

A.3.3 Fatiga y recuperación

Comprensiones del programa de estudios

A.3.3.1 La fatiga puede originarse en diferentes niveles de la vía motora o energética, posiblemente combinando una variedad de fuentes.

A.3.3.2 Recuperación del ejercicio.

Introducción

¿Por qué nos fatigamos al hacer ejercicio? ¿Y qué importancia tiene que podamos recuperarnos completamente?

Las sensaciones más comunes que asociamos con la fatiga incluyen falta de aire, músculos doloridos, extremidades cansadas y un deseo abrumador de detenerse y descansar. Existen muchas razones por las que nos fatigamos durante el ejercicio y el deporte. La fatiga es un tema amplio y complejo.

Igualmente, la recuperación es importante para un rendimiento óptimo durante el deporte y el ejercicio, particularmente para un atleta de alto rendimiento que intenta reducir los efectos de la fatiga y mejorar su rendimiento.

Los entrenadores y los deportistas saben que es necesaria una recuperación adecuada para poder competir o entrenar de nuevo a un nivel adecuado. Por eso es importante saber y comprender cómo las intervenciones de recuperación afectan la fatiga, las lesiones musculares y el rendimiento.

Este capítulo abordará por qué y cómo los humanos se fatigan durante el deporte y el ejercicio, y analizará algunas técnicas de recuperación comunes utilizadas por los atletas.



Figura 1 Un atleta sufriendo fatiga.

¿Qué es la fatiga?

La fatiga humana se ha estudiado durante más de un siglo. En ese tiempo se han producido enormes avances en la tecnología y un conocimiento más amplio que nos ha proporcionado una comprensión más clara y profunda de la fisiología humana. La larga historia

Los avances tecnológicos y la investigación sobre la fatiga pueden llevarnos a pensar que hemos llegado a una definición clara y universalmente aceptada de la fatiga en el deporte.

Lamentablemente, no es así. En todo caso, la larga historia de investigación ha aumentado el número de "definiciones" existentes de la fatiga en el deporte (Tabla 1).

Tabla 1 Algunas de las definiciones de fatiga en el deporte que se han utilizado en la literatura científica

| |
|---|
| El momento en el que un participante no puede mantener la contracción muscular requerida o la carga de trabajo realizada. |
| Cansancio extremo después del esfuerzo; reducción de la eficiencia de un músculo, órgano, etc. después de una actividad prolongada. |
| La imposibilidad de mantener la fuerza requerida o esperada. |
| Fatiga producida por la incapacidad de generar salida desde la corteza motora. |
| Una pérdida de capacidad máxima de generación de fuerza. |
| Un estado reversible de depresión de la fuerza, que incluye una menor tasa de aumento de la fuerza y una relajación más lenta. |
| Cualquier reducción inducida por el ejercicio en la capacidad de un músculo para generar fuerza o potencia; tiene causas periféricas y centrales. |
| No poder continuar trabajando a una intensidad determinada. |
| Cualquier reducción inducida por el ejercicio en la capacidad de ejercer fuerza o potencia muscular, independientemente de si la tarea puede mantenerse o no. |
| Una reducción progresiva de la activación voluntaria del músculo durante el ejercicio. |

La presencia de múltiples definiciones de fatiga en el deporte es uno de los principales desafíos para comprender la fatiga. Si los investigadores utilizan diferentes definiciones de fatiga, es más difícil combinar las investigaciones para obtener respuestas claras.

Por lo tanto, la investigación científica de la fatiga es confusa ya que no existe una única definición con la que medir y comparar los resultados de los estudios.

Hay tres razones principales por las que existen tantas definiciones de fatiga.

La fatiga es un término muy amplio que se aplica a prácticamente todas las formas de deporte, ejercicio, actividades ocupacionales y de ocio, y contextos clínicos y de salud.

Los investigadores en estos campos han definido la fatiga en relación con su área de enfoque específica (esto se denomina "fragmentación de la fatiga"), lo que lleva a múltiples definiciones.

y La fatiga puede manifestarse a través de cambios/deterioros en cualquiera de los procesos.

El estudio de la fatiga implica la contracción muscular, desde el inicio de la orden motora en el cerebro hasta los procesos contráctiles reales en las fibras musculares. Para intentar delimitar las posibles "ubicaciones" de la fatiga en diferentes contextos, muchas investigaciones han aislado estructuras y procesos específicos en la cadena de contracción muscular y han estudiado su influencia en la fatiga. El problema aquí es que el cuerpo no funciona de manera aislada, por lo que estudiarlo de esta manera dará una visión incompleta, o incluso errónea, de la fatiga.

Existe una amplia gama de factores que pueden influir en la forma en que se manifiesta la fatiga en una situación determinada. Por ejemplo, la intensidad del ejercicio, la duración del mismo, la masa muscular activa, el tipo de ejercicio, el estado de entrenamiento, la dieta, el tipo de fibra muscular, la presencia/ausencia de competición, las condiciones ambientales y el estado de salud influyen en los procesos de fatiga (¡y hay muchos más!). Además, muchos de estos factores interactúan entre sí.

Punto clave

La fatiga es un término amplio que se aplica a muchos contextos diferentes, puede verse influenciada por cambios o deficiencias en cualquiera de los procesos involucrados en la contracción muscular y está influenciada por una amplia gama de factores internos y externos.

Punto clave

La fatiga y el agotamiento no son lo mismo. La fatiga es la incapacidad de continuar haciendo ejercicio con la misma intensidad deseada; el agotamiento es la incapacidad total de continuar haciendo ejercicio.

También puede encontrarse con situaciones en las que se utilizan los términos “fatiga” y “agotamiento” como si significaran lo mismo. ¡No es así! Tomemos el ejemplo de una persona que intenta establecer un mejor tiempo personal en una carrera de 10 km. Para lograrlo, debe mantener una velocidad promedio de 14 kmh⁻¹. Sin embargo, a los 7 km de la carrera, descubre que ya no puede mantener ese ritmo, pero si reduce la velocidad a 13 kmh⁻¹ puede continuar corriendo. Esta persona experimenta fatiga, pero no agotamiento. La fatiga es la incapacidad de continuar haciendo ejercicio a la misma intensidad deseada, pero la capacidad de continuar a una intensidad menor; el agotamiento es la incapacidad total de continuar haciendo ejercicio.

Tradicionalmente, la fatiga se ha clasificado en dos “tipos”: fatiga periférica y fatiga central. Estos términos se derivan de los lugares en los que se cree que se manifiesta la fatiga.

La fatiga periférica es el término para la fatiga causada por factores que residen fuera del sistema nervioso central (SNC), distal a la unión neuromuscular.

y Fatiga central es el término para la fatiga causada por factores que residen dentro del SNC (cerebro, médula espinal y neuronas motoras).

Ya hemos discutido que no es muy apropiado limitar los procesos de fatiga exclusivamente a regiones específicas de la cadena de contracción muscular.

Tal vez esto explique en parte por qué la capacidad de la fatiga periférica o central para explicar la fatiga de forma independiente y consistente en todos los escenarios deportivos y de ejercicio es altamente cuestionable. Es probable que los procesos de fatiga periférica y central se superpongan e influyan entre sí, como se refleja en recomendaciones más recientes de los investigadores de la fatiga de que reconceptualicemos la fatiga, alejándonos de lo “periférico” y lo “central” para ver la fatiga en un sentido más holístico.

La “nueva” perspectiva de la fatiga sostiene que la fragmentación de la investigación sobre la fatiga ha llevado a la ausencia de una definición universal de la misma, lo que ha limitado nuestra capacidad para comprender la fatiga de manera más efectiva en el deporte. En la nueva perspectiva, la fatiga ya no se modifica con adjetivos como “periférica” o “central”, sino que se define como:

Un síntoma incapacitante en el que la función física y cognitiva está limitada por las interacciones entre la fatigabilidad del rendimiento y la fatigabilidad percibida.

(Enoka, Duchateau, 2016)

La palabra “síntoma” es interesante. Si buscas en un diccionario, encontrarás que “síntoma” se define como “cualquier sensación de enfermedad o cambio físico o mental causado por una enfermedad en particular”. La fatiga ciertamente causa cambios físicos y/o mentales, pero ¿qué pasa con la palabra “enfermedad”? ¿Crees que el deporte o el ejercicio son enfermedades? A primera vista, tu respuesta seguramente sería “no”. Sin embargo, si buscas “enfermedad” en un diccionario, encontrarás: “Un trastorno de... función... especialmente uno que produce síntomas específicos... y no es simplemente un resultado directo de una lesión física”. El deporte y el ejercicio pueden causar un trastorno de la función (aunque sea temporalmente), y este trastorno de la función produce síntomas (como dolor muscular, temperatura corporal elevada, hiperventilación y motivación reducida). Finalmente, el trastorno de la función y los síntomas asociados con la fatiga no tienen por qué deberse a una lesión física. Por lo tanto, parece que el ejercicio puede considerarse una enfermedad o, más específicamente, un proceso que (de manera positiva) coloca al cuerpo en un estado de malestar (incomodidad; una alteración de la homeostasis). Si bien esta definición de fatiga como síntoma aún no se ha convertido en la única definición utilizada en la investigación sobre la fatiga en el deporte, es lo más cerca que se ha llegado a una definición unificada en el campo y puede ser un paso importante para lograr que la literatura sobre la fatiga sea más coherente.

Las causas de la fatiga en el deporte son muchas y siguen siendo muy debatidas, por lo que no es posible hacer un resumen concluyente. Sin embargo, las siguientes secciones ofrecen una descripción general de algunas de las posibles causas de la fatiga en el deporte que se citan con más frecuencia.

TOMÓ

Cuando investigamos la fatiga, necesitamos un marco teórico sólido sobre el que basar nuestra investigación. Esto significa que deberíamos poder definir lo que entendemos por fatiga de una manera que tenga sentido para los demás y tener fundamentos objetivos y sólidos para todos los protocolos que utilizamos y las mediciones que realizamos. Sin embargo, esto no siempre ha sido así en la investigación sobre la fatiga; de hecho, los investigadores aún están debatiendo cuál es la mejor manera de definir qué es la fatiga.

¿Es necesario este debate sobre el marco de referencia de la fatiga? ¿Ayuda a que el área avance o la frena? ¿Ve diferencias claras en los marcos de referencia de la fatiga propuestos por distintos investigadores o son en gran medida los mismos, pero explicados de forma diferente?

Punto clave

La fatiga se ha definido recientemente como un síntoma de la enfermedad asociada con el deporte y el ejercicio. Esta definición más global y unificada tiene el potencial de hacer que la investigación sobre la fatiga sea más coherente.

Término clave

Fatiga Síntoma incapacitante en el que la función física y cognitiva está limitada por las interacciones entre la fatigabilidad del rendimiento y la fatigabilidad percibida.

Desequilibrio del pH y fatiga

La acidosis metabólica es una reducción del pH normal de un líquido o tejido causada por la producción de sustancias ácidas. La acidosis metabólica es probablemente una de las posibles causas de fatiga en el deporte más controvertidas.

¿El metabolismo energético humano produce lactato o ácido láctico?

Investigaciones realizadas en el siglo XX sugieren que el ácido láctico se produce en los músculos esqueléticos humanos durante el ejercicio. La acumulación de ácido láctico reduce el pH intramuscular y causa fatiga.

Si se produce ácido láctico en el metabolismo energético, podría hacer que su entorno sea más ácido al liberar un ion hidrógeno (H^+ también conocido como protón) al medio ambiente.

Un ion H^+ es un átomo de hidrógeno que ha donado su único electrón. La estructura de un átomo de hidrógeno es un núcleo que contiene un único protón y un único electrón que "gira" alrededor de ese núcleo. Si el átomo de hidrógeno pierde su electrón, todo lo que queda es un único protón. Por eso, a los iones H^+ también se los conoce como protones. El signo más en H^+ significa que el ion ahora tiene carga positiva (es un catión). Los iones de hidrógeno son ácidos (un ácido es cualquier sustancia que dona protones) y, por lo tanto, hacen que la solución en la que se colocan (agua, sangre o líquido intracelular) sea más ácida.

Se plantearon dos hipótesis principales sobre cómo la producción de ácido láctico puede causar fatiga. En primer lugar, la reducción del pH muscular puede perjudicar la contracción muscular a través de una disminución de la producción de fuerza muscular y la velocidad de contracción. Se pensaba que la acidosis intramuscular hacía esto al reducir la liberación de calcio (Ca^{2+}) del retículo sarcoplásmico (SR) y la sensibilidad al Ca^{2+} . En segundo lugar, la acidosis intramuscular podría causar fatiga al inhibir algunos de los pasos clave de la glucólisis. El problema con estas hipótesis es que, a medida que nuestra capacidad para estudiar el metabolismo energético ha mejorado, ha quedado claro que en realidad no producimos ácido láctico en el metabolismo energético; producimos lactato.

¿Por qué es importante la distinción entre lactato y ácido láctico?

Como ya se mencionó, el ácido láctico tiene el potencial de hacer que su entorno sea más ácido. Sin embargo, el lactato no tiene un protón para liberar, por lo tanto, no hace que su entorno sea ácido (consulte el cuadro ATL para obtener más información).

Punto clave

El cuerpo humano produce lactato (no ácido láctico) en el metabolismo energético.

El lactato se produce constantemente en el metabolismo energético, incluso cuando estamos en reposo, y se produce en mayores concentraciones cuando realizamos ejercicio a alta intensidad. Sin embargo, esto es algo bueno, al menos por dos razones.

En primer lugar, la producción de lactato puede reducir la acidosis en el músculo esquelético, lo que podría mejorar o al menos mantener la función y mejorar el rendimiento deportivo.

La interpretación tradicional de que la acumulación de lactato es la causa de la fatiga es incorrecta y constituye un ejemplo clásico de confusión entre correlación y causalidad.

Se detectan mayores cantidades de lactato durante períodos de trabajo de alta intensidad, cuando también se puede ver cierta disminución del rendimiento; sin embargo, la producción de lactato es alta debido a su papel en la amortiguación o consumo de H^+ (que se produce en mayores cantidades a medida que aumenta la intensidad del ejercicio) y no afecta directamente el rendimiento.

Punto clave

En lugar de limitar el rendimiento, la producción de lactato aporta muchos beneficios al rendimiento deportivo.

En segundo lugar, el lactato es una fuente de combustible importante durante y después del deporte (aproximadamente el 75% de todo el lactato producido se utiliza como combustible muscular). No hay evidencia convincente de que el lactato contribuya directamente a las sensaciones musculares incómodas que se sienten típicamente durante o después del deporte (dolor, ardor, etc.) o a la disminución del rendimiento. La literatura reciente sitúa la contribución del lactato a la disminución del rendimiento en no más del 5%. Entonces, si el lactato no es la fuente del aumento de la acidosis y la fatiga en el deporte, ¿qué lo es?

Idades de pensamiento

En el metabolismo energético producimos lactato, no ácido láctico.

Esta distinción es crucial para comprender la fatiga.

En la Tabla 2 se describen algunos conceptos erróneos para darle una idea.

Una idea de por qué la diferencia entre lactato y ácido láctico es tan importante.

Tabla 2 Conceptos erróneos sobre el lactato y el ácido láctico

| Idea falsa | Contravista |
|--|---|
| El ácido láctico y el lactato son la misma sustancia. | El ácido láctico contiene un ion H^+ que puede separarse del ácido láctico y aumentar la acidez del tejido/líquido circundante. El lactato no contiene un ion H^+ que pueda disociarse; por lo tanto, no hace que su entorno sea más ácido directamente. Casi no hay ácido láctico presente en |
| El ácido láctico se produce durante el deporte. | el cuerpo. Durante el deporte, se producen dos iones separados: lactato y H^+ . No hay evidencia de que el lactato contribuya a la |
| El lactato es la causa del ardor y la fatiga muscular, así como del dolor muscular que a veces se siente. en las horas o días posteriores a la práctica deportiva. | sensación de ardor que a veces se experimenta durante el deporte. El lactato en realidad extiende el rendimiento deportivo a través de sus funciones como amortiguador de H^+ y combustible metabólico. El lactato producido durante el deporte se metaboliza dentro de la primera hora de recuperación. Por lo tanto, no puede contribuir al dolor muscular varias horas o días después de hacer deporte. El |
| El lactato es un producto de desecho. | lactato es un amortiguador de H^+ y una fuente importante de combustible durante el deporte en una variedad de intensidades y duraciones. |

Si bien el cuerpo no produce ácido láctico, sí produce lactato e H^+ . Si bien sabemos que el cuerpo produce H^+ , aún hay mucho debate sobre cómo y dónde se produce exactamente. Como se mencionó anteriormente, la producción y, en particular, la acumulación de H^+ hará que los tejidos corporales sean más ácidos, lo que puede representar un problema en términos de fatiga.



Actividad 1

Los dos atletas de la Figura 2 completaron cuatro sprints de 30 segundos contra una resistencia alta en un cicloergómetro. Cada sprint estuvo separado por 3 minutos de ciclismo suave. Se midieron la potencia promedio para cada sprint de 30 segundos y la concentración de lactato en sangre al final de cada sprint.



Figura 2

1. Copia los dos conjuntos de ejes (Figura 3). Dibuja dos líneas en cada conjunto de ejes (una para cada atleta) para mostrar cómo esperarías que se vean la potencia de salida y las concentraciones de lactato en sangre para cada sprint.

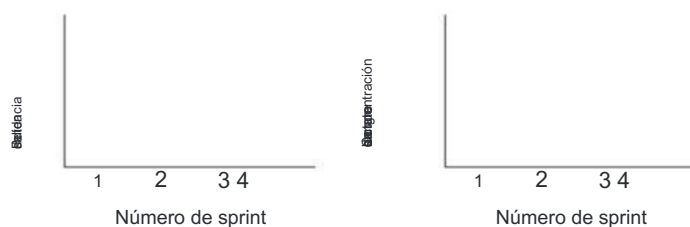


Figura 3

2. Explique brevemente por qué dibujó los gráficos de la manera en que lo hizo.
particularmente sobre cualquier diferencia en cómo la potencia de salida y la concentración de lactato en sangre cambian a lo largo de los sprints entre los dos atletas.

Disponibilidad de calcio y fatiga

La liberación de iones de calcio (Ca^{2+}) dentro de las células musculares es fundamental para una contracción muscular óptima. Cualquier alteración en la liberación de Ca^{2+} y las funciones funcionales subsiguientes del Ca^{2+} afectarán la contracción muscular. Sin embargo, investigaciones recientes sugieren que la acidez intramuscular tiene un impacto menor en el Ca^{2+} intramuscular de lo que se creía anteriormente. En combinación con otros metabolitos producidos durante el deporte, particularmente de naturaleza de alta intensidad, la acumulación de H^+ puede afectar la función del Ca^{2+} al reducir la sensibilidad al Ca^{2+} de los filamentos contráctiles actina y miosina. Esto significaría que se necesitaría más Ca^{2+} para activar los miofilamentos y permitir una contracción muscular óptima.

Punto clave

La disponibilidad de iones de calcio es fundamental para una contracción muscular óptima. Sin embargo, la acidosis parece tener un impacto menor en la función del calcio de lo que se creía anteriormente.



Actividad 2

Tendemos a centrarnos en las exigencias del entrenamiento o la competición de un deportista cuando pensamos en lo que puede provocar la fatiga. Sin embargo, hay muchos factores externos que podrían contribuir a que un deportista experimente fatiga cuando entrena o compete.

¿Puedes pensar en alguno?



Figura 4 Muchos factores externos pueden contribuir a la experiencia de fatiga de un atleta.

Sodio y potasio El sodio (Na) y el potasio

(K) son electrolitos, lo que significa que tienen pequeñas cargas eléctricas que permiten que la electricidad se conduzca a través de la solución en la que se encuentran. Las formas iónicas de Na y K se abrevian como Na⁺ y K⁺. El signo + indica un ion con carga positiva, conocido como catión.

Las reservas de Na⁺ se encuentran en la sangre y en el líquido que rodea las células. La mayoría de las reservas de K⁺ se encuentran en el sistema nervioso, el músculo esquelético y los huesos, y una pequeña cantidad en el plasma sanguíneo. El sodio y el K⁺ tienen funciones independientes que, cuando no funcionan de manera óptima, pueden contribuir a la fatiga. Sin embargo, en su mayoría trabajan en estrecha colaboración para llevar a cabo procesos que, cuando se alteran, también pueden causar fatiga.

Tanto el Na⁺ como el K⁺ ayudan a regular el contenido total de agua corporal y el movimiento de líquidos hacia el interior y el exterior de las células y los tejidos. Ambos electrolitos pueden entrar y salir de algunas células, y la concentración relativa de ellos a través de una membrana hará que el agua se mueva por ósmosis desde el lado con la concentración de electrolitos más baja hacia el lado con la concentración de electrolitos más alta. Por lo tanto, la alteración de la disponibilidad de Na⁺ y K⁺ podría perjudicar el equilibrio hídrico en las células. Esto se observa más comúnmente a través de la pérdida de Na⁺, lo que resulta en una concentración plasmática de Na⁺ subóptima, llamada hiponatremia, que se trató en el capítulo A.2.1.

Existen múltiples causas de hiponatremia, entre ellas:

- y alta concentración de Na⁺ en el sudor (particularmente cuando se combina con altas tasas de sudoración durante el ejercicio intenso o prolongado, que se agrava si se produce en condiciones de temperatura y/o humedad ambiente elevadas)
- y disfunción hormonal que afecta el mantenimiento de Na⁺ en el cuerpo
- y uso de medicamentos que afectan el manejo del Na⁺ en el cuerpo.

Sin embargo, el mayor factor de riesgo para la hiponatremia es un aumento excesivo del contenido de agua corporal.

Los aumentos en el contenido de agua corporal pueden ocurrir debido a la descomposición de proteínas, el papel de hormonas específicas como la vasopresina y alteraciones en la función renal.

Sin embargo, el factor más importante que provoca un exceso de agua corporal en personas sanas que practican deporte y ejercicio es la ingesta excesiva de líquidos, en particular la ingesta excesiva de líquidos hipotónicos como el agua. La ingesta excesiva de estos líquidos diluye esencialmente la concentración de Na^+ , lo que conduce a la hiponatremia. El grado de hiponatremia puede verse exacerbado si la ingesta excesiva de líquidos se combina con altas tasas de pérdida de Na^+ en el sudor.

La hiponatremia se presenta en hasta el 51% de los atletas que participan en deportes de resistencia y eventos de ejercicio, así como en remeros, nadadores de aguas abiertas y jugadores de rugby.

Los síntomas pueden variar desde debilidad, mareos, dolor de cabeza y vómitos hasta hinchazón del cerebro y los pulmones (debido a la acumulación de líquido), convulsiones y muerte. Por lo tanto, si bien la hiponatremia puede contribuir a un rendimiento deportivo y físico deficiente, puede tener consecuencias mucho más graves. La deshidratación suele considerarse un problema en el deporte y el ejercicio, pero también deben tomarse en serio los problemas asociados con el consumo excesivo de alcohol.

Na^+ y K^+ también propagan la señal eléctrica (o potencial de acción) a lo largo de una neurona motora hasta llegar a un músculo, lo cual es una parte indispensable del proceso de contracción muscular.

En resumen, esto funciona de la siguiente manera.

y Cuando un músculo está en reposo, el interior de la célula tiene una carga eléctrica ligeramente negativa en comparación con el exterior debido a la concentración relativa de Na^+ y K^+ fuera y dentro de la célula.

y La estimulación eléctrica inicial de una neurona motora hace que la membrana de la célula nerviosa permeable al Na^+ , lo que significa que el Na^+ entrará en la célula y hará que el interior de la misma se cargue positivamente.

y Esta respuesta permite que el potencial de acción continúe moviéndose a lo largo del neurona motora.

y Casi inmediatamente, los canales de Na^+ se cierran y luego se abren los canales de K^+ , lo que significa que el K^+ abandona rápidamente la célula y hace que la carga intracelular vuelva a ser negativa.

Este proceso sólo toma unos pocos milisegundos, ocurre durante cada potencial de acción y se desarrolla a lo largo de toda la membrana de la neurona motora y del músculo esquelético.

El papel importante que desempeñan Na^+ y K^+ en la conducción de potenciales de acción significa que cualquier alteración de su función puede perjudicar significativamente la capacidad contráctil de los músculos esqueléticos.

Ya hemos analizado cómo la dilución y/o pérdida de Na^+ puede perjudicar el rendimiento y la salud.

Ahora hay pruebas sólidas que demuestran que el deporte y el ejercicio dinámicos provocan aumentos rápidos en la acumulación de K^+ fuera de las células musculares, en particular en el espacio intersticial muscular (el espacio entre la membrana de la célula muscular y el tejido conectivo y otros tejidos circundantes).

El aumento de la concentración extracelular de K^+ significa, por supuesto, que la concentración intracelular de K^+ se reducirá, lo que altera el gradiente de concentración transmembrana de K^+ . La acumulación de K^+ extracelular es mayor cuando las contracciones musculares son más intensas. Una vez que se detiene el ejercicio, la concentración extracelular de K^+ caerá rápidamente.

Punto clave

Un nivel de plasma anormalmente bajo

La concentración de Na^+ se denomina

Hiponatremia. La aparición de hiponatremia puede provocar síntomas que van desde debilidad muscular y vómitos hasta hinchazón cerebral y muerte.

Punto clave

Las contracciones musculares repetidas

pueden provocar una pérdida de K^+ de la

célula muscular. La acumulación de este K^+ fuera

de la célula puede hacer que la célula

menos excitables y por lo tanto reducen

Producción de fuerza muscular completa.

Punto clave

La acumulación extracelular de K^+ también puede estimular nervios sensoriales especiales que contribuyen a la sensación de malestar muscular y a la fatiga central.

La acumulación de K^+ en el espacio intersticial alrededor de las fibras musculares es algo positivo, ya que es una de las "señales" bioquímicas que utiliza el cuerpo para regular el flujo sanguíneo, la ventilación y la función neuromuscular de acuerdo con las demandas que se imponen a los músculos. Sin embargo, puede surgir un problema si se acumula demasiado K^+ extracelular. En esta situación, la acumulación puede cambiar el equilibrio de la carga eléctrica a través de la membrana muscular a una carga más inhibitoria e interferir con el movimiento de Na^+ a través de la membrana, lo que en conjunto reducirá la excitabilidad de la célula muscular. Una consecuencia de este cambio en la excitabilidad es que se requiere un mayor impulso neuronal para generar un potencial de acción. En casos extremos, las fibras musculares pueden no ser eléctricamente excitables en absoluto, y menos fibras musculares excitables equivaldrán a una capacidad reducida de producción de fuerza de todo el músculo.

La acumulación de K^+ extracelular también puede contribuir a la fatiga al estimular los nervios sensoriales especializados que se encuentran dentro y alrededor de las fibras musculares y responden a los cambios en la concentración de sustancias bioquímicas. La estimulación de estos nervios puede contribuir a la sensación de malestar muscular que sentimos durante el deporte y el ejercicio (en particular cuando es intenso y/o prolongado) y puede contribuir a aumentar la fatiga central.

Si bien el cuerpo tiene algunos mecanismos que puede emplear para ayudar a reducir la acumulación extracelular de K^+ y el impacto de esta acumulación, la evidencia disponible ahora indica que durante el deporte y el ejercicio intensos y/o prolongados, la acumulación extracelular de K^+ puede ser un contribuyente importante a la fatiga.

Falta de hidratación, hipertermia y fatiga.

Como vimos en el capítulo A.2.1, el estado de hidratación influye en la capacidad del cuerpo para funcionar. En el capítulo A.1.2 estudiamos la hipertermia. Tanto la falta de hidratación como la hipertermia están relacionadas con la fatiga y también tienen un efecto interactivo.

El mecanismo "clásico" de la fatiga inducida por deshidratación

El mecanismo más citado de fatiga inducida por deshidratación en el deporte es el siguiente (y se resume en la Figura 5).

- y El aumento de la tasa de sudoración durante el deporte provoca una pérdida de líquido del plasma sanguíneo, reduciendo el volumen plasmático.
- y El volumen plasmático reducido hace que entre menos sangre en las cámaras del corazón antes de cada latido (lo que se denomina presión de llenado cardíaco reducida).
- y La reducción de la presión de llenado cardíaco contribuye a reducir el volumen sistólico (el volumen de sangre bombeada desde el corazón por latido) y el gasto cardíaco (el volumen de sangre bombeada desde el corazón por minuto).
- y La frecuencia cardíaca debe aumentar para mantener el suministro de sangre y oxígeno al tejido funcional.

Estos cambios cardiovasculares pueden afectar directamente el rendimiento. Sin embargo, la reducción del volumen plasmático también puede provocar una competencia por el flujo sanguíneo entre los órganos/tejidos y la piel (denominado estrés circulatorio). Esta competencia puede reducir el flujo sanguíneo de la piel, lo que perjudica la pérdida de calor por evaporación y conduce a un aumento de la temperatura corporal central (hipertermia). Por lo tanto, la deshidratación puede afectar directamente el rendimiento a través de una menor eficiencia cardíaca e indirectamente al contribuir a la hipertermia.

La pérdida de agua corporal durante el ejercicio disminuye el volumen plasmático, lo que conduce a una reducción de la presión de llenado cardíaco, el volumen sistólico y el gasto cardíaco. Esta disminución de la eficiencia cardíaca significa que la frecuencia cardíaca debe aumentar para mantener una adecuada circulación sanguínea y

Punto clave

La falta de hidratación puede provocar un deterioro del rendimiento al reducir la eficiencia cardíaca, contribuir al aumento de la temperatura central, incrementar la tasa de descomposición del glucógeno o perjudicar las respuestas perceptivas.

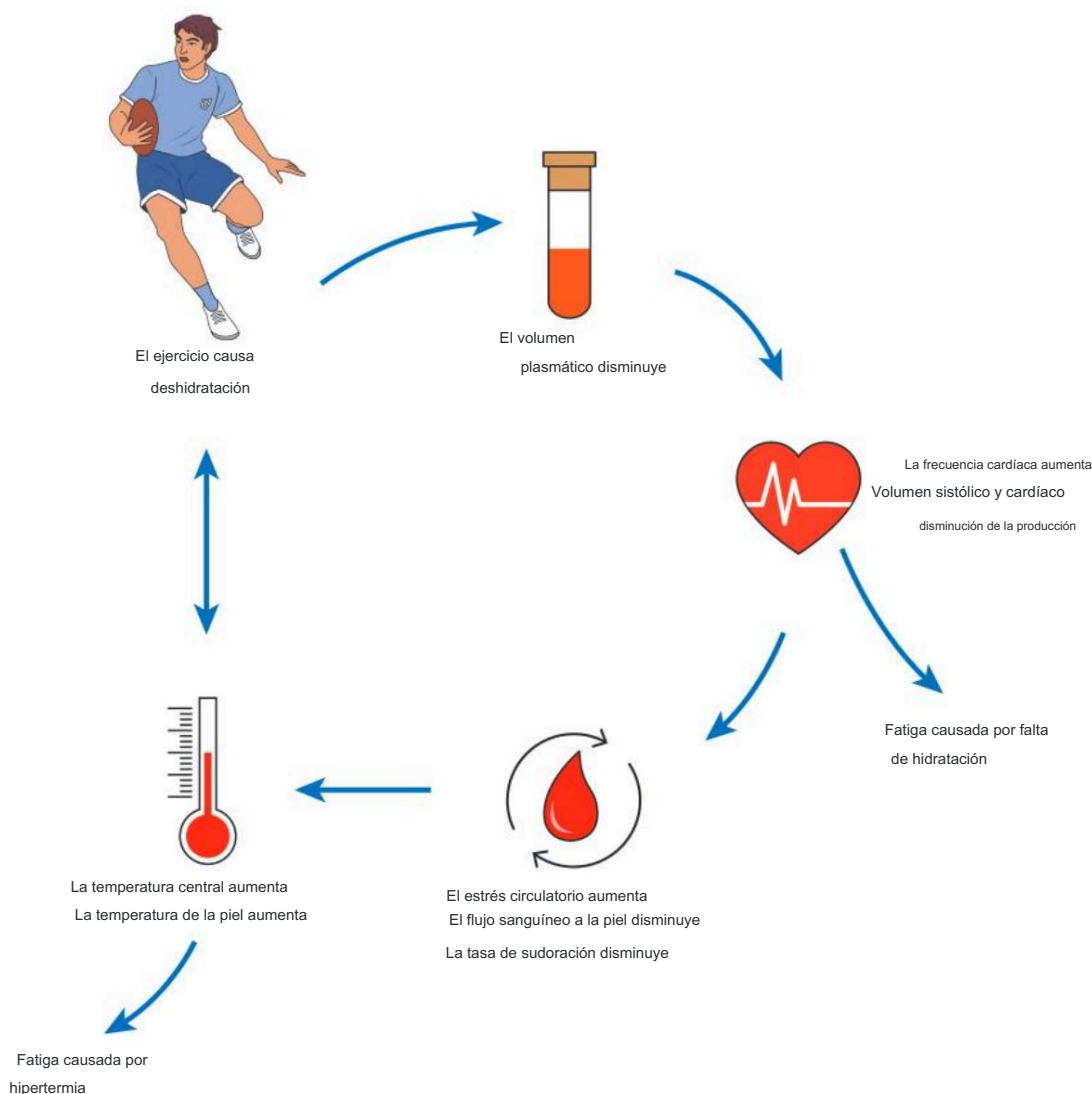


Figura 5 Mecanismo "clásico" de deterioro del rendimiento deportivo con deshidratación, incluida la interacción con la hipertermia

El suministro de oxígeno a los tejidos activos puede verse afectado. Una frecuencia cardíaca elevada puede provocar un deterioro del rendimiento deportivo. Sin embargo, si la pérdida de agua y el ejercicio continúan, la reducción del volumen plasmático puede provocar estrés circulatorio, lo que puede reducir el flujo sanguíneo de la piel, lo que perjudica la pérdida de calor por evaporación y aumenta la temperatura corporal central.

Otros mecanismos de fatiga inducida por deshidratación

La deshidratación puede aumentar la producción de glucosa en el hígado y la degradación del glucógeno muscular, posiblemente debido al aumento de la temperatura central, que puede alterar la actividad enzimática metabólica y la función mitocondrial. Este vínculo con el aumento de la temperatura central indica que la deshidratación sin hipertermia puede no influir en el metabolismo del ejercicio. Una mayor dependencia de la oxidación de carbohidratos podría contribuir a la fatiga a través del agotamiento del glucógeno.

El esfuerzo percibido puede aumentar y la función cognitiva (visión, atención, memoria, etc.) disminuir durante la práctica deportiva cuando se está hipohidratado. Estos cambios podrían contribuir a una disminución del rendimiento al alterar factores como la motivación, la toma de decisiones y las estrategias de ritmo.



Experimentos

Existen varios problemas con una gran cantidad de investigaciones sobre la hidratación que podrían haber exagerado el efecto negativo de la deshidratación en el rendimiento deportivo. Los hallazgos más recientes indican que el impacto de la deshidratación (no extrema) en el rendimiento es menor de lo que se creía anteriormente.

Un principio de larga data en la investigación científica del deporte y el ejercicio es que las pérdidas de líquidos $\geq 2\%$ de la masa corporal de una persona afectarán el rendimiento deportivo, en particular el rendimiento deportivo de resistencia.

Sin embargo, existen problemas con la investigación sobre hidratación que estableció el "umbral" del 2% para la disminución del rendimiento. Estos problemas se resumen en la Tabla 3.

Los problemas pueden afectar significativamente los resultados de la investigación.

Investigaciones recientes han demostrado que la deshidratación no afecta negativamente el rendimiento del ejercicio que dura de 60 minutos a más de 4 horas, independientemente de si el entorno es normal o cálido, incluso cuando los participantes pierden entre el 2% y el 3% de su peso corporal. Una posible explicación de esta discrepancia es que las investigaciones recientes utilizaron modelos de ejercicio del mundo real a su propio ritmo. Estos estudios se llevaron a cabo en entornos de ejercicio naturales o se replicaron bien en un laboratorio. La actividad a su propio ritmo permite a las personas regular su rendimiento, lo que la hace más adecuada para probar los efectos de factores como la deshidratación en el rendimiento.

Tabla 3 Problemas con algunas investigaciones sobre hidratación y rendimiento deportivo, y el impacto de estos problemas en los resultados de la investigación

| La cuestión | El impacto en los resultados de la investigación |
|---|---|
| Crear un estado hipohidratado colocando a las personas en saunas sin ingesta de líquidos, utilizando medicamentos diuréticos o completando una tarea de ejercicio en un ambiente caluroso antes del ejercicio de interés. | Los participantes comenzarían el ejercicio en un estado hipohidratado, en lugar de hipohidratarse durante el ejercicio. El uso de estas estrategias puede perjudicar el rendimiento del ejercicio independientemente de los cambios en el estado de hidratación. |
| Los participantes de la investigación son conscientes de que su equilibrio de fluidos corporales está siendo manipulado. | Los participantes pueden creer que los investigadores esperan un peor desempeño cuando están hipohidratados (o un mejor desempeño cuando están hidratados) y, por lo tanto, quizás de manera inconsciente, el desempeño se ve afectado de acuerdo con estas creencias anticipadas. |
| Los participantes de la investigación pertenecen a poblaciones diferentes de aquellas a las que se aplican los resultados de la investigación. | Si la investigación se realiza en personas que no son deportistas, no hay garantía de que los resultados se apliquen a los deportistas, ya que los deportistas difieren de muchas maneras (fisiológica y psicológicamente) entre sí y de los no deportistas. |
| Utilización de protocolos de intensidad baja y/o ejercicio hasta el agotamiento. | No es representativo de la mayoría de los escenarios de deportes y ejercicios del mundo real, que generalmente se realizan a su propio ritmo con el objetivo de completar una distancia establecida en el tiempo más rápido o administrar recursos fisiológicos/psicológicos de manera dinámica para lograr un rendimiento óptimo durante la duración del evento. |
| Utilización de los cambios de masa corporal como medida de cambios en el estado de hidratación. | Los cambios en la masa corporal antes y después del ejercicio no reflejan con precisión la pérdida de agua corporal. |

La pérdida de masa corporal puede producirse durante la práctica deportiva sin que se produzca una hipohidratación. Esto sugiere que puede que no sea necesario consumir líquidos para prevenir la pérdida de masa corporal, o incluso limitarlo al 2% de la masa corporal. La pérdida de masa corporal sin hipohidratación podría incluso ser beneficiosa para el rendimiento, ya que el deportista tendría que transportar menos masa y gastar menos esfuerzo y energía.

Sin embargo, no deberíamos recomendar que todos los deportistas intenten perder masa corporal durante la práctica deportiva: el beneficio potencial de la pérdida de masa corporal puede aplicarse solo a ciertas personas. Como ocurre con casi todos los procesos fisiológicos, hay respuestas interindividuales que deben tenerse en cuenta. Tal vez por eso está ganando popularidad permitir que un deportista beba según sus propias necesidades percibidas (lo que se denomina estrategia de "beber cuando tiene sed").

Hipertermia y fatiga

Como se explica en el capítulo A.1.2, la hipertermia es una temperatura corporal central anormalmente alta. Existen distintos grados de hipertermia, según la temperatura central alcanzada.

La hipertermia puede producirse cuando el cuerpo genera más calor del que puede disipar, principalmente a través de la transpiración. Esto sucede cuando la actividad muscular, la radiación y la convección (si la temperatura del aire es superior a la temperatura de la piel) contribuyen a aumentar la producción de calor, superando la capacidad del cuerpo para enfriarse.

En la figura 5 se muestra una causa clásica de hipertermia durante el deporte. Brevemente:

- y El ejercicio puede reducir el volumen plasmático, lo que provoca un aumento de la frecuencia cardíaca y estrés circulatorio a través de la competencia por el flujo sanguíneo entre los órganos y tejidos centrales y la piel.
- y Esta competencia puede reducir el flujo sanguíneo a la piel, perjudicando la capacidad de perder calor por evaporación y dando lugar a un aumento de la temperatura central.

La hipertermia es más común en situaciones en las que la disipación del calor corporal se ve afectada, como el ejercicio en condiciones de calor y/o humedad, con:

- y insu ficiente air ow
- y ropa excesiva
- y sombra insuficiente
- y una combinación de estos factores.

El ejercicio en condiciones de calor hace que la piel se caliente más, lo que favorece la pérdida de calor por evaporación y puede contribuir a la pérdida de calor por convección, ya que aumenta la diferencia de temperatura entre la piel y el aire ambiente (aunque esto dependerá de la temperatura del aire ambiente). Sin embargo, una temperatura más cálida de la piel reduce la diferencia de temperatura entre el núcleo del cuerpo y la piel, lo que dificulta la transferencia de calor del núcleo a la piel por conducción y convección. Si el aire ambiente también es húmedo, la pérdida de calor por evaporación se ve muy afectada porque el sudor no puede evaporarse fácilmente en el aire debido a los altos niveles de humedad ambiental. Por lo tanto, el ejercicio en condiciones de calor y humedad perjudica significativamente todas las vías de pérdida de calor corporal, lo que aumenta la probabilidad de ganancia de calor corporal.

¿De qué otra manera podría la hipertermia contribuir a la fatiga?

Durante la práctica deportiva intensa en condiciones de calor, la gran demanda de sangre por parte de los músculos y la piel que trabajan puede hacer que el corazón no sea capaz de mantener el gasto cardíaco necesario. Esto sucedería especialmente si el deportista estuviera hipohidratado, ya que en esta situación el gasto cardíaco puede estar ya reducido. Por lo tanto, una función cardiovascular deteriorada es una posible causa de fatiga durante la práctica deportiva en condiciones de calor.

Durante la práctica prolongada de deporte en condiciones de calor, el flujo sanguíneo al músculo que está trabajando se reduce (de nuevo, esto se agrava si el deportista también está hipohidratado). Para contrarrestar la reducción del flujo sanguíneo, el músculo extraerá más oxígeno de la sangre para retener la absorción de oxígeno adecuada. La reducción del flujo sanguíneo muscular se acompaña de un mayor uso de glucógeno muscular, y esto se ha implicado como una posible causa del rendimiento deficiente en condiciones de calor. Sin embargo, en la mayoría de los casos de interrupción voluntaria del ejercicio en condiciones de calor, las reservas de glucógeno muscular son adecuadas.

Punto clave

La hipertermia puede desarrollarse cuando la producción de calor corporal excede la pérdida de calor corporal y es más común en situaciones donde la disipación del calor corporal está afectada.

lo que sugiere que el agotamiento de glucógeno no es una causa común de fatiga durante la práctica deportiva en el calor.

Es importante señalar que la hipertermia durante la práctica deportiva no parece afectar la capacidad de los músculos para producir fuerza. Sin embargo, es común observar una reducción en la producción de fuerza o en la intensidad del ejercicio cuando se sufre hipertermia.

¿Por qué es esto?

Si la capacidad de los músculos para producir fuerza no se ve afectada por la hipertermia, es posible que intervengan factores centrales. Cuando practicamos deportes de resistencia con una temperatura corporal elevada, la tasa metabólica cerebral aumenta, pero el flujo sanguíneo cerebral general y la actividad eléctrica cerebral disminuyen. Estos cambios se han relacionado con un aumento del esfuerzo percibido y una reducción de la potencia y la velocidad. Básicamente, al deportista le resulta más difícil mantener la intensidad y comienza a disminuir su ritmo.

Punto clave

La hipertermia puede afectar la función cardiovascular, aumentar el uso de glucógeno muscular y aumentar la temperatura cerebral.

Durante la práctica deportiva en condiciones de calor, la temperatura de la sangre en la vena yugular (que lleva la sangre desde la cabeza hasta el corazón) desciende ligeramente, lo que implica que el cerebro está almacenando calor. La temperatura cerebral es un factor potencialmente crucial en la fatiga relacionada con la hipertermia, ya que las investigaciones en animales muestran que aumentar la temperatura cerebral sin aumentar la temperatura central perjudica la capacidad y la voluntad de continuar haciendo ejercicio. Sin embargo, es difícil confirmar que el aumento de la temperatura cerebral tenga el mismo efecto en los seres humanos porque no podemos enfriar o calentar eficazmente un cerebro humano sin alterar también la temperatura central.



Teorías

¿Temperatura central alta o temperatura cutánea alta?

Varios estudios de investigación previos sobre diferentes personas que realizaban distintas formas de ejercicio en el calor informaron que las personas dejaban de hacer ejercicio voluntariamente a una temperatura central muy similar de aproximadamente 40 °C.

El logro de esta temperatura central se asoció con una reducción del impulso motor del sistema nervioso central. En conjunto, se sugirió que alcanzar una temperatura central "crítica" de aproximadamente 40 °C actúa como un "freno de seguridad" para prevenir el desarrollo de hipertermia perjudicial para la salud, o tal vez sea el umbral para reducciones progresivas en el rendimiento.

Como resultado de esta investigación, la consecución de una "temperatura central crítica" se ha convertido en la explicación más común del deterioro del rendimiento deportivo en condiciones de calor. Sin embargo, una temperatura central de 40 °C no es lo suficientemente alta como para causar daño celular. Además, nuestro sistema nervioso central puede tolerar temperaturas de más de 41 °C durante varias horas sin sufrir daño.

Entonces, ¿por qué el cuerpo consideraría que 40 °C es una temperatura central "crítica"?

Además, existen investigaciones que demuestran que el rendimiento en deportes de resistencia se puede mantener con temperaturas centrales superiores a 40 °C (aunque ciertamente este no es el caso de todos).

Un problema importante con gran parte de la investigación que apoya la hipótesis de la temperatura central crítica es que, cuando los investigadores aumentan la temperatura central durante el ejercicio, también aumentan la temperatura de la piel. La temperatura elevada de la piel puede afectar negativamente el rendimiento deportivo, incluso si la temperatura central permanece inalterada. Esto podría deberse a un mayor flujo sanguíneo en la piel y una mayor tensión en el sistema cardiovascular, así como a una menor diferencia de temperatura entre el núcleo y la piel, lo que dificulta la liberación de calor al medio ambiente.

Si la temperatura elevada de la piel puede agravar la tensión cardiovascular, esto sugiere que la temperatura elevada de la piel podría exacerbar las consecuencias negativas de la hipohidratación en el rendimiento deportivo. En general, los atletas que compiten en condiciones de calor, donde tanto la hipertermia como la hipohidratación son posibles, podrían ser susceptibles a la fatiga asociada con la temperatura elevada de la piel.

Ahora deberías entender que las causas de la fatiga en el calor van mucho más allá de la temperatura corporal elevada. De hecho, puede tener mucho menos que ver con la temperatura corporal de lo que se creía anteriormente. Debemos tener en cuenta la temperatura corporal, la temperatura de la piel, el flujo sanguíneo y la actividad eléctrica del cerebro, y la temperatura cerebral, así como la interacción de todos estos factores. La dificultad para medir algunos de estos factores en los seres humanos, en particular los relacionados con el cerebro, significa que las causas específicas de la fatiga en el calor son desconocidas y pueden seguir siéndolo durante algún tiempo.

Punto clave

Todavía se están entendiendo las causas específicas de la fatiga en el calor.

Estudio

Un caso de fatiga

El 18 de septiembre de 2016, Jonathan Brownlee, múltiple campeón mundial de triatlón y medallista olímpico, lideraba la carrera final de la Serie Mundial de Triatlón en Cozumel, México. La prueba (1500 m de natación, 40 km de ciclismo en ruta y 10 km de carrera en ruta) era algo que había hecho muchas veces antes. Sin embargo, a pocos metros de la línea de meta, Jonathan se sintió extremadamente desorientado y perdió el equilibrio. Dejó de correr y comenzó a tambalearse hasta el punto de que un comisario de carrera tuvo que evitar que se desplomara. La única forma en que pudo cruzar la línea de meta fue gracias a su compañero competidor y hermano, Alistair, que básicamente lo cargó. Jonathan fue llevado al hospital con síntomas de agotamiento por calor. Afortunadamente, se recuperó por completo. El clima en Cozumel el día de la carrera era de aproximadamente 30 °C con una humedad relativa de aproximadamente el 76 %.

1. ¿Cuáles crees que pudieron haber sido las causas de la fatiga de Jonathan?
¿Durante la carrera?
2. ¿Qué podría haber hecho Jonathan de manera diferente antes y durante la carrera para evitar una fatiga tan excesiva y, en última instancia, un agotamiento tan extremo?



Figura 6 Jonathan Brownlee sufre de fatiga durante el Mundial de Triatlón. Serie en Cozumel, México

Disponibilidad insuficiente de combustible y fatiga El trifosfato de adenosina

(ATP) es la fuente más importante de energía química en el cuerpo. El ATP tiene tres componentes: adenina, ribosa y tres fosfatos.

Los enlaces de alta energía unen las tres moléculas de fosfato entre sí. La energía de estos enlaces se libera cuando el ATP se descompone en una reacción de hidrólisis, y la célula utiliza esta energía para diversas funciones, como la contracción muscular:



Figura 7 El ATP se descompone en una reacción de hidrólisis para liberar energía. H₂O es agua, ADP es difosfato de adenosina, P_i es fosfato inorgánico, H⁺ es hidrógeno y ATPasa es el nombre de una clase de enzimas que catalizan la hidrólisis del ATP.

El cuerpo sólo almacena suficiente ATP para abastecer aproximadamente dos segundos de contracción muscular de máxima intensidad, por lo que los mecanismos de reposición de ATP son fundamentales para mantener nuestro suministro de energía. Como estudiamos en el capítulo A.2.3, existen tres vías o sistemas metabólicos principales:

y el sistema de fosfágeno (PCr)

y el sistema glucolítico

y el sistema oxidativo.

Punto clave

El ATP es la fuente de energía más importante del cuerpo. Se almacena en cantidades muy pequeñas, por lo que necesitamos vías metabólicas extremadamente eficientes para reponerlo continuamente.

En la glucólisis, la glucosa (de la sangre o del glucógeno almacenado en el músculo) se metaboliza para resintetizar ATP en una serie de reacciones químicas que no utilizan oxígeno. En la vía oxidativa, la glucosa y los ácidos grasos se metabolizan para reponer el ATP en dos sistemas enzimáticos llamados ciclo de Krebs y cadena de transporte de electrones. La vía de la PCr no utiliza la glucosa o la grasa almacenadas; en su lugar, metaboliza la fosfocreatina, un compuesto presente en el músculo esquelético. La lógica dicta que la disponibilidad de energía alimentaria es fundamental para garantizar un suministro suficiente de ATP para el rendimiento deportivo continuo.

¿El agotamiento de ATP es una causa de fatiga en el deporte?

Si las reservas de ATP se agotaran durante la práctica deportiva, los músculos esqueléticos entrarían en un estado de rigidez muscular, un estado de contracción permanente. La buena noticia es que nunca se ha documentado la rigidez muscular inducida por el deporte. Se pueden lograr sprints cortos y a toda velocidad repetidos sin una reducción sustancial de ATP, a pesar de que la tasa de degradación de ATP es mayor durante este tipo de actividad. No se observa una reducción significativa de ATP en el punto de fatiga durante el ejercicio progresivo hasta el agotamiento, el ejercicio de corta duración de alta intensidad o el ejercicio prolongado de intensidad moderada.

Las concentraciones de ATP intramuscular no parecen caer por debajo de aproximadamente el 60% de los niveles en reposo, incluso durante el ejercicio intenso.

A pesar de la ausencia de una pérdida significativa de ATP a nivel de todo el músculo, los niveles de ATP en las fibras musculares individuales pueden caer hasta un 20% de los valores en reposo después del ejercicio máximo, particularmente en las fibras musculares de tipo II. La pérdida localizada de ATP también puede ocurrir en etapas cruciales del proceso de acoplamiento excitación-contracción (el proceso que permite que las fibras musculares se contraigan). La pérdida localizada podría evitar que algunas fibras musculares dentro de un músculo entero contribuyan a la contracción muscular y, por lo tanto, dar lugar a la fatiga de todo el músculo. En general, un mensaje importante es que la pérdida de ATP está lejos de ser una causa aceptada de fatiga en el deporte.

Punto clave

El agotamiento de ATP, al menos a nivel de todo el músculo, no es una causa principal de fatiga en el deporte.

Depleción de fosfocreatina

La fosfocreatina es una molécula de creatina con un grupo fosfato unido que es particularmente importante para la resintetización de ATP durante el deporte explosivo de alta intensidad.

La resíntesis de ATP a partir de PCr es impulsada por la reacción entre PCr y ADP, catalizada por la enzima creatina quinasa:

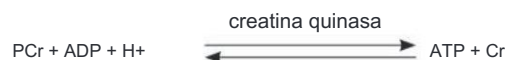


Figura 8 Resíntesis de ATP a partir de PCr impulsada por la reacción entre PCr y ADP. Cr es creatina libre.

Hay suficiente PCr intramuscular para abastecer aproximadamente 10 segundos de trabajo máximo. Sin embargo, nuestros sistemas de energía funcionan sinérgicamente, por lo que las reservas de PCr no se agotarán por completo durante un único esfuerzo máximo. El contenido de PCr cae a alrededor del 35%–55% de los niveles de reposo durante un sprint de 6 segundos, alrededor del 27% de los niveles de reposo durante un sprint de 20 segundos y alrededor del 20% de los niveles de reposo al final de un sprint de 30 segundos. Estas reducciones significativas, junto con la evidencia de una relación positiva entre la recuperación de PCr muscular y la producción de potencia muscular, sugieren que el agotamiento de PCr y una reducción asociada en la tasa de resíntesis de ATP son al menos parcialmente responsables de la potencia/velocidad reducida observada durante las actividades de sprint.

También existen correlaciones significativas entre la disponibilidad de PCr y el rendimiento en sprints repetidos, lo que sugiere que la fatiga durante los sprints repetidos típicos de los deportes de equipo como el fútbol también depende en parte de la PCr.

Agotamiento de glucógeno

Los carbohidratos, en forma de glucógeno muscular y hepático y glucosa en sangre, son el combustible principal durante el deporte y su contribución se hace mayor a medida que aumenta la intensidad del ejercicio. Los carbohidratos son el único combustible que se puede metabolizar aeróbicamente y anaeróbicamente, lo que los convierte en un combustible que genera ATP en una amplia gama de demandas de ejercicio.

La fatiga durante la práctica deportiva prolongada suele coincidir con un bajo contenido de glucógeno muscular. Hay poca evidencia que respalde la idea de que una baja concentración de glucógeno muscular conduce a una menor resíntesis de ATP, así que ¿qué podría establecer una relación de causa y efecto entre el agotamiento del glucógeno muscular y la fatiga?

El glucógeno muscular se localiza en tres grupos: glucógeno subsarcolémico (ubicado justo debajo del sarcolema o membrana fibrosa muscular), glucógeno intermiofibrilar (ubicado entre las miofibrillas) y glucógeno intramiofibrilar (ubicado dentro de las miofibrillas; Figura 9). La disminución de grupos específicos de glucógeno puede influir negativamente en las concentraciones de ATP de una manera que no se detectaría midiendo la concentración de ATP de "todo el músculo". Actualmente no hay muchos datos sobre el efecto del agotamiento regional del glucógeno muscular en la resíntesis de ATP. Sin embargo, es factible que el agotamiento localizado del glucógeno muscular pueda afectar la disponibilidad de ATP en sitios específicos de acoplamiento excitación-contracción, lo que perjudica la función contráctil.

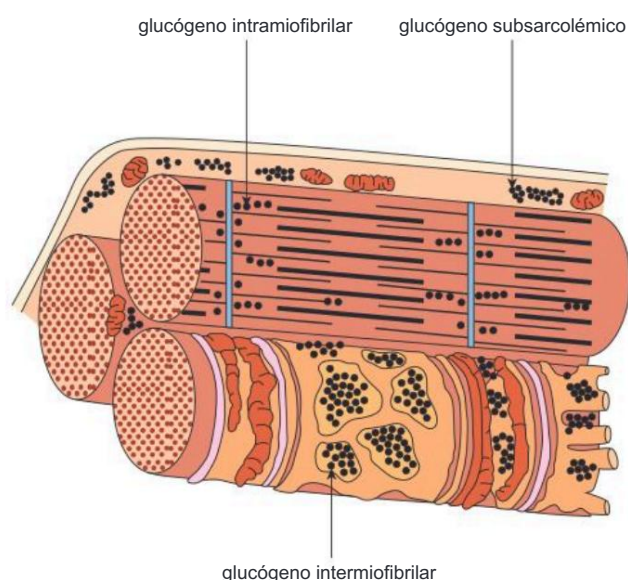


Figura 9 Los sitios de almacenamiento de glucógeno dentro de las células musculares.

Punto clave

El agotamiento de fosfocreatina es en parte responsable de la fatiga observada durante sprints únicos y repetidos.

Sin embargo, no es la única razón de la fatiga durante estas actividades.

Punto clave

Los carbohidratos son el único combustible que puede metabolizarse aeróbicamente y anaeróbicamente, lo que los convierte en una fuente de combustible crucial para una amplia gama de deportes.

Punto clave

El agotamiento del glucógeno muscular en ubicaciones específicas puede afectar negativamente la resíntesis de ATP en estas ubicaciones y, por lo tanto, perjudicar pasos específicos en el proceso de acoplamiento excitación-contracción.

Punto clave

La hipoglucemia puede afectar el rendimiento del ejercicio prolongado, probablemente a través de mecanismos centrales. Sin embargo, existe una respuesta interindividual a la hipoglucemia que influye en su impacto en el rendimiento.

Durante la práctica deportiva prolongada, las fuentes de energía intramuscular (glucógeno y ácidos grasos) predominan durante aproximadamente los primeros 90 minutos. Si la práctica deportiva se prolonga, las fuentes de energía transportadas por la sangre (glucosa y ácidos grasos libres) adquieren mayor importancia, en gran medida debido al agotamiento del glucógeno muscular. Los niveles de glucosa en sangre se mantienen principalmente mediante la descomposición del glucógeno hepático. Un mayor uso de la glucosa en sangre como combustible metabólico sobrecargará las limitadas reservas de glucógeno del hígado, lo que podría llevar a una situación en la que el hígado ya no pueda mantener los niveles de glucosa en sangre dentro de su rango óptimo y pueda desarrollarse una hipoglucemia.

Durante la práctica deportiva prolongada, la glucosa en sangre es un combustible importante para los músculos en actividad y el sistema nervioso central. Las reservas de glucosa en el cerebro son limitadas, por lo que la absorción de glucosa en sangre es crucial para el cerebro. Una vez que la concentración de glucosa en sangre desciende por debajo de un nivel crítico, la absorción de glucosa en el cerebro comienza a disminuir. Por lo tanto, la hipoglucemia puede contribuir a la fatiga en la práctica deportiva prolongada al limitar el suministro de combustible al cerebro.

La producción de fuerza muscular también es mayor después de practicar deporte de forma prolongada cuando se mantienen los niveles de glucosa en sangre, y esta mayor producción de fuerza está relacionada con un mejor impulso neuromuscular. Investigaciones recientes indican que el agotamiento del glucógeno muscular y la hipoglucemia contribuyen a la fatiga, pero que es probable que esta fatiga sea "central" en lugar de "periférica". Sin embargo, la hipoglucemia también puede contribuir a la fatiga al perjudicar la disponibilidad de combustible para los músculos que trabajan.

Parece que existe una respuesta individual a la hipoglucemia: algunas personas presentan síntomas como náuseas, confusión y mareos, pero otras no muestran signos externos. Esto hace que sea difícil llegar a un consenso sobre la influencia de la hipoglucemia en la fatiga. Actualmente, parece que la hipoglucemia no es una causa constante de fatiga durante el deporte, pero puede ser una causa potencial en situaciones específicas.

La tasa de glucólisis

Las enzimas funcionan de manera óptima en el pH normal del tejido en el que se encuentran. La acidosis intramuscular puede afectar negativamente la función de enzimas clave involucradas en la glucólisis, lo que reduciría la velocidad de la glucólisis y afectaría la capacidad de reponer el ATP a través del metabolismo de los carbohidratos. Este deterioro requeriría que el atleta trabaje a una intensidad menor para igualar la demanda de ATP con el suministro.

Durante el ejercicio intermitente máximo, la contribución de la glucólisis al requerimiento de energía disminuye progresivamente, y esto se ha atribuido a la inhibición de la glucólisis.

Sin embargo, algunas investigaciones no han encontrado ninguna influencia de la acidosis en la tasa glucolítica muscular y han sugerido que las reducciones del pH muscular que se encuentran típicamente durante el deporte no tienen efecto sobre la glucólisis. Las diferencias metodológicas (como en el modo, la duración y la intensidad del ejercicio, y el entorno intracelular creado dentro del tejido muscular) contribuirán a esta confusión. Además, nos estamos volviendo mucho más conscientes del alcance de los efectos interactivos de los diferentes "agentes de fatiga", y cómo los efectos de los cambios en la tasa de producción de un agente pueden verse exacerbados o atenuados por los cambios en la tasa de producción de otro. Esta interactividad puede significar que el impacto de cualquier agente de fatiga potencial individual, como la acidosis, puede ser menor de lo que se pensaba anteriormente.

El sistema nervioso central El deporte de alta intensidad

puede provocar que grandes cantidades de H^+ pasen del músculo a la sangre. En cantidades suficientemente altas, esto puede causar acidosis extracelular (sanguínea).

La acidosis extracelular puede afectar la capacidad de la hemoglobina para retener oxígeno,

lo que a su vez puede perjudicar el suministro de oxígeno al cerebro. Si el suministro de oxígeno al cerebro se ve afectado, puede desarrollarse fatiga central. La fatiga central puede manifestarse como una mayor percepción del esfuerzo y una menor tolerancia al ejercicio.

La acumulación de H^+ fuera de los músculos también puede estimular neuronas sensoriales especializadas que se proyectan hacia el SNC y transmiten información sobre el estado metabólico del cuerpo. El cerebro interpretaría esta retroalimentación como si el cuerpo estuviera en una situación metabólicamente problemática y respondería reduciendo el impulso neural central a los músculos, lo que reduciría la producción de fuerza muscular en un intento de reducir la demanda metabólica. Por supuesto, esto también perjudicaría el rendimiento deportivo.

Explicar la posible influencia de la acidosis metabólica en la fatiga deportiva es un desafío. La evidencia actual indica que la acidosis metabólica sí desempeña un papel en la fatiga durante el deporte, pero este papel puede ser menor de lo que se creía anteriormente.

Punto clave

La acidosis puede contribuir a la fatiga al disminuir la velocidad de la glucólisis y causar fatiga central.



Observaciones

En las pruebas de resistencia, es habitual ver un aumento significativo en la intensidad del ejercicio cerca del final de una carrera, casi independientemente de lo duro que hayan sido los atletas durante el evento. Por ejemplo, en 2005, el legendario corredor de fondo etíope Kenenisa Bekele estableció un nuevo récord mundial en los 10 km de 26 min 17 s (que posteriormente ha sido superado). Durante la carrera, Bekele corrió los primeros 9 km a un ritmo promedio de 2 min 38 s km^{-1} . Sin embargo, corrió el kilómetro final en 2 min 32 s, 6 segundos más rápido que su velocidad promedio para el primer 90% de una carrera de récord mundial. Sin embargo, un atleta solo puede recuperar una cierta cantidad de tiempo aumentando la intensidad en la etapa final de una carrera, entonces, ¿cómo sabemos que este enfoque de hacer un “esfuerzo final” es una estrategia óptima?

Investigue y responda la siguiente pregunta de investigación.

¿Se utilizan diferentes estrategias de ritmo en carreras de 10 km donde se utiliza un marcapasos en comparación con las carreras en la final olímpica de 10 km sin marcapasos?

Acumulación de fosfato inorgánico Cuando la demanda de

energía para la contracción muscular es alta, el fosfato (P_i) puede acumularse dentro del músculo debido a la descomposición de ATP y PCr (Figuras 7 y 8).

El fosfato inorgánico desempeña papeles muy importantes en muchos procesos bioquímicos y biológicos, incluido el metabolismo energético. Sin embargo, la acumulación de P_i fuera de las concentraciones fisiológicas normales puede ser un problema.

Una concentración elevada de P_i puede perjudicar directamente la fuerza muscular al interferir con la capacidad de las proteínas contráctiles actina y miosina de alcanzar un estado de fuerza elevado, lo que a su vez reducirá la capacidad de generación de fuerza de las fibras musculares. Esta interferencia se produce al principio del proceso de fatiga.

La influencia del P_i sobre las proteínas contráctiles hace que la fuerza producida para una concentración dada de Ca^{2+} se reduzca (sensibilidad reducida al Ca^{2+}). Esta sensibilidad reducida al Ca^{2+} puede ser de particular importancia en las últimas etapas de la fatiga, cuando la concentración intracelular de Ca^{2+} disminuye.

La concentración reducida de Ca^{2+} en las últimas etapas de la fatiga es causada por una menor liberación de Ca^{2+} desde su sitio de almacenamiento, el SR.

Punto clave

Investigaciones recientes sugieren que la acumulación de Pi inorgánico en las células musculares debería considerarse causa principal de fatiga periférica en el deporte.

La acumulación de Pi inorgánico puede reducir la liberación de Ca^{2+} del SR de dos maneras.

La acumulación de Pi puede perjudicar la función de los canales de liberación de SR que permiten Ca^{2+} pasa del SR a la célula muscular.

y Algunos Pi pueden ingresar al SR y combinarse con Ca^{2+} libre para formar un sólido Ca^{2+} -Pi (denominado precipitado). Esto tiene el efecto de reducir la concentración de Ca^{2+} libre en el SR y, por lo tanto, la cantidad de Ca^{2+} que se puede liberar en la célula muscular.

Aún se están realizando muchas investigaciones para investigar el papel del Pi en la fatiga. Sin embargo, hallazgos recientes han llevado a algunos investigadores a afirmar que el Pi debería considerarse la causa principal de la fatiga periférica en el deporte.



Pregunta de enlace

¿Cuál es el impacto de la fatiga en la contracción muscular? (B.1.3)

El rendimiento en el deporte está determinado en última instancia por la capacidad de los músculos esqueléticos para contraerse y generar fuerza de la manera más efectiva para el deporte en particular, ya sean niveles extremadamente altos de fuerza durante períodos cortos, menos fuerza durante períodos prolongados o una combinación de ambos.

Sin embargo, la capacidad o incapacidad de los músculos para hacer esto está determinada por una multitud de procesos fisiológicos. Es importante ser consciente de cómo la fatiga puede afectar la capacidad de contracción muscular para comprender mejor la fatiga y también para reducir potencialmente su impacto negativo.

Considerar:

¿Cómo se cree que la fatiga influye en la contracción muscular?

y los procesos específicos involucrados

y los factores específicos que debemos considerar al intentar identificar cómo la contracción muscular se ve influenciada por la fatiga

y los factores relacionados con el deporte específico, los factores ambientales y los factores relacionados con el atleta individual.



Pregunta de enlace

¿Cuál es la relación entre la motivación y la fatiga? (C.3)

Es innegable que la psicología del deportista desempeña un papel crucial en su rendimiento. Este aspecto psicológico tiene muchos nombres ("voluntad", "impulso", "motivación", "compromiso", "agallas", etc.), pero puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso, sobre todo en el más alto nivel deportivo, donde los deportistas suelen ser muy similares en cuanto a su capacidad física. También estamos tomando conciencia de las asociaciones entre los procesos de fatiga fisiológica y aspectos psicológicos como la motivación, la percepción de la dificultad de la tarea y el deseo de reducir el ritmo o de parar.

Considerar:

y si algunos deportistas están predispuestos a

Experimentar fatiga en mayor o menor medida que otros (debido a diferencias en la perspectiva psicológica, rasgos de personalidad o incluso experiencias de vida previas)

y ya sea "entrenamiento cerebral" u otro tipo de terapia psicológica

Las intervenciones se han convertido en una parte más común de los programas de entrenamiento de atletas (para ayudar a un atleta a ser más "resistente" al impacto psicológico de la fatiga)

Y si somos capaces de medir cosas complejas como

motivación, fortaleza mental e incluso la gravedad de la fatiga con la suficiente precisión como para hacer afirmaciones sólidas sobre los vínculos entre estas cosas, o si eso está actualmente más allá de nuestra capacidad.



Medición

La investigación que investiga el efecto de la disponibilidad de combustible sobre la fatiga requiere una medición cuidadosa del estado energético del cuerpo. Hay muchos factores de confusión que pueden influir en nuestro estado energético y, por lo tanto, perjudicar la validez de las mediciones del estado energético. Si estuvieras

Al realizar una investigación sobre el efecto de la disponibilidad de glucógeno en la fatiga en deportes de resistencia, ¿qué cosas necesitaría controlar para asegurarse de poder medir con precisión la relación de causa y efecto entre la disponibilidad de glucógeno y la fatiga?



Impacto global de la ciencia

Los avances tecnológicos nos permiten estudiar la fisiología humana de forma cada vez más compleja y detallada. Como resultado, estamos adquiriendo una comprensión cada vez mayor de cómo los sistemas orgánicos, las vías metabólicas, las hormonas, los compuestos, las moléculas y los elementos interactúan de forma compleja para influir en el rendimiento deportivo. Por supuesto, esto es fantástico para el desarrollo del conocimiento científico.

Sin embargo, también puede exponer nuevas oportunidades para la explotación injusta y poco ética de este mayor conocimiento para obtener una ventaja competitiva en el deporte. ¿Qué piensa usted al respecto? ¿Los beneficios de un mayor conocimiento y sus posibles aplicaciones superan el riesgo de un mal uso de este conocimiento? ¿Deben documentarse y evaluarse los posibles impactos negativos de los resultados de las investigaciones? Si es así, ¿quién debería hacerlo?



Modos de pensamiento

El afán de alcanzar el éxito en el deporte implica que la ciencia del deporte y el ejercicio físico es una parte integral de la obtención de una ventaja competitiva. A pesar de los vínculos más fuertes entre la investigación y los profesionales, hay muchos ejemplos en una variedad de deportes de atletas, entrenadores y equipos del más alto nivel que no aplican los últimos hallazgos a su práctica. A menudo utilizan estrategias que están obsoletas o son incorrectas.

¿Por qué cree que incluso en el deporte de élite existe una “desconexión” entre lo que la investigación científica sobre el deporte y el ejercicio les dice a los atletas, entrenadores y equipos que deben hacer y lo que realmente están haciendo? ¿Cómo se puede “arreglar” esta desconexión?



Pregunta de enlace

¿Puede la fortaleza mental “superar” la fatiga? ¿Sería esto algo positivo? (C.1.2)

Los deportistas exitosos no solo tienen dotes físicas, sino que también suelen tener características psicológicas que impulsan su éxito. Una de estas características es la fortaleza mental, la capacidad de hacer frente a las exigencias de un deportista.

Considerar:

¿Y si un deportista mentalmente fuerte es capaz de tolerar?

cargas de entrenamiento más altas que las de un atleta menos fuerte mentalmente

Y si los atletas mentalmente fuertes se ven menos influenciados por la fatiga, tal vez al ser capaces de bloquear o amortiguar el impulso de disminuir la velocidad.

Y si los deportistas mentalmente fuertes están más dispuestos a tolerar las sensaciones negativas asociadas a una situación deportiva altamente fatigante.



Figura 10 Los deportistas exitosos tienen características psicológicas que impulsan su éxito.

Y si hay algún problema con los atletas que toleran dosis más altas niveles de fatiga—por ejemplo, puede ser beneficioso en una sesión de entrenamiento o competencia ocasional, pero ¿qué pasa si esta tolerancia a altos niveles de fatiga continúa durante un período de tiempo más largo?

Recuperación para deportistas

La mayoría de los deportistas de élite, tanto individuales como en equipo, tienen sesiones de entrenamiento y programas de competición exigentes. Además, los deportistas de élite están expuestos a otras presiones, como las relaciones personales, los viajes internacionales, las redes sociales, las necesidades y demandas de los patrocinadores y el interés de los medios de comunicación. Las estrategias para la recuperación incluyen el sueño, la nutrición, la recuperación activa, los estiramientos y pasar tiempo en la naturaleza. Muchos deportistas (de deportes individuales y en equipo) han calificado el sueño y la reposición de líquidos como contribuyentes importantes a la recuperación. Esto quizás no sea sorprendente porque muchos deportistas tienen ciclos normales de sueño-vigilia alterados, ya que a menudo se les exige que se despierten temprano para las sesiones de entrenamiento a primera hora de la mañana.

Sobreesfuerzo, sobreentrenamiento y síndrome de sobreentrenamiento

Como se vio en el capítulo A.3.1, el entrenamiento, incluido el sobreesfuerzo, es un proceso de sobrecarga que puede producir fatiga aguda y, con una recuperación adecuada (incluida una reducción de la intensidad, la frecuencia y/o la duración del entrenamiento), esto puede llevar a una adaptación y una mejora del rendimiento. Cuando la sobrecarga de entrenamiento continúa (días/semanas) pero hay un desequilibrio entre el entrenamiento y la recuperación, puede producirse un sobreentrenamiento. Los síntomas del sobreentrenamiento incluyen disminuciones del rendimiento, disminución del vigor, aumento de la fatiga y alteraciones hormonales. Cuando los atletas experimentan un sobreentrenamiento, pueden pasar semanas hasta que se recuperan por completo. Cuando esto se combina con una nutrición inadecuada (ingesta insuficiente de energía), enfermedad o trastornos del sueño, puede provocar el síndrome de sobreentrenamiento (SOT), del que puede llevar meses recuperarse. Piense en el SOT como un desequilibrio en la relación entrenamiento/recuperación. Es decir, demasiado entrenamiento o competiciones y muy poca recuperación. Si esto sucede, ajuste la carga de entrenamiento (intensidad y/o volumen y/o frecuencia) y/o permita un día de descanso completo cuando el rendimiento disminuya o el atleta comunique que tiene fatiga excesiva/anormal o problemas mentales y emocionales.

Punto clave

Los atletas se entrenan y se recuperan para mejorar la capacidad fisiológica, refinar los patrones motores, reducir el riesgo de lesiones o enfermedades y mejorar el rendimiento. Para entrenar de forma eficaz y lograr un rendimiento óptimo, controlar y cuantificar la carga de entrenamiento de un deportista debe ser una prioridad. La recuperación puede verse afectada tanto por condiciones externas adversas (como un entorno ruidoso al intentar descansar) como por condiciones internas adversas (como la preocupación por ser excluido del equipo).

Durante un entrenamiento se altera la homeostasis. Normalmente, la frecuencia cardíaca tarda solo unos minutos en volver al nivel de reposo; el consumo de oxígeno puede tardar horas y el dolor muscular puede tardar días. La función muscular y la coordinación neuromuscular pueden tardar semanas en recuperarse por completo.

Las adaptaciones inducidas por el entrenamiento permiten al deportista afrontar mejor la siguiente sesión de entrenamiento. Cuando existe un desequilibrio entre el entrenamiento y la recuperación, aparecen síntomas de fatiga, que suelen ir acompañados de una disminución del rendimiento. Una recuperación insuficiente impide al deportista alcanzar la frecuencia, intensidad o duración de entrenamiento requeridas. Por eso es importante pensar con antelación y planificar estrategias de recuperación para desplazar el equilibrio entre el entrenamiento y la recuperación hacia los procesos de recuperación. En otras palabras, la recuperación es clave para el éxito de un programa de entrenamiento.

Por lo tanto, un aumento en el entrenamiento (intensidad, volumen o ambos), combinado con un tiempo de recuperación insuficiente, puede conducir al sobreentrenamiento. El sobreentrenamiento puede resultar en una disminución del rendimiento. Esto resalta la importancia de planificar métodos de descanso y recuperación suficientes para lograr un rendimiento óptimo. Es por eso que los atletas y entrenadores exitosos planifican entrenamientos a corto y largo plazo. Incluyen cargas de entrenamiento variadas, descanso y recuperación adecuados y dividen los períodos de entrenamiento en macrociclos, mesociclos y microciclos (un enfoque de entrenamiento periodizado) como se estudia en el capítulo A.3.1.

Actividades de pensamiento

Algunos investigadores han sugerido que el estrés excesivo en los atletas no es causado por las altas exigencias del entrenamiento y/o la competición, sino por una falta de recuperación que conduce a un estado de "recuperación insuficiente".

El desapego del deporte es una experiencia de recuperación definida como abstenerse de realizar actividades relacionadas con el deporte.

El desapego físico implica tomarse un descanso del esfuerzo físico del entrenamiento o la competición.

El desapego cognitivo significa dejar de lado todos los pensamientos sobre el propio deporte.

El desapego emocional es distanciarse de las emociones negativas experimentadas durante el día.

Por lo tanto, el desapego permite a los atletas restaurar recursos físicos y mentales agotados al permitir un descanso físico, cognitivo y/o emocional de las demandas relacionadas con el deporte, y ayuda a prevenir la recuperación insuficiente.



Actividad 3

Utilizando la información de la Tabla 4, identifique si cada uno de los siguientes es consecuencia de una recuperación insuficiente, un sobreentrenamiento o un agotamiento.

1. Cansancio y disminución del rendimiento.
2. Agotamiento y colapso del rendimiento
3. Enfermedades, infecciones y retirada de la participación deportiva.

Tabla 4

| Concepto | Síntoma | |
|--------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| | ¿Fisiológico o psicológico? | Ejemplo |
| sub-recuperación | fisiológico | dolor muscular |
| | psicológico | alteración del sueño |
| sobreentrenamiento | fisiológico | frecuencia cardíaca en reposo elevada |
| | psicológico | Falta de entusiasmo por la formación |
| agotamiento | fisiológico | inmunodepresión |
| | psicológico | devaluación del deporte |

Puntos clave

Si un atleta es:

y bajo rendimiento

y quejándose de fatiga persistente

y mostrando un mayor sentido de esfuerzo en el entrenamiento, o

y dicen que no duermen lo suficiente

Entonces su entrenador debería:

y reducir la intensidad o el volumen del entrenamiento diario (o permitir un día de descanso)

y evitar el entrenamiento que carece de variedad

y planificar la formación para cumplir con las necesidades individuales del deportista (por ejemplo, un deportista que regresa de una lesión en comparación con un jugador que entrena entre partidos en un torneo de la Copa Mundial de fútbol)

y Fomentar y reforzar regularmente una nutrición óptima, hidratación y tiempo de sueño.

Tenga en cuenta que hay otros factores estresantes

Por ejemplo, las alteraciones del sueño pueden aumentar el estrés del entrenamiento físico.



Actividad 4

Explique por qué la recuperación y la gestión del estrés deben tener en cuenta todos los factores que influyen en el rendimiento. Por ejemplo:

y factores de entrenamiento (como frecuencia, intensidad) y factores

de estilo de vida (como sueño, nutrición)

y factores de salud (como resfriado común, infección posterior a COVID-19) y factores sociales/

ambientales (como familia, escuela).

Evaluación de la recuperación

La recuperación puede significar cosas diferentes para distintas personas, como "relajarse", "desconectarse" o "recuperarse". Algunos ejemplos de diferentes perspectivas temporales de la recuperación incluyen el descanso, la recreación, el ocio y las vacaciones. También existen preferencias e interpretaciones individuales de las actividades de recuperación, por ejemplo: dormir, ver una película en el cine, participar en una actividad menos intensiva.

La recuperación puede referirse a períodos de corto, mediano o largo plazo, pero no es posible establecer un marco de tiempo específico para cada uno porque existe una alta variabilidad intra e interindividual en el proceso de recuperación. Las actividades de recuperación deben periodizarse y modificarse continuamente de acuerdo con las necesidades individuales del atleta. Por ejemplo, después de una sesión de entrenamiento mentalmente fatigante, si existe la necesidad de reducir el dolor por daño muscular o si el atleta muestra signos de mayor fatiga física. Debido a las respuestas interindividuales e intraindividuales a la condición física y la fatiga, el monitoreo directo de las respuestas de condición física y fatiga se ha vuelto común para los atletas de élite, de alto rendimiento y profesionales para garantizar un equilibrio adecuado entre la carga de entrenamiento y el estrés de recuperación. El desafío de individualizar la recuperación en el contexto de factores como el tipo de deporte y entrenamiento, la fase de entrenamiento del año y el nivel de participación es complejo.

Los instrumentos para monitorizar el estado de recuperación-estrés en los deportistas incluyen:

Perfil de estados de ánimo (POMS): para detectar alteraciones del estado de ánimo durante o como resultado de un entrenamiento intensivo

Cuestionario de recuperación y estrés para deportistas (RESTQ-Sport): para describir el equilibrio entre recuperación y estrés durante un período de tiempo específico (a menudo semanal o mensual)

Escala corta de recuperación y estrés (SRSS): una versión corta (diaria o dos veces al día) de la escala de recuperación y estrés aguda (ARSS), adecuada para múltiples mediciones en intervalos cortos para obtener una imagen detallada del estado de recuperación y estrés individual de los atletas.

Un método común para evaluar la recuperación implica la medición de la frecuencia cardíaca (o la variabilidad de la frecuencia cardíaca) en reposo o después del ejercicio o entrenamiento. El lactato sanguíneo también se utiliza para controlar la recuperación. Existen otros métodos, como la cantidad de creatina quinasa en la sangre (un marcador de daño muscular) y el nivel de cortisol en la saliva (asociado con una recuperación física o mental insuficiente). Pero estas mediciones son propensas a una gran variabilidad inter e intraindividual tanto en los valores iniciales como en la respuesta posterior al ejercicio o entrenamiento. Las mediciones psicológicas que se aplican comúnmente para medir las respuestas subjetivas de un atleta a cargas de entrenamiento de una sola sesión y a largo plazo incluyen la calificación del esfuerzo percibido, el perfil de los estados de ánimo y los cuestionarios de recuperación y estrés para atletas.



Actividad 5

Después de una sesión de ejercicio, entrenamiento o competición, evalúe su nivel de fatiga utilizando la escala de fatiga de la figura 11. Una respuesta de "0" significa que no se siente fatigado en absoluto. Una respuesta de "10" significa que se siente totalmente fatigado y agotado.



Figura 11 Escala de calificación de fatiga (Micklewright et al., 2017)

Nutrición y recuperación

La recuperación nutricional posterior al ejercicio es una piedra angular del éxito de los deportistas y debería ser un factor clave a tener en cuenta en la planificación de los entrenamientos y las competiciones.

Para lograr un rendimiento óptimo, es esencial que los deportistas mantengan un equilibrio entre sus necesidades nutricionales y su dieta, tanto cuantitativamente (en términos de calorías) como cualitativamente (en términos de macro y micronutrientes).

Glucógeno

Durante el ejercicio, la utilización de glucógeno aumenta con la intensidad del ejercicio y el calor ambiental. Por lo tanto, es importante reponer el glucógeno muscular y hepático después del ejercicio. La cantidad mínima de carbohidratos que se debe consumir después del ejercicio es de 0,7 g kg⁻¹ hora⁻¹, pero puede ser necesaria una ingesta de carbohidratos de 8–12 g kg⁻¹ día⁻¹ para reponer el glucógeno muscular después de un ejercicio intenso y prolongado. Por lo general, se necesitan alrededor de 24 horas para restaurar por completo el glucógeno muscular después de un ejercicio intenso. Las primeras 2 horas después del ejercicio son un período crítico para reponer el glucógeno muscular. El consumo de carbohidratos inmediatamente después del ejercicio produce una resíntesis de glucógeno muscular más rápida en comparación con la ingestión de carbohidratos más de 2 horas después del ejercicio. La resíntesis de glucógeno muscular es más rápida cuando se consumen alimentos con un índice glucémico alto en comparación con los alimentos con un índice glucémico bajo (capítulo A.2.2). Las bebidas con carbohidratos tienen el beneficio adicional de proporcionar rehidratación. En resumen, para una recuperación más rápida entre sesiones de entrenamiento o eventos competitivos, consuma alimentos o bebidas con un índice glucémico alto tan pronto como sea posible después del ejercicio.

Proteína

El balance neto de proteína muscular depende del equilibrio entre la síntesis de proteína muscular y la degradación de proteína muscular. Consumir alrededor de 20 g de proteína después del ejercicio maximiza la síntesis de proteína muscular, y las fuentes de proteína de origen animal estimulan tasas más altas de síntesis de proteína muscular en comparación con las fuentes de proteína de origen vegetal.

Monohidrato de creatina

El monohidrato de creatina (comúnmente llamado creatina) es un aminoácido que se encuentra en concentraciones relativamente altas en el músculo esquelético. Es una de las ayudas ergogénicas nutricionales más populares entre los deportistas.

Las investigaciones muestran que la suplementación con creatina puede:

y aumentar las concentraciones intramusculares de creatina

y mejorar el rendimiento del ejercicio

y mejorar las adaptaciones al entrenamiento y puede mejorar la recuperación posterior al ejercicio.

La creatina se forma endógenamente a partir de reacciones que involucran a los aminoácidos en los riñones y el hígado. En otras palabras, el cuerpo puede producir creatina por sí solo. Sin embargo, la suplementación con creatina es popular entre los atletas. Se toma de forma exógena (de fuentes externas), principalmente al consumir carne o suplementos dietéticos.

La suplementación con creatina es relativamente bien tolerada por los deportistas, especialmente en las dosis recomendadas (3–5 g día⁻¹ o 0,1 g kg⁻¹ de masa corporal por día).

Eventos adversos: es importante considerar los riesgos así como los beneficios

Existen algunas evidencias que sugieren que la suplementación con creatina aumenta la retención de agua a corto plazo (varios días). Sin embargo, en períodos más largos (semanas), la suplementación con creatina no parece provocar retención de agua.

La creatina no es un esteroide anabólico y, cuando se ingiere en dosis recomendadas, no provoca daño renal ni disfunción renal en personas sanas. Además, investigaciones basadas en evidencias demuestran que la suplementación con creatina en las dosis recomendadas no causa deshidratación ni calambres musculares.

¿La creatina sólo es útil para actividades de tipo resistencia/potencia?

Se ha teorizado que la suplementación con creatina beneficia principalmente a los atletas que participan en actividades de resistencia/potencia intermitentes de alta intensidad. Sin embargo, hay cada vez más evidencia de que los atletas de diferentes deportes que usan suplementación con creatina pueden:

y poder mantener niveles óptimos de glucógeno (ayuda a los atletas que agotan grandes cantidades de glucógeno durante el entrenamiento y/o el rendimiento) y reducir el daño muscular

y/o mejorar la recuperación del ejercicio intenso y experimentar menos lesiones musculoesqueléticas, así como un tiempo de recuperación acelerado de las lesiones

y reducen el riesgo de enfermedades relacionadas con el calor cuando entrenan y/o compiten en ambientes cálidos y húmedos (se ha descubierto que ayuda a los atletas a hiperhidratarse y mejorar la tolerancia al ejercicio en el calor).

Suplementación con creatina:

y proporciona un efecto ergogénico para episodios de producción de fuerza máxima o pico.

y da como resultado mejoras en la fuerza y la masa libre de grasa.

y proporciona beneficios durante sprints únicos y repetidos

⁞ Parece proporcionar beneficios ergogénicos a los episodios de resistencia aeróbica.

⁞ Puede mejorar la recuperación del ejercicio intenso (en un sentido agudo, como durante episodios de ejercicio intermitente de alta intensidad).

Reflexiones de pensamiento

Para obtener más información sobre este tema, consulte el siguiente artículo.

Fernández-Landa, J., Santibañez-Gutierrez, A., Todorovic, N. et al. Efectos del monohidrato de creatina en el rendimiento de resistencia en una población entrenada: una revisión sistemática y un metaanálisis. *Sports Medicine* 53, 1017–1027 (2023). <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01823-2>

Punto clave

La suplementación con creatina puede aumentar rápidamente las reservas intramusculares de creatina, mejorar el rendimiento muscular y ayudar a la recuperación.

Alimentos ricos en polifenoles

Los polifenoles son una familia de compuestos químicos que se cree que actúan como antioxidantes que pueden contrarrestar los efectos nocivos de los radicales libres, favorecer el equilibrio de oxidación-reducción (redox) y mitigar la inflamación. Desempeñan un papel en el mantenimiento de la salud celular y pueden ayudar a prevenir el estrés oxidativo.

El ejercicio de alta intensidad y/o duración, especialmente con un componente excéntrico, puede inducir daño muscular inducido por el ejercicio (EIMD). Los síntomas de EIMD que pueden afectar el rendimiento incluyen:

y producción de fuerza deteriorada

y aumento del dolor muscular

y rango de movimiento reducido.

Los seres humanos producimos radicales libres como parte de los procesos metabólicos normales. Los radicales libres son moléculas inestables que pueden dañar las células. Los radicales libres derivados del oxígeno se denominan especies reactivas de oxígeno (ROS). Diversos estímulos fisiológicos (como el consumo de alcohol, el tabaquismo y el ejercicio) alteran el equilibrio redox e inducen estrés oxidativo. Por ejemplo, el ejercicio puede aumentar el consumo de oxígeno hasta 20 veces (o más) por encima de los valores en reposo. En las mitocondrias de las células musculares, esto se traduce en una utilización de oxígeno 200 veces mayor y la consiguiente producción de una gran cantidad de ROS.

La inflamación y la alteración del equilibrio redox están asociadas con la respuesta del cuerpo a la EIMD. La inflamación es la respuesta natural del cuerpo a una lesión. Se caracteriza por un aumento del flujo sanguíneo, hinchazón y la liberación de mensajeros químicos llamados citocinas.

La alteración del equilibrio redox se produce cuando la producción de ROS supera la capacidad antioxidante del organismo. Esto puede provocar estrés oxidativo, un desequilibrio entre la producción de radicales libres y el sistema de defensa antioxidante del organismo, que puede dañar aún más el tejido muscular y retrasar el proceso de curación.

Los polifenoles se encuentran de forma natural en frutas, verduras, cereales y bebidas, por ejemplo. Son compuestos de origen vegetal con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Los deportistas suelen utilizar suplementos de polifenoles de origen vegetal para reducir los efectos negativos del estrés oxidativo inducido por el ejercicio, acelerar la recuperación de la función muscular y mejorar el rendimiento.

Los alimentos ricos en polifenoles ayudan a recuperar la función muscular y reducen el dolor muscular después de un EIMD. Esto podría beneficiar a los atletas cuando hay un tiempo limitado entre eventos competitivos. Un estudio investigó la suplementación con polifenoles en deportes de equipo caracterizados por episodios intermitentes de ejercicio de alta intensidad, donde el rendimiento depende tanto de la capacidad aeróbica como de la anaeróbica.

Término clave

Polifenoles Una familia de compuestos químicos naturales asociados con beneficios para la salud.

Punto clave

La recuperación es un proceso de múltiples niveles (psicológico, fisiológico y social).

La recuperación incluye una amplia gama de procesos fisiológicos, como el sueño, la conducta motivada (como comer y beber) y componentes orientados a objetivos (como la relajación o encontrarse con amigos).

Las actividades de recuperación pueden ser pasivas o activas. En muchos casos, la recuperación se logra indirectamente mediante actividades que estimulan los procesos de recuperación (como la actividad en otros deportes).

Las acciones musculares excéntricas de alta intensidad (como saltar o cambiar de dirección) dan lugar a EIMD, lo que puede reducir el rendimiento físico. El estudio descubrió que la suplementación con polifenoles mejoró la función muscular y redujo el dolor muscular en deportistas de deportes de equipo después de EIMD, un efecto positivo, especialmente cuando se requiere una recuperación rápida. Sin embargo, el uso de polifenoles en la dieta es discutible, y hay muchas preguntas sin respuesta sobre el uso de alimentos ricos en polifenoles y el rendimiento y la recuperación del ejercicio.

Técnicas de recuperación

Los atletas utilizan muchas técnicas de recuperación física y fisiológica, entre ellas:

y crioterapia

y paquetes de hielo y bolsas de hielo

y criomanguitos

y chaquetas de enfriamiento

y inmersión en agua fría o hielo

y remolinos fríos

y criocámaras y

termoterapia (inmersión en agua tibia y jacuzzis, saunas)

y terapia de agua de contraste (masaje, rodillo de espuma, terapias de compresión, estimulación eléctrica neuromuscular)

y vibración de cuerpo entero

y terapia con oxígeno hiperbárico.



Figura 12 Inmersión en hielo para recuperación

Muchos deportistas utilizan estrategias psicológicas para mejorar la recuperación. Estas estrategias ayudan a lidiar con el estrés, reducir la ansiedad, aumentar la motivación, promover una sensación de bienestar y mejorar la salud mental. Entre estas estrategias se incluyen:

y relajación muscular progresiva

y imágenes

y entrenamiento autógeno

Mi música preferida personalmente

y ejercicios de respiración

y oración.

Además, comunicarse con entrenadores y socializar con familiares y/o amigos también parecen contribuir a una recuperación efectiva.

Recuperación activa

La recuperación activa, que generalmente precede a otros métodos de recuperación, consiste en una actividad submáxima después de un ejercicio, entrenamiento o competición agotadora, con el objetivo de preservar el nivel de rendimiento mejorando la recuperación entre sesiones de ejercicio, entrenamiento o eventos competitivos. Esto puede realizarse en el mismo día para competidores en deportes como judo, natación, atletismo y rugby 7, o entre días para deportes como competiciones de tenis Grand Slam durante un período de 2 semanas, o entre partidos (dos por semana) durante aproximadamente 1 mes para eventos como la Copa del Mundo de fútbol.



Figura 13 Recuperación activa

La recuperación activa y pasiva se utilizan durante las sesiones de ejercicio y entrenamiento, cuando se alternan períodos de esfuerzo de alta intensidad con períodos de esfuerzo de baja intensidad.

Esto garantiza que los atletas puedan reproducir un rendimiento óptimo, por ejemplo, cuando la PCr posterior al esfuerzo se resintetiza y se restaura después de una recuperación pasiva entre repeticiones de sprints cortos y máximos en baloncesto (esfuerzos de ráfaga corta <6 segundos), o una recuperación activa entre sprints más largos para desarrollar la capacidad glucolítica para la resíntesis de ATP y una capacidad mejorada para repeticiones de sprints más largos. Tenga en cuenta que el deterioro del rendimiento durante el trabajo de alta intensidad puede indicar una recuperación incompleta entre esfuerzos, lo que significa que la relación entre las duraciones de los esfuerzos de alta y baja intensidad debe considerarse y monitorearse cuidadosamente.

La recuperación activa en comparación con la recuperación pasiva da como resultado:

- y Un retorno más rápido a los niveles de lactato en reposo, a través de la oxidación del lactato principalmente en las fibras musculares activas, lo que permite un retorno más temprano al pH en reposo.
- y Una eliminación acelerada de metabolitos y un retorno a la homeostasis en los músculos y sangre.

Desde una perspectiva de aplicación práctica, cuando las actuaciones deben repetirse en menos de 30 minutos, la recuperación activa acelera el retorno a la homeostasis y esto tendrá un efecto positivo en el mantenimiento del rendimiento. Cuando el esfuerzo máximo es seguido por períodos de recuperación más largos (horas, días o semanas) antes de otra

Puntos clave

La recuperación pasiva abarca desde la aplicación de masajes hasta el descanso inactivo.

y La recuperación activa implica una actividad física de baja intensidad y/o moderada, como trotar, para eliminar los resultados de la fatiga (por ejemplo, un jugador de la NBA inmediatamente después de un partido, o la mañana siguiente después de una carrera de media maratón).

y La recuperación proactiva implica una elección autodeterminada del método de recuperación según las necesidades y preferencias individuales.

Si se requiere un esfuerzo máximo, se deben utilizar otras estrategias para promover la recuperación, incluido el descanso. También es importante considerar la influencia del método de recuperación (activo o pasivo) en la resíntesis de glucógeno muscular.

Preguntas de pensamiento

¿La recuperación activa es realmente una recuperación activa o es un entrenamiento continuo?

Preguntas de pensamiento

La recuperación es un proceso fisiológico y psicológico relativo al tiempo. Después de la fatiga física causada por el entrenamiento o la competición, se utilizan estrategias como la inmersión en agua fría para facilitar los aspectos fisiológicos de la recuperación. Por el contrario, cuando un deportista experimenta fatiga mental, un enfoque de recuperación psicológica será beneficioso.

La recuperación y la fatiga son procesos continuos que se ven afectados por factores tanto fisiológicos como psicológicos. Con el tiempo, demasiada fatiga y una recuperación insuficiente probablemente resulten en un bajo rendimiento.

Estiramiento El

estiramiento es una práctica habitual entre los deportistas antes y/o después del ejercicio, entrenamiento o competición. El estiramiento pasivo de un sistema músculo-tendinoso, sin contracción muscular voluntaria para inducir su alargamiento, se utiliza con frecuencia en la práctica del ejercicio y del deporte. El estiramiento pasivo se puede subdividir en:

y estiramiento estático: mover el músculo-tendón cerca del alargamiento máximo, y luego manteniendo esta posición

y estiramiento cíclico: estirar repetidamente el músculo-tendón e inmediatamente volviendo a la posición inicial entre estiramientos.

En el caso de los estiramientos cíclicos, es importante comenzar lentamente para evitar estirar los músculos demasiado rápido durante las repeticiones iniciales. Se cree que los estiramientos son beneficiosos cuando se combinan con otros métodos de recuperación.



Figura 14 Estiramiento

Actividades de investigación

¿Cuál es la diferencia entre un estiramiento dinámico y uno balístico?

Actividades de pensamiento

Algunos investigadores apoyan el estiramiento pasivo después del ejercicio, el entrenamiento o la competición porque parece:

y aumentar la flexibilidad

y ayuda a la relajación

y reducir el riesgo de lesiones.

Sin embargo, otros investigadores no apoyan el uso del estiramiento como parte de la recuperación.

¿Qué opinas y por qué?

Actividades de investigación

¿Cuánto tiempo debe durar un estiramiento estático para cada grupo muscular?

¿Cuántas repeticiones de estiramientos cíclicos recomendarías para cada grupo muscular?

Hidratación y recuperación

Es bien sabido que el rendimiento se verá afectado si se permite que se desarrolle la deshidratación, y proporcionar una rehidratación adecuada (antes, durante y después del esfuerzo) a los atletas es clave para una recuperación eficaz. Dependiendo de la edad, el sexo y la forma corporal, el agua representa entre el 40% y el 70% de la masa corporal, y representa el 65%–75% de la masa muscular y aproximadamente el 50% de la masa grasa.



Actividad 6

El porcentaje de deshidratación tras una sesión de ejercicio/entrenamiento o un evento competitivo se puede calcular de la siguiente manera:

$$\text{porcentaje de deshidratación} = \frac{\text{masa de agua perdida (cm}^3\text{)}}{\text{peso antes (wB)}} \times 100$$

dónde,

$$\text{masa de agua perdida} = \text{peso antes (wB)} - \text{peso después (wA)}$$

Calcula tu porcentaje de deshidratación inmediatamente después de un entrenamiento o competición.



Medición

¿Por qué es importante asegurarse de que el atleta esté desnudo, seco y tenga la vejiga vacía para los pesajes antes y después del ejercicio/entrenamiento?

Estudios de investigación

¿Qué es la hipovolemia?

Deshidratación y rendimiento físico

Como se mencionó anteriormente en este capítulo, la pérdida de líquidos debido a la evaporación del sudor puede afectar negativamente el rendimiento. Las necesidades típicas de líquidos de los atletas son mucho mayores durante el entrenamiento y la competencia. Por ejemplo, los atletas de pista y campo pueden necesitar aumentar las necesidades diarias de líquidos (por encima de las necesidades diarias de líquidos) hasta alrededor de 6 l el día 1 y Los jugadores de fútbol americano pierden hasta 15+ l por día debido al sudor del entrenamiento/competición. Esto dependería de varios factores como la intensidad y duración del entrenamiento/competición, la temperatura y la humedad del aire, el estado de aclimatación, el tamaño corporal y la tasa de sudoración individual, el evento y la ropa/uniforme usado.

Las siguientes son consideraciones clave para rehidratarse después del ejercicio.

Los atletas pueden evaluar sus necesidades de rehidratación después del ejercicio midiendo la masa corporal desnuda antes y después del ejercicio y calculando la diferencia (cada kg de pérdida de masa corporal equivale aproximadamente a 1 l de líquido). Los atletas pueden seguir perdiendo líquido, a través del sudor, durante un período posterior al ejercicio. Por lo tanto, se recomienda que consuman el 150 % del líquido perdido durante el ejercicio.

y Ingerir sólo agua después del ejercicio reducirá la concentración osmótica en sangre,

Aumenta el agua en la orina, que se excreta, lo que puede provocar un balance hídrico negativo. En cambio, se recomienda consumir líquidos que contengan entre 20 y 50 mmol·l⁻¹ de sodio después del ejercicio para lograr la euhidratación. Además, la retención de líquidos es mayor después de ingerir líquidos con un 3 %–12 % de glucosa en comparación con agua sola.

y Reemplazar regularmente los líquidos perdidos en volúmenes moderados durante un período más largo.

(4 a 5 horas) da como resultado un mejor equilibrio de líquidos en comparación con la reposición de líquidos perdidos en grandes volúmenes durante ≤3 horas.

y Las bebidas que contienen cafeína y alcohol pueden provocar una mayor producción de orina en comparación con el agua, las bebidas con electrolitos y las bebidas con electrolitos y carbohidratos.

y Una combinación de agua y alimentos logra un mayor equilibrio de líquidos en comparación con la ingestión exclusiva de bebidas electrolíticas, mientras que la combinación de bebidas electrolíticas y alimentos es más efectiva que solo agua y alimentos.

La declaración de consenso del COI de 2023 sobre la hidratación de los atletas destacó:

La deshidratación afecta el rendimiento en la mayoría de las pruebas, y los atletas deben estar bien hidratados antes del ejercicio. Se debe consumir suficiente líquido durante el ejercicio para limitar la deshidratación a menos del 2% de la masa corporal. . . Se debe incluir sodio cuando las pérdidas por sudor son altas, especialmente si el ejercicio dura más de 2 horas. Los atletas no deben beber tanto que aumenten de peso durante el ejercicio. Durante la recuperación del ejercicio, la rehidratación debe incluir la reposición tanto del agua como de las sales perdidas en el sudor.

Liberación miofascial autoadministrada

Recientemente, el automasaje ha ganado popularidad entre los atletas de élite (y recreativos) para mejorar el rendimiento y la recuperación. Las herramientas más comunes que se utilizan incluyen el rodillo de espuma y el masajeador de rodillos. Estos instrumentos para el automasaje son asequibles, ahorran tiempo, son fáciles de usar y de fácil acceso.

Punto clave

Si bien la sensación de sed es útil

Al determinar la necesidad de ingesta de líquidos durante la vida diaria, la sed es relativamente insensible al seguimiento agudo del estado de hidratación durante el ejercicio.

Las estrategias de hidratación personalizadas juegan un papel clave en la optimización del rendimiento y la seguridad de los atletas durante las actividades deportivas, especialmente en ambientes calurosos.

Al hacer ejercicio en ambientes

fríos o a grandes altitudes, los atletas deben estar atentos y ser conscientes de sus necesidades de líquidos.

El frío puede producir grandes cantidades de sudor, especialmente cuando se usa ropa pesada, al mismo tiempo que disminuye la sensibilidad a la sed y potencialmente conduce a una reposición insuficiente de líquidos. Por lo tanto, es importante que los atletas conozcan sus necesidades individuales de reposición de líquidos durante el ejercicio en entornos cálidos y fríos para asegurarse de que puedan desarrollar un plan para competir mientras están óptimamente hidratados.

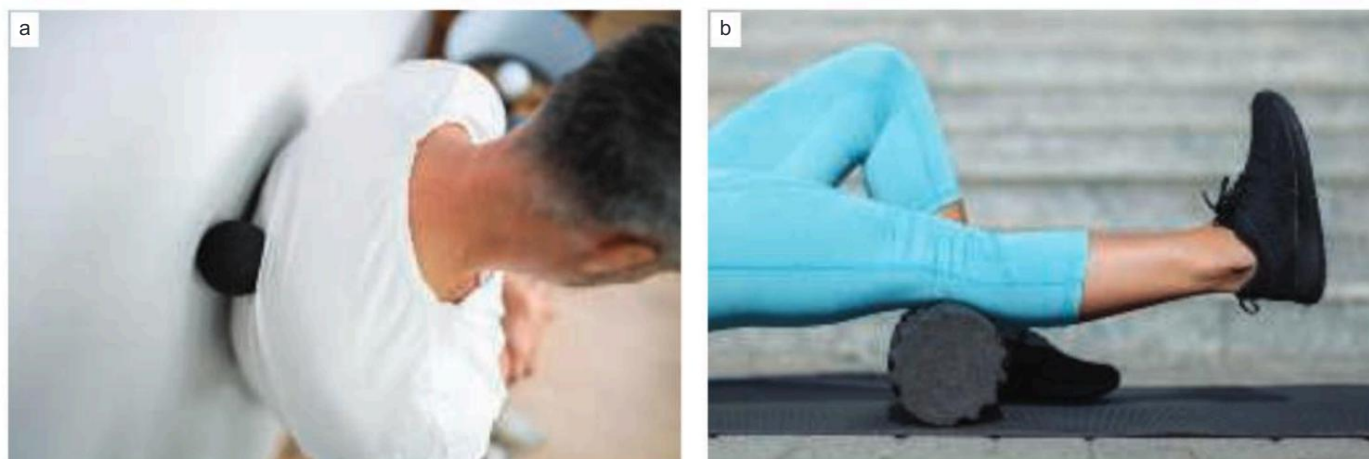


Figura 15 Ejemplos de herramientas SMR: una pelota de espuma y un rodillo de espuma b

La autoliberación miofascial (SMR) se logra utilizando el peso corporal para aplicar presión a los tejidos blandos o aplicando presión en los músculos objetivo utilizando la fuerza de la parte superior del cuerpo. La SMR puede mejorar la recuperación de la flexibilidad a corto plazo, aumentando el rango de movimiento de las articulaciones. Más allá del dolor durante la SMR, no hay efectos adversos importantes y se cree que la SMR es una intervención segura para su uso en deportes para mejorar el rendimiento y la recuperación del ejercicio.

Término clave

Autoliberación miofascial (SMR)

Técnicas de automasaje, como el uso de pelotas y rodillos de espuma, que pueden ayudar a la recuperación.

Preguntas de pensamiento

¿Qué estrategias de recuperación son las más valoradas y comúnmente utilizadas por las poblaciones paradesportivas y por qué?

Preguntas de pensamiento

Con los masajes posteriores al ejercicio, no parece que se afecte ni el flujo sanguíneo ni la amplitud de movimiento. Solo se produce un ligero aumento de la temperatura muscular y no se acelera la eliminación de metabolitos. Sin embargo, hay cierta evidencia que sugiere que los masajes posteriores al ejercicio mejoran la recuperación percibida (una sensación de bienestar) para la próxima sesión de entrenamiento o competición. Además, los masajes posteriores al ejercicio parecen promover la reducción de los calambres y la rigidez muscular, lo que ayuda al deportista a sentirse más cómodo y a tener una mayor tolerancia a los ejercicios y/o entrenamientos posteriores.

Prendas de compresión

Las prendas de compresión se definen en términos generales como prendas que aplican presión mecánica a los tejidos corporales. Incluyen medias hasta la rodilla y por encima de la rodilla, mangas hasta la pantorrilla, pantalones cortos, mallas hasta la cintura y los tobillos, mangas para los brazos, camisetas de manga corta y larga y trajes de cuerpo entero.

Las prendas de compresión son utilizadas por atletas de todo el espectro competitivo, desde los recreativos hasta los de élite, durante el ejercicio y la recuperación del ejercicio.

Las prendas de compresión que se usan durante la recuperación parecen tener un efecto positivo en los ejercicios de resistencia y resistencia posteriores. Por ejemplo, las prendas de compresión se asocian con reducciones en la lactato deshidrogenasa durante la recuperación y se asocian sistemáticamente con disminuciones en el dolor muscular percibido cuando se usan después de un ejercicio agotador.



Experimentos

Algunos estudios han investigado la recuperación de las capacidades específicas de los deportes de equipo, como el sprint, el salto y el uso de prendas de compresión durante la recuperación. Sin embargo, utilizaron una intervención de recuperación placebo (como mallas placebo no compresivas) en lugar de un grupo de control.

La falta de un grupo de control (sin intervención de recuperación) en estos estudios significa que es difícil descartar la posibilidad de un efecto placebo. En otras palabras, si las mallas no compresivas "funcionan", entonces no se conoce el efecto "real" de las prendas de compresión.



Pregunta de enlace

¿Los placebos afectan positivamente la recuperación? (Pregunta 1)

Considerar:

¿Y si los relatos anecdóticos son un sustituto de la evidencia científica válida y confiable?
datos

Y si los efectos placebo mejoran la recuperación simplemente porque el atleta espera una
mejora

Y si un placebo mejorará la recuperación si un atleta tiene una fuerte creencia de que lo hará.
ser beneficioso

Y si un placebo mejorará la recuperación si a un atleta se le dice que mejorará
actuación

y las razones para utilizar un diseño experimental doble ciego para averiguar si
Los placebos afectan la recuperación

¿ Por qué los estudios que investigan si los placebos afectan la recuperación incluyen: un
grupo de intervención, un grupo placebo y un grupo de control ? ¿Se ha
investigado lo suficiente o no la mejora de la recuperación del ejercicio a través de
mecanismos psicofisiológicos (efecto placebo)?

Aplicaciones térmicas locales de frío y calor

Las aplicaciones térmicas locales de frío y calor se utilizan generalmente para el tratamiento de lesiones de tejidos blandos después del ejercicio o el deporte. Con el enfriamiento (por ejemplo, una bolsa de hielo), la actividad metabólica disminuye, los capilares se contraen, hay un efecto antiinflamatorio, una caída en la conducción nerviosa (es decir, reducción de la sensación de dolor) y un aumento de la rigidez muscular. Con la aplicación de calor, hay un aumento de la actividad metabólica, vasodilatación (aumento del suministro de oxígeno, nutrientes y anticuerpos), una caída en la actividad del huso neuromuscular y una reducción de la rigidez muscular, lo que resulta en un aumento del rango de movimiento.

Inmersión en agua fría y crioterapia con aire La inmersión en

agua sumerge todo o parte del cuerpo en agua fría, agua tibia o una combinación de temperaturas frías y tibias (terapia de agua de contraste). Suele durar entre 5 y 30 minutos. La crioterapia con aire expone todo o parte del cuerpo a temperaturas de aire frío que van desde -85 °C a -195 °C durante 1 a 3 minutos.

La inmersión en agua fría (CWI) es más efectiva para reducir el dolor muscular (incluida la reducción de DOMS) y mejorar la potencia muscular que la recuperación activa, la terapia de agua de contraste y la inmersión en agua tibia.

La crioterapia con aire es más efectiva que la CWI para recuperar inmediatamente la potencia muscular (1 hora después del ejercicio) y para recuperar la fuerza muscular.

La CWI posterior al ejercicio es una intervención eficaz para mejorar la recuperación (1 hora después del ejercicio) del rendimiento de resistencia, en particular después del ejercicio en condiciones ambientales cálidas a calurosas.

La potencia muscular se ve afectada a corto plazo (1 a 6 horas) después de la CWI. Por lo tanto, los profesionales deben asegurarse de que los atletas realicen un calentamiento adecuado si utilizan la CWI entre competencias programadas con mucha frecuencia.



Experimentos

La calidad de la evidencia experimental depende de un control cuidadoso de las variables.

¿Por qué los estudios que investigan los efectos de la CWI necesitan garantizar el cegamiento de los participantes?

Considerar:

y el efecto placebo

y diferentes partes del cuerpo que tienen el CWI

y diferentes temperaturas CWI

y cómo los participantes podrían limitar la aplicabilidad de los hallazgos.

[Dormir para recuperarse](#) El sueño es

un estado deseado de inconsciencia. Los seres humanos pasamos aproximadamente un tercio de nuestra vida durmiendo. La falta de sueño (períodos anormalmente largos de vigilia) parece causar un deterioro en la capacidad de resistencia, como correr más lento cuando el esfuerzo es voluntario y a su propio ritmo. Curiosamente, el ejercicio de fuerza y anaeróbico no parece verse afectado por hasta 24 horas de falta de sueño.

Sin embargo, el sueño es fundamental para recuperarse de un entrenamiento o ejercicio intenso.

La falta de sueño se asocia con sensación de cansancio y dolor muscular, y una menor motivación para entrenar en la siguiente sesión de entrenamiento.

El sueño permite descansar tras un período de vigilia. Para que se pueda decir que un sueño es adecuado, debe ser suficiente y tener una alta eficiencia de sueño (la relación entre la duración del sueño y el tiempo que se pasa en la cama). La alteración de los ciclos sueño-vigilia puede tener consecuencias tanto para el comportamiento como para el rendimiento deportivo. Para la población atlética, una cantidad y calidad de sueño adecuadas son fundamentales para una recuperación eficaz del entrenamiento y la competición y para lograr un rendimiento óptimo.



Actividad 7

Busque en línea el cuestionario del Índice de calidad del sueño de Pittsburgh (PSQI) para determinar su calidad de sueño.

Hay dos estados de sueño distintos.

y Sueño de movimientos oculares rápidos (REM) y

Sueño sin movimientos oculares rápidos (NREM)

El sueño REM comprende alrededor del 20% del sueño de los adultos cada noche, distribuido en varios periodos. El sueño NREM se subdivide en tres etapas relacionadas con la profundidad del sueño (1 = sueño ligero y 3 = sueño profundo). El sueño profundo se caracteriza por ondas cerebrales de frecuencia lenta, frecuencias cardíaca y respiratoria lentas y menor flujo sanguíneo en el cerebro. Los adultos humanos entran en el sueño a través del sueño NREM.

El ciclo entre el sueño NREM y el sueño REM se repite, normalmente tres o cuatro veces por noche.

Uso de dispositivos electrónicos y sueño

Los estudios han demostrado que el uso de dispositivos electrónicos en la cama antes de dormir, en particular los teléfonos inteligentes, es común entre niños, adolescentes y adultos. Esto se asocia con trastornos del sueño y una peor calidad del mismo.

Se han propuesto tres mecanismos para explicar cómo el uso de los medios podría afectar la calidad del sueño.

y Exposición a luz brillante, como la que emite la pantalla de un teléfono móvil, suprime la secreción de melatonina (una hormona que promueve el sueño), retrasando el inicio del sueño e interrumpiendo nuestro sueño.

El uso de los medios tiende a no tener puntos de inicio o fin predefinidos, y esto puede interrumpir el sueño.

y El contenido de los medios (como el contenido violento) puede afectar el sueño o inducir la excitación, reacciones de miedo y estrés, y esto se ha asociado con dificultades para conciliar el sueño y/o mala calidad del sueño.

¿Qué es una buena noche de sueño?

La declaración de consenso de la Fundación Nacional del Sueño, con sede en EE.UU., acordó que una buena noche de sueño consiste en:

y latencia del sueño (tiempo de transición de la vigilia al sueño) ≤ 15 min

y Uno o menos despertares por noche

y despertarse después de dormir ≤ 20 min (tiempo reducido transcurrido despierto entre el inicio del sueño) y despertarse después del inicio del sueño)

y eficiencia del sueño (relación entre el tiempo pasado durmiendo y el tiempo total en la cama) $\geq 85\%$.

Además, una mala noche de sueño se manifiesta por:

y latencia del sueño > 60 min

y cuatro o más despertares por noche

y despertarse después de dormir ≥ 51 min

y eficiencia del sueño $\leq 64\%$.

Trastornos del sueño en deportistas Estudios recientes han

demostrado que los deportistas perciben el sueño como un modo importante de recuperación. Sin embargo, una revisión reciente de estudios sobre el sueño en deportistas de élite (Roberts, Teo, 2019) concluyó:

Los atletas no pudieron alcanzar con frecuencia las recomendaciones de sueño durante los períodos de entrenamiento o competición. El sueño se vio afectado la noche de la competición en comparación con las noches anteriores. El entrenamiento a primera hora de la mañana, el aumento de la carga de entrenamiento, los horarios de salida de los viajes, el desfase horario y la altitud pueden afectar al sueño de los atletas.

Tanto los factores deportivos como los no deportivos tienen el potencial de perturbar el sueño de los atletas, como se muestra en la Figura 16.

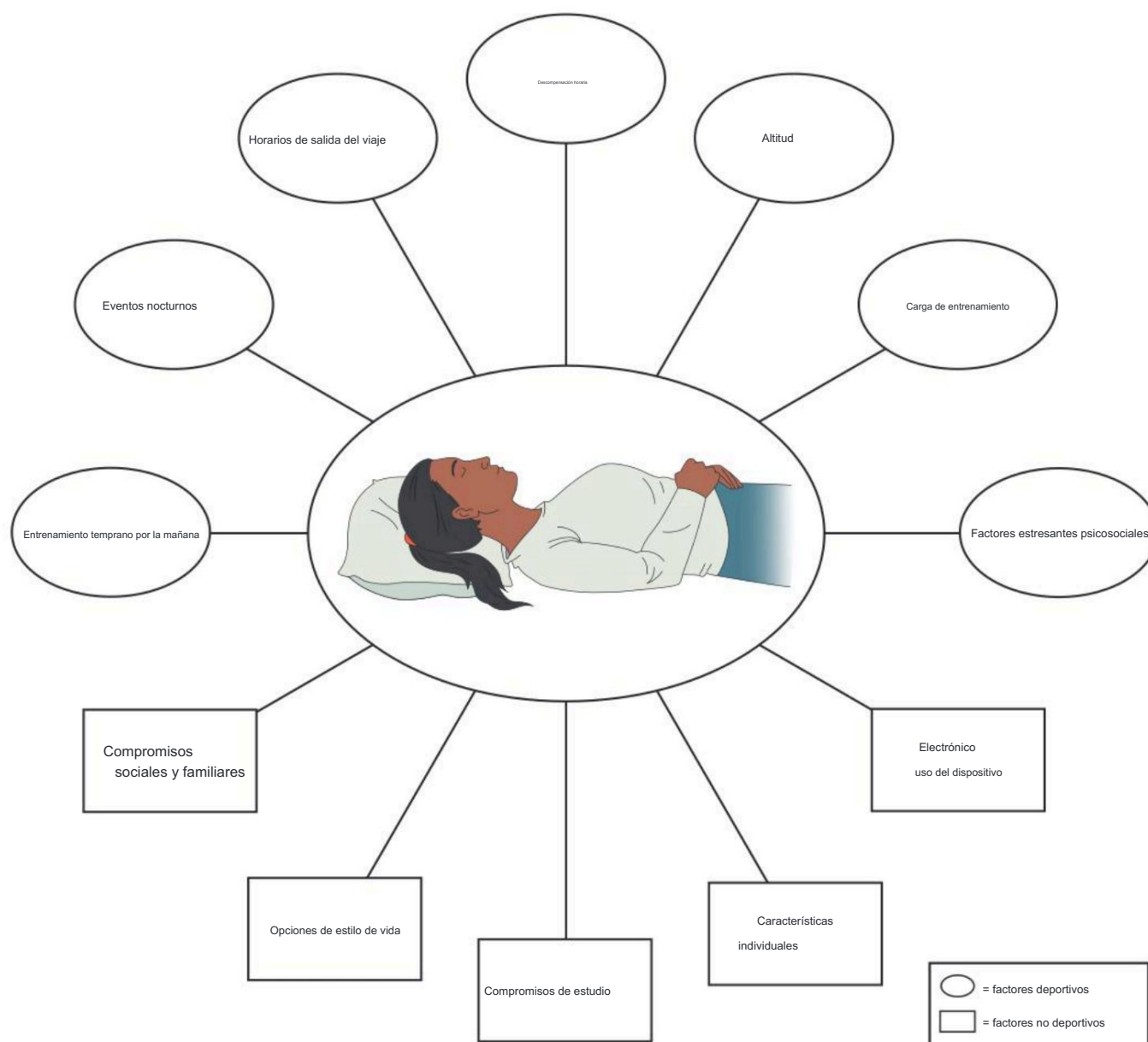


Figura 16 Factores que afectan la alteración del sueño en deportistas

La programación nocturna de eventos deportivos de élite se ha convertido en algo habitual. Esto puede retrasar el momento en que los atletas pueden irse a la cama para dormir debido, por ejemplo, a los compromisos con los medios de comunicación posteriores al evento, las rutinas de recuperación y el tiempo para el tratamiento de lesiones (si es necesario). Además, el aumento de la excitación después del evento ha

Se ha asociado con un aumento de la latencia del sueño (el tiempo que se tarda en pasar del estado de vigilia al sueño). Todo esto puede llevar a una reducción del tiempo total de sueño (casi un 40 % de reducción para algunos atletas), lo que afecta negativamente a la recuperación y limita la preparación para la próxima sesión de entrenamiento o una próxima competencia.

Algunos deportes, como la natación, suelen tener sesiones de entrenamiento a primera hora de la mañana. Hay pruebas de que esto contribuye a reducir el sueño de los deportistas.

Además, los factores de estrés psicosocial (como un mal desempeño reciente) pueden causar estrés y ansiedad en los atletas, lo que puede alterar su sueño y puede dar como resultado un peor desempeño en la competencia.

Punto clave

La pérdida de sueño la noche anterior al entrenamiento o la competición no parece ser un problema para el rendimiento aeróbico posterior, pero puede haber una mayor percepción de esfuerzo durante el entrenamiento o la competición.

Efectos de la falta de sueño en el rendimiento deportivo

La falta de sueño tiene un impacto negativo en la toma de decisiones y la función ejecutiva. Un estudio revisó los efectos de la pérdida de sueño (≤ 6 horas de sueño en cualquier período de 24 horas) en el rendimiento físico (potencia anaeróbica, resistencia a la velocidad/potencia, ejercicio en intervalos de alta intensidad, fuerza, resistencia, fuerza-resistencia y habilidad). La categoría de "habilidad" para la inclusión fue una tarea que requiriera un alto componente cognitivo para su ejecución (como el servicio de tenis y el tiro libre de baloncesto). Concluyeron que la pérdida aguda de sueño puede tener un impacto negativo en el rendimiento físico del día siguiente de alrededor de un 0,4% de disminución en el rendimiento por cada hora pasada despierta después de la pérdida de sueño.

Experimentos

¿Por qué es importante la aleatorización para los diseños de estudios que investigan la interacción entre la pérdida de sueño y el rendimiento físico en poblaciones atléticas?

Calidades de pensamiento

Los deportistas que combinan sus estudios académicos con sus actividades deportivas son ahora algo habitual en el deporte de alto rendimiento. El equilibrio entre ambos puede resultar complejo para quienes intentan rendir al máximo nivel académico y deportivo al mismo tiempo. ¿Cuál podría ser el efecto de los factores estresantes académicos y deportivos en la calidad del sueño de los deportistas que combinan sus estudios académicos con sus actividades deportivas?

Punto clave

La falta de sueño puede perjudicar la función cognitiva, provocando disminución del estado de alerta, tiempos de respuesta y reacción más lentos y una menor capacidad de atención.

Pregunta de enlace

¿La cantidad y calidad del sueño obtenido por un deportista influyen en su predisposición a sufrir lesiones? (B.3.1)

Considerar:

y la relación entre los patrones de sueño subóptimos crónicos y el riesgo de Dolor musculoesquelético y lesiones deportivas

y que la cantidad de sueño que se ha asociado sistemáticamente con un mayor riesgo de lesiones es ≤ 7 h de sueño de forma crónica, lo que aumenta el riesgo de lesiones en 1,7 veces

^y Una sola noche de sueño subóptimo no parece estar asociada con un mayor riesgo de lesiones.

¿Las siestas mejoran el sueño de los deportistas y favorecen su recuperación?

Las siestas (de 20 a 30 minutos) pueden mejorar el rendimiento físico y cognitivo, en particular si se toman a media tarde. Sin embargo, las siestas a última hora de la tarde o a primera hora de la noche pueden alterar la duración del sueño nocturno, la eficiencia del sueño y la latencia del inicio del sueño. Tenga en cuenta que el rendimiento después de una siesta puede verse afectado.

El sistema circadiano

La palabra "circadiano" está relacionada con la frase latina "circa diem", que significa "aproximadamente un día".

El sistema circadiano está regulado por un "circadiano" central, ubicado en el hipotálamo. Además, existen relojes periféricos ubicados en casi todas las células del cuerpo. Los relojes maestro y periférico están sincronizados por los dadores de tiempo (zeitgebers). Algunos ejemplos de dadores de tiempo son la luz, la transición sueño-vigilia, la actividad física, las señales sociales y las comidas. La luz es el dador de tiempo más importante del sistema circadiano.

Aproximadamente 2 horas antes de la hora habitual de acostarse, con el inicio de la luz tenue que progresa hacia la oscuridad, se secreta melatonina (una hormona producida por la glándula pineal).

La melatonina favorece el sueño. Además, el ritmo circadiano de la temperatura corporal central oscila entre 0,8 y 1,0 °C entre un mínimo nocturno (nivel más bajo de alerta) y un máximo diurno cada 24 horas. Cuando la temperatura corporal central es más baja, resulta más fácil conciliar el sueño que cuando es más alta.

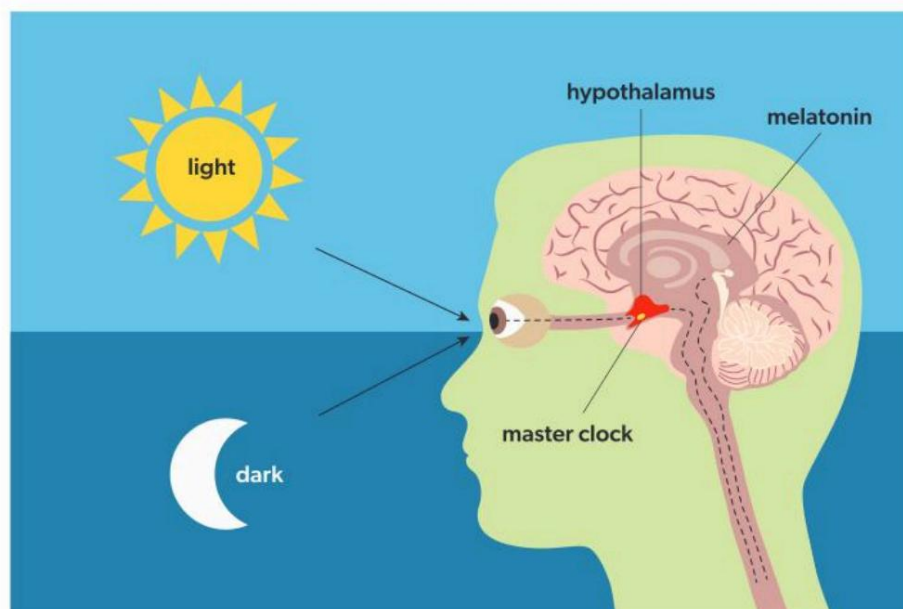


Figura 17 Ritmo circadiano endógeno (interno)

Melatonina y ritmos circadianos

El ciclo sueño-vigilia del ritmo circadiano está vinculado con las respuestas de la glándula pineal a las señales (luz del día/oscuridad) del entorno. La glándula pineal secreta melatonina al anochecer (cuando empieza a oscurecer) y la secreción de melatonina se inhibe con la exposición a la luz (de la mañana). La secreción de melatonina conduce al inicio del sueño, acompañado de un aumento de la vasodilatación periférica (y mayor pérdida de calor) en los seres humanos. La temperatura corporal central está vinculada a este inicio del sueño, cayendo aproximadamente 0,3 °C en las primeras horas posteriores al inicio del sueño.

Cronotipo

El reentrenamiento (realineamiento del sistema circadiano endógeno con el tiempo del entorno externo) después de un cambio de zona horaria depende del cronotipo de cada individuo.

Puntos clave

y Los estímulos externos se denominan zeitgebers (dadores de tiempo); incluyen la luz del sol, la comida, el ruido y la interacción social.

Los Zeitgebers ayudan a (re)ajustar el reloj biológico a un día de 24 horas cada día.

¿Preguntas de pensamiento

La melatonina:

¿Aumentar o disminuir el estado de alerta?

¿Y prevenir o inducir la somnolencia?

Punto clave

Hay una interacción directa

Entre la melatonina y la temperatura corporal: la ingestión de melatonina disminuye la temperatura corporal entre 0,1 °C y 0,3 °C en reposo.

Término clave

Cronotipo Describe la predisposición de un individuo a estar alerta por la mañana o por la noche.

Temas de investigación

¿Cómo cambian nuestros ritmos circadianos y nuestro cronotipo con la edad?

Temas de investigación

La temperatura corporal central sigue un ritmo circadiano, en el que aumenta durante el día y disminuye durante la noche. Además, la temperatura corporal central en reposo (que se suele medir a primera hora de la mañana al despertarse antes de realizar cualquier actividad) suele ser entre 0,3 °C y 0,7 °C más alta durante la fase lútea del ciclo menstrual en comparación con la fase folicular.

¿Cómo podrían estos dos factores afectar a un atleta cuando se prepara para una competición en un ambiente caluroso?

El cronotipo es la tendencia de una persona a ser matutina, intermedia o vespertina, con preferencia por dormir a una hora específica determinada por factores genéticos, ambientales y relacionados con la edad. Las diferencias individuales en los ritmos diarios permiten clasificar a los individuos según su cronotipo. Los individuos de tipo matutino (tipo M) se acuestan y se despiertan temprano, con un pico de excitación temprano en el día, mientras que los de tipo vespertino (tipo E) prefieren acostarse y despertarse más tarde, y se sienten mejor hacia el final del día. Los de tipo intermedio (tipo N), que constituyen alrededor del 60% de la población adulta, muestran patrones menos extremos. Curiosamente, algunos estudios han demostrado que cuanto más lejos está una población del ecuador, mayor es el número de tipos E, y también se observan cambios significativos hacia los tipos E en las poblaciones que viven en la ciudad, posiblemente relacionados con una mayor exposición a la luz artificial.

Influencia de los ritmos circadianos en el rendimiento deportivo

Existen fluctuaciones regulares en la temperatura corporal que ocurren a lo largo del día de alrededor de ± 1 °C, lo que da un rango normal de reposo de 36,5 °C a 37,5 °C. Un estudio de 2021 revisó la influencia de los ritmos circadianos en el rendimiento deportivo. Los investigadores informaron que la temperatura corporal diaria alcanza su pico máximo a última hora de la tarde, mostrando su valor mínimo durante la noche, entre las 4:00 a. m. y las 5:00 a. m.

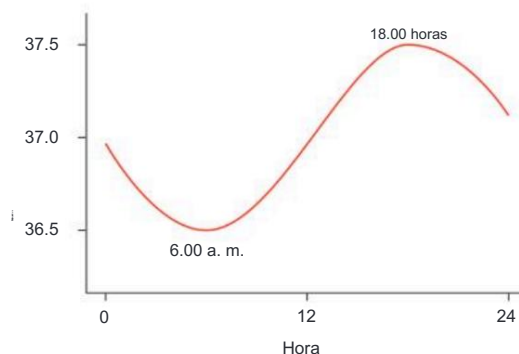


Figura 18 Cambios en la temperatura corporal a lo largo de un período de 24 horas

Este estudio encontró:

- y La hora del día tiene una mayor influencia en el rendimiento deportivo que el día de la semana en que se practica la actividad física.
- y El momento óptimo del día para realizar cualquier ejercicio físico es entre las 16.30 y las 17.00 horas. 18.30 h.
- y Los deportistas de cronotipo vespertino son los más afectados por la práctica deportiva al aire libre de su tiempo óptimo de entrenamiento.
- Los atletas con cronotipo matutino muestran un mejor rendimiento a primera hora de la tarde, mientras que los atletas con cronotipo vespertino lo harán más tarde.
- y En el entrenamiento de fuerza, la hora del día no pareció estar relacionada con las mejoras en el rendimiento.
- Los mejores resultados de las actividades aeróbicas se obtienen por la tarde.
- y Es importante tener en cuenta el cronotipo de los deportistas para saber cuál es el mejor momento del día para realizar los entrenamientos.
- y El factor motivacional de las competiciones puede influir en el rendimiento deportivo, independientemente del momento del día en el que se celebre la competición.

Fatiga del viaje y jet lag

Los viajes suponen un estrés adicional para muchos deportistas profesionales, ya sean trayectos cortos y frecuentes o vuelos de larga distancia que cruzan zonas horarias. Puede ser necesario viajar para ir y volver de las competiciones o para entrenar (como en climas cálidos o en altura).

El viaje tiene consecuencias sobre el rendimiento (como disminución de la concentración y del estado de alerta) y la recuperación (incluida la recuperación del viaje).

Estas consecuencias deben tenerse en cuenta para garantizar un rendimiento óptimo después del viaje.

La recuperación es el regreso a los niveles basales de rendimiento (incluido el funcionamiento fisiológico y psicológico) después del entrenamiento y la competición.

Cuando los deportistas tienen que viajar antes y después de la competición, el proceso óptimo de recuperación se ralentiza. El tiempo perdido en viajes puede dificultar los procesos de recuperación, como la interrupción de rutinas o programas de entrenamiento y/o la inhibición del tratamiento de lesiones. Esto puede afectar a la preparación del deportista para la siguiente competición, especialmente si se trata de vuelos de larga distancia, que provocan fatiga del viaje y/o jet lag. Ambos pueden provocar efectos adversos en el rendimiento físico y cognitivo, así como un mayor riesgo de enfermedad y lesión.

Fatiga de viaje

La fatiga de viaje es el cansancio o agotamiento asociado con un viaje largo ya sea:

y north south/south north

y west east/east west.

Suele ser menos grave que el jet lag y puede ser agudo o acumulativo (debido a viajes repetidos). La fatiga del viaje puede tener múltiples causas, entre ellas:

y exposición prolongada a hipoxia leve (si está volando)

y condiciones de asiento estrechas/confinadas/incómodas y movimiento

restringido/inactividad muscular

y ruido (por ejemplo, de motores u otros pasajeros)

y alteración de los patrones de alimentación y sueño

y el estrés del check-in, recogida de equipaje, seguridad y despacho de aduanas, etc.

y la deshidratación causada por la exposición al aire seco de la cabina durante

un vuelo y la monotonía mental/aburrimiento de un largo viaje.

Los síntomas pueden incluir fatiga general, confusión, irritabilidad y dolores de cabeza.

Por lo general, una noche de sueño de buena calidad resolverá los síntomas de fatiga del viaje.

Si bien la distancia o la duración del viaje parecen ser el factor clave en la magnitud de la fatiga que se experimenta al viajar, existen estrategias que ayudan a prepararse para el entrenamiento o la competencia. Por ejemplo:

y minimizar el tiempo entre su último sueño "adecuado" en el lugar de salida

y el primer sueño "adecuado" en el destino

y planificar una alta carga e intensidad de entrenamiento antes del viaje para permitir el descanso relativo esperado asociado con el viaje

Puntos clave

Los síntomas del jet lag se

experimentan cuando se cruzan tres o más zonas horarias en sucesión.

y La gravedad del jet lag aumenta con el número de zonas horarias cruzado.

Los vuelos hacia el este se asocian con mayor desfase horario que los vuelos hacia el oeste.

y El desfase horario puede inducir sentimientos de Desorientación, fatiga, irritabilidad, mareos, impaciencia, falta de energía y problemas con el apetito y los intestinos. movimientos.

El jet lag requiere varios días para disiparse; las dificultades para dormir no desaparecen después de una buena noche de sueño (como ocurre con la fatiga del viaje).

y El número de días que se necesitan para recuperarse del jet lag equivale aproximadamente a dos tercios del número de zonas horarias cruzadas.

Los efectos del desfase horario disminuyen a medida que el reloj biológico se adapta a su nueva zona horaria.

El desfase horario (y la fatiga del viaje) asociado con los viajes prolongados a través de múltiples zonas horarias presenta muchos desafíos para los atletas, que van desde una simple incomodidad hasta una capacidad reducida de ejercicio y recuperación, pasando por un sistema inmunológico debilitado y un riesgo elevado de infección.

y durante el viaje siga un plan de hidratación que incluya la ingesta regular de agua

Después del viaje, duerma en un ambiente fresco, oscuro y tranquilo, y no permita que el tiempo frente a una pantalla interfiera con la siesta o el sueño.

y entrene a intensidad baja a moderada al llegar.

Descompensación horaria

Muchos atletas de élite y profesionales tienen que viajar largas distancias en avión para competir (y entrenar). El entorno de las aerolíneas tiene un movimiento limitado y el aire de la cabina tiene una presión parcial de oxígeno reducida y una humedad más baja. Esto se debe a que muchos vuelos comerciales se realizan a altitudes de alrededor de 11.000 m (y los humanos no pueden tolerarlas), por lo que las presiones de la cabina suelen ser las que se encuentran alrededor de los 2.500 m (y $\downarrow O_2$ = hipoxia). Por lo tanto, el aire más seco a presiones de oxígeno más bajas puede aumentar la pérdida insensible de agua y la evaporación del agua de la superficie de la piel del atleta durante el vuelo.

El jet lag se produce cuando se cruzan tres o más zonas horarias durante un vuelo. Es importante tener en cuenta que la fatiga del viaje y el jet lag pueden ocurrir simultáneamente cuando se viaja hacia el este o el oeste. El jet lag es una pérdida de sincronía entre los ritmos circadianos internos y la hora del nuevo destino (los ritmos circadianos inicialmente conservan sus ritmos habituales del lugar de partida). Los síntomas incluyen:

y mal sueño

y fatiga diurna

y trastornos gastrointestinales.

La recuperación del jet lag requiere que factores externos en el nuevo entorno/destino, en particular el ciclo de luz y oscuridad a lo largo de 24 horas, actúen como zeitgebers (dadores de tiempo) y promuevan la resincronización del reloj corporal humano para alinearse con la nueva zona horaria.

El reloj biológico humano debe adelantarse (viajar hacia el este) o retrasarse (viajar hacia el oeste) según la dirección del viaje del deportista. Los síntomas son peores cuanto mayor es el número de zonas horarias atravesadas, y la experiencia del jet lag se ve influida por la dirección del viaje.

En los vuelos más largos hacia el este, el desfase horario tiende a ser más grave y duradero que la fatiga del viaje. La resincronización tarda aproximadamente 1 y 0,5 días respectivamente por cada zona horaria este y oeste cruzada, lo que sugiere que es más fácil adaptarse a los viajes hacia el oeste (posiblemente porque los vuelos hacia el este "acortan el día", mientras que los vuelos hacia el oeste "lo alargan", y es más fácil quedarse despierto hasta tarde que acostarse temprano). Los estudios han demostrado que los viajes hacia el este afectan más al rendimiento de los atletas que los viajes hacia el oeste. Sin embargo, existe una gran variación interindividual en cuanto a los síntomas del desfase horario y su gravedad.

Con base en la evidencia de investigación disponible, tanto de poblaciones atléticas como no atletas, la Tabla 5 sugiere algunas formas de ayudar a controlar la fatiga del viaje y el desfase horario en los atletas.

Recuperación de la fatiga mental

La fatiga mental (FM) se ha descrito como un estado psicobiológico causado por períodos prolongados de actividad cognitiva exigente que afecta negativamente el rendimiento físico y cognitivo.

Las investigaciones han demostrado que la MF puede:

y influir negativamente en la salud y el bienestar y perjudicar el

rendimiento deportivo (por ejemplo, una disminución de las habilidades técnicas y

Toma de decisiones)

y aumenta el estrés/la ansiedad

y disminuye la capacidad de concentración/enfoque y disminuye

la motivación para entrenar y/o competir.

Los mecanismos que subyacen a la fatiga mental son poco conocidos, pero hay algunas pruebas que sugieren que el impacto negativo está mediado principalmente por un mayor esfuerzo percibido en deportistas mentalmente fatigados (Kellmann, Beckmann, 2022). La fatiga mental puede producirse de forma aguda (por ejemplo, el día de la competición) o por episodios repetitivos de entrenamiento o competición en un solo día (por ejemplo, durante partidos de todos contra todos en rugby 7), o a lo largo de días (por ejemplo, pruebas de pista y campo de heptatlón y decatón repartidas en 2 días) o semanas (por ejemplo, Argentina, campeona del mundo de fútbol en 2022, jugó siete partidos en 29 días).

Educar a los atletas y entrenadores sobre la recuperación y la recuperación mental en los deportes es un primer paso importante para recuperarse de la MF. Desarrollar la autorregulación a través del autocontrol de la MF (con un diario o cuestionario) puede ayudar a aumentar la comprensión y la conciencia de un atleta. Los atletas y entrenadores probablemente necesitarán ayuda para seleccionar e implementar una estrategia de recuperación mental. Los hallazgos actuales respaldan las estrategias orientadas psicológicamente para recuperarse de la MF, incluidas las técnicas de respiración, la visualización mental, las siestas y el desapego mental. Un estudio reciente destacó la importancia del desapego del deporte para la recuperación física y mental adecuada de los atletas. El desapego implica tomarse un descanso de las demandas relacionadas con el deporte.

Se recomienda que los atletas se desconecten física y mentalmente de la exigencia deportiva durante la fase de recuperación.

y El desapego físico significa tomar un descanso del esfuerzo físico (por ejemplo, dejar de realizar una actividad deportiva durante unos días).

y El desapego mental significa dejar de lado los pensamientos sobre el deporte (por ejemplo, con una distracción consciente de las exigencias del entrenamiento y la competición, como escuchar música).

Otras estrategias que tienen el potencial de ayudar a la recuperación de la MF incluyen:

• Algunos suplementos nutricionales (como la cafeína)

y pasar tiempo en entornos naturales (como espacios verdes, playa, montañas)

y días de descanso en los que el tiempo se pasa fuera del contexto deportivo del deportista (como ver una película).

La intención aquí es "desconectarse" después de la actuación. Recuerde que la recuperación es un proceso altamente individualizado, por lo que debe elegir estrategias de recuperación mental que sean adecuadas para sus necesidades individuales para asegurarse de descansar de:

y siempre pensando en tu deporte

• Cualquier tipo de pensamiento esforzado

Y siento que la vida está controlada por el deporte.

y la monotonía de la rutina diaria de entrenamiento.

Tabla 5 Cómo gestionar la fatiga del viaje y el jet lag en los deportistas

| | |
|---|--|
| Antes de viajar, informe a los atletas sobre la fatiga del viaje y el desfase horario; planifique un vuelo por la mañana después de una buena noche de sueño. | |
| Durante el viaje | Use ropa cómoda y holgada; beba agua, evite bebidas con diuréticos. efectos |
| Dormir después del viaje en un entorno fresco (18-20 °C) y tranquilo; programar una siesta diurna de 20 a 40 minutos | |

Puntos clave

y Esfuerzo mental prolongado

Influye negativamente en la atención, el seguimiento de las acciones y el control cognitivo, lo que puede provocar una falta de concentración y estado de alerta.

Las principales consecuencias de la fatiga

mental son una disminución en las actividades basadas en la resistencia (agotamiento más temprano, menor producción de potencia autoseleccionada, mayor tiempo para completar una tarea) y en las tareas que involucran un alto grado de habilidad técnica deportiva y toma de decisiones deportivas.

y La recuperación mental comprende

el retorno a los niveles basales de las capacidades mentales (concentración) y la restauración de la energía mental para recuperar los niveles de rendimiento.

Los atletas a menudo reciben instrucción de

Entrena a "encenderse" para

El deporte es importante, pero no se trata de "desconectarse" después de la práctica para lograr las experiencias de descanso deseadas y recuperarse mentalmente. ¡Hay una vida fuera del deporte!



Pregunta de enlace

¿Son importantes las habilidades de autorregulación para la recuperación posterior al rendimiento? (C.3.2)

Considerar:

Las habilidades de autorregulación juegan un papel importante antes y durante el desempeño.

La autorregulación de la recuperación consiste en identificar el estado actual, el estado futuro deseado y emprender acciones para minimizar la discrepancia entre ambos estados durante la fase de recuperación (por ejemplo, entre sesiones de entrenamiento o competiciones).

La autosupervisión es una habilidad autorreguladora clave para regular con éxito la posguerra.

Estados de rendimiento

Existe un papel importante para la regulación de la cognición y la emoción, ya que la recuperación completa solo se logra cuando se reponen los recursos físicos y mentales.

Se requiere autocontrol para iniciar acciones apropiadas y, a veces, esforzadas.

actividades de recuperación cuando los atletas están cansados, estresados o de mal humor.

La figura 19 muestra la naturaleza cíclica de este proceso de recuperación de la autorregulación.

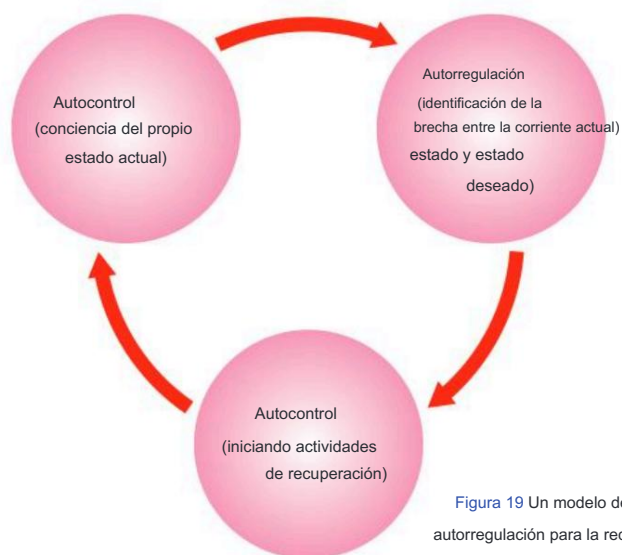


Figura 19 Un modelo de autorregulación para la recuperación



Figura 20 Un jugador de baloncesto

Por ejemplo, imaginemos a un jugador de baloncesto que acaba de rendir por debajo de sus posibilidades, pero que tiene que jugar un partido dos días después (Figura 20). El tiempo entre partidos le permitirá recuperarse físicamente. Sin embargo, ¿será capaz de regular los pensamientos y emociones negativas relacionadas con su rendimiento anterior? ¿Podrá iniciar las conductas (acciones) adecuadas para recuperarse para el próximo partido?

Pregunta de practica

Evaluar estrategias nutricionales que involucren monohidrato de creatina y alimentos ricos en polifenoles para la recuperación posterior al entrenamiento. (6 puntos)

Resumen

La fatiga es un fenómeno complejo y multifacético que puede manifestarse de diferentes maneras y verse influido por una serie de factores ambientales, de actividad y específicos del atleta.

Las causas de la fatiga pueden presentarse en cualquier parte de la cadena de eventos que conduce a la contracción muscular voluntaria.

El agotamiento de PCr puede contribuir a la fatiga durante actividades de alta intensidad y corta duración.

y El agotamiento del glucógeno muscular puede provocar fatiga al afectar actividades/sitios específicos de acoplamiento excitación-contracción.

La depleción de glucógeno hepático podría afectar la capacidad de regular la concentración de glucosa en sangre, lo que provocaría hipoglucemia. A su vez, la hipoglucemia puede afectar la captación de glucosa por parte de los músculos, pero también el metabolismo del sistema nervioso central.

y La acidosis causada por el aumento de la producción de H^+ puede interfiere con la forma en que el Ca^{2+} desempeña sus funciones en la contracción muscular, reduciendo así la producción de fuerza muscular.

y La glucólisis también puede verse afectada por la acidosis, que reduciría la velocidad a la que se puede reponer el ATP y reduciría nuevamente la producción de fuerza muscular. y La

producción de hidrógeno también puede causar acidosis sanguínea, lo que puede perjudicar el suministro de oxígeno al cerebro y estimular los nervios sensoriales que contribuyen a una mayor percepción del esfuerzo durante el deporte.

La acumulación de fosfato inorgánico se está convirtiendo en una de las causas (si no la más importante) de fatiga periférica en el deporte, ya que puede afectar negativamente a varios pasos importantes del proceso de contracción muscular.

y La deshidratación y la hipertermia pueden perjudicar el rendimiento de forma independiente y combinadas pueden tener un impacto negativo aún mayor en el rendimiento.

y La deshidratación puede ser tolerada en mayor medida de lo que se creía anteriormente por personas que practican deportes en el mundo real sin disminuir el rendimiento. y La temperatura

de la piel puede ser más importante que la temperatura central.

La temperatura (dentro de límites razonables) como factor desencadenante de la fatiga.

Para comprender mejor los posibles mecanismos de fatiga en una situación deportiva, se deben utilizar el entorno en el que se desarrolla el deporte, las exigencias fisiológicas y psicológicas del deporte en sí y la información sobre el deportista individual para formular hipótesis sobre los posibles procesos de fatiga en juego. ¡No existe una solución única para todos !

y Los atletas tienen sesiones de entrenamiento exigentes y Programas de competición. Es importante planificar el descanso y la recuperación para lograr un rendimiento óptimo.

y Cuando existe una relación desequilibrada entre entrenamiento y recuperación, se desarrollan síntomas de fatiga, a menudo seguidos de una disminución del rendimiento.

y Durante la recuperación del ejercicio, entrenamiento o competición, la rehidratación debe incluir la reposición de agua y sales perdidas en el sudor.

Existen diversas estrategias que los atletas pueden utilizar para facilitar la recuperación, como la inmersión en agua fría.

y La calidad y cantidad del sueño son fundamentales para una recuperación efectiva del entrenamiento y la competición para lograr un rendimiento óptimo.

y Es importante planificar para gestionar la fatiga del viaje y el jet lag. en los deportistas.

y Es importante educar a los deportistas y entrenadores deportivos. Sobre la recuperación de la fatiga mental.

Comprueba tu comprensión

Después de leer este capítulo, usted debería poder:

y describir los principales "tipos" de fatiga

y discutir las últimas opiniones sobre cómo la fatiga puede ser conceptualizados y cómo estos puntos de vista podrían mejorar nuestra comprensión de la fatiga

y esbozar algunas de las principales causas potenciales de fatiga en el deporte

y apreciar la complejidad y la naturaleza interactiva de fatiga

Entiendo la necesidad de planificar la recuperación del ejercicio, el entrenamiento y la competición.

y distinguir entre recuperación a corto, medio y largo plazo

y describir formas de medir y monitorear la recuperación

y distinguir entre recuperación activa y pasiva

y explicar por qué la hidratación es importante para la recuperación

y describa la nutrición para mejorar la recuperación, incluyendo Creatina y polifenoles

y discutir otros modos de recuperación (masaje, prendas de compresión, aplicaciones térmicas, crioterapia)

y explica por qué el sueño es importante para la recuperación

y distinguir entre fatiga de viaje y jet lag

y esbozamos cómo recuperarnos de la fatiga mental.

Preguntas de autoaprendizaje

1. Escriba un párrafo que describa por qué el estudio de la fatiga es complejo y está sujeto a discusión. al debate y a la indecisión.
2. Describa brevemente y distinga entre las tres formas principales en que se ha conceptualizado la fatiga.
3. Un jugador de hockey sobre césped está jugando su cuarto partido en 6 días en un torneo. El partido comenzó a las 18:00 horas y se juega contra un equipo superior. Es una tarde ventosa y húmeda.
 - a. ¿Cuál de los posibles mecanismos de fatiga mencionados en este capítulo? ¿Qué puede aplicarse a este deportista? Explica tus respuestas.
 - b. ¿Qué otros factores, fuera del partido en sí, pueden influir en cómo el jugador experimenta la fatiga durante el partido?
4. Distinguir entre depleción de PCr y depleción de glucógeno.
5. Describa cómo el calor puede contribuir a la fatiga.
6. Explique por qué el ácido láctico no está directamente relacionado con la fatiga durante el ejercicio de resistencia prolongado.
7. Definir la recuperación.
8. Distinguir entre fuentes de creatina endógenas y exógenas.
9. Describe qué es el desapego físico, cognitivo y emocional para un deportista. tratando de recuperarse de intensos entrenamientos.
10. Explique qué es el "jet lag".
11. Analice cómo gestionar la fatiga del viaje y el desfase horario en los deportistas.
12. Distinguir entre los modos pasivo y activo de recuperación del ejercicio.
13. Describa tres recomendaciones generales para mantener y mejorar la recuperación en deportes.
14. Explique por qué el seguimiento de la recuperación debe ser individualizado.



Pregunta basada en datos 1

En muchos deportes, el rendimiento exige que los atletas realicen series cortas de trabajo de máxima intensidad intercaladas con breves períodos de recuperación. Como resultado, hay muchas investigaciones que investigan los determinantes del rendimiento del entrenamiento de sprints repetidos.

Un estudio investigó los efectos de la duración de la recuperación en la capacidad de completar una prueba de carrera de velocidad repetida (carrera de velocidad de 6 × 40 m). En tres ocasiones distintas, un grupo de jugadores de fútbol de nivel nacional juvenil (edad media de 16 años) realizó la prueba de carrera de velocidad repetida, con cada carrera de velocidad separada por 15, 20 o 25 segundos de recuperación pasiva.





La Tabla 6 muestra el mejor tiempo en el sprint de 40 metros y el tiempo total hasta completar los seis sprints para cada recuperación. Los datos son la media (\pm DE).

Tabla 6

| | 15 s de descanso | 20 s de descanso | 25 s de descanso |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Mejor tiempo de sprint (s) | 7,36 (0,10) | 7,35 (0,16) | 7,33 (0,13) |
| Tiempo total (s) | 46,12 (0,85) | 45,41 (0,94) | 44,82 (0,90) |

(Adaptado de Padulo et al., 2015)

1. Lista:

- las duraciones de recuperación en orden de mejor rendimiento en el sprint, de mejor a peor (1 punto)
- las duraciones de recuperación en orden de tiempo total, de mejor a peor. (1 punto)

2. Distingue entre los grupos de 15 s y 20 s, y los grupos de 20 s y 25 s. (2 puntos)

3. Discuta la relevancia de estos resultados para el fútbol competitivo. (4 puntos)



Pregunta basada en datos 2

Un estudio investigó las prácticas de sueño de la élite (nivel nacional; n = 115) y la subélite (nivel regional; n = 223)

Atletas (rango de edad 23-25 años) de una variedad de deportes.

Tabla 7 Respuestas de los atletas al PSQI

Se utilizó el Índice de calidad del sueño de Pittsburgh (PSQI) como

Medición de la calidad del sueño mediante autoinforme. Las respuestas de los atletas

En la Tabla 7 se muestran algunos de los ítems del PSQI.

| | | Respuestas de los deportistas al PSQI (porcentaje) | | | |
|--|-----------------|--|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Nivel de atleta | No durante el mes pasado | Menos de una vez por semana | Una o dos veces por semana | Tres o más veces por semana |
| No puedo dormir dentro de los 30 minutos de ir a la cama | élite | 34 | 21 | 23 | 30 |
| | sub-élite | 45 | 25 | 37 | 21 |
| Despierta durante el noche | élite | 26 | 21 | 23 | 30 |
| | sub-élite | 17 | 25 | 37 | 21 |
| Tengo que levantarme para usarlo El baño | élite | 33 | 21 | 25 | 21 |
| | sub-élite | 28 | 34 | 20 | 18 |
| Problemas para permanecer Despierto durante el día | élite | 57 | 25 | 11 | 6 |
| | sub-élite | 56 | 30 | 12 | 2 |

1. Identifique qué grupo tuvo el porcentaje más bajo de quienes se despiertan durante la noche menos de una vez por semana. (1 punto)

2. Calcula la diferencia entre los atletas sub-élite que no pueden conciliar el sueño dentro de los 30 minutos posteriores a acostarse. menos de una vez por semana y una o dos veces por semana. (1 punto)

3. Compare y contraste los grupos en función de los problemas para mantenerse despierto durante el día. (3 puntos)