
Factores limitantes del rendimiento deportivo

PID_00252107

Anna Sauló Aránega

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 1 hora



Índice

Introducción	5
1. Riesgos nutricionales en el deporte	7
1.1. Deshidratación	7
1.2. Desequilibrio electrolítico	10
1.3. Hipoglucemia	11
1.4. Problemas gastrointestinales	12
1.4.1. ¿Qué pasa cuando se hace ejercicio físico intenso?	13
1.5. Anemias ferropénicas, y déficit de hierro en deportistas	17
1.5.1. Cambios en los valores sanguíneos con el entrenamiento y el hierro	18
2. Conclusiones	22
Bibliografía	23

Introducción

La práctica de ejercicio físico no está exenta de efectos secundarios y de riesgos médico-nutricionales si no se cumplen ciertas normas y recomendaciones estipuladas. Desgraciadamente, son muy comunes los ingresos hospitalarios derivados de procesos agudos de deshidratación severa e hiponatremias durante y después de una competición. Incluso ciertos trastornos en un ámbito intestinal también son causa de visitas de urgencias.

También existen casos subagudos, como las anemias ferropénicas o anemias ferropénicas del deportista, derivadas de unos requerimientos elevados del mismo deporte de resistencia, por impacto y duración del ejercicio, así como una disminución de la ingesta de hierro.

Estos procesos son solo algunos de los ejemplos de que unas adecuadas estrategias nutricionales pueden llevar a la mejora de la salud del deportista y, por tanto, de su rendimiento deportivo.

1. Riesgos nutricionales en el deporte

Dentro de los riesgos médico-nutricionales más habituales en el deporte encontramos la deshidratación, por lo que iniciaremos el apartado con esta situación.

1.1. Deshidratación

Durante la práctica de actividad física, la homeostasis en un ámbito corporal resulta alterada por la pérdida de agua e iones. Estas pérdidas tienen una gran variación individual, dependiendo de la intensidad del ejercicio, la duración y factores ambientales como la temperatura, la humedad, el viento y la radiación, entre otros.

El sudor y su posterior evaporación es el mecanismo que tiene el organismo para termorregular y producir un enfriamiento de la piel, con el objetivo de evitar un calentamiento del núcleo interno y el grave riesgo de patología por calor (Palacios y otros, 2008).

Cuando el deportista no se hidrata adecuadamente, se puede dar una situación de deshidratación por una hipovolemia hiperosmótica, ya que el sudor es hiperosmótico en relación con el plasma. Cuando la deshidratación está instaurada, la capacidad de producir sudor se ve limitada, lo que lleva a un calentamiento interno, con el riesgo de tener una patología grave por calor.

Además, debemos tener en cuenta que el 80 % de la energía producida para la contracción muscular es liberada en forma de calor, que debe eliminarse con el mecanismo anteriormente comentado, para evitar que se produzca un calentamiento interno.

Como hemos visto en apartados anteriores, la deshidratación afecta en un ámbito de sistemas orgánicos de regulación y control, y también al rendimiento deportivo, entre otras cosas porque:

- 1) disminuye la obtención de energía aeróbica por el músculo,
- 2) no hay un buen lavado del ácido láctico producido durante el ejercicio o
- 3) disminuye la fuerza muscular.

El estado de deshidratación se define como la pérdida del 2 % del peso corporal en líquido.

A partir de ese momento, el deportista ya experimenta una bajada del rendimiento, y las consecuencias de la deshidratación aumentan a medida que lo hace el grado de deshidratación, y puede llegar a causar dolores intensos de cabeza, calambres, contracción sostenida de la musculatura, el coma o la muerte (Palacios y otros, 2008; Urdampilleta y otros, 2014).

Tabla 1. Nivel de deshidratación y alteraciones (Palacios, 2008).

% de pérdida Peso corporal	Alteraciones
2 %	Pérdida de la capacidad termorreguladora.
3 %	Disminución de la resistencia al ejercicio, calambres, mareos, aumento del riesgo de sufrir lipotimias e incremento de la temperatura corporal hasta 38°C.
4-6 %	Disminución de la fuerza muscular, contracturas, cefaleas y aumento de la temperatura corporal hasta 39°C.
7-8 %	Contracturas graves, agotamiento, parestesias, posible fallo orgánico, golpe de calor.
≥10 %	Riesgo vital.

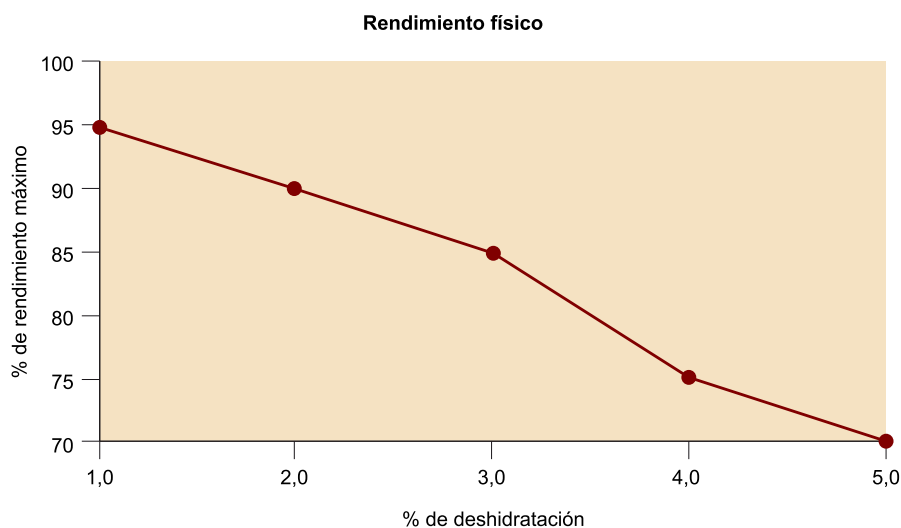
Cuando la deshidratación es del 2-3 %, se empiezan a ver los primeros efectos de la disminución del rendimiento en un ámbito físico y también cognitivo.

En este caso, se da una disminución del volumen plasmático, aumento de la frecuencia cardíaca (Urdampilleta y otros 2014; 2015), a razón de unas 5-8 pulsaciones por minuto por cada litro perdido (Coyle, 1999), y una disminución del flujo de la sangre hacia la piel, lo que reduce la capacidad termorreguladora del organismo, ya que se ven reducidas la transpiración y la disipación del calor (Urdampilleta y otros 2014; 2015), y la temperatura aumenta a razón de 0,3°C por cada litro de líquido perdido (Coyle, 1994).

Cuando el organismo alcanza una **temperatura cercana a los 39°C**, el rendimiento deportivo cae de manera clara debido al mal funcionamiento y alteraciones del sistema para la producción de energía biológica, y también en un ámbito neurofisiológico (Urdampilleta y otros 2015).

Con una deshidratación cercana al 5 % en ejercicios que superen el umbral anaeróbico durante 10 minutos, queda afectado el estado anabólico/catabólico. Existe un aumento del cortisol y la misma carga de ejercicio resulta más fatigante. Se ha descrito que la pérdida del 4-5 % por el efecto de la deshidratación tiene como consecuencia una pérdida del rendimiento físico de entre un 20 y un 30 % (Wilmore y Costill, 2007).

Figura 1. Declive del rendimiento deportivo relacionado con la deshidratación (modificado de Wilmore y Costill 2007).



A su vez, una pérdida de agua de entre el 9 y el 12 % del peso corporal puede provocar la muerte (Wilmore y Costill, 2007).

La percepción del esfuerzo (medida a través del test de Borg, escala de 6-20) también se ve modificada con la deshidratación, aumenta la sintomatología gastrointestinal y es causa de la mayoría de las atenciones sanitarias en competiciones.

El ejercicio en condiciones de calor incrementa la utilización de glucógeno muscular y acelera potencialmente la fatiga. Esta fatiga y percepción del esfuerzo también puede verse influenciada por el aumento de la temperatura corporal, por el efecto de la propia temperatura sobre el funcionamiento en un ámbito cerebral. El impacto negativo del incremento en la temperatura interna sobre la función del cerebro y el sistema nervioso aún no está bien entendido, y puede ocurrir de manera independiente de las respuestas periféricas a la deshidratación anteriormente descritas (flujo sanguíneo, metabolismo muscular, etc.) (Murray, 2000).

Error al pensar que hay que beber *ad libitum*

Según referencias de algunos autores (Noakes, 1991; 1993), las personas que participan en competiciones deportivas no necesitan reponer las pérdidas hídricas durante el ejercicio.

Esta percepción es totalmente errónea, y se justifica por todos los efectos negativos que puede suponer la no hidratación durante las competiciones.

1.2. Desequilibrio electrolítico

El desequilibrio electrolítico es una situación grave para la salud del deportista.

Suele ir muy vinculada a la deshidratación o a la hiperhidratación (con bebidas hipotónicas, agua, por ejemplo), y una situación de este tipo puede ser causa directa de ingreso hospitalario.

La reposición de electrolitos tiene una jerarquía basada en la situación clínica que puede producir la alteración de cada uno (Palacios, 2008).

El sodio (Na⁺)

El desequilibrio electrolítico más común en deportes de resistencia tiene el nombre de **hiponatremia**. Se trata de la disminución de concentración de sodio en sangre <135 mmol/l (la normalidad se establece en 135-145 mmol/l) (Heinrich y otros, 2013) durante el ejercicio físico o durante la recuperación del esfuerzo.

Se trata de una situación grave, con consecuencias que pueden llegar a ser nefastas para el deportista y que comprometen en muchos casos su vida.

Esta situación se debe a la pérdida de sodio por sudoración durante los ejercicios de resistencia de larga duración, sin la incorporación de este electrolito mediante bebidas isotónicas, pastillas de sales o alimentos que lo contengan, y junto a agua como bebida hidratante y, en algunos casos, en exceso.

Este proceso se produce como consecuencia de una dilución de la concentración de este ion en sangre, producida por un desplazamiento del sodio del medio extracelular hacia el intestino, lo que ocasiona la aceleración en la reducción del sodio plasmático (Palacios 2008). Esta situación puede llegar a ser mortal, y llevar a edema cerebral y al fallo respiratorio (Deogenes, 2007).

Entre sus síntomas destacan la confusión, desorientación, hinchazón y edema en las manos y tobillos.

Valores bioquímicos de referencia (Heinrich y otros, 2013)

- Valor normal del sodio: 135-145 mEq/l
- Hiponatremia leve: 134-130 mEq/l
- Hiponatremia de mediana gravedad: 129-120 mEq/l
- Hiponatremia grave: < 120 mEq/l

Es muy importante seguir las recomendaciones establecidas y que veréis en apartados posteriores, sobre el tipo de bebidas aconsejadas y/o suplementos de sales durante la actividad física.

Se aconseja tomar durante la actividad física bebidas isotónicas que contengan una concentración de 0,5-0,7 g de Na⁺/l, complementando, si es necesario, con pastillas de sales o alimentos salados, hasta llegar a concentraciones que oscilen entre 0,5-1,2 g de Na⁺/h.

Cabe destacar que la incidencia aumenta con la duración del ejercicio (4-8 h), las condiciones del ambiente y el propio acondicionamiento del deportista (Deogenes, 2007). Además, se ha visto que las mujeres pueden ser más susceptibles a esta situación.

1.3. Hipoglucemia

La hipoglucemia se da cuando existen en sangre bajas concentraciones de glucosa (< 50 mg/L o 2,8 mmol/L). Los signos y síntomas característicos son temblor, frecuencia cardíaca acelerada, mayor sudoración, dolor de cabeza y confusión, entre otros. Por ello, las recomendaciones establecidas para la ingesta de HC/hora serán importantes para su prevención.

Esta situación se da cuando existe una depleción de las reservas de glucógeno. Se trata del vaciamiento de las reservas de glucógeno del organismo. Durante la actividad, el sustrato energético principal va a depender de la intensidad del esfuerzo. No obstante, a más intensidad y duración de la actividad física, más riesgo hay de acabar con las reservas del organismo si no existe una buena estrategia nutricional que lo impida, como la estrategia de sobrecarga de hidratos previa a la competición y la suplementación adecuada durante la competición y la recuperación posterior, ya que puede influir en la calidad de los entrenamientos posteriores si no se ha recuperado adecuadamente.

El organismo tiene capacidad para acumular glucógeno, por lo que las estrategias de sobrecarga de hidratos van orientadas en este sentido. Seguir una buena estrategia nutricional puede favorecer el rendimiento y retrasar la aparición de fatiga. Así pues, una dieta rica en hidratos de carbono puede aumentar por 2 la cantidad de glucógeno acumulado respecto al seguimiento de una dieta pobre en HC.

Recordemos que... almacenamos glucógeno para evitar hipoglucemias

Tenemos una capacidad limitada de acumular glucógeno en el organismo. En un ámbito hepático, podemos almacenar unos 100 gramos de glucosa, que se puede gastar durante 8-10 horas de sueño.

También tenemos depósitos de glucógeno en el músculo. Podemos almacenar unos 300-400 g en total, y esta cantidad varía según la masa muscular.

Por otra parte, tenemos la glucosa sanguínea que toma la energía a través de la glucosa almacenada en el hígado, y solemos tener unas glucemias de entre 80-100 mg/dl.

Esto quiere decir que, si tenemos un depósito máximo de unas 2.000 kcal, y hacemos actividades de larga duración, con un gasto superior a unas 3.000-6.000 kcal (como sucede en una maratón, una etapa de bici de ruta, etc.), será necesario tomar HC durante la actividad física, si no queremos tener una hipoglucemia a las dos horas de iniciar el ejercicio.

El consumo de hidratos de carbono antes, durante y después del ejercicio es eficaz como fuente de energía para el músculo y el sistema nervioso exógeno (Burke, 2011), ya que sirve de fuente adicional de combustible para el músculo cuando se agotan las reservas de glucógeno, ahorran el glucógeno muscular y previene las bajas concentraciones de glucosa en sangre y la posible afección del sistema nervioso central (Burke, 2011).

La adición de 1 g de HC/min disminuye la oxidación de glucosa en el hígado un 30 % durante el ejercicio.

1.4. Problemas gastrointestinales

Debemos tener en cuenta que durante la actividad físico-deportiva, existen unas situaciones fisiológicas características en un ámbito digestivo que influirán en todo lo que el deportista come antes, durante y después de la actividad. Sin embargo, aún existe una escasa bibliografía sobre los efectos del ejercicio físico en la función digestiva (Barbany, 2002a; Barbany, 2002b) y sobre cómo esto puede afectar a algunas patologías de tipo crónico del mismo tracto (Sauló y otros, 2015).

Se conoce que en actividades traumáticas como correr, el estrés y el tono simpático durante la actividad modifican el peristaltismo gástrico, el peristaltismo intestinal, la secreción de encimas y la secreción de jugos digestivos. Por lo tanto, la absorción de alimentos se ve interferida y dificultada.

A intensidades superiores al 70 % del $VO_2^{\text{máx}}$, se produce una pronunciada reducción del flujo sanguíneo en las zonas digestivas y se da una perturbación en la absorción intestinal (Barbany, 2002).

Por este motivo, se ha estudiado ampliamente qué composición deben tener los suplementos ergonutricionales para intentar favorecer, pese a las intensidades, duración y situación climática, la absorción de nutrientes durante la realización del deporte intenso. No obstante, se requieren más estudios específicos de cada deporte, ya que no en todos afecta de la misma manera.

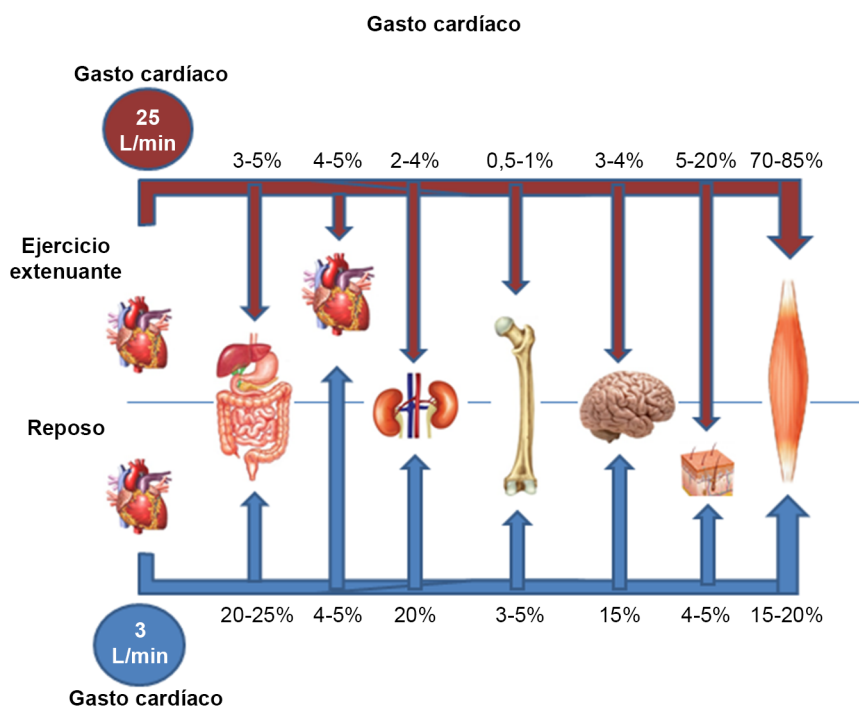
Aunque está **extensamente demostrado que el ejercicio físico moderado produce efectos beneficiosos en el sistema digestivo, como la prevención del cáncer de colon, la mejora del reflujo gastroesofágico, úlcera péptica, hígado graso no alcohólico, colestiasis, enfermedad diverticular, colon irritable y diarrea** (Martin, 2011; De Oliveira 2009), cabe decir que el ejercicio extenuante y agudo causa efectos perjudiciales, como **pirosis, náuseas, vómitos, dolor abdominal, diarrea e incluso sangrado intestinal**. Las mujeres son las que presentan con mayor incidencia la sintomatología.

Estas alteraciones son totalmente dependientes de las características del esfuerzo, principalmente de la intensidad, de la duración y del tipo de entrenamiento efectuado, y los atletas y los **deportistas de resistencia de larga duración son los que presentan con mayor incidencia la sintomatología**. Se ha descrito que cerca del 70 % de los atletas tienen problemas gastrointestinales, causados por el ejercicio extenuante y la deshidratación.

1.4.1. ¿Qué pasa cuando se hace ejercicio físico intenso?

Durante un ejercicio de tipo intenso, se produce una redistribución del flujo de sangre respecto a una situación de reposo, con una fuerte reducción del flujo de sangre en la zona digestiva (vasoconstricción esplácnica), que puede llegar a ser de hasta un 70 %. El flujo se distribuye de manera que irriga a aquellos órganos más implicados en la realización del ejercicio, como son el músculo esquelético, corazón, pulmones y, evidentemente, el cerebro (véase figura 2).

Figura 2. Redistribución del flujo de sangre en función de la actividad físico-deportiva (Åstrand, 2002).



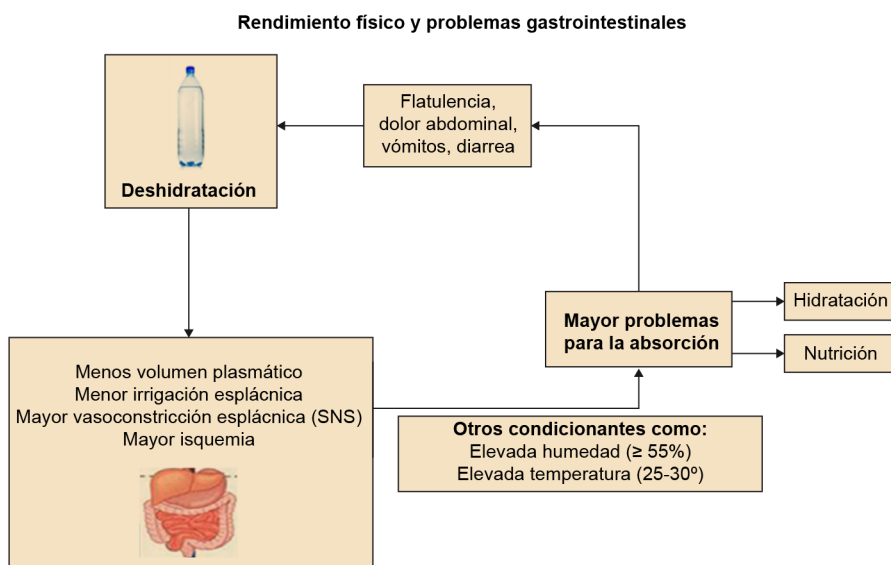
Esta **situación isquémica** que se produce en el **tracto digestivo** durante el ejercicio vigoroso es la principal causa de náuseas, vómitos, dolor abdominal, diarrea y sangre en las heces (De Oliveira, 2011).

Además, durante la actividad física o ejercicio extenuante se induce una vasoconstricción esplácnica, debido a la acción del sistema nervioso simpático, y mediada por la norepinefrina (noradrenalina) para actuar en los receptores α -adrenérgicos. Junto con esta situación, sumado a la redistribución del flujo sanguíneo para irrigar a otros tejidos activos durante el ejercicio, **se puede producir una disminución de la irrigación en un ámbito esplácnico del 80 %**, lo que resulta en una isquemia e incrementa la permeabilidad de la mucosa, principal motivo de la sintomatología (De Oliveira, 2014).

En esta situación, es primordial tener en cuenta el **estado de hidratación** en el que el deportista se encuentra, ya que una deshidratación propicia un vaciado gástrico retardado y agrava la isquemia intestinal por la **reducción de volumen plasmático**, situaciones que se dan comúnmente en condiciones de elevada humedad y temperatura (por encima de los 25-30°C y a humedades relativas superiores al 55 %). La vasoconstricción es aún mayor, lo que aumenta la dificultad para absorber los nutrientes de manera adecuada.

A menor volumen plasmático, menor aún es la irrigación en el tracto digestivo, por lo que a medida que aumenta el tiempo en entrenamientos o competiciones, más propensión hay a tener la sintomatología. Cuanto mayor es la deshidratación, mayor será también esta afección.

Figura 3. Círculo vicioso entre deshidratación y problemas gastrointestinales en deportistas (elaboración propia).



La reducción de la irrigación sanguínea en un ámbito del tracto digestivo conduce a **daños en la mucosa** y a una **alteración en la permeabilidad intestinal**.

En una situación fisiológica normal, el intestino actúa como una barrera semipermeable selectiva, en la cual los nutrientes se absorben a través de los enterocitos, después de haber pasado distintos procesos enzimáticos de degradado para hacer absorbible el alimento. La alteración en la permeabilidad producida por la isquemia hace que estas células se vean dañadas o, incluso, necrosadas por la falta de irrigación, aunque existe una gran variabilidad individual. De hecho, ya en el año 1985, en el estudio de Schaub y otros (2007), se observaron cambios en los enterocitos en maratonianos después de competir y a través de una colonoscopia, lo que indujo a pensar que podría ser una de las causas de las molestias que referían los atletas. No obstante, hasta los años noventa no se detectó que este daño producido en los enterocitos podría conducir a situaciones graves como la **anafilaxia inducida por ejercicio dependiente de alimentos** (AIEDA).

La secreción de enzimas y de jugos digestivos también se ve afectada, y es muy común ver en deportistas trastornos digestivos como cólicos, flatulencias, diarreas poscompetición, sensación de ardor, reflujo gastroesofágico o pirosis, en muchos casos, acompañados de hemorragias gastrointestinales que pueden pasar desapercibidas en forma de «sangre oculta en las heces» y como posible consecuencia de la isquemia producida.

A su vez, para empeorar la situación, muchos deportistas toman fármacos como el ácido acetilsalicílico (AAS)-Aspirina®, que se ha visto que produce **mayores problemas gastrointestinales**.

Se ha descrito que las pérdidas de sangre en un ámbito digestivo pueden darse en un 30 % de los corredores de una maratón, dato lo bastante importante como para tenerlo en cuenta en posibles deficiencias de hierro en deportistas que lleven a cabo un ejercicio de larga duración y de impacto, sobre todo en la carrera a pie, en la cual, además, el impacto del pie contra el suelo produce pequeñas hemorragias por el mismo impacto; y especialmente en las mujeres en edad fértil, en las que debemos considerar también las pérdidas por menstruación.

Los deportistas que pueden verse más comprometidos con esta situación son corredores de asfalto, corredores de montaña, triatletas y cualquiera que introduzca en sus entrenamientos la carrera a pie, en la cual la incidencia de este tipo de sintomatología es dos veces mayor que en otros deportes de resistencia, como la natación o el ciclismo, y de 1,5 a 3 veces mayor en deportistas de élite que en deportistas *amateurs* (De Oliveira, 2011).

Esto es debido a que, en la carrera a pie, el impacto constante contra el pavimento y los movimientos intensos hacen que los dolores digestivos sean mayores. Desde el punto de vista nutricional, hay que tener muy en cuenta este aspecto.

Los síntomas son mucho más frecuentes en corredores que en ciclistas, y esto se debe al gran impacto repetitivo generado de la técnica de carrera, lo que ocasiona el daño en un ámbito de las células epiteliales intestinales (De Oliveira, 2014). Estos movimientos repetitivos son los que ocasionan los efectos en un ámbito gastrointestinal inferior, como las flatulencias, diarreas y las urgencias por defecar, y juntamente con la **isquemia producida por la intensidad del mismo ejercicio, agravada por el nivel de deshidratación**, producen también el **sangrado intestinal** y la presencia de sangre en las heces.

En ciclistas es más común encontrar problemas gastrointestinales en un ámbito superior, probablemente debido al aumento de la presión en el abdomen por la posición en la bicicleta. Debemos tener en cuenta que otro factor que puede afectar a la sintomatología es la ingestión de aire al beber de las botellas.

No cabe duda de que la urgencia, **flatulencia**, **dolor abdominal** o **incluso diarrea** son factores limitantes del rendimiento y, si no se controlan, pueden contribuir a un riesgo médico.

Ingesta de alimentos previa al ejercicio y problemas Gastrointestinales

En cuanto a aspectos nutricionales que hay que considerar antes del esfuerzo, la ingestión de **fibra**, **grasas**, **proteína** (De Oliveira, 2011) y **fructosa** (De Oliveira, 2014) se ha asociado con un riesgo más elevado de tener problemas gastrointestinales. Estos alimentos no serían los adecuados para tomarlos antes de la actividad física.

Además, como hemos visto, la **deshidratación** debida a una ingestión de líquidos inadecuada puede incrementar esta sintomatología. Por este motivo es importante iniciar la AF-deportiva, con una orina clara (signo de una buena hidratación).

La ingestión de concentrado de hidratos de carbono también puede tener influencia, sobre todo si la osmolaridad de la bebida supera los 500 mOsm/L.

No obstante, no parece que la única causa sea la concentración de hidratos ni la osmolaridad, sino más bien una interrelación entre la duración del ejercicio, la intensidad, la concentración de carbohidratos, el tipo de carbohidratos, la osmolaridad, la acidez, etc.

Se necesitan más estudios para encontrar soluciones carbohidratadas que reduzcan el riesgo de desarrollar la sintomatología gastrointestinal (De Oliveira, 2014).

1.5. Anemias ferropénicas, y déficit de hierro en deportistas

La deficiencia de hierro o la anemia es un riesgo médico-nutricional y un factor limitante del rendimiento deportivo. Es una de las deficiencias más comunes en deportistas, sobre todo aquellos de media y de larga distancia.

Sin embargo, existen otros factores que pueden llevar a que algunos deportistas, sin ser de este tipo de disciplinas, también puedan desarrollar este déficit.

Algunas situaciones que pueden desencadenar una anemia o déficit de hierro son las siguientes:

Tabla 2. Resumen de los factores de riesgo de deficiencia de hierro en deportistas (modificado de Burke, 2011).

Por aumento de los requerimientos	Por aumento de las pérdidas	Por ingesta inadecuada
Empuje prepuberal	Incremento de las cargas de entrenamiento, sobre todo en corredores por incremento de hemólisis intravascular (tipo mecánica y por estrés oxidativo)	Baja ingesta calórica e hipoproteica
Embarazo	Sangrado gastrointestinal	Dieta vegetariana mal planificada
	Hemoglobinuria y hematuria por impacto (Urdampilleta, 2013)	Dietas restrictivas
	Enfermedades gastrointestinales que cursan con malabsorción (Chron, colitis ulcerosa, parasitosis, celiacía)	Dietas muy ricas en hidratos, alto aporte en fibra y bajo aporte de alimentos proteicos animales
	Pérdidas menstruales abundantes	
	Cualquier causa que curse con pérdida de sangre (cirugía, traumatismo, etc.)	
	Donaciones frecuentes de sangre	

1.5.1. Cambios en los valores sanguíneos con el entrenamiento y el hierro

El hierro es necesario para los procesos fisiológicos esenciales para el rendimiento, como el transporte de oxígeno, la producción de energía y la división celular. Se ha demostrado que los niveles bajos de hierro pueden causar anemia, ya que está limitada la entrega de oxígeno a los músculos activos y, además, la deficiencia de hierro en los tejidos dificulta el metabolismo oxidativo muscular, lo que también afecta al rendimiento (Buratti, 2015).

En los últimos años, ha habido muchos avances en relación con la regulación de la homeostasis sistémica del hierro, y se sabe que la hepcidina, una hormona de naturaleza peptídica que actúa como regulador central, controla la absorción del hierro dietético y la distribución del hierro a través de todos los tejidos del organismo. Ejerce su función a través de la presencia del exportador de hierro ferroportina en la membrana celular. La unión de la hepcidina a los receptores induce a la degradación de ferroportina, lo que lleva a una retención del hierro en un ámbito celular y disminuye los niveles de hierro circulantes. Dado que el hierro es necesario para la síntesis de hemoglobina, es necesario que haya una inhibición de hepcidina para incrementar la acción de la ferroportina y la disponibilidad del hierro y, así, asegurar que hay un transporte eficiente de oxígeno en sangre durante el ejercicio aeróbico (Buratti, 2015).

La expresión de la hepcidina también está afectada por condiciones asociadas al ejercicio, como la deficiencia de hierro, anemia, altitud/hipoxia y la inflamación, lo que puede jugar un papel importante en la patogenia de la anemia del deporte (Buratti, 2015).

La interpretación de los análisis bioquímicos y hematológicos para la población deportista debe hacerse con cautela, ya que el mismo deporte y las adaptaciones que supone pueden modificar los parámetros, que aumentan o disminuyen en función del entrenamiento, la ingesta, las competiciones o el momento de la temporada (Urdampilleta y otros, 2014).

Estas modificaciones se deben a la adaptación a la actividad muscular, por lo que en ocasiones resulta difícil establecer un buen diagnóstico de deficiencia de hierro o de un efecto normal de ejercicio extenuante o competición. En cualquier caso, debemos diferenciar una analítica de un perfil deportista del de la población general, teniendo en cuenta que estas adaptaciones son positivas y transitorias para el deportista (Urdampilleta y otros, 2014).

Por otra parte, algunos de los procesos que se dan son:

- Hemodilución: resultante del aumento del volumen plasmático (expansión plasmática) derivado del ejercicio aeróbico.
- Hemoconcentración: por deshidratación asociada al ejercicio.
- Procesos infecciosos o inflamatorios: pueden aumentar los niveles de ferritina sérica.

Con el inicio del entrenamiento, y más en concreto el de larga duración, se dan cambios. Los primeros cambios observados se deben a un aumento del volumen plasmático. Esta situación se traduce en una reducción de la concentración de hemoglobina, algo muchas veces denominado «**falsa anemia del deportista**». Este fenómeno, que se da con el entrenamiento aeróbico intenso, y se debe a la expansión sanguínea, no disminuye el rendimiento y tampoco responde a la suplementación con hierro.

Para aumentar los depósitos de hierro en los deportistas, cuando los niveles están muy bajos es necesario, además de la educación nutricional, intervenir con suplementación o hierro farmacológico, pero igual de importante es reducir la carga del entrenamiento, especialmente aquella que produzca impacto, así como carrera a pie. Deberíamos sustituir entrenamientos de volumen en carrera a pie a ciclismo o ejercicios que no produzcan impacto.

Para una adecuada evaluación del metabolismo del hierro, es necesario analizar (véase tabla 3):

Tabla 3. Parámetros analíticos del metabolismo del hierro (modificado de Urdampilleta y otros, 2014).

Parámetros analíticos	Función	Significado	Valores
Hierro sérico (no relevante)	Componente fundamental de los glóbulos rojos, interviene en el transporte de oxígeno a las células.	Muy variable en el deporte según la necesidad de utilización del Fe. Niveles bajos: déficit de hemoglobina y mioglobina, así como valores anómalos de citocromos en fase de recuperación.	H: 45-170 µg/dL M: 50-140 µg/dL (Urdampilleta y otros, 2013)
Ferritina	Indicador de los depósitos de hierro en el organismo.	Niveles bajos: alta susceptibilidad a que bajen los niveles de hemoglobina (estado preanémico). Se justifica intervención dietético-nutricional. Puede verse alterado por procesos inflamatorios o infecciosos.	H: 12-300ng/dL M: 10-150 ng/dL (Urdampilleta y otros, 2013) Valor límite en el deporte: 30-35 ng/ml (Burke, 2011)*
Transferrina	Indicador de la capacidad de transporte del Fe.	Niveles altos: gran déficit de hierro o anemia ferropénica. Niveles bajos: desnutrición proteica, cirrosis o anemia hemolítica.	200-400 mg/dL

¡Importante!

Educación nutricional y deportiva para prevenir anemias en el deporte

Es muy frecuente encontrar en deportistas de larga duración, y especialmente en mujeres, los valores de ferritina por debajo de los 30 ng/ml (Burke, 2011) razón que justifica que la educación nutricional y deportiva para evitar anemia tiene que estar muy presente en este tipo de deportistas.

No obstante, estos datos sirven para el **diagnóstico de un déficit de hierro**, pero **para diagnosticar una anemia** necesitaríamos los valores de la serie roja, concretamente de **hemoglobina**, ya que cuando esta se encuentra **por debajo de los 12-13g/dl** (mujeres/hombres), se diagnostica como una anemia verdadera (Urdampilleta. 2013).

La disminución de los valores de ferritina en ausencia de anemia puede afectar negativamente al rendimiento deportivo, con una clínica de fatiga y falta de recuperación entre entrenamientos o competición. Sin embargo, existen estudios que indican lo contrario. No obstante, y sobre todo teniendo en cuen-

ta los deportes de impacto, en los que **hay microrroturas vasculares y más propensión al sangrado gastrointestinal**, estos niveles de ferritina pueden ir disminuyendo progresivamente y desarrollar una anemia ferropénica, por lo que es importante controlar este parámetro en todos los deportistas con factores de riesgo (Burke, 2011).

Tabla 4. Parámetros analíticos de la hematología (modificado de Urdampileta y otros, 2014).

Parámetro analítico	Función	Significado	Valores
Hematíes	Células encargadas del transporte de oxígeno a las células del organismo.	Niveles bajos: posible anomalía como anemia ferropénica o de otro tipo. Niveles altos: posible estado de deshidratación.	H: 4,5-6,5 mill/mm ³ M: 3,8-5,8 mill/mm ³
Hemoglobina	Se encuentra dentro de los hematíes. Proteína que se une al oxígeno para su transporte en sangre.	Niveles bajos: anemias, hemodilución, hiperhidratación o déficit de Fe, Cu o Co. También significativo en adaptación al entrenamiento. En semana de recuperación: niveles bajos: posible estado de sobreentrenamiento. Niveles normales: buena recuperación tras semanas de carga.	H: 14-18 g/dL M: 12-16 g/dL En deportes de resistencia, encontraremos valores a la baja.
Hematocrito	Mide el % de eritrocitos en sangre	Niveles bajos: pseudoanemia. Niveles altos: deshidratación, transfusiones sanguíneas (<i>doping</i>), administración de eritropoyetina (EPO) (<i>doping</i>).	H: 40-50 % M: 35-45 %
Volumen corpuscular medio (VCM)	Refleja el tamaño de los glóbulos rojos.	Niveles altos + recuento hematíes bajos pueden indicar anemia microcítica o megaloblástica. Niveles bajos + recuento hematíes bajo pueden indicar anemia ferropénica. VCM alterado en entrenamientos en altura o hipoxia (Burke, 2011; Urdampileta, 2015).	80-100 fL
Reticulocitos (Ret)	Formas inmaduras de hematíes.	Niveles altos: cuando se demandan para la producción de hematíes, anemias. En deporte aumenta como respuesta a la adaptación de las cargas de trabajo aeróbico. En estancias en altitud o hipoxia intermitente, aumentan los valores. En administración de eritropoyetina (EPO) (<i>doping</i>).	0,5 a 1,5 % total de hematíes

2. Conclusiones

- Cabe destacar que los riesgos médico-nutricionales (deshidratación, desequilibrios hidroelectrolíticos, hipoglucemia, anemia ferropénica) en relación con la práctica deportiva son totalmente evitables si se siguen y llevan a cabo las recomendaciones sobre hidratación, alimentación y ciertas estrategias nutricionales.
- Es de suma importancia evitar cualquiera de estos factores, puesto que no solo suponen una bajada del rendimiento de manera puntual, sino también un potencial riesgo para la salud del deportista y, en algunos casos, pueden comprometer la vida del mismo.

Bibliografía

- Barbany, J. R.** (2002). *Alimentación para el deporte y la salud* (1ª ed.). Barcelona.
- Barbany, J. R.** (2002). *Fisiología del ejercicio físico y el entrenamiento* (1ª ed.) (pág. 192). Barcelona: Paidotribo.
- Buratti, P.; Gammella, E.; Rybinska, I.; Cairo, G.; Recalcati, S.** (2015). «Recent Advances in Iron Metabolism: Relevance for Health, Exercise and Performance». *Med Sci Sports Exerc* (núm. 47, vol. 8, págs. 1596-604).
- Burke, L. M.; Hawley, J. A.; Wong, S. H. S.; Jeukendrup A.** (2011). «Carbohydrate for training and competition». *Journal of Sports Sciences* (núm. 29, págs. 17-27).
- De Oliveira, E. P.; Burini, R. C.** (2011). «Food-dependent, Exercise-induced gastrointestinal distress». *J Int Soc Sports Nutr.* (núm. 28, vol. 8, pág. 12).
- De Oliveira, E. P.; Burini, R. C.; Jeukendrup, A.** (2014). «Gastrointestinal Complaints During Exercise: Prevalence, Etiology, and Nutritional Recommendations». *Sports Med* (núm. 44, vol. 1, págs. 79-85).
- Deogenes, K. G.; Kakuris, K. K.; Deogenov, V. A.; Yerullis, K. B.** (2007). «Electrolyte homeostasis in trained and untrained healthy subjects during prolonged hipokinesia». *Clin Biochem* (núm. 40, vol. 8, págs. 536-544).
- Coyle, E. F.** (1999). *Reemplazo de Fluidos y Carbohidratos durante el Ejercicio: ¿Cuánto y Por Qué?*. PubliCE Standard [documento en línea]. <http://g-se.com/es/hidratacion-deportiva/articulos/reemplazo-de-fluidos-y-carbohidratos-durante-el-ejercicio-cuanto-y-por-que-94>
- Heinrich, S.; Wagner, A.; Gross, P.** (2013). «Hyponatremia». *Med Klin Intensivmed Notf-med.* (núm. 108, vol. 1, págs. 53-58 (artículo en alemán).
- (2011). *Position stand on the female athlete triad*[documento en línea]. http://multimedia.olympic.org/pdf/en_report_917.pdf
- Kass, L. S.; Poeira, F.** (2015). «The effect of acute vs chronic magnesium supplementation on exercise and recovery on resistance exercise, blood pressure and total peripheral resistance on normotensive adults». *J Int Sports Nutr.* (núm. 24, págs. 12-19).
- Lindinger, M. I.** (1995). «Potassium regulation during exercise and recovery in humans: implications for skeletal and cardiac muscle». *J Mol Cell Cardiol.* (núm. 27, vol. 4, págs. 1011-22).
- Martínez-Sanz, J. M.; Urdampilleta, A.; Mielgo-Ayuso, J.** (2013). «Necesidades Hídricas, Energéticas y Nutricionales en el Deporte. Motricidad». *European Journal of Human Movement* (núm. 30, págs. 37-52).
- Noakes, T. D.; Myburgh, K. H.; Du Plessis, J.; Lang, L.; Lambert, M.; Van Der Riet, C.; Schall, R.** (1991). «Metabolic rate, not percent dehydration, predicts rectal temperature in marathon runners». *Med Sci. Sports Exerc* (núm. 23, págs. 443-449).
- Noakes T. D.; Rehener, D.; Maughan, R. J.** (1991). «The importance of volume in regulating gastric emptying». *Med. Sci. Sport Exerc.* (núm. 23, págs. 307-313).
- Palacios, N.; Franco, L.; Manonelles, P.; Manuz, B.; Villegas, J. A.** (2008). «Consenso sobre bebidas para el deportista y pautas de reposición de líquidos». *Documento de consenso de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE)* (núm. 25, vol. 126, págs. 245-258).
- Redman, L. M.; Loucks, A. B.** (2005). «Menstrual disorders in athletes». *Sports Med* (núm. 35, págs. 747-755).
- Rondón-Berriós, H.** (2006). «Hipomagnesemia». *An Fac Med Lima* (núm. 67, pág. 1).
- Schaub, N.; Spichtin, H. P.; Stalder, G. A.** (1985). «Ischemic colitis as a cause of intestinal bleeding after marathon running». *Schweiz Med Wochenschr* (núm. 115, págs. 454-457).
- Scherr, J.; Schuster, T.; Pressler, A.; Roeh, A.; Christie, J.; Wolfarth, B.; Halle, M.** (2012). «Repolarization perturbation and hypomagnesemia after extreme exercise». *Med Sci Sport Exerc.* (núm. 44, vol. 9, págs. 1637-1943).
- Urdampilleta, A.** (2014). *Eficacia de un Programa de Entrenamiento Interválico de Fuerza-Resistencia combinado a un Plan Dietético-Nutricional para la Preparación integral de los Alpinistas.*

Efectos en los Parámetros Hematológicos, Mal Agudo de Montaña y Rendimiento Deportivo. Tesis Doctoral: Universidad de Elche.

Urdampilleta A, Gómez-Zorita S. (2014). From dehydration to hyperhydration isotonic and diuretic drinks and hyperhydratant aids in sport. *Nutr Hosp* ;29(1):21-5.

Urdampilleta, A.; Gómez-Zorita, S.; Soriano, J. M.; Martínez-Sanz, J. M.; Medina, S.; Gil, A. (2015). «Hydration and chemical ingredients in sport drinks: food safety in the European context». *Nutr Hosp.* (núm. 31, vol. 5, págs. 1889-1899).

Urdampilleta, A.; Martínez-Sanz, J. M.; Mielgo-Ayuso, J. (2013). «Anemia Ferropénica en el deporte e intervenciones dietético-nutricionales preventivas». *Rev Esp Nutr Hum Diet* (núm. 17, vol. 4, págs. 155-164).

Willmore, J. H.; Costill, D. L. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona: Ed. Paidotribo.