

# A.1.1 Comunicación entre sistemas

## Comprensiones del programa de estudios

A.1.1.1 El sistema nervioso detecta condiciones internas y externas para coordinar eficazmente las respuestas de los sistemas fisiológicos del cuerpo.

A.1.1.2 El sistema endocrino, formado por las glándulas y hormonas del cuerpo, regula todos los procesos biológicos del cuerpo.

## Introducción

El sistema nervioso es una red compleja y altamente organizada de miles de millones de neuronas. Infiere de alguna manera en todas las funciones del cuerpo humano. El sistema nervioso lleva a cabo una serie de tareas, como producir el habla, regular los órganos internos y proporcionar señales que controlan los movimientos corporales. Los nervios son el cableado a través del cual se envían los impulsos eléctricos a los tejidos del cuerpo y se reciben de ellos.

El cerebro actúa como una computadora central: integra la información que llega, selecciona la respuesta adecuada y envía señales a los órganos y tejidos para que actúen.

Las actividades del sistema nervioso se pueden agrupar en tres funciones básicas.

- Función sensorial: detectar estímulos internos, como un aumento de la acidez de la sangre.
- Función integradora: analizar (y almacenar cierta) información sensorial y tomar decisiones sobre las respuestas.
- Función motora: responder a decisiones de integración; en otras palabras, las neuronas motoras (o eferentes) transportan información desde el cerebro hacia la médula espinal (o desde el cerebro y la médula espinal a, por ejemplo, las fibras musculares).

El sistema nervioso permite la comunicación, coordinación e interacción de los tejidos y sistemas del cuerpo, así como entre el cuerpo y el entorno externo.

Durante el ejercicio y la exposición a entornos extremos, el cuerpo debe realizar ajustes fisiológicos. Por ejemplo, la función cardiovascular y respiratoria se ajustan para satisfacer las demandas que se imponen a los sistemas corporales a medida que el cuerpo pasa del estado de reposo al estado activo. Por ejemplo, la tasa metabólica aumenta para proporcionar energía durante el ejercicio.

Aunque los sistemas nervioso y endocrino actúan juntos para coordinar las funciones de todos los sistemas del cuerpo, sus medios de control son diferentes. El sistema nervioso actúa a través de impulsos nerviosos para controlar las actividades corporales, mientras que el sistema endocrino controla las actividades corporales mediante la liberación de hormonas. Una hormona (del griego antiguo *hormon* = excitar o poner en movimiento) es una molécula que se libera en una parte del cuerpo pero regula la actividad de las células en otras partes del cuerpo. La sangre circulante transporta hormonas a las células de todo el cuerpo. Las respuestas del sistema endocrino suelen ser más lentas que las del sistema nervioso: algunas hormonas actúan en cuestión de segundos, pero la mayoría tarda varios minutos en generar una respuesta. Los sistemas endocrino y nervioso trabajan juntos para controlar todos los procesos fisiológicos.

Procesos fisiológicos que favorecen el ejercicio. Los efectos que se consiguen activando el sistema nervioso son generalmente más rápidos pero más breves (es decir, efectos locales de corta duración), mientras que el sistema endocrino responde más lentamente pero tiene efectos más amplios y duraderos.

## Estructura y funciones del sistema nervioso

El sistema nervioso:

- influye en todas las funciones del cuerpo humano
- detecta condiciones internas y externas
- permite la comunicación, coordinación e interacción:
  - de tejidos dentro del cuerpo (como tejido muscular y tendinoso para mover las extremidades)
  - de sistemas dentro del cuerpo (como sistemas cardiovascular y respiratorio para suministrar oxígeno al tejido muscular)
  - Entre el cuerpo y el ambiente externo
- se divide en dos divisiones principales:
  - El sistema nervioso central (SNC)
  - el sistema nervioso periférico (SNP).

### El SNC

El SNC está formado por el cerebro y la médula espinal.

El cerebro actúa como un ordenador central para la actividad nerviosa consciente e inconsciente. Es responsable de procesar e interpretar la información sensorial, iniciar y coordinar movimientos y regular las funciones fisiológicas del cuerpo.

La médula espinal permite que la información viaje entre el cerebro y el resto del cuerpo.

El SNC es clave para mantener un ambiente interno relativamente estable y constante a través de los procesos de homeostasis, respondiendo a los cambios en el entorno y regulando las funciones corporales, como la respiración y la frecuencia cardíaca.

Estudiarás la homeostasis con más detalle en el capítulo A.1.2.

### El PNS

El SNP está formado por todos los nervios fuera del SNC.

Se divide en nervios sensoriales (o aferentes) y nervios motores (o eferentes).

Los nervios sensoriales informan al SNC sobre lo que sucede dentro y fuera del cuerpo (por ejemplo, "hace calor"). En respuesta a las señales que llegan desde la división sensorial, los nervios motores envían información desde el SNC a los tejidos, órganos y sistemas del cuerpo.

Los nervios motores del SNP se dividen además en:

- el sistema nervioso somático, que controla los movimientos voluntarios del músculos esqueléticos
- el sistema nervioso autónomo, que regula los movimientos corporales involuntarios. funciones, como la frecuencia cardíaca, la digestión y la respiración.

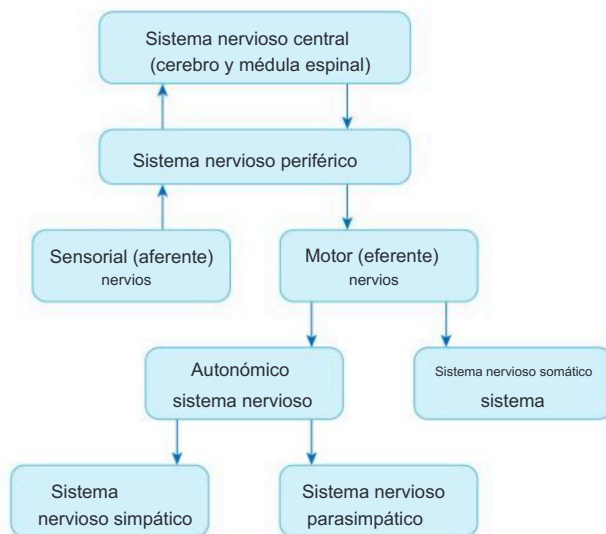
El sistema nervioso autónomo se divide además en:

- el sistema nervioso simpático, que activa la respuesta de "lucha o huida"
- el sistema nervioso parasimpático, que tiene un papel importante en la realización de procesos como la digestión, la micción, la secreción glandular y la conservación de energía; es el "sistema de mantenimiento" del cuerpo.

Dos ejemplos de los efectos de la estimulación simpática son:

- vasodilatación periférica de los vasos sanguíneos para aumentar el flujo sanguíneo a los músculos esqueléticos activos durante el ejercicio
- vasoconstricción en la mayoría de los demás tejidos (como el hígado y los riñones) para desviar la sangre a los músculos activos, donde más se necesita.

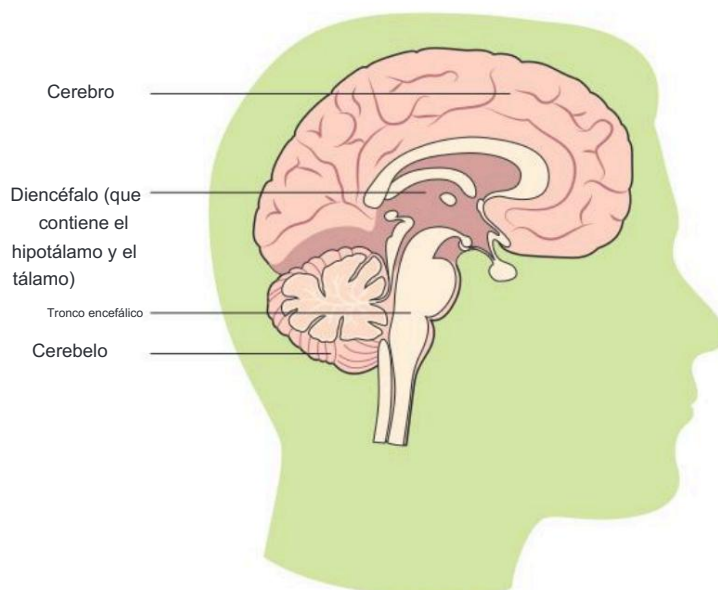
La organización del sistema nervioso se muestra en la Figura 1.



▲ Figura 1 La organización del sistema nervioso

## El cerebro y la médula espinal

El cerebro consta de cuatro partes principales: el tronco encefálico, el cerebelo, el cerebro y el diencefalo (Figura 2).



◀ Figura 2 Las cuatro regiones principales del cerebro: tronco encefálico, cerebelo, cerebro y diencefalo.

### Términos clave

**Vasodilatación** Ensanchamiento de los vasos sanguíneos (causado por la relajación del músculo liso en la pared del vaso sanguíneo).

**Vasoconstricción** El estrechamiento de los vasos sanguíneos (causado por la contracción del músculo liso en la pared del vaso sanguíneo).

El tronco encefálico conecta el cerebro con la médula espinal. Los mensajes nerviosos (sensoriales y motores) pasan por el tronco encefálico y transmiten información en ambas direcciones entre el cerebro y la médula espinal.

El cerebelo regula el equilibrio y coordina los movimientos hábiles.

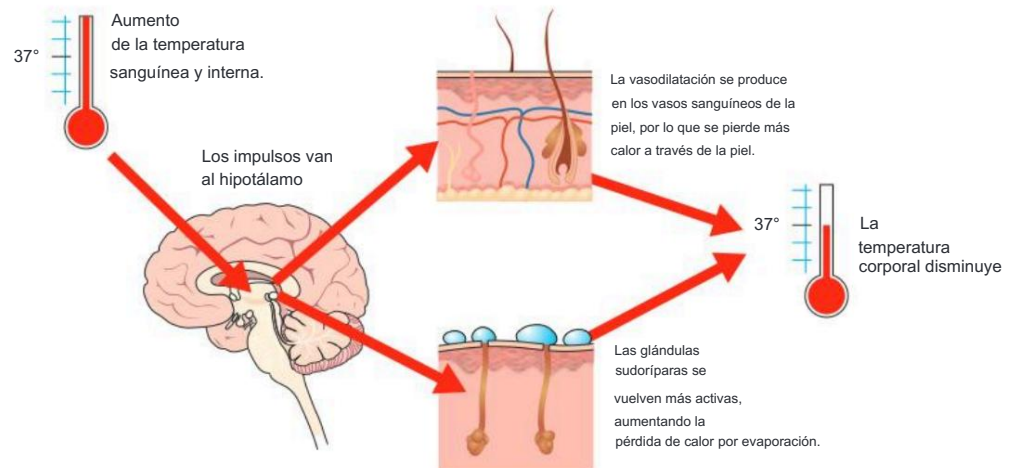
El cerebro está compuesto por dos hemisferios conectados que se comunican entre sí. La corteza cerebral es la capa más externa del cerebro (de unos 2 a 4 mm de grosor). La corteza cerebral es el cerebro consciente, que permite a los atletas pensar, ser conscientes de los estímulos sensoriales y controlar voluntariamente sus movimientos.

El diencefalo contiene el tálamo (muy importante para el control motor) y el hipotálamo (centro de control de la homeostasis).

El hipotálamo es responsable de mantener la homeostasis, lo que se logra regulando los procesos que afectan el entorno interno del cuerpo, entre ellos:

- presión arterial
- frecuencia cardíaca y volumen sistólico
- respiración
- digestión, sed y equilibrio de líquidos
- control del apetito y la ingesta de alimentos
- ciclos de sueño-vigilia
- temperatura corporal.

La figura 3 muestra el papel del hipotálamo en el control de la temperatura corporal.



▲ Figura 3 El papel del hipotálamo en el control de la temperatura corporal

El sistema nervioso autónomo El sistema nervioso

autónomo está formado por los sistemas nerviosos simpático y parasimpático. Controla las funciones internas involuntarias del cuerpo. Las funciones clave para el deporte, el ejercicio y la actividad física incluyen la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la distribución de la sangre y la función pulmonar.

## Sistema nervioso simpático

La estimulación del sistema nervioso simpático con su respuesta de "lucha o huida" es importante durante el deporte y el ejercicio. Algunos de los efectos de la estimulación del sistema nervioso simpático se muestran en la Tabla 1.

▼ Tabla 1 Algunos de los efectos de la estimulación del sistema nervioso simpático y sus Importancia durante el deporte y el ejercicio

Objetivo	Efecto de la estimulación simpática ↑ aumento de	Importancia durante el deporte y el ejercicio
corazón	la frecuencia cardíaca y de la fuerza de contracción ↑ aumento del gasto cardíaco	
	↑ dilatación de los vasos sanguíneos coronarios ↑	↑ aumento del suministro de sangre al músculo cardíaco
vasos sanguíneos	dilatación de los vasos sanguíneos periféricos ↑	↑ aumento del flujo sanguíneo a los músculos esqueléticos activos
	vasoconstricción en tejido no esencial para actividad	↑ aumento del flujo sanguíneo al músculo activo
		↓ reducción del flujo sanguíneo a, por ejemplo, los riñones
sistema circulatorio ↑ aumento de la presión arterial		↑ aumento del flujo sanguíneo a través del músculo capilares  ↑ aumento del flujo de sangre venosa que regresa a El corazón
pulmones	↑ dilatación de bronquios y bronquiolos en los pulmones	↑ mayor ventilación
		↑ aumento del intercambio de gases O <sub>2</sub> y CO <sub>2</sub>
metabolismo	↑ aumento de la tasa metabólica	↑ mayor capacidad para satisfacer las demandas físicas actividad
cerebro	↑ aumento de la actividad mental ↑	↑ mayor concentración en el rendimiento
hígado	aumento de la glucosa del hígado a la sangre ↑ aumento	↑ mayor disponibilidad de fuentes de energía
piel	de la actividad de las glándulas sudoríparas	↑ la sudoración ayuda a la termorregulación

## Sistema nervioso parasimpático

El sistema nervioso parasimpático es responsable de regular el funcionamiento del cuerpo. funciones involuntarias. Esto juega un papel importante en procesos como la digestión, micción y secreción glandular. Contribuye a mantener la homeostasis mediante favorece el descanso, la relajación y la conservación de la energía. Algunos de los efectos de El sistema nervioso parasimpático se muestra en la Tabla 2.

▼ Tabla 2 Algunos efectos del sistema nervioso parasimpático sobre diversos objetivos corporales

Objetivo	Efectos parasimpáticos	Importancia durante descanso y conservación de energía
corazón	↓ disminución de la tasa de contracción del músculo cardíaco	↓ disminución de la frecuencia cardíaca
	↑ aumento de la vasoconstricción de vasos sanguíneos coronarios	↓ disminución de la sangre presión
pulmones	↑ constricción de los bronquios y bronquiolos en los pulmones	↓ disminución de la ventilación
sistema digestivo ↑ peristalsis	↑ la secreción glandular se relaja esfínteres	↑ aumento de la digestión y absorción de nutrientes
alumnos	↑ aumento de la constricción de las pupilas ↓ disminución de la luz	ojo entrante
vejiga	↑ contracción de la vejiga	↑ orina extraída de El cuerpo

## El papel del sistema nervioso en el control de la frecuencia cardíaca

El corazón es la bomba principal para que la sangre circule por el sistema cardiovascular. El corazón tiene dos aurículas que actúan como cámaras receptoras y dos cámaras de bombeo (los ventrículos derecho e izquierdo). La aurícula derecha se contrae y la sangre fluye hacia el ventrículo derecho. El ventrículo derecho se contrae y bombea la sangre hacia los pulmones para su reoxigenación. Una vez que la sangre se oxigena en los pulmones, fluye hacia la aurícula izquierda, que se contrae para mover la sangre hacia el ventrículo izquierdo. El ventrículo izquierdo se contrae y la sangre se distribuye hacia el ventrículo izquierdo.

Circulación sistémica. El músculo cardíaco tiene la capacidad única de generar su propia señal eléctrica, lo que le permite contraerse sin ningún estímulo externo.

Esto se conoce como excitación intrínseca. El impulso para la contracción del corazón se inicia en el nódulo sinoatrial (SA) ubicado en la pared de la aurícula derecha. El impulso eléctrico generado por el nódulo SA se propaga a través de ambas aurículas y llega al nódulo auriculoventricular (AV) ubicado en la pared de la aurícula derecha cerca del centro del corazón. Las aurículas se contraen y el nódulo AV conduce el impulso eléctrico desde las aurículas hasta los ventrículos. Desde el nódulo AV, el impulso eléctrico ingresa al haz de His. Este es el único sitio donde los impulsos eléctricos pueden conducirse desde las aurículas hasta los ventrículos. Después de moverse a lo largo del haz de His, el impulso eléctrico es conducido por las fibras de Purkinje desde el vértice del corazón hacia arriba hasta los ventrículos. Los ventrículos se contraen, impulsando la sangre hacia la circulación sistémica. Consulte el capítulo A.1.2 para ver un diagrama del corazón.

El corazón inicia su propio impulso eléctrico, pero tanto la frecuencia cardíaca como la fuerza de contracción pueden verse alteradas por tres factores extrínsecos:

- el sistema nervioso parasimpático
- el sistema nervioso simpático
- el sistema endocrino (hormonas).

Dentro del sistema nervioso parasimpático, la estimulación del nervio vago conduce a una conducción eléctrica más lenta, lo que causa una disminución tanto de la frecuencia cardíaca como de la fuerza de contracción del músculo cardíaco.

La estimulación del sistema nervioso simpático, que tiene el efecto opuesto de una conducción eléctrica más rápida, conduce a aumentos tanto de la frecuencia cardíaca como de la fuerza de contracción.

Como veremos más adelante en este capítulo, las hormonas liberadas por el sistema endocrino también estimulan el corazón, aumentando tanto la frecuencia cardíaca como la fuerza de contracción, de forma similar a la acción del sistema nervioso simpático.

## ¿Cómo un estímulo sensorial produce una respuesta motora?

Para poder participar en deportes, ejercicios y actividades físicas, los sistemas sensoriales y motores del cuerpo deben estar coordinados. Por ejemplo, cuando alguien participa en una carrera a campo traviesa, ¿cómo se coordinan los músculos de las piernas para mover el peso de todo el cuerpo hacia arriba (fase de vuelo de la carrera) y hacia adelante?

Para coordinar una respuesta, los sistemas sensoriales y motores deben comunicarse entre sí.

Consideremos el corredor de la figura 4:

- Se recibe un estímulo sensorial (su pie toca el suelo)
- Esta información viaja a través de los nervios sensoriales hasta el SNC.
- el SNC selecciona una respuesta apropiada
- el SNC envía un mensaje a lo largo de los nervios motores a los músculos esqueléticos
- Se produce una respuesta motora (por ejemplo, una contracción excéntrica de los músculos cuádriceps para controlar el cuerpo del corredor en el impacto con el suelo, seguida de una contracción concéntrica de los músculos cuádriceps para impulsar al corredor hacia arriba y hacia adelante).

La estimulación sensorial viaja a través de los nervios sensoriales hasta la médula espinal, donde puede terminar o seguir por vías sensoriales hasta diferentes partes del cerebro (tronco encefálico, cerebelo, tálamo o corteza cerebral). La Tabla 3 describe algunos ejemplos de cómo se interpreta esta información sensorial y se vincula con las respuestas motoras.



▲ Figura 4

▼ Tabla 3 Partes del SNC y respuestas motoras vinculadas

Parte del SNC donde La señal sensorial termina	Tipo de motor respuesta	Ejemplo de respuesta motora
médula espinal	reflex	apartar un dedo de una superficie caliente
tronco encefálico	subconsciente	Control postural (sentarse, pararse, moverse)
cerebelo	coordinación	contrayendo grupos de músculos para realizar el movimiento deseado
tálamo	conciencia	Distinguir entre distintas sensaciones
corteza cerebral	Ubicación de la información sensorial procedente de la piel, los músculos, los tendones y las articulaciones.	saber dónde están las partes del cuerpo, tanto entre sí como en relación con nuestro alrededores

Como se muestra en la Tabla 3, un estímulo sensorial puede recibirse y dar lugar a una respuesta motora que se inicia en diferentes niveles del SNC. Los movimientos reflejos simples (por ejemplo, tocar por error y retirar inmediatamente un dedo del agua hirviendo) tienen su nivel de control en la médula espinal. Sin embargo, las respuestas motoras para movimientos más complicados (aquellos que requieren que pienses y tomes decisiones sobre patrones de movimiento complejos) provienen de la corteza cerebral y el cerebelo en el cerebro.





▲ Figura 5

Por ejemplo, el ciclista de montaña de la Figura 5 intenta recorrer con rapidez (pero de forma segura) una ruta rodeada de árboles que cambia constantemente. Debe tomar decisiones adecuadas y coordinar ajustes posturales para mantener el equilibrio, controlar la bicicleta y evitar chocar contra un árbol.

## Propioceptores, quimiorreceptores y barorreceptores

La información sobre los estímulos sensoriales es proporcionada por células receptoras especializadas.

Los propioceptores son células especializadas que se encuentran en los músculos, tendones, articulaciones y el oído interno. Proporcionan información sobre la posición del cuerpo, la longitud y la tensión de los músculos, la posición y el movimiento de las articulaciones y ayudan a mantener el equilibrio. Por ejemplo, los propioceptores nos permiten controlar:

- dónde están ubicadas nuestra cabeza y nuestras extremidades y cómo se mueven sin mirándolos
- el grado en que se contraen los músculos
- la cantidad de tensión en los tendones
- las posiciones de las articulaciones
- la orientación de la cabeza con respecto al suelo y la posición de la cabeza Durante el movimiento.

El cerebro recibe continuamente impulsos nerviosos relacionados con la posición de las distintas partes del cuerpo y realiza ajustes para garantizar la coordinación. Además, los propioceptores comunican la velocidad de movimiento de una parte del cuerpo en relación con otras partes del cuerpo, lo que nos permite hacer cosas sin usar los ojos, como caminar o ponernos los calcetines. Las sensaciones propioceptivas nos ayudan a decidir la cantidad correcta de esfuerzo muscular necesario para realizar una tarea, ya sea levantar una cuchara para comer, realizar un movimiento de levantamiento de pesas olímpico de “envío y envión” o cambiar de dirección mientras esquiamos (Figura 6).



▲ Figura 6

Los propioceptores también proporcionan un estímulo importante para el aumento rápido de la frecuencia cardíaca al iniciar la actividad física. Por ejemplo, al comenzar el ejercicio, los propioceptores controlan la posición de las extremidades y los músculos envían una mayor frecuencia de mensajes nerviosos al centro cardiovascular del cerebro (la parte del sistema nervioso responsable de la regulación de la frecuencia cardíaca).

Además, los quimiorreceptores y barorreceptores proporcionan información al centro cardiovascular del cerebro. Los quimiorreceptores controlan los cambios químicos en la sangre. Los barorreceptores controlan el estiramiento que provoca la sangre en las arterias y venas principales. Estos factores trabajan en conjunto con los mecanismos intrínsecos que controlan la frecuencia cardíaca (capítulo A.1.2).

Los quimiorreceptores detectan sustancias químicas en la boca (gusto), la nariz (olfato) y los líquidos corporales. Para la ciencia del deporte, los quimiorreceptores que controlan la composición química de la sangre son especialmente interesantes. Estos se encuentran en diferentes partes del cuerpo, incluido el cuello (cuerpos carotídeos) y la aorta (cuerpos aórticos).

Los quimiorreceptores detectan cambios en los niveles de oxígeno ( $O_2$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e iones de hidrógeno ( $H^+$ ) en la sangre. La hipoxia (disponibilidad reducida de  $O_2$ ), la acidosis (un aumento en la concentración de  $H^+$ ) o el exceso de  $CO_2$  estimulan a los quimiorreceptores para que envíen mensajes al cerebro para que haga algo al respecto de esta alteración de la homeostasis. Por ejemplo, estos quimiorreceptores proporcionan información al centro respiratorio en el tronco encefálico, que puede responder ajustando la velocidad y la profundidad con que respiramos.



Los barorreceptores son células nerviosas sensibles a la presión. Pueden detectar una presión más alta o más baja. Están ubicados en la aorta y las arterias carótidas (y otras arterias grandes del cuello y el pecho). Son sensibles a los cambios en la presión arterial y envían mensajes al centro cardiovascular del cerebro para ayudar a regular la presión arterial.

Cuando la presión arterial baja, los barorreceptores se estiran menos y envían mensajes a un ritmo más lento al cerebro. La estimulación parasimpática del corazón disminuye y la estimulación simpática del corazón aumenta. Por el contrario, cuando la frecuencia cardíaca aumenta, la presión arterial se eleva. Los barorreceptores envían mensajes al cerebro, que responde enviando mensajes al corazón (aumento de la estimulación parasimpática y menor estimulación simpática). La frecuencia cardíaca disminuye, lo que hace que la presión arterial vuelva a la normalidad y se restablezca la homeostasis.

#### Unidades de investigación

Los barorreceptores también se encuentran en las paredes de los bronquios y bronquiolos. Cuando inhalamos, los barorreceptores se estiran, se envía un mensaje al centro inspiratorio del cerebro, se inhibe la inspiración y comienza la exhalación. Cuando el aire sale de los pulmones durante la exhalación, los pulmones se desinflan y los barorreceptores dejan de ser estimulados. El centro inspiratorio del cerebro ya no está inhibido y comienza una nueva inhalación.

¿Qué es el reflejo de Hering-Breuer y cuál es su finalidad?



#### Pregunta de enlace

¿Cómo la coordinación entre el sistema nervioso y el sistema muscular da como resultado la capacidad de producir diversos tipos de movimiento? (B.1.3)

Considerar:

- cómo el músculo específico (o grupo de músculos) sabe cuándo contraerse
- el papel de la unión neuromuscular
- reclutamiento de unidades motoras.

Observe al ciclista de la Figura 7. Considere:

- lo que garantiza que el grupo muscular apropiado se contraiga para proporcionar la fuerza principal a través de los pedales para mover la bicicleta hacia adelante
- si este grupo muscular se contrae en ambas extremidades al mismo tiempo (izquierdo y derecho simultáneamente) o se alterna
- cómo el grupo muscular “sabe” hacer esto.



▲ Figura 7

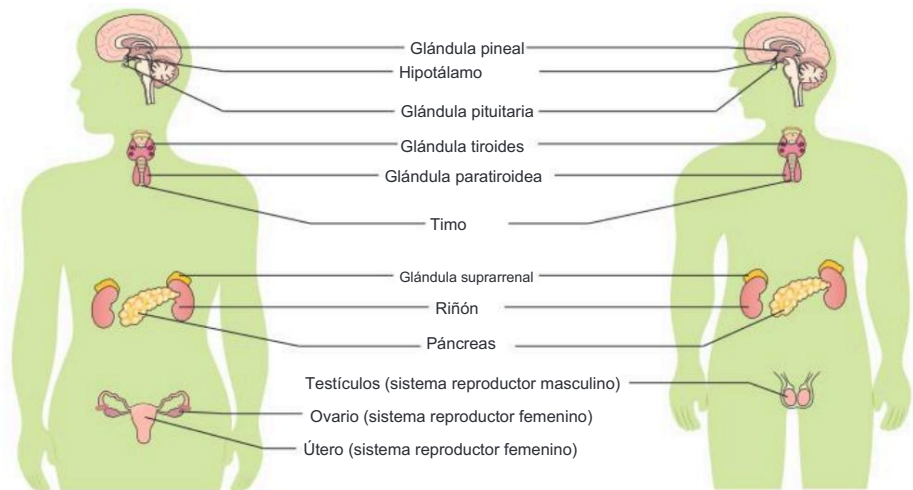
## El sistema endocrino

### Estructura y función del sistema endocrino

El sistema endocrino es el socio del sistema nervioso en la regulación del cuerpo humano y el control de las respuestas a los desafíos fisiológicos. Muchas de las respuestas del sistema nervioso son rápidas (en cuestión de segundos) y de naturaleza aguda. Las respuestas del sistema endocrino tienden a ser un poco más lentas (pueden tardar minutos o más), pero los efectos duran más. Casi todas las células del cuerpo están influidas por el sistema endocrino, a través de la liberación de mediadores, llamados hormonas. El sistema endocrino consta de todos los tejidos o glándulas que secretan hormonas.

Las hormonas son sustancias químicas que liberan las glándulas o los tejidos para controlar y regular la actividad de otras células del cuerpo. La mayoría de las glándulas endocrinas secretan estas hormonas directamente en la sangre para transportarlas a las células objetivo.

Sin embargo, cada hormona sólo puede interactuar con receptores específicos en algunas células para provocar una respuesta específica. Por lo tanto, el cuerpo humano tiene muchas glándulas endocrinas diferentes, cada una de las cuales secreta numerosas hormonas diferentes con efectos muy variables. Los principales órganos endocrinos del cuerpo se muestran en la Figura 8.



▲ Figura 8 Las principales glándulas endocrinas

La Tabla 4 muestra algunas de las hormonas que son particularmente importantes para el deporte.

▼ Tabla 4 Hormonas importantes para el deporte

Hormona(s)	Información
Epinefrina y norepinefrina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• liberado de la médula suprarrenal</li> <li>• aumentar la frecuencia cardíaca y la fuerza de contracción</li> <li>• aumentar la capacidad de bombeo del corazón (lo que aumenta la presión arterial), preparando al cuerpo para una respuesta de lucha o huida</li> <li>• aumentar el flujo sanguíneo al corazón, hígado, músculos esqueléticos y tejido adiposo</li> <li>• dilatar las vías respiratorias hacia los pulmones</li> <li>• aumentar los niveles de glucosa y ácidos grasos en la sangre</li> <li>• La noradrenalina también desempeña un papel en la excitación (despertar del sueño profundo), los sueños y regular el estado de ánimo</li> </ul>

Insulina y glucagón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• producida por el páncreas</li> <li>• ayudar a regular la concentración de azúcar en la sangre</li> <li>• La insulina ayuda a la entrada de glucosa en las células.</li> <li>• El glucagón promueve una mayor descomposición del glucógeno hepático en glucosa.</li> </ul>
Hormona antidiurética	<ul style="list-style-type: none"> <li>• secretada por la glándula pituitaria</li> <li>• regula el equilibrio de líquidos y electrolitos en la sangre al reducir la producción de orina.</li> </ul>
Estrógeno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hormona sexual femenina secretada por los ovarios</li> <li>• promueve el crecimiento corporal al ensanchar la pelvis, estimular el desarrollo de los senos y Aumento de la deposición de grasa, especialmente en los muslos y las caderas.</li> <li>• promueve las características sexuales secundarias (tono de voz y crecimiento del vello corporal)</li> <li>• aumenta el anabolismo proteico, incluida la construcción de huesos fuertes</li> <li>• reduce el colesterol en sangre y ayuda a nuestro cuerpo a almacenar glucógeno</li> <li>• la falta de estrógeno hace que las articulaciones se sientan rígidas y no se muevan con facilidad</li> </ul>
Progesterona	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hormona sexual femenina secretada por los ovarios</li> <li>• juega un papel clave en el ciclo menstrual y el embarazo</li> </ul>
Testosterona	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hormona sexual masculina predominante secretada por los testículos</li> <li>• necesario para el desarrollo de los espermatozoides</li> <li>• ayuda a controlar el desarrollo de las hormonas reproductivas masculinas</li> <li>• promueve el desarrollo y mantenimiento de las características sexuales secundarias masculinas (como vello corporal)</li> <li>• ayuda a la formación de los huesos (para hacerlos más fuertes)</li> <li>• ayuda al crecimiento y reparación muscular a través de la síntesis de proteínas</li> <li>• ayuda en la producción de eritropoyetina, que garantiza que el cuerpo tenga suficiente oxígeno para transportarlo. glóbulos rojos</li> </ul>



### Actividad 1



▲ Figura 9 Lionel Messi

El futbolista Lionel Messi (Figura 9) es considerado uno de los mejores jugadores de todos los tiempos. Sin embargo, nació con un trastorno hormonal endocrino y recibió un tratamiento importante para permitirle desarrollar su potencial.

1. ¿Cuál era el trastorno y qué hormona era?  
¿afectado?
2. ¿Cómo fue tratado médicamente y qué efectos fisiológicos tiene esto?
3. ¿Este trato otorga una ventaja injusta a través del uso de drogas en el deporte?

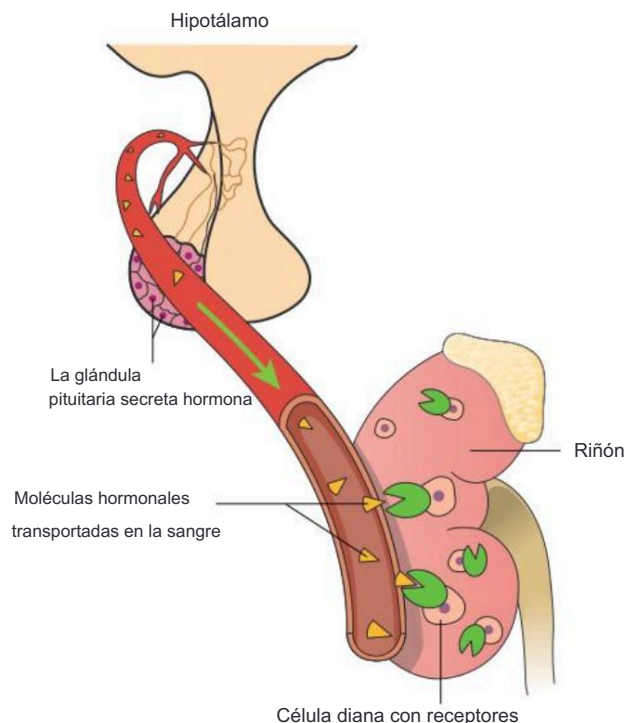
## Tipos de hormonas

Las hormonas se pueden agrupar en dos categorías (esteroides o no esteroides) según su composición química.

- Las hormonas esteroides son liposolubles y pueden atravesar fácilmente las membranas celulares para interactuar con los receptores y provocar una respuesta. Algunos ejemplos de hormonas esteroides son la testosterona, el estrógeno y la progesterona.
- Las hormonas no esteroides, que no son liposolubles, deben interactuar con receptores en la superficie celular para activar sustancias químicas mensajeras dentro de la célula que luego provocan la respuesta. Algunos ejemplos de hormonas no esteroides son la epinefrina (también conocida como adrenalina y secretada por las glándulas suprarrenales) o el glucagón (secretado por el páncreas).

Otro tipo de hormonas, las prostaglandinas, que pertenecen al grupo de las no esteroides, se producen en las membranas de la mayoría de las células. Las prostaglandinas se secretan muy cerca del sitio de acción, aunque algunas pueden transportarse distancias cortas antes de descomponerse rápidamente. Un ejemplo de la acción de las prostaglandinas es parte de la respuesta inflamatoria después de una lesión, donde las prostaglandinas se secretan en el sitio de la lesión y estimulan una respuesta de hinchazón local.

Las hormonas se liberan típicamente en oleadas o pulsos en respuesta a estímulos directos, mientras que otras son más regulares o sostenidas. Por ejemplo, el ciclo menstrual de una mujer que menstrúa verá una liberación cíclica repetida de hormonas (consulte la Figura 10 en el capítulo A.3.1). En contraste, la Tabla 5 proporciona algunos ejemplos de la participación de las hormonas en las respuestas de los sistemas fisiológicos integrados al desafío inmediato del ejercicio, alineados con los principales órganos endocrinos (Figura 9). Las hormonas deben unirse a células diana específicas para ejercer un efecto (Figura 10).



▲ Figura 10 Las hormonas se transportan a células diana específicas

▼ Tabla 5

Endocrino órgano	Ejemplo hormona	Ejemplo objetivo	Ejemplo de acción
hormona del crecimiento	del hipotálamo estimulante hormona	pituitaria glándula	El aumento de la secreción estimula La glándula pituitaria secreta hormona del crecimiento
pineal	melatonina	secreción disminuida	desconocida con El ejercicio nocturno puede causar sueño interrumpido
pituitaria	hormona del crecimiento	músculo	El aumento de la secreción promueve crecimiento muscular
tiroides	tiroxina	músculo	El aumento de la secreción contribuye al aumento de la tasa metabólica
suprarrenal	epinefrina	cardíaco tejido	el aumento de la secreción aumenta frecuencia cardíaca, gasto cardíaco y presión arterial
páncreas	insulina	músculo	La secreción disminuida se ralentiza almacenamiento de glucosa para aumentar disponibilidad
ovarios	estrógeno	músculo	Un pequeño aumento puede contribuir a crecimiento muscular
testículos	testosterona	músculo	Un pequeño aumento puede contribuir a crecimiento muscular

## Reflexiones de pensamiento

¿Qué nos dice la evidencia de la investigación sobre la testosterona como la única?  
¿Hormona esencial del crecimiento muscular?

Desde hace mucho tiempo se ha sostenido que la testosterona es la hormona anabólica (de desarrollo) clave necesaria para el crecimiento muscular (hipertrofia).

Los culturistas usan drogas para aumentar los niveles de testosterona y mejorar la masa muscular. crecimiento. Pero la investigación contemporánea muestra que una gama mucho más amplia de formación Las cargas pueden provocar la respuesta de hipertrofia muscular, siempre que el nivel de esfuerzo sea adecuado. es suficiente.

Además, no es tan simple como simplemente aumentar la testosterona para aumentar masa muscular; las investigaciones han destacado la importancia de tener suficiente actividad del receptor diana en el músculo esquelético. De lo contrario, cualquier testosterona El aumento se desperdicia. Por lo tanto, un objetivo adecuado con el entrenamiento de resistencia puede ser para regular al alza estos receptores de testosterona y aprovechar los aumentos de testosterona inducidos por el entrenamiento. Sin embargo, reconocemos que la genética También juega un papel importante en la determinación de esto, y de ahí la magnitud de hipertrofia inducida por el entrenamiento. La testosterona sigue siendo una parte del complejo rompecabezas de desarrollo muscular, en conjunto con otras señales coordinadas y vías hormonales. Ciertamente no se trata de un caso de "una solución única para todos".

## Regulación hormonal

El sistema endocrino responde a una amplia gama de estímulos provenientes de todo el cuerpo para aumentar o disminuir la secreción de hormonas en respuesta al cambio del entorno interno. Casi todas las glándulas endocrinas funcionan utilizando un sistema de retroalimentación negativa. En un sistema de retroalimentación negativa, se detecta un aumento en una variable monitoreada, lo que provoca una respuesta fisiológica coordinada (como la secreción de hormonas) para reducir la variable elevada. Esto se ilustró en la Figura 3 que muestra la respuesta cuando la temperatura corporal se vuelve demasiado alta.

Hay tres fuentes principales de información que aumentan o disminuyen la secreción hormonal: neural, humoral y hormonal.

### Neural

Las fuentes neuronales de información son señales del sistema nervioso. Por ejemplo, cuando se hace ejercicio de forma intensa, la rama simpática del sistema nervioso autónomo estimula la glándula suprarrenal para que secrete epinefrina en la sangre. Esto aumentará la respuesta cardiovascular al ejercicio en proporción a la intensidad del mismo, para mejorar el suministro de oxígeno y nutrientes a los músculos activos y, al mismo tiempo, preservar otras funciones fisiológicas.

### Humoral

Las fuentes humorales de información se deben a cambios en la química de la sangre. Por ejemplo, cuando los niveles de glucosa en sangre aumentan después de comer, el páncreas se estimula para que libere más insulina. La insulina interactúa con los receptores celulares para aumentar la absorción de glucosa en las células y aumentar la conversión de glucosa en glucógeno para su almacenamiento. Esto reduce los niveles de glucosa en sangre y el páncreas reduce nuevamente la liberación de insulina. Por el contrario, el glucagón, que también secreta el páncreas, tiene el efecto opuesto y aumenta cuando la glucosa en sangre es demasiado baja.

### Hormonal

Las hormonas transmiten información respondiendo a los cambios en los niveles de otras hormonas. Por ejemplo, cuando el estómago está vacío de alimentos, secreta más grelina en el torrente sanguíneo, lo que envía una señal al hipotálamo en el cerebro para que aumente el apetito. Después de comer, el estómago reduce la liberación de grelina y el hipotálamo detecta este cambio, lo que provoca una disminución del apetito. Este proceso forma parte de los complejos mecanismos que controlan el apetito y la saciedad.

La glándula pituitaria,

situada en el cerebro, es la glándula endocrina más importante que participa en el mantenimiento de la homeostasis. La glándula pituitaria secreta muchas hormonas diferentes para estimular o inhibir los órganos de una manera muy coordinada. A menudo se la considera la “glándula maestra” que rige la homeostasis.

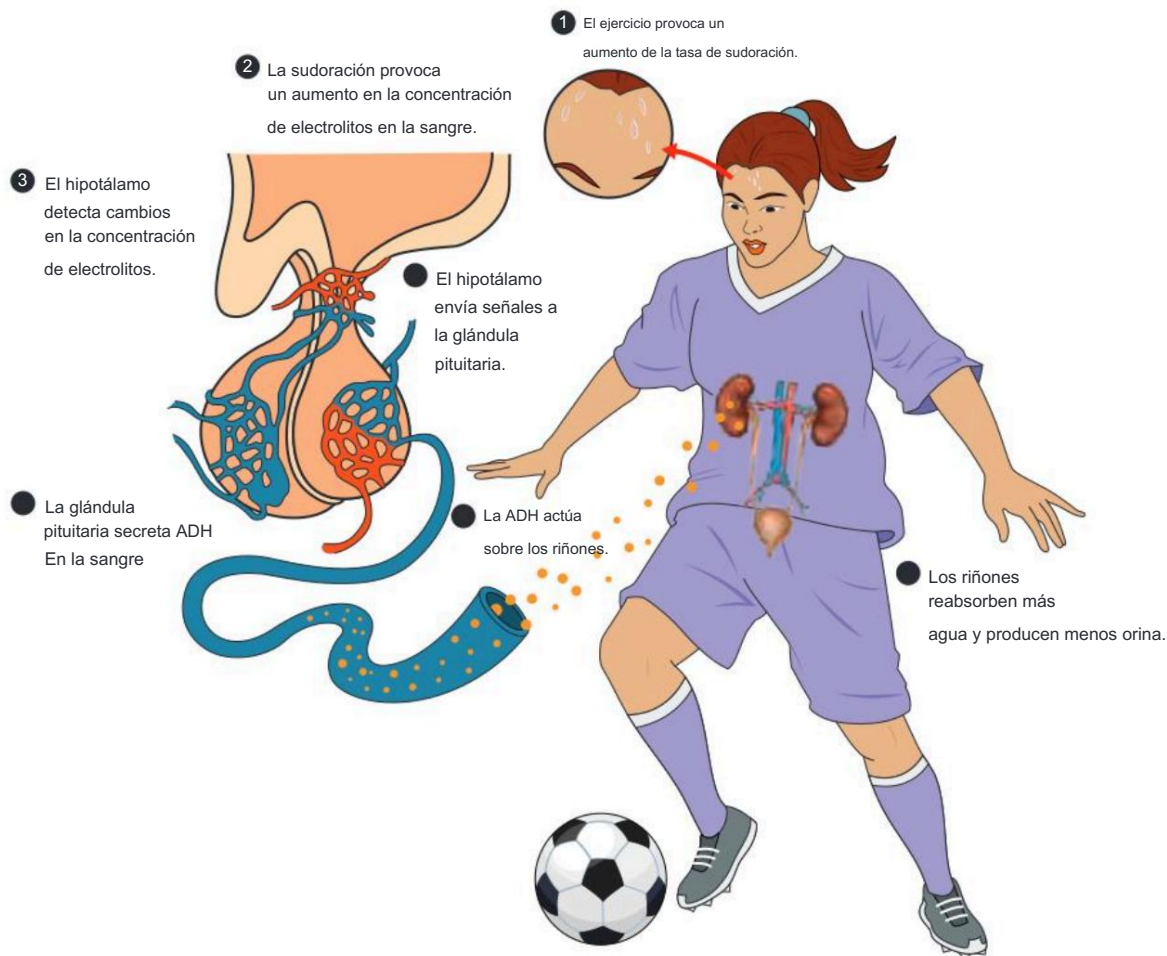
Sin embargo, con los avances en las técnicas científicas, ahora es evidente que la glándula pituitaria está controlada principalmente por el hipotálamo, por lo que el hipotálamo es el verdadero amo.

Aunque el hipotálamo está ubicado apenas por encima de la glándula pituitaria en el cerebro, puede regular la liberación de hormonas de la glándula pituitaria a través de mecanismos neuronales (por ejemplo, la hormona antidiurética, ADH) y mecanismos hormonales (por ejemplo, la secreción de la hormona del crecimiento), como se muestra en las Figuras 11 y 12.

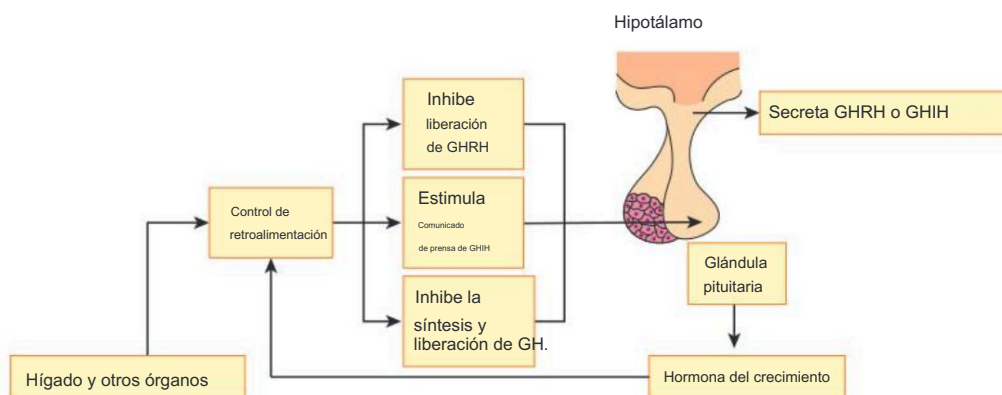
### Punto clave

La regulación de la glucosa en sangre por la insulina y el glucagón es un ejemplo de un mecanismo de retroalimentación al capítulo A.1.2 para más detalles.





▲ Figura 11 El hipotálamo estimula la pituitaria para liberar ADH y desencadenar la conservación de líquidos.



▲ Figura 12 El hipotálamo secreta la hormona liberadora de la hormona del crecimiento (GHRH) o la hormona inhibidora de la hormona del crecimiento (GHIH) para regular la secreción de la hormona del crecimiento por la glándula pituitaria.

## El impacto de las hormonas reproductivas femeninas en la salud y el rendimiento

El ciclo menstrual implica grandes fluctuaciones en las hormonas reproductivas femeninas, entre ellas el estrógeno y la progesterona. Por ejemplo, durante la fase lútea (la segunda mitad del ciclo menstrual), los niveles de progesterona aumentan.



En el capítulo A.3.1 estudiaremos el ciclo menstrual con más detalle, incluidas las consideraciones para los programas de entrenamiento. A continuación se analizan algunos de los efectos de estas hormonas sobre la salud y el rendimiento.

#### El estrógeno y la rigidez de las articulaciones

Se cree que el estrógeno influye en la rigidez de las articulaciones a través de sus efectos sobre varios tejidos, incluidos los huesos, el cartílago y la membrana sinovial (el tejido que recubre la cápsula articular). Cuando los niveles de estrógeno disminuyen, como durante la menopausia, puede producirse una pérdida de densidad ósea, lo que conduce a afecciones como la osteoporosis. Los huesos debilitados pueden contribuir a la rigidez y el malestar de las articulaciones. Además, se cree que el estrógeno desempeña un papel en el mantenimiento de la salud del cartílago, y la reducción de los niveles de estrógeno podría conducir potencialmente a una disminución de la calidad del cartílago y contribuir a la rigidez de las articulaciones. Además, el estrógeno puede influir en la producción de líquido sinovial (ayuda a reducir la fricción en las articulaciones). Los cambios en los niveles de estrógeno pueden afectar la composición y producción de líquido sinovial, lo que podría conducir a la rigidez de las articulaciones. Por último, el estrógeno puede ayudar a reducir la inflamación en las articulaciones; es decir, los niveles reducidos de estrógeno pueden causar inflamación, lo que puede provocar rigidez y malestar en las articulaciones. Sin embargo, tenga en cuenta que la relación entre el estrógeno y la rigidez de las articulaciones es compleja y puede variar de una persona a otra. Esto se debe a que factores como la edad y la genética también pueden influir en la rigidez de las arti

### Ahorro de estrógeno y glucógeno

Los estrógenos y la progesterona influyen en el metabolismo, la condición física muscular y la composición corporal. Existe consenso entre los investigadores en que las mujeres biológicas dependen más de la grasa como fuente de combustible y ahorran más glucosa en comparación con los hombres biológicos, tanto en reposo como durante el ejercicio. Parece que existe un vínculo entre el sexo, la intensidad del ejercicio y las diferencias encontradas en el uso de carbohidratos y grasas, y más específicamente del glucógeno muscular (Fernández del Valle, 2023).

#### Progesterona y disponibilidad de combustible Algunas

investigaciones indican que durante la fase lútea del ciclo menstrual, cuando los niveles de progesterona son más altos, podría haber un cambio en la utilización de combustible. Este cambio podría implicar una dependencia relativamente mayor de la grasa como fuente de combustible en comparación con los carbohidratos. Este impacto de la progesterona en la disponibilidad de combustible podría ser más notorio durante el ejercicio de intensidad baja a moderada. A intensidades de ejercicio más altas, el cuerpo tiende a depender más de los carbohidratos para la producción rápida de energía (Isacco, Boisseau, 2023).

### Progesterona y termorregulación

La termorregulación es el proceso por el cual el cuerpo mantiene una temperatura relativamente constante en una amplia gama de entornos y niveles de actividad. La progesterona tiende a promover temperaturas corporales más altas durante la fase lútea del ciclo menstrual cuando los niveles de progesterona están elevados (consulte el capítulo A.3.1 para ver un diagrama que muestra un patrón teórico de los niveles hormonales durante el ciclo menstrual). Se cree que el mecanismo para el aumento de la temperatura durante la fase lútea del ciclo menstrual es un cambio relacionado con la progesterona a un "punto de ajuste termorregulador" más alto (Charkoudian, Stachenfeld, 2016). Imagine un termostato en una habitación que se puede ajustar para hacer que la habitación sea más cálida o más fría. Su cuerpo tiene algo similar. El punto de ajuste termorregulador del cuerpo es como un objetivo de temperatura que su cuerpo quiere mantener. Cuando hace demasiado calor afuera, su cuerpo intenta enfriarse para alcanzar este objetivo. Y cuando hace demasiado frío, su cuerpo intenta calentarse para llegar allí. Consulte el capítulo A.1.2 para obtener más información sobre las diferencias sexuales y la termorregulación.

## Progesterona y calidad del sueño

La progesterona tiene un efecto calmante y sedante sobre el sistema nervioso central. El aumento de los niveles de progesterona durante la segunda mitad del ciclo menstrual (fase lútea) puede contribuir a la sensación de relajación y somnolencia. Este efecto sedante puede ayudar a favorecer la conciliación y el mantenimiento del sueño. La progesterona puede aumentar ligeramente la temperatura corporal, y se cree que este aumento de la temperatura facilita la transición de la vigilia a la somnolencia. Como estudiaremos en el capítulo A.3.3, la calidad del sueño puede afectar tanto a la recuperación como al rendimiento.

### ¿Preguntas de investigación

¿Cómo podría la progesterona afectar la respiración, la regulación del sueño y la regulación del estado de ánimo?

### Estudio

## ¿Cuánta ventaja atlética se debe a las hormonas reproductivas?

Las hormonas reproductivas producidas naturalmente experimentan grandes aumentos en la producción durante la pubertad, y estos pueden conferir beneficios fisiológicos para el rendimiento atlético. Para los varones biológicos, la testosterona está involucrada en el aumento de la síntesis de proteínas, promoviendo el tamaño y la fuerza de los huesos y aumentando los niveles de hemoglobina para el transporte de oxígeno. Para las mujeres biológicas, el estrógeno y la progesterona elevados se han asociado con el ahorro de glucógeno muscular, por ejemplo, pero también con algunos aumentos en el riesgo de lesión de ligamentos asociado con la rigidez reducida, la termorregulación alterada y la calidad del sueño. Los beneficios atléticos estimados para los varones biológicos han oscilado entre el 0% y el 30% dependiendo del deporte (Heather, 2022). Esto plantea la pregunta de qué ventajas puede obtener un atleta asignado como varón al nacer en la competencia femenina.

En Tokio 2020, la levantadora de pesas Laurel Hubbard (Figura 13) se convirtió en la primera atleta a la que se le asignó el sexo masculino al nacer para competir en una competición femenina en unos Juegos Olímpicos. En una entrevista, dijo: "Soy consciente de que no todo el mundo me apoyará, pero espero que la gente pueda mantener una mente abierta y tal vez mirar mi actuación en un contexto más amplio".

La terapia hormonal se utiliza para reducir la concentración de testosterona y aumentar las hormonas sexuales femeninas.

Algunas personas sostienen que debería haber una concentración de testosterona en sangre fija por debajo del umbral que las competidoras deben tener antes de competir en el deporte femenino. Otros sugieren que los criterios de elegibilidad que se centran únicamente en los niveles de testosterona son demasiado limitados. Esta cuestión ha generado un debate inclusivo que ha dividido a los atletas, los deportes y los organismos rectores de todo el mundo.

1. Investiga cómo se determina el sexo biológico.
2. ¿En qué deportes es más probable que este problema suponga un desafío?
3. ¿Cuáles son los desafíos éticos y morales que existen para ambos lados del debate?



▲ Figura 13 Laurel Hubbard

## Preguntas de práctica

1. Describir el control nervioso y la mecánica de la inspiración durante ejercicio.
2. Explica cómo el hipotálamo regula la glándula pituitaria.

(6 puntos)

(4 puntos)

# Resumen

- El sistema nervioso se divide en dos divisiones principales: el sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico (SNP).

• El sistema nervioso central (SNC) está formado por el cerebro y la médula espinal. El sistema nervioso periférico (SNP) está formado por todos los nervios que se encuentran fuera del SNC.

- Los nervios sensoriales (aférentes) informan al SNC sobre lo que sucede dentro y fuera del cuerpo. Los nervios motores (eferentes) envían información desde el SNC a los tejidos, órganos y sistemas del cuerpo.

- El sistema nervioso somático controla el movimiento voluntario. movimientos de los músculos esqueléticos. El sistema autónomo El sistema nervioso, que consta del sistema nervioso simpático y el sistema nervioso parasimpático, regula las funciones corporales involuntarias.

- La corteza cerebral es el centro del control motor consciente.

- El diencéfalo es un importante centro de control para el mantenimiento El ambiente interno del cuerpo.

- El cerebelo es fundamental para coordinar el movimiento. • El tronco encefálico conecta el cerebro con la médula espinal. • Los propioceptores proporcionan información sobre la posición y los movimientos del cuerpo.

- Los barorreceptores detectan los cambios en la presión arterial. •

Los quimiorreceptores detectan la presencia de un estímulo químico.

- El sistema endocrino incluye todos los tejidos o glándulas que secreta hormonas.
- Las hormonas son sustancias químicas que liberan las glándulas o los tejidos para controlar y regular la actividad de otras células del cuerpo.

- Las acciones hormonales tardan más que las neuronales, pero sus efectos suelen durar más.

- Sólo se pueden controlar los tejidos con receptores muy específicos. por una hormona específica.

- Los principales órganos endocrinos son el hipotálamo, la glándula pineal, la glándula pituitaria, la glándula tiroides, la glándula suprarrenal, el páncreas, los ovarios y los testículos.

- Las hormonas se clasifican en esteroides y no esteroides, con una tercera categoría de prostaglandinas similares a hormonas.

- La epinefrina y la norepinefrina aumentan la frecuencia cardíaca, la fuerza de contracción y la capacidad de bombeo del corazón. • La insulina y el

glucagón ayudan a regular la concentración de **azúcar en sangre**. • La hormona antidiurética, secretada por la glándula pituitaria, regula el equilibrio de líquidos y electrolitos en la sangre al reducir la producción de orina.

- El estrógeno y la progesterona son hormonas sexuales femeninas secretadas por los ovarios.

- El estrógeno ayuda a nuestro cuerpo a almacenar glucógeno. Cuando No tenemos suficiente estrógeno, nuestras articulaciones pueden sentirse rígidas y no moverse con tanta facilidad.

- La progesterona desempeña un papel fundamental en el ciclo menstrual y el embarazo. Influye en la disponibilidad de combustible y puede afectar la termorregulación y la calidad del sueño.

- La testosterona es la hormona sexual masculina predominante. Ayuda a la formación de los huesos, al crecimiento y la reparación de los músculos mediante la síntesis de proteínas y también ayuda a la producción de eritropoyetina, que garantiza que nuestro cuerpo tenga suficientes glóbulos rojos que transporten oxígeno. •

Las hormonas pueden secretarse en la sangre o producirse localmente para su acción específica.

- Las glándulas endocrinas utilizan circuitos de retroalimentación negativa.

- Tres fuentes principales de información aumentan o disminuyen secreción hormonal: neural, humoral u hormonal.

- El hipotálamo y la glándula pituitaria son las principales glándulas endocrinas que mantienen la homeostasis en el cuerpo.

- El hipotálamo regula la acción de la hipófisis mediante Hormonas y señales del sistema nervioso.

## Comprueba tu comprensión

Después de leer este capítulo, usted debería poder:

- describir la estructura y función del sistema nervioso Sistema y sus divisiones
- describir cómo funcionan los sistemas sensoriales y motores Comunicarse para coordinar respuestas a condiciones internas y externas
- explicar las funciones de los propioceptores, barorreceptores y quimiorreceptores
- etiquetar la ubicación de los principales órganos endocrinos en el cuerpo humano
- describir las funciones de las hormonas clave
- describir el papel de las hormonas circulantes (sangre) y locales
- explicar cómo se regulan los niveles de hormonas circulantes
- explicar la relación entre el hipotálamo y la glándula pituitaria.

# Preguntas de autoaprendizaje

1. Enumere tres funciones del sistema nervioso.
2. Describe la importancia de la estimulación del sistema nervioso simpático durante el deporte y el ejercicio.
3. Explique cómo las sensaciones propioceptivas nos ayudan a decidir la cantidad correcta de esfuerzo muscular necesario para realizar una tarea de ejercicio.
4. Enumere tres fuentes de información que regulan la liberación de hormonas.
5. Explique cómo la interacción entre el hipotálamo y la glándula pituitaria mantiene con éxito la homeostasis de una variable elegida durante el ejercicio.



## Pregunta basada en datos

El cortisol es una hormona endocrina secretada por la glándula suprarrenal. A menudo se la describe como una hormona del estrés porque el aumento de cortisol puede ser

Se detecta en la sangre y la saliva durante y después del estrés, incluido el ejercicio intenso. El cortisol desempeña un papel importante en la regulación del metabolismo. Sin embargo, un exceso de cortisol puede estar asociado con efectos negativos. consecuencias.

Un estudio de investigación sobre 48 jóvenes en la escuela investigó si la educación impartida fuera del aula (incluida la educación física) para

Un día a la semana ayudaría a reducir el estrés y tendría efectos positivos en la actividad cerebral, en comparación con toda la educación en el aula. Niveles de cortisol

Se midieron las concentraciones de saliva en muestras tomadas al inicio, a mitad y al final del trimestre. En cada uno de esos tres días, las muestras se tomaron a las 08:30, 10:30 y 12:30 horas.

La Tabla 6 muestra la media (DE) de las concentraciones de cortisol salival ( $\mu\text{g/l}$ ) para el exterior y el interior. grupos.

▼ Tabla 6

Concentraciones de cortisol salival ( $\mu\text{g/l}$ )					
Inicio del semestre		Examen de mitad del trimestre		Fin del mandato	
Tiempo fuera de aula	Dentro de aula	Fuera de aula	Dentro de aula	Fuera de aula	Dentro de aula
08,30 0,45 (0,27)	0,39 (0,16)	0,36 (0,24)	0,40 (0,24)	0,42 (0,19)	0,41 (0,13)
10,30 0,30 (0,20)	0,30 (0,19)	0,35 (0,21)	0,43 (0,20)	0,21 (0,12)	0,25 (0,17)
12,30 0,29 (0,24)	0,32 (0,13)	0,24 (0,19)	0,39 (0,12)	0,25 (0,17)	

1. Identificar:

a. ¿Qué grupo tuvo el valor de cortisol más bajo en cualquier momento? (1 punto)

b. ¿A qué hora del día se produce el valor más alto de cortisol? (1 punto)

2. Distinguir el efecto de la hora del día en las respuestas del cortisol entre el exterior y el interior. grupos. (3 puntos)

3. Explique por qué los niveles reducidos de cortisol pueden ser beneficiosos para los participantes. (4 puntos)