se ha vuelto más sofisticado, distinguiéndose en al menos dos dimensiones principales: la carga externa y la carga interna. Comprender estas dos categorías permite diseñar programas de ejercicio eficaces, individualizados y seguros.

### Conceptualización de ambas cargas

La carga en el entrenamiento físico se refiere al estímulo que se aplica al organismo a través de la actividad, generando una serie de respuestas fisiológicas y adaptaciones con el tiempo. Sin embargo, la carga no es un fenómeno simple ni uniforme. Es necesario diferenciar entre aquello que se prescribe desde fuera (lo que el individuo hace) y la forma en que su cuerpo responde (lo que el individuo experimenta).

- **Carga externa**

La carga externa puede definirse como la cantidad de trabajo físico medible y objetivable que se realiza durante el entrenamiento o la competición. Representa el estímulo cuantificable que se impone al deportista. Este tipo de carga incluye variables que son independientes de las características subjetivas o biológicas inmediatas del individuo, y se centra en datos objetivos como la distancia recorrida, la cantidad de repeticiones, la potencia generada, la intensidad establecida, la velocidad, el peso levantado, la altura o la duración del esfuerzo.

Por ejemplo, en una sesión de carrera, la carga externa puede estar representada por el número de kilómetros recorridos y el ritmo de paso (minutos por kilómetro). En el gimnasio, puede cuantificarse a partir del volumen de entrenamiento (series por repeticiones por peso levantado) o de la intensidad relativa al 1RM (una repetición máxima). En ciclismo, se mide a través de la potencia en vatios y el tiempo de pedaleo. En deportes colectivos, se puede evaluar por el número de sprints

realizados, la distancia total recorrida, el número de saltos o la velocidad máxima alcanzada.

Lo importante es que la carga externa se basa en variables externas al organismo: aquello que el atleta hace, lo que se ve y se mide de forma directa, sin tomar en cuenta las diferencias internas entre individuos.

- **Carga interna**

La carga interna, en cambio, se refiere al impacto fisiológico, psicológico y biológico que el estímulo externo (carga externa) produce en el organismo. Es la respuesta individual del sujeto ante el trabajo realizado y depende tanto de la magnitud del estímulo externo como de las características propias del individuo (estado de salud, nivel de entrenamiento, edad, sexo, predisposiciones genéticas, estado nutricional, nivel de fatiga, factores emocionales, entre otros).

La carga interna se manifiesta a través de indicadores fisiológicos (frecuencia cardíaca, consumo de oxígeno, lactato en sangre, niveles hormonales), percepción subjetiva del esfuerzo (RPE, *rate of perceived exertion*), variabilidad de la frecuencia cardíaca, niveles de estrés, marcadores de inflamación o daño muscular y otros parámetros biológicos y psicofisiológicos. En otras palabras, mientras que la carga externa es lo que el deportista hace, la carga interna es cómo el deportista asimila y reacciona ante lo que hace.

La carga interna es una medida importante, ya que una misma carga externa puede producir respuestas internas muy distintas en diferentes individuos. Dos atletas pueden correr la misma distancia a la misma velocidad, pero uno puede experimentar una frecuencia cardíaca más alta, mayores niveles de lactato y un esfuerzo percibido más elevado que el otro. Esto pone de manifiesto que la carga interna es una dimensión subjetiva y multifactorial, que refleja la verdadera exigencia fisiológica y psicológica impuesta al organismo.

### **Diferencias fundamentales entre carga interna y carga externa**

- **Medición y objetividad**

- **Carga externa:** se mide mediante dispositivos, conteos y registros fáciles de cuantificar. Por ejemplo, kilómetros recorridos, peso levantado, potencia medida en vatios, duración de la sesión, etc. Estas mediciones son objetivas, estandarizadas, y no dependen directamente de la respuesta biológica del atleta.
- **Carga interna:** su medición es más compleja, pues se basa en la respuesta del organismo. Indicadores como la frecuencia cardíaca pueden medirse objetivamente con monitores, pero su interpretación depende de variables biológicas internas. La percepción subjetiva del esfuerzo es un indicador fundamental de la carga interna, pero por



definición es subjetivo. Otros marcadores, como el lactato en sangre o la concentración de cortisol, aunque cuantificables, requieren análisis más sofisticados y no siempre están disponibles de manera inmediata.

- **Individualización de la respuesta**
  - **Carga externa:** es uniforme, no se adapta automáticamente a las diferencias individuales. Dos atletas pueden realizar exactamente el mismo entrenamiento externo.
  - **Carga interna:** es altamente individual. Dos personas que realizan la misma carga externa pueden tener respuestas fisiológicas muy diferentes. Esto se debe a factores genéticos, de condición física, estado de entrenamiento, nivel de fatiga acumulada, descanso previo, alimentación, hidratación, estado psicológico, entre otros.
- **Utilidad en el control del entrenamiento**
  - **Carga externa:** es esencial para la planificación del entrenamiento, ya que permite establecer objetivos concretos, progresiones en las cargas de trabajo y comparaciones en el tiempo. Es la base para diseñar macrociclos, mesociclos y microciclos, así como para evaluar el cumplimiento de la prescripción.
  - **Carga interna:** permite evaluar la eficacia real del estímulo en el organismo. Mientras la carga externa indica cuánto se hace, la carga interna responde a la pregunta de cómo lo asimila el cuerpo. Esta información es importante para ajustar el entrenamiento a las capacidades y al estado actual del atleta, evitar sobrecargas, prevenir el sobreentrenamiento y personalizar la carga para lograr mejores adaptaciones.
- **Sensibilidad a factores contextuales**
  - **Carga externa:** es menos sensible a factores contextuales externos al entrenamiento, pues se limita a la medición del trabajo realizado. Por ejemplo, correr 10 km es un estímulo externo definido, independientemente de las condiciones meteorológicas o el estado anímico del deportista.
  - **Carga interna:** es altamente sensible a las condiciones del entorno y el estado del deportista. Un deportista puede presentar una mayor frecuencia cardíaca y sentir mayor esfuerzo (carga interna más alta) al correr los mismos 10 km si hace calor, si no ha dormido bien, si está estresado o deshidratado.



Para ilustrar las diferencias entre carga interna y externa, consideremos algunos casos en deportes diversos.

### 1. Carrera de fondo (atletismo)

- **Carga externa:** se podría prescribir al corredor realizar una sesión de 10 km a un ritmo de 5 minutos por kilómetro. La distancia (10 km) y el ritmo (5 min/km) son datos objetivos, fácilmente medibles con un reloj GPS, y representan la carga externa.
- **Carga interna:** durante esa misma sesión, el corredor puede experimentar una frecuencia cardíaca promedio de 160 lpm, un lactato de 3 mmol/L al finalizar, una percepción del esfuerzo en la escala de Borg de 15 (en una escala de 6 a 20) y un aumento de la temperatura corporal. Estas respuestas dependerán de su estado de forma, nivel de fatiga, hidratación, temperatura ambiental, entre otros factores. Otro corredor, con la misma carga externa, podría presentar una frecuencia cardíaca promedio de 145 lpm y un *RPE* de 12, lo que muestra que la carga interna fue menor para él.

### 2. Entrenamiento de fuerza (gimnasio)

- **Carga externa:** levantar una carga de 80 kg en el ejercicio de sentadilla trasera para 3 series de 8 repeticiones con 2 minutos de descanso entre series. Estos son datos que cualquiera puede recopilar sin hacer referencia al estado del individuo.
- **Carga interna:** el atleta realiza la sesión y reporta una percepción de esfuerzo muy alta (*RPE* = 9 en una escala de 0 a 10), su frecuencia cardíaca alcanza los 170 lpm durante la última serie y experimenta una sensación de fatiga muscular intensa al día siguiente. Otro atleta, con mayor nivel de fuerza o más habituado a ese tipo de entrenamiento, podría percibir un menor esfuerzo (*RPE* = 6), una frecuencia cardíaca máxima inferior (150 lpm) y menor fatiga muscular posterior, lo que evidencia una carga interna menor a pesar de haber realizado la misma carga externa.

### 3. Deportes de equipo (fútbol)

- **Carga externa:** el equipo de fútbol puede ser monitorizado con sistemas GPS que registran la distancia total recorrida en un partido (por ejemplo, 10 km por jugador), la cantidad de sprints mayores a 25 km/h (12 sprints), la velocidad máxima alcanzada (32 km/h) y el número de aceleraciones bruscas. Estos datos representan la carga externa, útil para medir y comparar distintos partidos o jugadores.



- **Carga interna:** los mismos jugadores pueden exhibir frecuencias cardíacas distintas (un jugador con una frecuencia cardíaca promedio de 165 lpm, otro con 175 lpm), niveles de lactato diferentes al terminar el partido, percepciones disímiles del esfuerzo (un jugador reporta una RPE de 7, otro de 9) e incluso respuestas psicológicas variadas (estrés, fatiga mental). Todos estos elementos reflejan la carga interna y explican por qué algunos se recuperan más rápido o muestran un mayor nivel de cansancio después del partido, a pesar de haber tenido, en principio, una carga externa semejante.

### Relevancia de distinguir entre carga interna y externa

Distinguir entre carga interna y externa es esencial para una prescripción de ejercicio inteligente y adaptable.

- **Individualización del entrenamiento:** dado que la carga interna varía según la persona, disponer de indicadores de esta naturaleza permite ajustar el programa de entrenamiento a la condición del individuo, logrando un enfoque personalizado que optimiza la adaptación y minimiza el riesgo de lesiones o sobrecarga.
- **Prevención del sobreentrenamiento:** el control de la carga interna ayuda a detectar signos de exceso de fatiga, estrés fisiológico y psicológico que podrían derivar en sobreentrenamiento. Aunque la carga externa se mantenga constante, la carga interna puede ir aumentando si el atleta no se recupera correctamente.
- **Monitoreo continuo y retroalimentación inmediata:** herramientas como la frecuencia cardíaca en tiempo real, el análisis de lactato o la percepción subjetiva del esfuerzo brindan retroalimentación inmediata sobre cómo está respondiendo el organismo. Esto posibilita ajustes sobre la marcha, evitando estímulos inadecuados.
- **Optimización del rendimiento a largo plazo:** una adecuada dosificación de las cargas, considerando tanto la dimensión externa (lo que se hace) como la interna (cómo se tolera), es la base para lograr mejoras progresivas, sostenidas y seguras en el rendimiento, sin recaer en excesos ni estancamientos.

### Conclusiones

La distinción entre carga interna y carga externa en el ejercicio y el entrenamiento es un elemento importante para la planificación, el control y la evaluación del proceso de acondicionamiento físico. Mientras la carga externa representa el

estímulo objetivo, medible y uniforme, la carga interna se centra en la respuesta individual, biológica y subjetiva del organismo ante dicho estímulo.

La comprensión de ambas dimensiones permite desarrollar planes de entrenamiento más eficaces, adaptados a las necesidades específicas de cada individuo, y facilita la prevención de desequilibrios que podrían conducir al sobreentrenamiento o a lesiones. En última instancia, la integración de la información proporcionada por la carga externa y la interna conduce a un entrenamiento más inteligente, seguro y orientado a maximizar los beneficios fisiológicos y psicológicos de la actividad física.

## **Importancia de la carga interna en el entrenamiento**

La carga interna, entendida como la respuesta fisiológica, psicológica y biológica del individuo frente a un estímulo externo (ejercicio, entrenamiento, competición), es un concepto central para comprender cómo evoluciona el rendimiento deportivo y el estado de forma a lo largo del tiempo. Mientras que la carga externa ofrece una medida cuantitativa y objetiva de la cantidad de trabajo realizado, la carga interna permite interpretar el verdadero impacto de esa tarea en el organismo.

Lejos de ser una noción secundaria, la carga interna es, en muchos casos, el factor más determinante para explicar las diferencias individuales en la adaptación al ejercicio, la progresión en el rendimiento y la susceptibilidad a lesiones o estados de fatiga crónica. Su estudio y monitorización permiten ajustar el entrenamiento a las necesidades reales del atleta, lograr una dosificación precisa del esfuerzo y maximizar los beneficios fisiológicos a largo plazo.

### **¿Cómo refleja el estrés fisiológico real en el atleta?**

La carga interna proporciona información detallada sobre cómo se manifiesta el esfuerzo en el cuerpo y la mente del deportista. A continuación, se presentan distintos aspectos que permiten interpretar esa respuesta fisiológica.

- **Individualidad biológica y subjetividad de la respuesta**

Uno de los aspectos más relevantes de la carga interna es que muestra el «lado humano» del entrenamiento. Si dos atletas realizan la misma cantidad de repeticiones, a la misma intensidad y con la misma carga de peso (carga externa), no necesariamente experimentarán el mismo grado de estrés fisiológico. Uno puede llegar al límite de su capacidad cardiorrespiratoria y muscular, mientras que el otro podría asimilarlo con menor esfuerzo.

Este fenómeno se debe a que cada individuo tiene un perfil fisiológico y metabólico único, determinado por factores como la genética, el nivel de condición física, la edad, el sexo, la experiencia previa, el estado nutricional, la hidratación, el descanso

y los factores psicosociales y emocionales, entre otros. La carga interna integra todas estas variables y refleja la respuesta real del organismo. Por lo tanto, su estudio permite superar la limitación de los promedios y las prescripciones «universalmente válidas», promoviendo la individualización del entrenamiento.

- **Indicadores fisiológicos y psicológicos de la carga interna.** La carga interna se puede estimar mediante una variedad de indicadores fisiológicos y psicológicos. Entre los más usados se encuentran:
- **Frecuencia cardíaca (FC).** La FC es un marcador sensible del estrés fisiológico. A mayor demanda energética, mayor será la FC. Sin embargo, la respuesta de la FC ante una misma carga externa puede variar según la adaptación, la fatiga acumulada o el estado de salud del individuo.
- **Concentraciones de lactato en sangre.** Este metabolito, producido de forma creciente con el aumento de la intensidad del ejercicio, sirve como indicador del estrés metabólico. Si, a igual carga externa, un atleta presenta niveles más altos de lactato, significa que su organismo está sufriendo un estrés mayor.
- **Variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC).** La VFC permite valorar el equilibrio entre los sistemas nerviosos simpático y parasimpático. Cambios en la VFC pueden reflejar mayor carga interna y menor capacidad de recuperación, adelantando posibles estados de fatiga o sobreentrenamiento.
- **Percepción Subjetiva del Esfuerzo (RPE).** Esta escala, basada en las sensaciones del atleta, es un instrumento práctico y eficaz para evaluar la carga interna. El RPE integra componentes fisiológicos (fatiga muscular, respiratoria, cardiovascular) con factores psicológicos (motivación, estrés, humor), ofreciendo una visión holística del esfuerzo.
- **Indicadores hormonales y bioquímicos.** Concentraciones de cortisol, testosterona, creatina quinasa (CK), entre otros marcadores hormonales y enzimáticos, pueden señalar la magnitud del estrés interno y el grado de daño o recuperación muscular que el sujeto experimenta.

Estos indicadores no solo aportan información precisa sobre el estado del deportista, sino que también muestran la naturaleza dinámica y multifactorial de la carga interna.

- **Sensibilidad a factores contextuales**

El estrés fisiológico que refleja la carga interna no se limita al esfuerzo muscular. Factores como la temperatura ambiental, la humedad, la altitud, el estrés psicológico, la calidad del sueño, la nutrición, la hidratación o incluso el estado de ánimo influyen en la respuesta interna ante un mismo estímulo externo. Así, un deportista que entrena en condiciones de calor extremo y sin una hidratación adecuada puede mostrar una frecuencia cardíaca elevada y una alta percepción del

esfuerzo durante una sesión que, en condiciones más favorables, resultaría relativamente sencilla.

Al observar la carga interna, el entrenador puede discernir cuándo un alto nivel de estrés no se debe únicamente a la intensidad del entrenamiento, sino a factores externos y contextuales que afectan el rendimiento. Esto facilita una toma de decisiones más informada, ya sea reduciendo la carga de la sesión siguiente, ajustando la alimentación, mejorando las condiciones del entorno o recomendando descanso adicional.

## **Relación con la adaptación y el rendimiento**

La carga interna no solo permite evaluar el impacto inmediato del esfuerzo, sino que también se vincula estrechamente con los procesos de adaptación y mejora del rendimiento deportivo. A continuación, se presentan algunos aspectos clave que demuestran su importancia en la planificación y el seguimiento del entrenamiento.

- **Principio de sobrecarga y supercompensación**

La base del entrenamiento deportivo radica en exponer al organismo a una sobrecarga, es decir, un estímulo que exceda su nivel de adaptación actual. Una vez que este afronta el estrés y se recupera, se produce la supercompensación, es decir, la mejora en la capacidad funcional del deportista. Sin embargo, este proceso no depende únicamente de la carga externa aplicada, sino de cómo se asimila internamente.

Si la carga externa es alta, pero la capacidad del individuo para procesar ese estímulo es baja, la carga interna resultante será excesiva. Esto podría dificultar la recuperación y, a largo plazo, llevar a un estado de sobreentrenamiento o a un mayor riesgo de lesión. Por el contrario, si se mantiene un equilibrio adecuado, la respuesta interna será proporcional y el atleta podrá adaptarse progresivamente, aumentando su rendimiento sin comprometer su salud.

- **Detección precoz de fatiga y sobreentrenamiento**

Medir y monitorear la carga interna permite detectar a tiempo señales de excesiva fatiga, sobrecarga psicológica o desajustes hormonales que puedan comprometer la adaptación. Por ejemplo, si la frecuencia cardíaca en reposo aumenta y la percepción subjetiva del esfuerzo es elevada ante entrenamientos que anteriormente se toleraban con facilidad, podría ser una señal de que el atleta necesita más recuperación o de que la carga externa es demasiado exigente en ese momento.

La carga interna actúa así como un «termómetro» de la resiliencia del organismo frente al entrenamiento. Ajustar las sesiones en función de esta información ayuda

a prevenir estados de sobreentrenamiento, lesiones por sobreuso o disminución del rendimiento debido a la acumulación de estrés fisiológico no resuelto.

- **Individualización del entrenamiento**

La aplicación práctica más valiosa de considerar la carga interna es la posibilidad de individualizar el entrenamiento. Mientras la carga externa proporciona un plan general (por ejemplo: correr 10 km, levantar 80 kg, realizar 5 series de 400 metros), la carga interna permite advertir si dicho estímulo resulta adecuado para cada individuo.

Por ejemplo, un entrenador puede utilizar escalas subjetivas de esfuerzo y mediciones de frecuencia cardíaca para ajustar las intensidades de una sesión de intervalos según la respuesta interna del atleta ese día, en lugar de exigir un ritmo fijo e innegociable. Este enfoque flexible, basado en datos reales de la respuesta interna, aumenta las posibilidades de optimizar la adaptación, evitando sobrecargas innecesarias y aprovechando mejor las ventanas de oportunidad fisiológica.

- **Maximización del rendimiento a largo plazo**

El rendimiento óptimo no se obtiene mediante una carga externa desproporcionada, sino a través de una progresión coherente que tenga en cuenta la capacidad real del deportista para asimilar las exigencias. Un atleta que entrena sin considerar su carga interna podría mejorar inicialmente, pero tarde o temprano encontrará barreras: lesiones, estancamiento, fatiga crónica, falta de motivación o deterioro del rendimiento en competencias.

Por el contrario, un enfoque que integre la carga interna permite adecuar las fases de carga y descarga, los periodos de entrenamiento intenso y las etapas de recuperación. Así, el deportista desarrolla una mejor resiliencia fisiológica y psicológica, lo que favorece un pico de forma más estable, una mayor longevidad deportiva y un rendimiento sostenido a lo largo de la temporada o de su carrera.

- **Retroalimentación y toma de decisiones basada en evidencia**

El entrenamiento moderno, especialmente en el alto rendimiento, se beneficia de las nuevas tecnologías y técnicas de monitorización. El acceso a datos en tiempo real sobre frecuencia cardíaca, potencia, lactato, RPE, entre otros, permite que el equipo técnico (entrenadores, preparadores físicos, médicos, nutricionistas) tome decisiones basadas en evidencia. Estas decisiones se centran en la carga interna, ya que es ella la que informa sobre el estado real del deportista frente al estímulo.

La integración de estos datos en un sistema de control del entrenamiento favorece la periodización y la planificación estratégica. Si se detecta que un grupo de jugadores de un equipo de fútbol exhibe respuestas internas elevadas tras un periodo de partidos muy seguidos, se pueden introducir sesiones regenerativas,

mayor énfasis en la recuperación nutricional y del sueño, o ajustes en la intensidad del entrenamiento para evitar lesiones o descensos en el rendimiento en encuentros posteriores.

## **Conclusiones**

La importancia de la carga interna en el entrenamiento radica en que refleja el estrés fisiológico real experimentado por el atleta, capturando la compleja interacción entre el estímulo externo y la individualidad biológica, psicológica y social del deportista. Lejos de ser un mero complemento, la carga interna es el factor que permite entender por qué un mismo programa de entrenamiento produce resultados tan dispares en diferentes individuos, y cómo adaptar el trabajo para optimizar las respuestas y prevenir riesgos.

La relación entre carga interna, adaptación y rendimiento es directa: sin un control adecuado de la respuesta interna, la prescripción del ejercicio se vuelve menos eficaz y más riesgosa. En cambio, al integrar los datos de carga interna, se logra una individualización inteligente, una mejor gestión del riesgo y una progresión del rendimiento más sostenida a largo plazo.

En suma, el reconocimiento de la carga interna como un componente esencial del control del entrenamiento representa un paso fundamental hacia la profesionalización y la eficiencia en la preparación física, tanto en el ámbito recreativo como en el alto rendimiento. Con esta perspectiva, el entrenamiento deja de ser un simple conjunto de tareas físicas y se convierte en un proceso biológico y psicológico integral, orientado a la salud, la mejora continua y el logro de los objetivos propuestos.

## **Factores que influyen en la carga interna del atleta**

La carga interna, como se ha definido previamente, representa la respuesta real del organismo al estímulo externo generado por el ejercicio o el entrenamiento. Esta respuesta no es uniforme ni estática, ya que cada individuo reacciona de forma distinta ante una misma tarea física. Tal variabilidad se debe a la multiplicidad de factores que influyen en la manera en que el cuerpo y la mente procesan el esfuerzo. Entre ellos destacan el estado físico y mental del deportista, las condiciones ambientales que rodean la práctica deportiva y los aspectos nutricionales e hídricos que condicionan el metabolismo y la disponibilidad de energía.

La interrelación de estos factores es compleja y dinámica. Un atleta puede tener una excelente condición física, pero si se encuentra en un estado mental desfavorable o en un entorno ambiental extremo, su carga interna puede elevarse considerablemente. De igual forma, una nutrición deficiente o desajustada puede afectar el rendimiento y la percepción del esfuerzo, incrementando la magnitud del estrés interno. Comprender estos elementos es fundamental para diseñar programas de entrenamiento individualizados y maximizar las adaptaciones

positivas, minimizando al mismo tiempo los riesgos de fatiga crónica, lesiones o disminución del rendimiento.

## **Estado físico y mental**

El estado general del deportista, tanto en lo físico como en lo mental, influye significativamente en la forma en que su cuerpo responde a una misma carga externa. A continuación, se abordan los principales factores individuales que determinan la magnitud de la carga interna experimentada ante un estímulo determinado.

- **Condición física inicial y nivel de entrenamiento**

El nivel de condición física de un atleta es uno de los principales factores que determinan su carga interna. Un individuo bien entrenado suele tolerar mayores volúmenes e intensidades de carga externa sin experimentar la misma magnitud de estrés interno que alguien con menor preparación física. Por ejemplo, para un corredor de élite, una salida de 10 km a ritmo moderado puede representar una tarea relativamente sencilla, con bajos niveles de frecuencia cardíaca y percepción de esfuerzo, mientras que para un principiante puede ser una tarea muy exigente, generando una elevada carga interna.

La composición corporal, el tipo de fibras musculares, la eficiencia biomecánica, la capacidad aeróbica y la fuerza máxima son variables que determinan la economía del movimiento y la eficiencia en la producción de energía. Cuanto más desarrollado esté el sistema cardiorrespiratorio, mayor sea la densidad capilar muscular y más optimizado el metabolismo energético, menor será la respuesta interna ante cargas externas moderadas. Por ello, el entrenamiento progresivo no solo incrementa las capacidades físicas, sino que reduce la carga interna asociada a esfuerzos que anteriormente resultaban muy estresantes.

- **Fatiga acumulada y estado de recuperación**

La carga interna se ve profundamente influenciada por el grado de fatiga acumulada en el organismo. Aunque un atleta esté en buena forma física, si no ha descansado lo suficiente entre sesiones o si ha encadenado varias competiciones, su cuerpo estará sometido a un estrés residual. Esto se traduce en una mayor frecuencia cardíaca en reposo, un mayor nivel de lactato ante esfuerzos submáximos y una percepción subjetiva del esfuerzo más alta frente a tareas que, en condiciones de frescura, serían fáciles de tolerar.

La falta de sueño, el estrés cotidiano (laboral, familiar, académico) o la ausencia de una recuperación activa pueden incrementar la carga interna. Así, no solo cuenta la forma física absoluta, sino también el estado agudo de recuperación y la disponibilidad de recursos corporales para afrontar el ejercicio.



- **Aspectos psicológicos, motivacionales y emocionales**

El estado mental del atleta juega un papel crucial en la determinación de la carga interna. La percepción subjetiva del esfuerzo, uno de los indicadores clave de la carga interna, está influenciada por factores emocionales y cognitivos. Si un deportista se siente desmotivado, ansioso, deprimido o estresado, puede percibir la misma carga externa como más pesada, agotadora e incómoda.

La falta de concentración, la ansiedad precompetitiva, el miedo al fracaso o las presiones externas (entorno, expectativas, patrocinadores) aumentan la tensión psicológica y, por ende, el estrés interno. Por otro lado, un estado mental positivo, con alta motivación, confianza y disfrute de la actividad, facilita la tolerancia al esfuerzo y reduce la percepción negativa. Por ello, los entrenadores y psicólogos deportivos trabajan en la mejora de la autoconfianza, el control del estrés y la resiliencia psicológica, entendiendo que el estado mental modifica radicalmente la respuesta interna ante un estímulo físico.

- **Experiencia y habilidades técnicas**

La experiencia del atleta también incide en la carga interna. Un deportista experimentado, con una técnica depurada y una amplia familiaridad con su disciplina, realiza los movimientos con mayor eficiencia, consume menos energía y enfrenta menores tensiones psicológicas. Por el contrario, un principiante o alguien que realiza una tarea técnicamente compleja por primera vez puede sentir que la carga externa es más demandante, lo que incrementa la respuesta interna.

La automatización de gestos técnicos reduce el componente cognitivo del esfuerzo y permite liberar recursos atencionales. Esto se traduce en una menor percepción de dificultad, mayor economía del esfuerzo y, en definitiva, una carga interna reducida ante una misma tarea externa.

## **Condiciones ambientales y nutricionales**

El entorno físico y el estado nutricional del deportista influyen de manera directa en la forma en que el organismo procesa el esfuerzo. Incluso cuando la carga externa es idéntica, factores como la temperatura, la calidad del aire, la alimentación y el descanso pueden modificar notablemente la carga interna. A continuación, se detallan algunos de los elementos más relevantes en esta interacción.

- **Factores ambientales: temperatura, humedad, altitud**

El entorno en el que se realiza el ejercicio puede modificar drásticamente la carga interna. Entrenar bajo altas temperaturas y humedad elevada obliga al organismo a invertir más recursos en la termorregulación. El corazón debe bombear más sangre

hacia la piel para disipar el calor, lo que aumenta la frecuencia cardíaca y el esfuerzo percibido. La deshidratación se vuelve más probable, alterando el equilibrio hídrico y elevando el estrés fisiológico.

Del mismo modo, entrenar en altitud, donde la presión parcial de oxígeno es menor, incrementa la carga interna ante un mismo nivel de carga externa. El organismo debe esforzarse más para suministrar oxígeno a los músculos, lo que se traduce en mayor frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca y percepción subjetiva del esfuerzo (RPE). Incluso el frío extremo o condiciones de viento fuerte pueden elevar la carga interna, ya que el cuerpo debe generar calor adicional o compensar la resistencia al avance.

- **Calidad del aire y contaminación atmosférica**

La calidad del aire también influye en la carga interna. La presencia de contaminantes puede irritar las vías respiratorias, dificultar la respiración y aumentar la percepción de malestar. El organismo debe esforzarse más para realizar el mismo trabajo, incrementando los indicadores fisiológicos de estrés. Esto se aprecia especialmente en deportes al aire libre en grandes urbes o zonas industriales.

- **Suelo, terreno y equipamiento**

El tipo de superficie en la que se realiza el ejercicio (asfalto, tierra, césped, pista sintética), el perfil del terreno (llano, con pendiente, irregular) y la calidad del equipamiento (zapatillas adecuadas, raqueta equilibrada, bicicleta bien ajustada) condicionan la eficiencia mecánica y el gasto energético. Condiciones desfavorables, como terreno inestable o equipamiento inadecuado, generan un mayor esfuerzo interno para lograr el mismo resultado externo.

- **Estado nutricional y disponibilidad de sustratos energéticos**

La nutrición es un factor esencial. Un adecuado aporte de carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas, minerales y una hidratación correcta aseguran que el organismo cuente con los sustratos energéticos necesarios para sostener el esfuerzo con eficacia. Si la dieta es insuficiente, desequilibrada o existe un déficit energético crónico, el músculo debe recurrir a vías menos eficientes para generar ATP, lo que incrementa la producción de lactato, la fatiga, la percepción de esfuerzo y, en consecuencia, la carga interna.

Por el contrario, una buena estrategia nutricional previa al ejercicio (carga de glucógeno, hidratación adecuada) y durante la sesión (ingesta de bebidas isotónicas o geles energéticos, cuando corresponde) reduce la percepción del esfuerzo y el estrés interno. Luego de la actividad, una correcta reposición de nutrientes favorece la recuperación y disminuye la fatiga acumulada, impactando positivamente la carga interna en sesiones posteriores.



- **Sueño y ritmos circadianos**

Aunque no es estrictamente una condición nutricional ni ambiental, el descanso y el sueño de calidad influyen en la carga interna. La falta de sueño altera el metabolismo, la regulación hormonal, la coordinación neuromuscular y el estado psicológico, lo que aumenta la percepción del esfuerzo y empeora la respuesta interna. Un atleta privado de sueño puede experimentar una frecuencia cardíaca más elevada ante una misma carga externa y un cansancio mental que incrementa el RPE.

Mantener horarios regulares de sueño, una buena higiene del mismo y respetar los ritmos circadianos ayuda a lograr una homeostasis más estable. Esto se traduce en un menor estrés interno al afrontar entrenamientos similares, en comparación con alguien que duerme mal o de forma irregular.

### **Interacción de factores y necesidad de un enfoque integrado**

La carga interna es el resultado de la interacción compleja y dinámica de todos los factores descritos. Un atleta puede llegar a un entrenamiento con un buen estado físico, pero si está mentalmente presionado, entrena en un ambiente demasiado caluroso y no se ha alimentado ni hidratado correctamente, su carga interna será considerablemente más alta que la de un deportista en condiciones ideales.

Por ello, la planificación del entrenamiento y la gestión del rendimiento no pueden limitarse a cuantificar la carga externa. Es imprescindible evaluar y monitorear la respuesta interna, prestando atención a estos factores moduladores. Herramientas como el RPE, la medición de lactato, la frecuencia cardíaca, la variabilidad de la frecuencia cardíaca, cuestionarios de bienestar, análisis nutricionales y valoraciones psicológicas aportan información que permite ajustar las variables del entrenamiento a la realidad del deportista.

### **Conclusiones**

La carga interna del atleta no es un producto estático derivado exclusivamente de la magnitud de la carga externa, sino una respuesta multifactorial en la que influyen tanto aspectos internos (estado físico, mental, motivacional, nivel de fatiga) como condiciones externas (medio ambiente, temperatura, altitud, nutrición, hidratación, calidad del descanso).

Conocer y comprender estos factores es fundamental para optimizar el rendimiento, prevenir el sobreentrenamiento y mejorar la eficiencia del entrenamiento. Un abordaje integral, que contemple tanto las variables «duras» del ejercicio (volumen, intensidad, duración) como las «blandas» (estado psicológico, ambiente, nutrición),



permite un control más preciso de la carga interna. Esto favorece una mayor adaptación fisiológica, una mejoría sostenida en el rendimiento y una gestión saludable y prolongada de la carrera deportiva o de la práctica de actividad física en la población general.

En definitiva, la carga interna es un reflejo vivo y dinámico de la interacción entre el individuo y su entorno. Atender a sus factores determinantes es la clave para un entrenamiento verdaderamente personalizado, en el que el bienestar, la salud y la efectividad se conjugan para lograr el máximo potencial del atleta.

## Interacción entre carga interna y externa

Los conceptos de carga interna y carga externa, aunque distintos, están estrechamente relacionados. La carga externa se refiere al estímulo objetivo impuesto al deportista, mientras que la carga interna representa la respuesta fisiológica, psicológica y biológica individual ante dicho estímulo. Comprender la forma en que ambas dimensiones interactúan es fundamental para diseñar programas de entrenamiento eficaces, individualizados y seguros.

La relación entre carga interna y externa no es lineal ni unidireccional. Se trata de un proceso dinámico en el que las características del estímulo (carga externa) se ven moduladas por el estado del individuo (carga interna previa) y, a su vez, la respuesta interna condiciona la manera en que se tolerará o asimilará la carga externa futura. Este ciclo continuo de retroalimentación es esencial para ajustar las variables del entrenamiento en función de las necesidades individuales y el contexto específico.

### ¿Cómo se afectan mutuamente la carga interna y externa?

La carga interna y la carga externa se afectan mutuamente en un proceso dinámico y bidireccional. En primera instancia, **el estímulo físico (carga externa) actúa como detonante de las respuestas internas**. Cuando un deportista realiza una serie de ejercicios con una intensidad, un volumen o una complejidad determinados, dichas variables generan una demanda en el organismo. Esta demanda afecta distintos parámetros fisiológicos (frecuencia cardíaca, lactato, consumo de oxígeno), psicológicos (percepción del esfuerzo, estrés mental) y bioquímicos (hormonas, enzimas musculares), cuya magnitud dependerá del tipo y nivel del estímulo aplicado.

En este sentido, si la carga externa es elevada —como levantar un peso cercano al máximo, correr a alta velocidad o acumular un gran volumen de entrenamiento—, la carga interna tenderá a incrementarse, reflejando un alto grado de exigencia para el organismo. Por el contrario, una sesión ligera se traducirá en una carga interna más baja, señalando una menor demanda fisiológica.

Sin embargo, esta relación no es lineal ni unidireccional. **La misma carga externa puede provocar respuestas internas muy distintas según el estado del deportista.**

Un atleta bien entrenado, descansado, motivado, correctamente alimentado e hidratado, y que se encuentre en un entorno favorable, presentará una carga interna menor frente a un mismo estímulo que otra persona menos preparada, fatigada, deshidratada o bajo estrés mental. Por ejemplo, correr 10 km a un ritmo de 5 minutos por kilómetro puede resultar una tarea sencilla para un corredor experimentado, con baja percepción del esfuerzo y bajo impacto fisiológico. En cambio, ese mismo estímulo puede representar un desafío considerable para un principiante, generando una elevada carga interna.

**Esta interacción también se observa a lo largo del tiempo.** Con una práctica sostenida y bien planificada, la exposición continua a una determinada carga externa produce adaptaciones fisiológicas que disminuyen la carga interna asociada a ese esfuerzo. Por ejemplo, un levantador de pesas principiante puede experimentar una elevada frecuencia cardíaca, una gran percepción del esfuerzo y un alto nivel de lactato al levantar 60 kg en sentadilla. Con el tiempo, ese mismo peso generará una menor respuesta interna, ya que el deportista habrá mejorado su fuerza, su técnica y su eficiencia metabólica. Esta evolución muestra la importancia de la periodización del entrenamiento: a medida que la carga interna disminuye frente a un mismo estímulo, es posible aumentar gradualmente la carga externa para seguir promoviendo adaptaciones.

Además, **el estado interno del deportista antes de comenzar una sesión influye en su capacidad para tolerar la carga externa planificada.** Si llega con fatiga acumulada, mala alimentación, sueño insuficiente o tensión emocional, la carga interna se incrementará, incluso si el estímulo externo no varía. Este aspecto refuerza la necesidad de monitorear de forma constante la condición del deportista y ajustar el entrenamiento en función de su estado real, reconociendo que la tolerancia al esfuerzo no depende solo del volumen o la intensidad, sino también del contexto y del momento biológico y psicológico en que se encuentra.

### **Importancia en la planificación del entrenamiento**

La integración de la carga interna en la planificación del entrenamiento es fundamental para mejorar la eficacia y seguridad del proceso. A continuación, se presentan los principales aspectos que demuestran su relevancia en la estructuración y adaptación de los planes de entrenamiento.

- **Optimización de la progresión del entrenamiento**

Comprender la interacción entre carga interna y externa permite ajustar la progresión del entrenamiento de forma más inteligente. En lugar de aumentar arbitrariamente la carga externa (más peso, más kilómetros, más series) sin considerar la respuesta interna del atleta, el entrenador puede evaluar cómo el deportista asimila las sesiones.



Por ejemplo, si un plan contempla incrementar el kilometraje semanal en carrera, antes de hacerlo conviene revisar las mediciones de carga interna (percepción del esfuerzo, frecuencia cardíaca, variabilidad de la frecuencia cardíaca, lactato, cuestionarios de bienestar) para verificar que el atleta está asimilando bien el volumen actual. Si la respuesta interna es excesiva, es mejor retrasar el incremento de la carga externa o incluso reducirla, asegurando que el estímulo se procese adecuadamente y se evite el sobreentrenamiento.

- **Individualización del entrenamiento**

No todos los atletas se adaptan a la misma velocidad ni responden igual a un estímulo idéntico. La consideración simultánea de la carga interna y externa es esencial para personalizar el entrenamiento. Por ejemplo, si un grupo de ciclistas debe entrenar a 200 vatios durante 30 minutos, esa es la carga externa. Sin embargo, algunos pueden experimentar una percepción del esfuerzo de 12 (moderado), mientras otros sienten 16 (duro). Este *feedback* permite ajustar el plan: al que siente más esfuerzo, quizá se le reduzca la potencia; al que siente menos esfuerzo, se le puede aumentar la carga externa para asegurar un estímulo óptimo.

De este modo, la carga interna actúa como un filtro individual que adapta la carga externa a la realidad fisiológica y psicológica del sujeto. Esto es clave para que cada atleta reciba el estímulo justo que promueve su mejora, sin caer en subestimulación (falta de progreso) ni sobreestimulación (riesgo de fatiga, lesiones o sobreentrenamiento).

- **Prevención del sobreentrenamiento y lesiones**

Una de las principales ventajas de integrar la información de la carga interna en la planificación es la posibilidad de prevenir estados de sobrecarga crónica. Si un entrenador se centra únicamente en la carga externa, puede mantener intensidades y volúmenes elevados pensando que el atleta mejorará con más trabajo. Sin embargo, si no observa la carga interna, puede no darse cuenta de que el deportista está experimentando un estrés desproporcionado, acumulando fatiga y poniendo en riesgo su salud y rendimiento.

La detección temprana de altos niveles de carga interna ante cargas externas habituales sirve de señal de alerta. Si un deportista empieza a manifestar mayor frecuencia cardíaca en reposo, mayor percepción del esfuerzo ante intensidades conocidas, menor variabilidad de la frecuencia cardíaca y peor humor, es probable que su cuerpo esté sufriendo. En este caso, es necesario reducir la carga externa o incrementar la recuperación, ajustando el plan a corto plazo para restaurar el equilibrio.

- **Enfoque sistémico de la planificación**

La interacción entre carga interna y externa invita a adoptar un enfoque sistémico e integrador en la planificación del entrenamiento. No se trata solo de prescribir ejercicios, volúmenes e intensidades, sino de monitorear continuamente la



respuesta interna del atleta a estos estímulos, teniendo en cuenta factores como estado nutricional, calidad del sueño, estrés psicológico, condiciones ambientales y nivel de experiencia.

Esta visión holística permite al entrenador anticipar problemas, ajustar la programación y optimizar el uso de estrategias de recuperación. Por ejemplo, si el atleta presenta una carga interna elevada en un período clave, se pueden introducir técnicas de recuperación activa, masajes, cambios en la alimentación o incluso modificaciones en la distribución de las sesiones para aliviar el estrés interno y permitir una mejor asimilación de la carga externa futura.

- **Ciclos de retroalimentación y mejora continua**

La relación entre carga interna y externa no termina una vez concluye la sesión. La información obtenida se utiliza para retroalimentar la toma de decisiones. Al final de cada semana, mesociclo o macrociclo, el equipo técnico puede evaluar cómo las cargas internas responden a las cargas externas planificadas. Si las respuestas internas son consistentemente menores a lo esperado, es posible que la carga externa haya sido insuficiente para estimular la adaptación deseada, o que el atleta esté listo para un nuevo desafío.

Por el contrario, si las respuestas internas son sistemáticamente mayores a las esperadas, es signo de que la carga externa quizás es excesiva. A través de esta retroalimentación, la planificación se vuelve dinámica, flexible y receptiva a las condiciones cambiantes del deportista y su entorno, garantizando una progresión óptima del rendimiento sin comprometer la salud.

## **Conclusiones**

La interacción entre la carga interna y la carga externa es el eje central de una planificación del entrenamiento verdaderamente individualizada y eficaz. Mientras la carga externa indica el estímulo objetivo aplicado, la carga interna muestra cómo lo procesa el organismo, revelando el estrés fisiológico, psicológico y biológico real que experimenta el deportista.

Entender esta interacción permite ajustar la progresión, prevenir sobrecargas, optimizar la recuperación y, en definitiva, maximizar la adaptación y el rendimiento a largo plazo. En un contexto donde los datos y la monitorización son cada vez más accesibles, integrar indicadores de carga interna junto con la carga externa se ha convertido en una práctica indispensable para entrenadores, preparadores físicos y deportistas.

En síntesis, la riqueza de la relación entre carga interna y externa radica en su capacidad para ofrecer un retrato fiel de la complejidad del entrenamiento deportivo. Con este conocimiento, la planificación deja de ser una receta genérica

para convertirse en un proceso vivo, adaptativo y personalizado, capaz de guiar al deportista hacia sus objetivos de forma segura y eficiente.

## Unidad 2. Evaluación y cuantificación de la carga interna

### Métodos tradicionales de evaluación de la carga interna

La carga interna, entendida como la respuesta fisiológica, psicológica y biológica del individuo ante un estímulo externo de ejercicio, es un componente fundamental para la planificación, control y dosificación del entrenamiento. A lo largo de las décadas, se han propuesto diversos métodos para cuantificarla, desde los más sencillos y accesibles hasta técnicas más complejas, especializadas y costosas. En este apartado, se hará hincapié en los métodos tradicionales más utilizados: la frecuencia cardíaca (FC) y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE).

El uso de estos métodos se basa en su practicidad, bajo coste, facilidad de implementación y capacidad de adaptación a una gran variedad de contextos deportivos y poblaciones. A pesar de que han surgido alternativas tecnológicas más avanzadas, la FC y la RPE siguen siendo herramientas de referencia tanto en el ámbito deportivo profesional como en el entrenamiento recreativo y la rehabilitación.

### Frecuencia cardíaca (FC)

La frecuencia cardíaca es uno de los indicadores más clásicos y difundidos en la evaluación de la carga interna. Su popularidad radica en la relación relativamente directa entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ), así como con la intensidad del ejercicio. El corazón responde a las demandas energéticas elevando su frecuencia de contracción para suministrar más sangre —y, por ende, más oxígeno y nutrientes— a los músculos activos. Este incremento de la frecuencia cardíaca, en términos generales, es proporcional al aumento de la intensidad del esfuerzo.

Las ventajas de la medición de la frecuencia cardíaca se resumen a continuación.

- **Simplicidad y accesibilidad:** la frecuencia cardíaca puede medirse de forma práctica mediante monitores de pulso, relojes deportivos con sensor óptico, bandas torácicas con pulsómetros o incluso manualmente (contando las pulsaciones en la muñeca o el cuello durante 15-30 segundos y multiplicando para obtener el valor por minuto).

- **Costo relativamente bajo:** si bien existen monitores de frecuencia cardíaca muy sofisticados, el acceso a uno básico es relativamente económico, lo que facilita su uso en una amplia variedad de entornos deportivos, desde clubes profesionales hasta corredores aficionados.
- **Facilidad de interpretación:** el valor de la frecuencia cardíaca es sencillo de interpretar. Un número más elevado indica mayor esfuerzo, lo cual proporciona una referencia clara sobre la respuesta interna frente a una intensidad dada.
- **Aplicabilidad universal:** la frecuencia cardíaca puede emplearse en casi todos los tipos de ejercicio, desde actividades aeróbicas continuas (carrera, ciclismo, natación) hasta deportes intermitentes (fútbol, baloncesto) o actividades en sala de *fitness*.

En cuanto a las limitaciones del uso de la frecuencia cardíaca, pueden señalarse varios aspectos que condicionan su utilidad como único indicador de la carga interna.

1. **Falta de especificidad:** la frecuencia cardíaca no distingue entre los diferentes tipos de estrés que influyen en la carga interna. Puede elevarse por razones no relacionadas directamente con la intensidad del ejercicio: el calor, la deshidratación, la altitud, el estrés emocional, la fatiga acumulada o la ingesta de ciertos fármacos y estimulantes pueden alterarla, dificultando su interpretación.
2. **Tardanza en el ajuste a cambios de intensidad:** la frecuencia cardíaca no responde de forma inmediata a los cambios bruscos en la demanda energética. Por ejemplo, en esfuerzos muy intermitentes—como en deportes de equipo con sprints seguidos de pausas breves—, puede no reflejar con exactitud la variabilidad de la carga interna en tiempo real.
3. **Variabilidad interindividual:** diferentes personas pueden presentar respuestas cardíacas distintas ante el mismo estímulo, debido a factores genéticos, nivel de entrenamiento, edad o estado de forma. Esto dificulta la comparación directa entre individuos y requiere la determinación de zonas de frecuencia cardíaca personalizadas.
4. **No da información directa sobre la percepción o el estrés muscular:** la frecuencia cardíaca mide principalmente la respuesta cardiovascular; no capta la sensación de fatiga muscular, el estrés mental, el dolor ni la percepción subjetiva del esfuerzo, que también forman parte integral de la carga interna.

A pesar de estas limitaciones, la frecuencia cardíaca sigue siendo un método tradicional valioso, especialmente cuando se combina con otras herramientas que complementen su información.

## Percepción subjetiva del esfuerzo (RPE)

La percepción subjetiva del esfuerzo, popularizada por Gunnar Borg, es otro método tradicional ampliamente utilizado en el control de la carga interna. La escala de Borg original va del 6 al 20, aunque también se han adoptado versiones simplificadas (0-10) que resultan más accesibles para diversas poblaciones. El principio básico consiste en que el atleta valore el nivel de dificultad o esfuerzo percibido durante o inmediatamente después de la sesión de ejercicio.

La RPE integra señales provenientes de múltiples sistemas: sensaciones musculares, respiratorias, cardiovasculares, cognitivas y emocionales. De este modo, no solo considera la dimensión fisiológica, sino también el aspecto psicológico, ofreciendo una visión global de la respuesta interna.

Entre las ventajas de la RPE, podemos señalar las siguientes:

- **Aplicabilidad a cualquier situación.** La RPE se puede utilizar en todo tipo de deportes y actividades, desde correr, nadar, remar o levantar pesas hasta deportes colectivos o incluso trabajo en sala de fitness o rehabilitación.
- **Bajo coste y sencillez:** no se requiere equipamiento especial. Basta con que el sujeto interprete sus sensaciones y asigne un número a su esfuerzo. Esto facilita su utilización en gran variedad de contextos, incluido el entrenamiento masivo o escolar.
- **Integración de factores psicológicos y físicos:** a diferencia de la FC, la RPE considera también el estado anímico, la motivación, el dolor o el estrés psicológico, brindando así una visión holística de la carga interna. Esto puede ser especialmente valioso en poblaciones con un alto componente psicológico, como deportistas en proceso de rehabilitación, individuos con enfermedades crónicas o atletas sometidos a presión competitiva.
- **Fácil retroalimentación inmediata:** la RPE ofrece *feedback* instantáneo al entrenador, quien puede comparar la percepción del esfuerzo del atleta con la intensidad objetiva planificada. Si el deportista percibe la sesión como muy exigente (RPE alta) pese a no serlo en teoría, se convierte en una señal de alerta sobre su estado interno.

Sin embargo, este método también presenta ciertas limitaciones.

- **Subjetividad y variabilidad individual:** la principal limitación es su carácter subjetivo. Diferentes individuos pueden interpretar de forma distinta el significado de «difícil» o «moderado». Incluso el mismo individuo puede variar su percepción según factores como el estado de ánimo, la motivación del día o la familiaridad con el tipo de entrenamiento.
- **Influencia de factores externos:** al igual que la frecuencia cardíaca, la RPE puede estar influida por condiciones ambientales, estrés, fatiga previa o

distracciones. Esto dificulta la comparación entre sesiones o entre atletas distintos si no se controlan esas variables.

- **Requiere experiencia y honestidad:** la RPE resulta más fiable cuando el atleta tiene experiencia en su uso y es capaz de discernir distintas sensaciones internas. Además, se necesita honestidad: un deportista podría infravalorar la dificultad por ego, o sobrevalorarla para obtener más descanso.
- **No proporciona información fisiológica detallada:** aunque ofrece una visión global, la RPE no distingue entre el estrés cardiorrespiratorio, muscular o metabólico. No informa sobre variables como lactato, hormonas o daño muscular, que pueden ser relevantes para una interpretación completa de la carga interna.

Aun con estas limitaciones, la RPE se considera una herramienta esencial y complementaria a otros métodos, ya que brinda información subjetiva que, combinada con datos objetivos, enriquece la comprensión de la respuesta interna.

### Uso conjunto de FC y RPE

Dadas las ventajas y limitaciones inherentes a cada método, es frecuente emplear tanto la FC como la RPE de manera conjunta. Esta combinación permite contar con una referencia objetiva (FC) y otra subjetiva (RPE), facilitando una interpretación más completa de la carga interna. Por ejemplo, si en una sesión la FC se mantiene dentro de los rangos esperados, pero la RPE del atleta es muy alta, significa que hay factores subjetivos —como fatiga mental, dolor o mal estado anímico— que están incrementando el estrés interno. Por el contrario, si la RPE es baja y la FC alta, podría sugerir que el atleta no percibe esfuerzo a pesar de una alta demanda cardiovascular, lo que tal vez indique un buen estado de forma o un sesgo subjetivo.

La información combinada puede guiar decisiones tanto inmediatas como a largo plazo en la planificación del entrenamiento. Por ejemplo, si a lo largo de varias semanas se observa que la RPE se incrementa sistemáticamente para la misma FC, podría ser señal de un deterioro en el estado interno del atleta, lo cual indicaría la necesidad de ajustar la carga externa, dar mayor prioridad a la recuperación o implementar estrategias de afrontamiento psicológico.

### Contextos y poblaciones de aplicación

Los métodos tradicionales, como la frecuencia cardíaca y la RPE, son especialmente útiles en entornos con recursos limitados, como clubes deportivos con menor presupuesto, entrenamientos recreativos, escuelas o programas de actividad física en la comunidad. También se aplican en la planificación del entrenamiento de alto rendimiento, combinados con métodos más sofisticados como el análisis de lactato, la variabilidad de la frecuencia cardíaca, los cuestionarios de bienestar, las mediciones biomecánicas o los datos de GPS y potencia.



Además, en poblaciones especiales —como personas con enfermedades cardiovasculares, metabólicas o en procesos de rehabilitación—, la frecuencia cardíaca y la RPE resultan herramientas muy valiosas. Estas poblaciones requieren una monitorización sencilla, segura y eficaz, que permita ajustar la intensidad del ejercicio a su estado de salud y a su percepción del esfuerzo.

## Conclusiones

Los métodos tradicionales de evaluación de la carga interna, con la FC y la RPE como exponentes destacados, continúan siendo pilares fundamentales en la práctica diaria de deportistas, entrenadores y profesionales de la salud. A pesar de sus limitaciones, su facilidad de uso, disponibilidad, bajo costo y aplicabilidad universal los convierten en herramientas imprescindibles. Resultan especialmente útiles cuando se emplean de manera complementaria, ya que la FC aporta una visión fisiológica y la RPE integra la percepción humana subjetiva del esfuerzo.

En un panorama donde las tecnologías avanzadas permiten análisis cada vez más detallados, la simplicidad de la FC y la RPE asegura que cualquier persona, desde el principiante hasta el atleta de élite, pueda cuantificar y entender su carga interna de forma inmediata. De este modo, la combinación de métodos tradicionales y avanzados enriquece la interpretación del entrenamiento, mejora la toma de decisiones, optimiza el rendimiento y promueve la salud a largo plazo.

## Tecnologías avanzadas para medir la carga interna

La creciente sofisticación tecnológica ha permitido un notable avance en la capacidad de evaluar y cuantificar la carga interna del ejercicio. Si bien los métodos tradicionales, como la frecuencia cardíaca (FC) y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE), siguen siendo ampliamente utilizados, en las últimas décadas se han desarrollado herramientas más precisas, objetivas y completas. Estas tecnologías avanzadas ofrecen información fisiológica detallada, permiten un monitoreo continuo y en tiempo real, y proporcionan datos que se integran fácilmente a plataformas digitales, optimizando la toma de decisiones en el entrenamiento.

Entre las principales tecnologías avanzadas se encuentran los dispositivos portátiles (*wearables*) y sensores biométricos, y el análisis bioquímico de marcadores internos, con el lactato como uno de los indicadores más empleados. Si bien estos métodos exigen inversión, interpretación experta y, en algunos casos, cierta complejidad logística, su aporte es indudable, especialmente en entornos de alto rendimiento, donde cada detalle cuenta para marcar la diferencia.

### ***Wearables* y sensores biométricos**

Los *wearables* son dispositivos electrónicos portátiles que el deportista puede llevar sobre la piel o en la ropa, capaces de medir diversas variables fisiológicas y

biomecánicas durante la actividad física. Estos sensores ofrecen datos en tiempo real, lo que facilita el monitoreo constante del estado interno del atleta y permite una retroalimentación inmediata.

- **Monitores de frecuencia cardíaca y variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC).** Si bien la frecuencia cardíaca (FC) es un método tradicional, la introducción de sensores ópticos y la integración con algoritmos avanzados han mejorado su precisión y aplicabilidad. Además de la FC, muchos dispositivos miden la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), que refleja el equilibrio autonómico entre los sistemas simpático y parasimpático. Una VFC alta indica un estado más «relajado» y mayor capacidad de recuperación, mientras que una VFC baja puede sugerir fatiga, estrés interno o sobreentrenamiento. El análisis de la VFC se ha convertido en una herramienta clave para ajustar la carga de entrenamiento y optimizar la periodización.
- **Sensores de movimiento y potencia.** En deportes de resistencia, como el ciclismo, el uso de potenciómetros en la bicicleta permite medir la potencia producida (en vatios) con gran precisión. Al relacionar la potencia externa con la respuesta interna (FC, RPE, VFC), se obtiene una visión integral del costo fisiológico de un esfuerzo. En carrera, acelerómetros, podómetros y dispositivos GPS brindan información sobre el ritmo, la distancia y la mecánica de la zancada. Estos datos, combinados con la FC y la RPE, permiten comprender cómo evoluciona la carga interna ante cambios en la técnica, el terreno o la fatiga.
- **Sensores de oximetría y respiración.** Algunos *wearables* avanzados incluyen sensores de saturación de oxígeno ( $SpO_2$ ) y medición de la frecuencia respiratoria. La  $SpO_2$  ayuda a evaluar la disponibilidad de oxígeno en condiciones de altitud o durante esfuerzos intensos. Monitorear la frecuencia respiratoria y su relación con la ventilación proporciona información sobre la demanda cardiorrespiratoria y el estrés metabólico, ajustando así la comprensión de la carga interna.
- **Indicadores de estrés y fatiga a través de la piel y la sudoración.** Investigaciones recientes exploran la posibilidad de medir lactato, glucosa y otros metabolitos mediante parches cutáneos o sensores que analizan el sudor. Esta tecnología, si bien aún están en desarrollo, podría en el futuro proporcionar datos no invasivos y continuos sobre el estado metabólico del atleta, lo que permitiría ajustar la carga en tiempo real en función de la respuesta interna reflejada en la composición del sudor.

Entre las principales ventajas de los *wearables* y sensores biométricos, cabe destacar las siguientes:

- **Monitoreo continuo y en tiempo real.** Permiten obtener datos durante la sesión sin interrumpir la actividad, lo que facilita la toma de decisiones inmediatas.
- **Integración con plataformas digitales:** los datos pueden ser enviados a aplicaciones y software de análisis, creando historiales y tendencias a largo plazo que mejoran la planificación.
- **Mayor especificidad y profundidad:** variables como la VFC o la potencia permiten una visión más fina del estado interno que la FC o la RPE por sí solas.

Respecto a sus limitaciones, cabe destacar las siguientes:

- **Costo y accesibilidad.** Algunos dispositivos resultan costosos, limitando su uso masivo.
- **Dependencia de la calidad del sensor y colocación:** el error de medición puede aumentar si el dispositivo no se coloca adecuadamente o si no es de calidad.
- **Requiere interpretación experta:** los datos crudos necesitan análisis para su correcta interpretación. Sin conocimiento o sin un entrenador capacitado, la información puede resultar confusa.

## Análisis de lactato y marcadores bioquímicos

El lactato es uno de los metabolitos más estudiados en fisiología del ejercicio. Su aparición y acumulación en la sangre reflejan el predominio de procesos energéticos anaeróbicos, especialmente cuando la intensidad del esfuerzo supera el umbral anaeróbico. Medir el lactato durante o después del ejercicio proporciona información directa sobre el estrés metabólico interno al que está sometido el organismo.

- **Análisis de lactato en sangre**

La técnica tradicional implica extraer una gota de sangre capilar del lóbulo de la oreja o del dedo durante o inmediatamente después del ejercicio. Posteriormente, se analiza en un lactatómetro, un dispositivo portátil que ofrece resultados en cuestión de segundos. Una concentración elevada de lactato indica un mayor estrés interno y una menor capacidad de sostener el esfuerzo a esa intensidad por mucho tiempo.

Con el lactato se pueden determinar umbrales fisiológicos —como el umbral láctico o el segundo umbral ventilatorio— que permiten prescribir intensidades de entrenamiento con mayor precisión. Por ejemplo, entrenar justo por debajo del umbral láctico favorece la mejora de la capacidad aeróbica sin acumular lactato en exceso. Por encima de dicho umbral, el estrés interno crece de forma exponencial.

- **Marcadores hormonales y enzimáticos**

Además del lactato, se pueden analizar otros marcadores biológicos. Por ejemplo, la relación testosterona/cortisol proporciona pistas sobre el balance anabólico/catabólico en el organismo. Un aumento del cortisol y una disminución de la testosterona a lo largo del tiempo pueden sugerir sobrecarga interna, fatiga crónica o estrés psicológico. La creatina quinasa (CK) es otro marcador utilizado para evaluar el daño muscular; niveles elevados indican microlesiones y un estrés interno alto a nivel muscular, lo que requiere mayor recuperación.

Los marcadores inmunológicos —como la concentración de inmunoglobulinas— o el hierro sérico también pueden ofrecer información sobre el estado de salud y la tolerancia a la carga interna. Por ejemplo, un atleta con niveles reducidos de ferritina puede sufrir fatiga crónica y bajo rendimiento por deficiencia de hierro, lo que incrementa la percepción interna de esfuerzo ante la misma carga externa.

- **Nuevas tecnologías para medición de lactato y metabolitos**

Además de las mediciones puntuales en sangre, se investiga el uso de sensores portátiles que monitorizan el lactato en el sudor o en el líquido intersticial de la piel de manera continua. Estas tecnologías, que aún están en desarrollo, prometen un futuro en el que el deportista pueda conocer su nivel de estrés metabólico sin necesidad de punciones sanguíneas.

### **Ventajas del análisis de lactato y marcadores bioquímicos**

El análisis de lactato y otros marcadores bioquímicos representa una de las formas más precisas de evaluar la carga interna, especialmente en contextos de alto rendimiento. A continuación, se detallan algunas de sus principales ventajas:

- **Información fisiológica específica.** El lactato, las hormonas y las enzimas ofrecen datos directos sobre vías energéticas, estrés metabólico, balance anabólico-catabólico, daño muscular y salud general del deportista.
- **Identificación de umbrales individuales:** el lactato permite establecer intensidades personalizadas de entrenamiento, optimizando la carga y maximizando la adaptación.
- **Validación de la intensidad del entrenamiento:** los marcadores bioquímicos ratifican si la prescripción corresponde al objetivo, por ejemplo, si se está trabajando en la zona adecuada para mejorar la resistencia aeróbica, la potencia aeróbica máxima o la tolerancia al lactato.

### **Limitaciones del análisis bioquímico**

A pesar de su utilidad, el análisis bioquímico presenta ciertas limitaciones que deben tenerse en cuenta al momento de su implementación en la planificación del entrenamiento. Entre las principales, se destacan las siguientes:

- **Invasividad y costo.** Extraer sangre (aunque sea una gota) y analizarla implica un procedimiento más complejo, con equipamiento específico. Además, los reactivos y mantenimientos del equipo generan costos.
- **No es práctico en tiempo real continuo (en su forma tradicional):** aunque un lactatómetro portátil ofrece resultados rápidos, requiere una interrupción momentánea del ejercicio. No es tan fluido como la medición de FC o VFC.
- **Interpretación avanzada:** la interpretación de marcadores hormonales y enzimáticos exige conocimiento experto. De lo contrario, existe el riesgo de tomar decisiones erróneas.

### **Integración y uso práctico de las tecnologías avanzadas**

La riqueza de estas herramientas radica en combinarlas y contextualizarlas. Un entrenador puede aplicar diferentes métodos de evaluación integrados para tomar decisiones más precisas y adaptadas. A continuación, mencionamos algunos ejemplos:

- Utilizar el lactato y la VFC para ajustar las intensidades de entrenamiento en un corredor de fondo. La VFC informa sobre el estado de recuperación, mientras el lactato determina el umbral aeróbico y anaeróbico para programar ritmos específicos en cada sesión.
- Emplear la medición de CK y hormonas para un equipo de rugby o fútbol, detectando períodos de excesivo daño muscular o catabolismo, y modificando la carga externa (reducir volumen, incrementar descanso, ajustar la nutrición) para prevenir sobreentrenamiento o lesiones.
- Combinar sensores de movimiento, potencia y FC en un ciclista de élite, analizando no solo cuánto esfuerzo externo se aplica (potencia), sino cómo lo asimila el cuerpo (FC, RPE, VFC, lactato) en distintas condiciones ambientales y estados de fatiga.

La clave es la interpretación holística: los datos de wearables y análisis bioquímicos deben entenderse en el contexto del deportista, su historial, su estado de forma, sus objetivos y las condiciones del entrenamiento. La personalización de la toma de decisiones, basada en evidencia y datos objetivos, es lo que aporta mayor valor.

### **Perspectivas futuras**



La evolución tecnológica apunta hacia sistemas más integrados, no invasivos y capaces de medir múltiples marcadores en tiempo real. Dispositivos portátiles que analicen la química del sudor, algoritmos de inteligencia artificial que correlacionen datos de potencia, FC, lactato y hormonas, así como la utilización de big data para establecer patrones individuales de carga interna, serán el próximo paso. Estas innovaciones prometen simplificar la toma de decisiones, acercando cada vez más la ciencia del deporte a la práctica cotidiana.

## **Conclusiones**

Las tecnologías avanzadas para medir la carga interna, representadas por *wearables*, sensores biométricos y el análisis de lactato y marcadores bioquímicos, han revolucionado la manera en que se comprende y gestiona el entrenamiento. Lejos de sustituir las herramientas tradicionales, estas novedades las complementan, ofreciendo mayor exactitud, información más completa y posibilidades de individualización sin precedentes.

El desafío radica en el costo, la interpretación compleja y la necesidad de formación técnica. Sin embargo, para entrenadores, deportistas de élite y equipos multidisciplinarios que buscan optimizar el rendimiento y prevenir el sobreentrenamiento, estas tecnologías representan una inversión valiosa. Con ellas, el control de la carga interna deja de ser una aproximación genérica y se convierte en un proceso riguroso, personalizado y dinámico, que integra la ciencia y la tecnología al servicio del deporte y la salud.

## **Cuantificación de la carga interna en diferentes deportes**

La cuantificación de la carga interna no puede plantearse de manera homogénea en todas las disciplinas deportivas. Cada deporte presenta demandas fisiológicas, técnicas, tácticas y psicológicas específicas, influyendo en la naturaleza y magnitud del estrés interno que experimenta el atleta. Por ejemplo, las necesidades de un corredor de maratón difieren marcadamente de las de un levantador de pesas o un futbolista. Comprender estas diferencias y adaptar los métodos de evaluación de la carga interna a las características de cada disciplina es esencial para garantizar la relevancia de los datos obtenidos y la efectividad de las intervenciones basadas en ellos.

## **Adaptación de métodos según la disciplina**

La carga interna debe ser interpretada a la luz de las particularidades de cada disciplina deportiva. A continuación, se presentan ejemplos de cómo los métodos de evaluación se adaptan a las demandas específicas de distintos deportes:

- **Deportes de resistencia (atletismo, ciclismo, natación, triatlón)**

En deportes de resistencia aeróbica, la intensidad del ejercicio suele expresarse en función de la velocidad, potencia, ritmo cardíaco o consumo de oxígeno. El control de la carga interna se centra, tradicionalmente, en variables como la frecuencia cardíaca (FC), la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) y, en contextos más avanzados, el lactato en sangre. Para corredores de fondo, el umbral de lactato y la potencia (en el caso de ciclismo) permiten individualizar la intensidad del entrenamiento, maximizando la eficiencia de cada sesión.

Por ejemplo, un maratonista puede utilizar la FC y la RPE para las sesiones aeróbicas básicas, mientras que la medición de lactato es clave en entrenamientos interválicos y de umbral, definiendo con precisión las intensidades que mejoran la capacidad aeróbica y retrasan la aparición de la fatiga. La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) también es empleada para monitorear la recuperación, ya que las cargas internas acumuladas durante semanas de volumen e intensidad elevada pueden agotar las reservas fisiológicas del corredor.

- **Deportes de fuerza y potencia (halterofilia, lanzamientos, saltos, *sprint*)**

En actividades caracterizadas por esfuerzos breves y explosivos, la carga interna se relaciona más con la activación neuromuscular, la fatiga local del músculo y el estrés mecánico. La FC es menos representativa en esfuerzos máximos cortos, ya que el sistema cardiovascular no tiene tiempo suficiente para reflejar el pico de estrés. Aquí, la RPE cobra un matiz más muscular («RPE muscular»), enfocada en la percepción de fatiga local.

Además, marcadores bioquímicos como la creatina quinasa (CK) pueden ser muy útiles para evaluar el daño muscular tras entrenamientos intensos de fuerza. Medir la potencia de salida, la velocidad de ejecución del levantamiento (con dispositivos de medición de velocidad del movimiento) y la respuesta hormonal (testosterona/cortisol) ofrece información sobre la carga interna en la perspectiva del equilibrio anabólico-catabólico. En la halterofilia, por ejemplo, ajustar el volumen (series y repeticiones) en función de la RPE y la respuesta hormonal puede optimizar la progresión sin incurrir en sobrecarga interna excesiva.

- **Deportes intermitentes y de equipo (fútbol, baloncesto, hockey, rugby)**

Estas disciplinas combinan esfuerzos de diferente naturaleza (sprints, cambios de dirección, saltos, luchas cuerpo a cuerpo, esfuerzos aeróbicos de base) en un contexto táctico y emocional complejo. La cuantificación de la carga interna debe reflejar esta diversidad. La FC media, el tiempo en distintas zonas de intensidad y el RPE de la sesión (sRPE) se emplean ampliamente. El sRPE consiste en solicitar al

jugador que, al final del entrenamiento o partido, evalúe la dificultad global del esfuerzo, integrando componentes físicos y mentales.

Además, en deportes colectivos, se utilizan sistemas GPS para medir la distancia recorrida, la cantidad de sprints, las aceleraciones y desaceleraciones. Estos datos (carga externa) se combinan con la carga interna obtenida a través del sRPE, la VFC, el lactato en sangre tras esfuerzos máximos y cuestionarios de bienestar. Este enfoque integrado permite al cuerpo técnico individualizar la carga de entrenamiento según la respuesta interna de cada jugador, evitando riesgos de lesión y garantizando que todos lleguen en óptimas condiciones a la competición.

- **Deportes de combate (boxeo, artes marciales, lucha)**

En este tipo de deportes, la intensidad es alta, con esfuerzos intermitentes y un fuerte componente psicológico. El RPE, la FC, el lactato y los niveles de cortisol son particularmente relevantes. El cortisol, como marcador de estrés psicológico y fisiológico, adquiere especial importancia en estas disciplinas que implican confrontación directa. La VFC también contribuye a comprender el estado de recuperación y la capacidad del atleta para tolerar cargas intensas de sparring y trabajo técnico-táctico.

- **Deportes estéticos y de precisión (gimnasia, patinaje, tiro con arco)**

En deportes donde la técnica, la concentración y la estabilidad emocional influyen tanto como la demanda física, la carga interna incluye también el componente psicológico. La RPE puede reflejar no solo el esfuerzo físico, sino el estrés mental asociado a la precisión y la perfección técnica. Marcadores hormonales relacionados con el estrés, como el cortisol, y cuestionarios psicológicos completan el panorama, brindando una visión holística de la carga interna.

## **Estudios de caso y aplicaciones prácticas**

A continuación, se presentan ejemplos reales que ilustran cómo la integración de métodos de evaluación de la carga interna y externa mejora la toma de decisiones en distintas disciplinas deportivas.

- **Ciclismo de ruta en equipo profesional**

Un equipo ciclista de élite, durante una concentración en altura, combina mediciones diarias de frecuencia cardíaca, potencia, percepción del esfuerzo y variabilidad de la frecuencia cardíaca con análisis de lactato en entrenamientos clave. De este modo, en las etapas de volumen aeróbico extensivo, se controla la frecuencia cardíaca y la variabilidad para asegurar una carga interna adecuada y

favorecer la adaptación a la altura. En los entrenamientos de alta intensidad, como las series en subida o los *sprints*, se mide el lactato para determinar el umbral anaeróbico individual y ajustar las intensidades. Al final de cada jornada, cada ciclista reporta su percepción del esfuerzo de la sesión completa, lo que permite al entrenador detectar quiénes asimilan mejor la carga y quiénes necesitan mayor recuperación.

- **Fútbol de primera división**

En un equipo de fútbol profesional, se utiliza el sRPE y la frecuencia cardíaca media para cuantificar la carga interna de cada sesión. Los jugadores portan *GPS* que registran su carga externa (distancia recorrida, *sprints*, aceleraciones), mientras que la frecuencia cardíaca y la percepción del esfuerzo reflejan el esfuerzo interno. Antes y después de algunos entrenamientos más exigentes, se realizan mediciones de lactato y se aplican cuestionarios de bienestar (estado de ánimo, calidad del sueño, dolor muscular). Si un jugador presenta de forma sistemática un sRPE elevado, niveles altos de lactato en esfuerzos submáximos y malestar reportado en el cuestionario, el cuerpo técnico puede reducir su volumen de entrenamiento, introducir mayor descanso o sesiones regenerativas, con el objetivo de evitar el riesgo de lesión o sobreentrenamiento.

- **Maratón en atleta aficionado**

Un corredor aficionado que prepara su primera maratón combina la medición de frecuencia cardíaca, percepción del esfuerzo y análisis de lactato en pruebas de campo. Con una prueba de umbral de lactato en pista, determina a qué ritmo se produce una elevación significativa del lactato, estableciendo su «umbral anaeróbico». A partir de ahí, el entrenamiento de las tiradas largas se planifica en zonas aeróbicas, vigilando que la frecuencia cardíaca no supere ciertos umbrales y que la percepción del esfuerzo se mantenga en rangos moderados. Cada dos semanas, se repite una prueba de lactato para evaluar el impacto de la carga interna acumulada y ajustar las intensidades con mayor precisión.

- **Halterofilia en centro de alto rendimiento**

Un levantador de pesas de élite monitoriza su velocidad de ejecución (medida con un dispositivo lineal), frecuencia cardíaca y percepción del esfuerzo en cada sesión de levantamientos. Periódicamente, se realiza un análisis de la CK en sangre para detectar incrementos significativos tras microciclos de alta intensidad. Si la CK se eleva de forma pronunciada y el atleta reporta una percepción del esfuerzo elevada y sensaciones de fatiga, se reduce temporalmente la carga externa o se introducen sesiones técnicas y de movilidad para favorecer la recuperación interna del sistema neuromuscular.

---

## **Importancia de la individualización y el contexto**



Los ejemplos anteriores muestran que la cuantificación de la carga interna debe responder a las características del deporte, el nivel del atleta y los objetivos del programa de entrenamiento. No existe un método universal ni una combinación fija de herramientas. Cada caso requiere un análisis previo para seleccionar las variables más relevantes y los instrumentos más adecuados.

Además, la interpretación de los datos debe ser contextual. La misma concentración de lactato o el mismo valor de percepción del esfuerzo pueden tener significados diferentes según el momento de la temporada, el estado de forma del atleta y las condiciones ambientales. Por ejemplo, un futbolista con percepción del esfuerzo elevada tras una sesión bajo intenso calor no necesariamente está sobreentrenado; puede que el ambiente haya aumentado la dificultad percibida. La combinación de múltiples indicadores (percepción del esfuerzo, frecuencia cardíaca, lactato, variabilidad de la frecuencia cardíaca, cuestionarios de bienestar, marcadores hormonales) es la mejor estrategia para comprender plenamente la carga interna.

### **Aplicación práctica para el entrenador y el equipo multidisciplinario**

La información generada a partir de la cuantificación de la carga interna se convierte en una herramienta para el entrenador, el preparador físico, el nutricionista, el psicólogo deportivo y el médico del equipo. Esta visión multidisciplinaria facilita la toma de decisiones en distintos aspectos del proceso de entrenamiento, entre ellos:

- ajustar la intensidad, el volumen o la densidad de las sesiones;
- programar descansos adicionales o introducir técnicas de recuperación (masajes, crioterapia, estiramientos asistidos, trabajo de movilidad, estrategias nutricionales específicas);
- detectar signos tempranos de fatiga crónica, disminución del rendimiento o riesgo de lesión;
- optimizar los picos de forma para competencias clave, modulando la carga interna con precisión.

### **Conclusiones**

La cuantificación de la carga interna en diferentes deportes requiere adaptaciones metodológicas y una comprensión profunda de las demandas fisiológicas, técnicas, tácticas y psicológicas de cada disciplina. Mientras que en los deportes de resistencia el lactato y la frecuencia cardíaca son elementos centrales, en los deportes de fuerza cobra mayor relevancia el daño muscular (CK) y la percepción muscular del esfuerzo. En los deportes de equipo, la diversidad de estímulos exige

indicadores integrales como el sRPE, la combinación con GPS (carga externa) y marcadores fisiológicos que reflejen la compleja realidad interna del jugador.

Los estudios de caso demuestran que la aplicación práctica de estos métodos es factible y beneficiosa. Individualizar el control de la carga interna permite maximizar las adaptaciones, prevenir sobrecargas, mantener la salud del deportista y, en última instancia, optimizar el rendimiento a largo plazo. Este enfoque, basado en la evidencia científica y en la personalización, sitúa la cuantificación de la carga interna como una herramienta imprescindible en la era moderna del deporte.

## **Interpretación y aplicación de los datos obtenidos**

La medición de la carga interna a través de indicadores como la frecuencia cardíaca (FC), la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE), la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), el lactato, la creatina quinasa (CK) u otros biomarcadores, así como el uso de dispositivos portátiles y sensores avanzados, ofrece al entrenador y al equipo multidisciplinario un caudal de información muy valioso. Sin embargo, recopilar datos sin un análisis coherente ni una integración inteligente en el programa de entrenamiento puede resultar estéril. La clave del éxito radica en convertir estos datos en conocimiento útil que guíe la toma de decisiones, oriente las correcciones diarias y a mediano plazo, y asegure la progresión del rendimiento evitando riesgos innecesarios.

### **¿Cómo utilizar la información para mejorar el entrenamiento?**

Una vez cuantificada la carga interna, el paso siguiente es transformar esos datos en decisiones prácticas que optimicen el proceso de entrenamiento. Para ello, se proponen distintas estrategias.

- **Establecer líneas de base y perfiles individuales**

El primer paso para interpretar datos de carga interna es contar con referencias personalizadas. Antes de introducir modificaciones, conviene evaluar al atleta en un estado «estable» o al comienzo de la temporada, realizando pruebas que determinen su umbral de lactato, su rango normal de frecuencia cardíaca en reposo y durante esfuerzos submáximos, su percepción habitual del esfuerzo en distintas intensidades, así como valores típicos de VFC, CK o marcadores hormonales después de haber descansado.

Estas líneas de base sirven como punto de partida para detectar desviaciones. Por ejemplo, si un corredor presenta normalmente un lactato de 3 mmol/L a 4 min/km, cualquier alteración significativa (por ejemplo, 4 mmol/L a la misma velocidad) puede indicar mayor estrés interno, fatiga acumulada o necesidad de ajuste.

- **Identificar patrones y tendencias a lo largo del tiempo**

No basta con analizar datos aislados. La verdadera riqueza está en observar las tendencias. El seguimiento continuo de la frecuencia cardíaca, la percepción del esfuerzo, la variabilidad de la frecuencia cardíaca y otras variables durante semanas o meses revela patrones de adaptación, fatiga y recuperación. Por ejemplo, una disminución de la frecuencia cardíaca submáxima ante la misma velocidad indica una mejora en la economía del esfuerzo. Un aumento sostenido en la percepción del esfuerzo a intensidades previamente confortables sugiere un incremento en el estrés interno, posiblemente causado por cargas excesivas o falta de recuperación.

Del mismo modo, observar cómo evoluciona la variabilidad de la frecuencia cardíaca entre microciclos, o cómo varía el lactato en pruebas estandarizadas, permite ajustar las cargas de entrenamiento con precisión. Este análisis longitudinal es fundamental para optimizar la periodización y evitar el sobreentrenamiento.

- **Integrar múltiples indicadores para una visión holística**

La carga interna es un fenómeno complejo que no puede comprenderse a partir de una sola métrica. La frecuencia cardíaca informa sobre la respuesta cardiovascular, la percepción del esfuerzo sobre la experiencia subjetiva, el lactato sobre el estrés metabólico, la CK sobre el daño muscular, la variabilidad de la frecuencia cardíaca sobre el balance autonómico y los marcadores hormonales sobre el estado anabólico/catabólico y el estrés general. Cada indicador aporta una pieza del rompecabezas.

Al combinar estos datos se construye una imagen más clara. Por ejemplo, si la percepción del esfuerzo es alta, la frecuencia cardíaca no se eleva mucho, pero la CK está elevada y la variabilidad de la frecuencia cardíaca disminuye, podría indicar estrés neuromuscular y fatiga sistémica no detectada a través de la frecuencia cardíaca. Esta integración ayuda a distinguir entre fatiga neuromuscular, metabólica, cardiovascular o psicológica, posibilitando intervenciones específicas.

- **Ajustar intensidades, volúmenes y densidades según la respuesta interna**

Una vez interpretados los datos, se deben traducir en acciones concretas. Si el atleta muestra una buena tolerancia a la carga (baja percepción del esfuerzo, lactato controlado, variabilidad de la frecuencia cardíaca estable), puede ser momento de incrementar la intensidad o el volumen para fomentar nuevas adaptaciones. Por el contrario, si los marcadores sugieren elevado estrés interno, aumento del lactato a umbrales inferiores, percepción subjetiva de agotamiento o descenso en la variabilidad de la frecuencia cardíaca, es hora de reducir la carga externa, introducir sesiones regenerativas o incluso días de descanso completo.

Así, la información recogida no solo sirve para evaluar el estado actual del deportista, sino también para dirigir el plan de entrenamiento hacia objetivos



concretos. En deportes de resistencia, el lactato y la frecuencia cardíaca permiten refinar las zonas de entrenamiento. En deportes de fuerza, la medición de la velocidad de ejecución y la percepción muscular del esfuerzo ayudan a evitar el estancamiento y el daño excesivo. En deportes de equipo, el sRPE y la variabilidad de la frecuencia cardíaca orientan las cargas semanales, garantizando que los jugadores lleguen frescos a los partidos importantes.

- **Comunicación con el atleta y el equipo técnico**

La interpretación de los datos no debe ser un ejercicio aislado del entrenador. Compartir la información con el atleta, explicar las razones de los ajustes y las consecuencias de no atender las señales que muestran los indicadores internos refuerza la adherencia al programa. El deportista, al entender por qué se modifica la carga, se siente más involucrado y comprometido.

Asimismo, el trabajo multidisciplinario es crucial. El nutricionista puede ajustar la dieta ante señales de catabolismo excesivo, el psicólogo deportivo puede intervenir si se detecta estrés mental y emocional, y el fisioterapeuta puede incluir tratamientos preventivos si la carga interna sugiere riesgo de lesiones. La información de la carga interna actúa como un eje central para la coordinación entre las diferentes áreas que apoyan al deportista.

## **Prevención de sobreentrenamiento y lesiones**

A continuación, se presentan las principales estrategias para lograrlo, basadas en la detección temprana, la gestión de la progresión, la planificación a largo plazo y el retorno tras lesiones.

- **Detección temprana de signos de exceso de carga interna**

El sobreentrenamiento es el resultado de un desequilibrio entre estrés y recuperación a largo plazo. Los indicadores de carga interna ayudan a detectar señales tempranas antes de que el rendimiento disminuya o aparezcan lesiones graves. Una percepción del esfuerzo persistentemente alta, acompañada de una variabilidad de la frecuencia cardíaca reducida, un aumento del lactato a intensidades submáximas y patrones de sueño alterados son señales de alerta. Estos datos indican la necesidad de actuar: reducir el volumen, bajar las intensidades máximas, introducir mesociclos de regeneración o evaluar problemas no físicos (estrés psicosocial, dificultades para dormir o alimentación inadecuada).

Además, la vigilancia del estado inmunológico (mediante marcadores sanguíneos) y de la función neuromuscular (con pruebas de salto, velocidad de ejecución en ejercicios de fuerza, etc.) aporta información sobre la disminución de la capacidad de adaptación. Intervenir de forma preventiva resulta mucho más eficiente que afrontar las consecuencias del sobreentrenamiento.

- **Gestión racional de la progresión**

Sin la medición de la carga interna, es fácil caer en la tentación de aumentar constantemente las cargas externas, asumiendo que «más es mejor». Sin embargo, la respuesta interna matiza esta visión. Por ejemplo, si se incrementa el volumen de carrera semanal en un 10 %, pero se observa un aumento desproporcionado en la percepción del esfuerzo y en la CK, y la variabilidad de la frecuencia cardíaca disminuye, significa que el atleta no está asimilando ese incremento. Ajustar inmediatamente (mantener el volumen o incluso reducirlo) previene la acumulación de fatiga y el consiguiente aumento del riesgo de lesiones por sobreuso.

En deportes de equipo, conocer la carga interna individual permite personalizar las sesiones para cada jugador. Si un defensa muestra indicadores de estrés interno más altos que otro, puede asignársele menos trabajo físico en la sesión siguiente, sustituyéndolo por trabajo táctico más ligero, reduciendo el riesgo de lesión muscular por sobredemanda.

- **Periodización y programación a largo plazo**

La prevención del sobreentrenamiento no se limita a acciones puntuales. Un enfoque a mediano y largo plazo implica diseñar periodizaciones que alternen picos de carga con fases de descarga, basándose en los datos internos para determinar cuándo es seguro aumentar la exigencia y cuándo conviene reducirla. A través del análisis histórico de la carga interna (temporadas previas, picos de forma, estados de fatiga), se pueden elaborar estrategias que optimicen la forma deportiva en las competiciones más importantes.

De este modo, la información recogida no solo mejora el entrenamiento en el día a día, sino que también orienta la planificación macro, la estructura de los mesociclos y microciclos, y la distribución de las competencias clave a lo largo del año.

- **Protocolo de retorno tras lesiones**

La carga interna también es útil en el proceso de rehabilitación y retorno a la actividad tras una lesión. Monitorizando cuidadosamente la respuesta interna durante las primeras sesiones de reintroducción al entrenamiento, se pueden evitar recaídas. Si el atleta lesionado muestra signos tempranos de estrés excesivo (aumento súbito de percepción del esfuerzo, alteraciones en la variabilidad de la frecuencia cardíaca, patrones hormonales desfavorables), es señal de que la progresión es demasiado rápida. Asegurar una carga interna progresiva y controlada durante la rehabilitación reduce el riesgo de lesión recurrente y favorece una recuperación más sólida.

## **Hacia la automatización y el apoyo tecnológico**

La evolución de la tecnología ha permitido el desarrollo de software y aplicaciones que integran datos de múltiples fuentes: frecuencia cardíaca, GPS, percepción del esfuerzo, lactato, variabilidad de la frecuencia cardíaca, cuestionarios de bienestar y más. Estos sistemas utilizan algoritmos y modelos predictivos que simplifican el análisis de datos, sugieren ajustes en la carga y alertan sobre posibles riesgos de sobreentrenamiento.

Aunque la interpretación humana sigue siendo esencial, el apoyo de la inteligencia artificial facilita la detección de patrones complejos y la identificación de umbrales personalizados. Esta sinergia entre tecnología y criterio profesional potencia la calidad de las decisiones, promoviendo un entrenamiento más eficiente y seguro.

## Conclusiones

La interpretación y aplicación de los datos obtenidos sobre la carga interna es el paso fundamental para transformar la información en mejora del rendimiento y prevención de riesgos. Al comprender la individualidad del deportista, integrar múltiples indicadores, identificar tendencias, ajustar las cargas y comunicarse eficazmente con el equipo multidisciplinario y el propio atleta, se obtiene una ventaja competitiva significativa.

El control de la carga interna permite anticiparse a problemas, modular la progresión de forma racional y asegurar que las intensidades son adecuadas para estimular mejoras sin dañar la salud ni incrementar el riesgo de lesiones. En una era en la que la ciencia del deporte y la tecnología se fusionan, aprovechar la información interna del atleta se convierte en la piedra angular de un entrenamiento inteligente, adaptativo y orientado a la excelencia y la longevidad deportiva.

## Referencias bibliográficas para consulta

**Borresen, J., & Lambert, M. I.** (2009). The quantification of training load, the training response, and the effect on performance. *Sports Medicine*, *39*(9), 779–795.

**Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C.** (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *15*(1), 109–115.

**Gabbett, T. J.** (2016). The training—injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*, *50*(5), 273–280.

**Halson, S. L.** (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, *44*(Suppl 2), S139–S147.



- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J.** (2019). Internal and external training load: 15 years on. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(2), 270–273.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., & Marcora, S. M.** (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal of Sports Sciences*, *23*(6), 583–592.
- Pereira, L. A., Fontana, A., Andrade, A., Rabello Lima, G. P., & Oliveira, R.** (2018). Quantification of training load and its correlations with performance in cyclists. *Journal of Sports Science and Medicine*, *17*(1), 185–192.
- Saw, A. E., Main, L. C., & Gastin, P. B.** (2016). Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, *50*(5), 281–291.
- Scott, B. R., Scott, T. J., & Kelly, V. G.** (2016). The validity and reliability of global positioning systems in team sport: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(5), 1470–1490.
- Silva, J. R., Guglielmo, L. G. A., & Bishop, D.** (2016). Monitoring training loads, stress, immune-endocrine responses and performance in tennis players. *European Journal of Sport Science*, *16*(2), 97–105.
- Soligard, T., Schwelnus, M., Alonso, J.-M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., ... Engebretsen, L.** (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, *50*(17), 1030–1041.
- Taylor, K. L., Chapman, D. W., Cronin, J. B., Newton, M., Gill, N., & Sheppard, J. M.** (2012). Fatigue monitoring in high performance sport: a survey of current trends. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, *20*(3), 12–23.
- Tolleneer, J., Boone, J., Thienpont, L. M., & Scheys, L.** (2015). In-field quantification of internal and external loads in high-level youth football players across four consecutive seasons. *Journal of Sports Sciences*, *33*(9), 1033–1040.
- Vanrenterghem, J., Nedergaard, N. J., Robinson, M. A., & Drust, B.** (2017). Training load monitoring in team sports: a novel framework separating physiological and biomechanical load-adaptation pathways. *Sports Medicine*, *47*(11), 2135–2142.
- Weaving, D., Jones, S., Gibson, N., & Cook, C.** (2017). Quantifying training load in Australian football: a review of methods. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(5), 597–603.

