

Módulo 4. Equilibrio hídrico y electrolítico en el ejercicio

Unidad 1. Regulación del equilibrio hídrico

El mantenimiento de un equilibrio hídrico adecuado es crucial para la salud y el rendimiento deportivo. Durante el ejercicio, las pérdidas de líquidos aumentan debido a la sudoración y la respiración acelerada, lo que puede alterar la homeostasis corporal si no se reponen las cantidades necesarias. En este bloque se exploran los mecanismos fisiológicos que controlan la hidratación, las consecuencias de la deshidratación sobre el rendimiento y el sistema cognitivo, así como las estrategias más efectivas para garantizar una ingesta hídrica adecuada en distintas condiciones ambientales y niveles de actividad física.

Mecanismos de regulación del equilibrio hídrico

El equilibrio hídrico se refiere a la relación entre la ingesta de agua y la pérdida de líquidos a través de la orina, el sudor, la respiración y las heces. La correcta regulación de este equilibrio implica un sistema de control delicado en el que intervienen los riñones, diversas hormonas y el centro de la sed en el hipotálamo.

Función de los riñones y hormonas en la hidratación

La función renal y la acción hormonal son fundamentales para mantener el equilibrio hídrico del organismo durante el ejercicio y en condiciones de variación en la ingesta o pérdida de líquidos. A continuación, se describen los principales roles de los riñones y las hormonas implicadas en la regulación de la hidratación.

- **Rol de los riñones**

Los riñones son los principales órganos que regulan el **volumen** y la **composición** de los líquidos corporales. A través de la **filtración glomerular** y la **reabsorción** en los túbulos renales, los riñones ajustan la excreción de agua y electrolitos (sodio, potasio, cloro, etc.) para mantener la homeostasis.

Cuando el **volumen plasmático** disminuye (por sudoración excesiva o baja ingesta de líquidos), se reduce la tasa de filtración y aumenta la reabsorción de agua para limitar la pérdida por orina. De igual modo, ante una ingesta excesiva de líquidos, los riñones excretan el excedente para evitar la hipervolemia y la dilución excesiva de solutos.

- **Hormonas clave**

- **ADH (hormona antidiurética o vasopresina):** producida en el hipotálamo y liberada por la neurohipófisis, promueve la reabsorción

de agua en los túbulo renales, disminuyendo el volumen de orina y conservando líquidos cuando el organismo lo necesita. Se libera principalmente ante un aumento de la osmolaridad plasmática o una caída de la presión sanguínea.

- **Aldosterona:** secretada por la corteza suprarrenal, estimula la **reabsorción de sodio** (y por ende de agua, por osmosis) en el túbulo distal y el conducto colector renal. Su liberación se ve potenciada por el **sistema renina-angiotensina** en respuesta a la reducción del flujo renal o de la presión arterial. La aldosterona previene la pérdida excesiva de sodio y regula la retención hídrica.
- **Péptidos natriuréticos (ANP y BNP):** liberados por las aurículas y ventrículos cardíacos ante un aumento del volumen sanguíneo, fomentan la **excreción de sodio** y agua para reducir la sobrecarga de líquidos y la presión arterial.

Papel del hipotálamo y la sed

A continuación, se describen las funciones del hipotálamo en la regulación del equilibrio hídrico, destacando el papel del centro de la sed y el mecanismo de retroalimentación fisiológica que controla la ingesta y conservación de líquidos.

- **Centro de la sed**

El hipotálamo contiene osmorreceptores sensibles a la osmolaridad del plasma. Cuando la concentración de solutos en sangre se eleva, por ejemplo, debido a la pérdida de agua en el sudor, se desencadena la sensación de sed que motiva al individuo a beber. Esta respuesta es esencial para reponer los líquidos perdidos y evitar un deterioro del volumen sanguíneo que afecte la perfusión tisular.

- **Retroalimentación fisiológica**

El hipotálamo detecta cambios en la presión arterial y en la osmolaridad plasmática mediante receptores especializados. Si se percibe un descenso significativo del volumen o un aumento de la osmolaridad, se estimula la liberación de la hormona antidiurética (ADH) y se intensifica la sensación de sed. Cuando el individuo ingiere líquidos y estos se absorben, la osmolaridad se corrige, disminuye la liberación de ADH y la sed se atenúa. Este ciclo de retroalimentación mantiene el equilibrio hídrico y previene tanto la deshidratación como la sobrehidratación (hiponatremia).

Impacto de la deshidratación en el rendimiento deportivo



La **deshidratación** ocurre cuando las pérdidas de líquidos superan la ingesta. En el contexto deportivo, la sudoración es la vía principal de pérdida, aunque también influyen la **respiración acelerada** y otras condiciones ambientales.

Entre los efectos fisiológicos y cognitivos de la deshidratación, podemos mencionar los siguientes:

- **Efectos cardiovasculares**

La disminución del volumen plasmático reduce el **retorno venoso** al corazón y, por tanto, el **gasto cardíaco** (volumen de sangre que el corazón bombea por minuto). Para compensar, la **frecuencia cardíaca** se incrementa, generando un mayor esfuerzo sobre el sistema cardiovascular. Si la deshidratación persiste, la **presión arterial** puede caer, afectando el suministro de oxígeno a los músculos y órganos.

- **Efectos termorreguladores**

El sudor es el principal mecanismo de **enfriamiento** durante el ejercicio en ambientes cálidos. Al reducirse la disponibilidad de líquido para el sudor, la disipación de calor empeora, conduciendo a un mayor riesgo de **hipertermia**. Se eleva la **temperatura corporal interna**, lo que eleva también la percepción de esfuerzo y puede causar fatiga temprana, calambres o insolaciones.

- **Rendimiento muscular y metabólico**

La contracción muscular se ve limitada ante la disminución del flujo sanguíneo y la falta de nutrientes y oxígeno. La **fatiga** aparece de forma más prematura, lo que reduce la potencia, la fuerza explosiva y la resistencia. La **acumulación de metabolitos** y la deficiente eliminación de calor agravan la sensación de agotamiento.

- **Funciones cognitivas**

La deshidratación de incluso un 2 % del peso corporal puede deteriorar la concentración, la memoria a corto plazo y la capacidad de **toma de decisiones**. Este factor es especialmente relevante en deportes estratégicos o de larga duración, en los que la lucidez mental resulta crítica.

Niveles de deshidratación y sus consecuencias

A continuación, se presentan los distintos niveles de deshidratación y las consecuencias fisiológicas y del rendimiento asociadas a cada grado de pérdida de peso corporal por líquidos.

- **1-2 % de pérdida de peso corporal:** aparecen ligeros aumentos de la frecuencia cardíaca y una mínima disminución del rendimiento. La sed suele ser manejable, aunque no siempre se tiene conciencia del déficit.



- **2-3 %:** se observan reducciones evidentes en el rendimiento aeróbico, mayor percepción de esfuerzo y posible fatiga anticipada.
- **3-5 %:** la **capacidad termorreguladora** se ve seriamente comprometida, aumenta el riesgo de **golpe de calor**, la frecuencia cardíaca se eleva de forma notable y el rendimiento cae de manera importante. Posibles mareos y debilidad muscular.
- **Más de 5 %:** riesgo de **desorientación**, calambres severos y colapso circulatorio. En casos extremos, la deshidratación grave conlleva peligro vital.

Estrategias de hidratación antes, durante y después del ejercicio

Una hidratación adecuada implica planificar la ingesta de líquidos en función de la duración, intensidad y condiciones ambientales del ejercicio, así como de las características individuales del atleta (tasa de sudoración, aclimatación, etc.).

A continuación, se presentan las recomendaciones para una hidratación adecuada antes, durante y después del ejercicio, considerando la duración, intensidad y condiciones ambientales, así como las características individuales del atleta.

- **Antes del ejercicio.** Es fundamental asegurar un estado de hidratación previo a la actividad. Se recomienda ingerir aproximadamente 5-7 ml de líquido por kilogramo de peso corporal al menos cuatro horas antes del ejercicio. Por ejemplo, una persona de 70 kg debería consumir entre 350 y 490 ml de agua o bebida isotónica. Cerca del inicio, algunos deportistas pueden tomar entre 200 y 300 ml adicionales, especialmente en ambientes calurosos.
- **Durante el ejercicio.** La reposición de líquidos debe equilibrar la pérdida por sudor y evitar sobrecargas. Una pauta práctica es consumir entre 150 y 250 ml cada 15-20 minutos, ajustando según la tasa de sudoración y tolerancia gastrointestinal individual. En ejercicios que superen los 60 minutos, es beneficioso incluir carbohidratos (6-8 %) y electrolitos, principalmente sodio, para prevenir la caída del rendimiento y la hiponatremia. Es importante no esperar a sentir sed para hidratarse, ya que la sed suele aparecer después de una pérdida significativa de líquidos.
- **Después del ejercicio.** El objetivo es reponer los líquidos y electrolitos perdidos y restaurar el peso corporal anterior. Se recomienda beber entre 1,2 y 1,5 litros por cada kilogramo de peso perdido, para compensar pérdidas adicionales por diuresis posejercicio y favorecer la rehidratación celular. Incorporar sodio en la bebida o la alimentación facilita la retención de líquidos y la recuperación del equilibrio electrolítico. Además, el consumo de proteínas y carbohidratos en esta fase contribuye a la resíntesis de glucógeno y la reparación muscular.

Uso de bebidas deportivas y electrolitos

A continuación, se describen los tipos de bebidas deportivas y la importancia de los electrolitos en la reposición hídrica durante el ejercicio, considerando sus características y usos recomendados según la intensidad y duración de la actividad.

- **Bebidas isotónicas.** Contienen una proporción de agua y solutos similar a la de la sangre (carbohidratos entre 6 y 8 % y sodio entre 20 y 60 mmol/l), lo que facilita su absorción y la reposición de líquidos y electrolitos perdidos. Son especialmente útiles en actividades prolongadas (de 60 a 90 minutos o más) e intensas, así como en condiciones de calor donde la sudoración es elevada.
- **Bebidas hipotónicas e hipertónicas.** Las bebidas hipotónicas tienen una concentración de solutos menor que la sangre, lo que permite una absorción rápida; se recomiendan para esfuerzos de corta duración o moderada intensidad, cuando la prioridad es la hidratación más que la reposición energética. Por su parte, las bebidas hipertónicas poseen una concentración de solutos superior a la de la sangre, aportan más carbohidratos, pero su absorción es más lenta y pueden atraer agua hacia el interior del intestino, aumentando el riesgo de molestias gastrointestinales.
- **Sodio y otros electrolitos (potasio, magnesio).** El sodio es el principal ion perdido a través del sudor y resulta fundamental para mantener el equilibrio osmótico y la función neuromuscular. Beber solo agua durante esfuerzos prolongados puede diluir el sodio plasmático, provocando hiponatremia si no se repone adecuadamente. El potasio contribuye a la contracción muscular y la regulación del líquido intracelular, mientras que el magnesio participa en numerosas reacciones enzimáticas; su deficiencia prolongada puede favorecer la aparición de calambres y fatiga.

Factores que afectan las necesidades hídricas

No todos los deportistas requieren la misma cantidad de líquidos. Diversas variables, que se presentan a continuación, modulan la **tasa de sudoración** y las **pérdidas hídricas**.

1. Temperatura ambiental y humedad

- **Climas cálidos.** Con temperaturas elevadas, la sudoración aumenta de forma considerable, lo que requiere una reposición mayor de líquidos para evitar la deshidratación. La evaporación del sudor es el principal mecanismo de enfriamiento corporal, pero si la humedad ambiental es alta, esta evaporación se dificulta, incrementando el riesgo de estrés térmico y afectando negativamente el rendimiento y la salud.

- **Climas fríos.** Aunque la sensación de sed disminuye, aún se produce pérdida de fluidos por sudor (aunque menos evidente) y respiración (aire seco y frío). La **deshidratación** en ambientes fríos puede pasar inadvertida. El cuerpo también aumenta la diuresis por frío (diuresis fría), lo que puede conllevar mayores pérdidas de líquido.
- **Altitud.** En altura, la respiración se intensifica para compensar la menor presión parcial de oxígeno, generando pérdidas adicionales de agua a través de las vías respiratorias. Además, la hipoxia puede desencadenar un aumento de la diuresis, acentuando el riesgo de deshidratación.

2. Duración e intensidad del ejercicio

- **Ejercicios de corta duración** (←60 min). Las pérdidas de líquidos pueden ser moderadas, pero en sesiones de alta intensidad aún se genera una sudoración considerable. La hidratación previa y la ingesta de agua simple suele ser suficiente en la mayoría de los casos.
- **Ejercicios de resistencia prolongada** (→90 min). La **sudoración sostenida** implica un alto volumen de líquido y electrolitos perdidos. Las reposiciones deben ser continuas y deben incluir **carbohidratos** y **sodio** para mantener la performance y prevenir problemas como la hiponatremia. Los deportes como maratón, ciclismo de ruta o triatlón exigen una planificación meticulosa, basándose en la **tasa de sudoración** individual (se puede estimar pesándose antes y después del ejercicio sin ropa mojada).
- **Entrenamientos o competiciones intermitentes** (deportes de equipo). A pesar de que hay pausas en el juego, la intensidad de las acciones puede ser muy alta, generando una **sudoración abundante**. Se recomienda beber en cada pausa o entre períodos (mitades, cuartos), incluyendo electrolitos para optimizar la recuperación rápida.

Conclusiones

La regulación del equilibrio hídrico es esencial para el óptimo funcionamiento del organismo y el rendimiento deportivo. Los riñones, las hormonas (ADH, aldosterona, etc.) y el hipotálamo (centro de la sed) trabajan en conjunto para mantener estable el volumen sanguíneo y la osmolaridad plasmática. Durante el ejercicio, especialmente en ambientes calurosos o durante periodos prolongados, la sudoración se convierte en la principal vía de pérdida de agua y electrolitos, aumentando el riesgo de deshidratación.

La deshidratación provoca cambios fisiológicos que afectan la capacidad cardiovascular, la termorregulación, la fuerza muscular y la función cognitiva, pudiendo incluso comprometer la salud.

Para evitarlo, existen estrategias de hidratación basadas en la ingesta de líquidos y electrolitos antes, durante y después del ejercicio, atendiendo a las características individuales de cada deportista y al entorno (temperatura, humedad, altitud).

El uso de bebidas deportivas con concentraciones adecuadas de hidratos de carbono y sodio mejora la reposición hídrica y energética en actividades de duración e intensidad considerables.

Factores como la duración e intensidad de la sesión, la temperatura, la humedad y la tasa de sudoración personal determinan los requerimientos líquidos. Conociendo estas variables, es posible diseñar una pauta de hidratación personalizada que proteja la salud del deportista y optimice su rendimiento.

En última instancia, la hidratación es un pilar fundamental de la preparación deportiva. Comprender los mecanismos que la regulan y adoptar pautas basadas en la evidencia científica permite reducir el impacto de la deshidratación, mantener la concentración, el rendimiento físico y la seguridad durante la práctica de cualquier disciplina deportiva.

Unidad 2. Electrolitos y rendimiento

Los electrolitos —principalmente sodio, potasio, cloro, magnesio y calcio— cumplen un papel esencial en el mantenimiento del equilibrio hídrico, la función nerviosa y la contracción muscular. Durante la práctica deportiva, la pérdida de electrolitos a través del sudor puede comprometer el rendimiento y la salud del atleta si no se reponen adecuadamente. En este bloque se profundiza en la importancia de los electrolitos para el rendimiento físico, las consecuencias de su déficit, las formas de reponerlos y la monitorización del equilibrio hídrico-electrolítico.

Pérdida de sodio y otros electrolitos a través del sudor

A continuación, se abordan aspectos fundamentales sobre la composición del sudor y la variabilidad individual en la pérdida de electrolitos, así como las consecuencias que puede acarrear un desequilibrio electrolítico para el rendimiento y la salud del deportista.

1. Composición del sudor y variabilidad individual

- **Constituyentes del sudor.** El sudor está compuesto principalmente por agua; sin embargo, también contiene cantidades significativas de sodio (Na⁺), cloruro (Cl⁻), potasio (K⁺), magnesio (Mg²⁺) y otros minerales en menor proporción. La concentración de estos electrolitos en el sudor varía según factores genéticos, el nivel de aclimatación al calor, la alimentación y el estado de hidratación previo.

- **Variabilidad individual.** Algunas personas presentan una tasa de sudoración más alta o un sudor con mayor concentración de sodio que otras, lo que las hace más propensas a sufrir desequilibrios electrolíticos durante ejercicios prolongados o en ambientes calurosos. La concentración de sodio en el sudor puede variar entre 20 y 80 mmol/L, aunque en ciertos casos se han registrado valores superiores, de hasta 100 mmol/L. Esta variabilidad destaca la importancia de personalizar la estrategia de hidratación y reposición de electrolitos según las características individuales.

2. Consecuencias de la pérdida de electrolitos

- **Hiponatremia** (baja concentración de sodio en sangre). Puede ocurrir cuando la ingesta de agua sin sodio en grandes cantidades diluye el sodio plasmático, o cuando se pierde mucho sodio por el sudor sin reponerlo adecuadamente. Los síntomas van desde fatiga, náuseas y calambres hasta confusión mental e, incluso, en casos graves, convulsiones y coma.
- **Pérdida de rendimiento.** Una disminución importante de sodio y potasio afecta la **contracción muscular** y la **transmisión del impulso nervioso**, llevando a una **fatiga prematura** y a un descenso de la fuerza, la resistencia y la coordinación. La deshidratación acompañada de desequilibrio electrolítico también interfiere con la **termorregulación**, exacerbando la sensación de cansancio y el riesgo de golpe de calor.
- **Aumento del riesgo de calambres.** Una de las teorías sobre los calambres musculares asocia la **pérdida de sodio y potasio** con la alteración del control neuromuscular, aumentando la excitabilidad de la membrana muscular. Si bien no todos los calambres están relacionados solo con la falta de electrolitos, mantener niveles adecuados de sodio y potasio resulta fundamental para reducir su incidencia.

Importancia de los electrolitos en la función muscular

Los electrolitos son fundamentales para el correcto funcionamiento muscular y nervioso. A continuación, se describen sus roles principales en la contracción muscular y transmisión del impulso nervioso, así como los signos que indican un desequilibrio electrolítico y sus consecuencias.

Papel en la contracción muscular y transmisión nerviosa

Los electrolitos sodio, potasio, calcio y magnesio son fundamentales para la contracción muscular y la transmisión nerviosa. Su equilibrio permite la excitación y relajación de las fibras musculares, procesos esenciales para el movimiento y el



rendimiento físico. Aquí se describen sus funciones principales y las consecuencias de su alteración.

- **Sodio y potasio.** La bomba sodio-potasio (Na^+/K^+ ATPasa) mantiene la diferencia de potencial eléctrico a través de la membrana celular, algo fundamental para la excitación de la fibra muscular y su posterior contracción. Durante el potencial de acción, el sodio (Na^+) ingresa a la célula mientras el potasio (K^+) sale; luego, la bomba restablece activamente el equilibrio. Cualquier alteración en las concentraciones de estos iones puede causar fallos en los procesos de despolarización y repolarización.
- **Calcio y magnesio.** El calcio (Ca^{2+}) juega un papel decisivo en el acoplamiento excitación-contracción, ya que se une a la troponina y permite la interacción entre actina y miosina. Por su parte, el magnesio (Mg^{2+}) regula la liberación de acetilcolina en la unión neuromuscular y contribuye a la relajación muscular al competir con el calcio por los sitios de unión. Una deficiencia de calcio o magnesio afecta la sincronización y el relajamiento muscular, lo que puede provocar fatiga o calambres.

Signos y síntomas de desequilibrio electrolítico

Los desequilibrios electrolíticos presentan síntomas variados que se clasifican según su intensidad y gravedad, los cuales ayudan a identificar la severidad del problema y orientar la intervención adecuada.

- **Desequilibrio leve-moderado.** Los síntomas asociados a un desequilibrio electrolítico leve a moderado incluyen fatiga, debilidad general y sensación de mareo o «cabeza ligera». También pueden aparecer pequeños calambres o espasmos musculares, a veces acompañados de temblores o tics. Además, es común observar una disminución del rendimiento en series de alta intensidad o en esfuerzos prolongados.
- **Desequilibrio grave.** En casos de desequilibrio electrolítico grave, pueden presentarse síntomas como desorientación mental, confusión o conductas anómalas. También son frecuentes los calambres intensos, contracciones involuntarias y dolor persistente. Además, existe riesgo de arritmias cardíacas, especialmente en situaciones de hiperpotasemia o hipopotasemia extremas.

Suplementación y reposición de electrolitos

Para mantener un adecuado equilibrio electrolítico durante la actividad física, es fundamental considerar tanto la alimentación como la suplementación específica. La reposición de electrolitos puede realizarse mediante fuentes dietéticas naturales y bebidas deportivas formuladas para optimizar la hidratación y el rendimiento.



1. Alimentos y bebidas ricos en electrolitos

Los electrolitos pueden obtenerse tanto a través de alimentos comunes como mediante bebidas deportivas especialmente formuladas para apoyar la hidratación y el rendimiento durante el ejercicio.

- **Fuentes dietéticas naturales.** Los electrolitos se encuentran en diversos alimentos naturales que forman parte de una dieta equilibrada. El sodio está presente en la sal de mesa, alimentos procesados, quesos, aceitunas y caldos, aunque es importante moderar su consumo. El potasio se encuentra en frutas como bananas, melón y naranja, así como en verduras de hoja verde, tomates y legumbres. El magnesio está presente en frutos secos, semillas, cereales integrales y legumbres. Por último, el calcio se obtiene principalmente de lácteos, vegetales de hoja oscura, frutos secos y pescados con espinas blandas, como las sardinas.
- **Bebidas deportivas.** Las bebidas deportivas están diseñadas con proporciones equilibradas de carbohidratos (6-8 %) y sodio (20-60 mmol/L), junto con potasio y otros minerales. Estas formulaciones facilitan la rehidratación y proporcionan aporte energético, especialmente durante esfuerzos prolongados de más de 60 a 90 minutos o en condiciones de calor y humedad elevadas.

2. Uso de suplementos y sus indicaciones

Los suplementos de electrolitos son útiles para cubrir necesidades específicas en situaciones de alta sudoración o condiciones extremas, pero deben usarse con precaución y bajo asesoramiento profesional. Sobres o cápsulas de electrolitos resultan especialmente indicados en competiciones de ultra-resistencia, donde la ingesta precisa de sodio y otros minerales es fundamental, y se consumen junto con agua para evitar la dilución excesiva del sodio plasmático. La suplementación se recomienda en casos como atletas que sudan con alta concentración de sodio (más de 1-2 g por hora), entrenamientos o carreras en calor extremo, y en personas con dietas muy bajas en sal o antecedentes de calambres recurrentes. Es importante tener en cuenta que el exceso de potasio puede causar hiperpotasemia, afectando la función cardíaca, por lo que siempre se debe consultar a un nutricionista o profesional de la salud, ya que los requerimientos varían según la fisiología y modalidad deportiva de cada deportista.

Monitoreo del equilibrio hídrico y electrolítico

Para controlar el equilibrio hídrico y electrolítico se utilizan métodos como el peso corporal pre y post ejercicio, la observación del color de la orina, y, en casos



especializados, la bioimpedancia o la osmolaridad plasmática. También se considera la percepción subjetiva de sed, aunque no siempre es fiable.

Métodos para evaluar el estado de hidratación

Para evaluar el estado de hidratación se emplean diversos métodos que varían en complejidad y precisión.

1. **Peso corporal antes y después del ejercicio.** La **diferencia de peso** (sin ropa mojada) indica cuánto líquido se ha perdido. Por ejemplo, una pérdida de 1 kg equivale aproximadamente a 1 litro de sudor no repuesto. Permite calcular la **tasa de sudoración** por hora y diseñar una estrategia de hidratación y electrolitos personalizada.
2. **Color y volumen de la orina.** La orina oscura y de **bajo volumen** suele sugerir deshidratación. Aunque es un método simple, la suplementación con vitaminas (B, por ejemplo) y otros factores puede alterar el color, por lo que no es infalible.
3. **Bioimpedancia y osmolaridad plasmática.** Existen métodos más sofisticados para medir la **composición corporal** (bioimpedancia) o la **osmolaridad plasmática**, pero su uso suele reservarse a entornos médicos o de investigación.
4. **Evaluación subjetiva.** La **sensación de sed** y la autopercepción pueden guiar la ingesta de líquidos, pero no siempre es un indicador fiable, pues el reflejo de sed suele aparecer tardíamente.

Tecnologías y herramientas disponibles

Existen diversas tecnologías y herramientas que facilitan el monitoreo del equilibrio hídrico y electrolítico durante el ejercicio.

- **Sensores portátiles**
 - Dispositivos que miden la **conductividad eléctrica** del sudor y estiman la pérdida de sodio. Aunque aún en desarrollo, representan una vía para **monitorizar en tiempo real** los electrolitos.
 - Pulseras o parches electrónicos que reportan al deportista la tasa de sudoración y la concentración de sodio, facilitando ajustes inmediatos en la ingesta.
- **Aplicaciones y software**
 - Programas que, a partir del peso, la temperatura ambiente, la humedad y la duración/intensidad del entrenamiento, calculan una ingesta estimada de agua y electrolitos.

- Permiten un **registro histórico** para analizar tendencias y adaptar las pautas de hidratación.

- **Combinar**

métodos

- Lo más efectivo es **integrar** la información de diferentes herramientas (peso pre-post, color de orina, sensores de sudor, apps de seguimiento) para obtener una visión completa y tomar decisiones más acertadas.

Conclusiones

Los electrolitos —sodio, potasio, cloro, magnesio, calcio— son esenciales para la actividad muscular, la transmisión nerviosa y el mantenimiento del equilibrio hídrico. Durante el ejercicio, especialmente en condiciones de calor o alta intensidad, las pérdidas de sodio y otros minerales pueden llevar a desequilibrios que minan el rendimiento y ponen en riesgo la salud.

Pérdida de electrolitos: Varía significativamente entre individuos (tasa de sudoración y concentración de sodio en sudor). Esta variabilidad reclama una estrategia personalizada de reposición.

Relevancia en la función muscular: El sodio, potasio, calcio y magnesio participan en la creación y propagación del impulso nervioso, así como en la contracción y relajación de la fibra muscular. Un desequilibrio dificulta la contracción eficiente y puede precipitar calambres o fatiga.

Reposición de electrolitos: Se logra mediante la dieta (frutas, verduras, lácteos, sal de mesa en dosis controladas) y bebidas deportivas específicas, que además aportan carbohidratos y mejoran la absorción del agua en actividades prolongadas. En casos de mayor demanda (por ejemplo, en «sudoradores salados»), se recurre a cápsulas o sobres de electrolitos.

Monitoreo hídrico-electrolítico: El control del peso corporal antes y después del entrenamiento, la observación de la orina y el uso de herramientas tecnológicas (sensores de sudor, software de seguimiento) permiten evaluar el grado de hidratación y ajustar las ingestas de líquidos y electrolitos.

En definitiva, una correcta gestión de los electrolitos no sólo preserva la salud del deportista, sino que también maximiza la capacidad de producir fuerza, prolonga la resistencia y reduce la incidencia de calambres y fatiga muscular. Una estrategia de hidratación y reposición electrolítica bien diseñada constituye un factor determinante en la búsqueda de un alto rendimiento y una práctica deportiva segura.

Referencias bibliográficas para consulta

- Armstrong, L. E.** (2007). Assessing hydration status: the elusive gold standard. *Journal of the American College of Nutrition*, 26(5 Suppl), 575S–584S.
- Bangsbo, J., Sørensen, H., & Mohr, M.** (2006). Physiological response and fatigue mechanisms in soccer. *Sports Science Exchange*, 19(2), 1–6.
- Bentley, D. J., Newell, J., & Bishop, D.** (2007). Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Medicine*, 37(7), 575–586.
- Casa, D. J., Clarkson, P. M., & Roberts, W. O.** (2005). American College of Sports Medicine roundtable on hydration and physical activity: consensus statements. *Current Sports Medicine Reports*, 4(3), 115–127.
- Cheung, S. S.** (2010). Evaluating hydration based on changes in body mass and thirst: can we simplify the message for the public? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 35(5), 797–799.
- Cheuvront, S. N., Carter, R., & Sawka, M. N.** (2003). Fluid balance and endurance exercise performance. *Current Sports Medicine Reports*, 2(4), 202–208.
- Coyle, E. F.** (1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 23, 25–63.
- Gladden, L. B.** (2004). Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *Journal of Physiology*, 558(Pt 1), 5–30.
- Gastin, P. B.** (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*, 31(10), 725–741.
- Heaney, S., Meyer, N. L., & McGee, D. F.** (2019). Fluid and electrolyte management for athletes. *Current Sports Medicine Reports*, 18(8), 324–329.
- Hickson, R. C., Davis, J. A., Moore, A. C., & Holloszy, J. O.** (1977). Linear increase in aerobic power induced by a strenuous program of endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 42(1), 372–376.
- Hoffman, M. D., Stuempfle, K. J., & Rogers, I. R.** (2008). Dehydration assessment techniques to be used in the field. *Sports Medicine*, 38(1), 53–61.
- Kenefick, R. W., & Cheuvront, S. N.** (2012). Hydration for recreational sport and physical activity. *Nutrition Reviews*, 70(Suppl 2), S137–S142.
- Laursen, P. B., & Jenkins, D. G.** (2002). The scientific basis for high-intensity interval training. *Sports Medicine*, 32(1), 53–73.



- Mairbäurl, H.** (2013). Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells. *Frontiers in Physiology*, 4, 332.
- Montain, S. J., & Coyle, E. F.** (1992). Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 73(4), 1340–1350.
- Maughan, R. J.** (2001). Impact of mild dehydration on wellness and on exercise performance. *European Journal of Clinical Nutrition*, 55(Suppl 2), S19–S23.
- Maughan, R. J., Watson, P., & Shirreffs, S. M.** (2007). Heat and cold illnesses: hydration. In W. O. Roberts (Ed.), *ACSM's Primary Care Sports Medicine* (pp. 257–270). Lippincott Williams & Wilkins.
- Passe, D. H., Horn, M. H., Stofan, J. R., Horswill, C. A., Burkholder, R. T., & Murray, T. M.** (2007). Sweat sodium concentration during work in the heat. *International Journal of Sports Medicine*, 28(7), 631–635.
- Popkin, B. M., D'Anci, K. E., & Rosenberg, I. H.** (2010). Water, hydration, and health. *Nutrition Reviews*, 68(8), 439–458.
- Popowski, L. A., Oppliger, R. A., Lambert, G. P., Johnson, R. F., Johnson, A. K., & Gisolfi, C. V.** (2001). Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 747–753.
- Robergs, R. A., Ghiasvand, F., & Parker, D.** (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 287(3), R502–R516.
- Rosenbloom, C. A., & Coleman, L. A.** (2012). Body composition and water loss. In R. J. Maughan (Ed.), *Sports Nutrition* (2nd ed., pp. 87–108). Human Kinetics.
- Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S.** (2007). American College of Sports Medicine position stand: exercise and fluid replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 377–390.
- Sawka, M. N., & Coyle, E. F.** (1999). Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 27, 167–218.
- Shirreffs, S. M., & Sawka, M. N.** (2011). Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 29(S1), S39–S46.
- Stachenfeld, N. S.** (2008). Acute and chronic effects of estrogen on body fluid regulation. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36(3), 152–159.



Van Loon, L. J. C., Thom, J. M., Constantin-Teodosiu, D., Saris, W. H. M., & Wagenmakers, A. J. M. (2001). β -hydroxy- β -methylbutyrate supplementation does not change muscle metabolic responses to prolonged exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), 757–763.

Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Kenney, W. L. (2019). *Physiology of Sport and Exercise*. Human Kinetics.

