



Séptimo Semestre

Nutrición y deporte

Unidad 2

Complicaciones
fisiológicas durante la
actividad deportiva

Programa desarrollado



División de Ciencias de la Salud, Biológicas y Ambientales



Complicaciones fisiológicas durante la actividad deportiva



[Imagen](#) de deportista



Índice

Presentación	4
Competencia específica	6
Logros	6
2. Complicaciones fisiológicas durante la actividad deportiva	7
2.1 Impacto de las deficiencias y funciones de macronutrientes (hidratos de carbono, proteínas y lípidos); antes, durante y al término de la actividad física y/o competición deportiva	9
2.2 Beneficio de micronutrientes (vitaminas y minerales); en la actividad física y/o competición deportiva	15
2.3 Efectos fisiológicos de la deshidratación	17
2.4 Efectos de la deshidratación sobre el rendimiento deportivo	22
2.5 Deshidratación y enfermedades por calor en la práctica deportiva	26
2.5.1 Golpe de calor	27
2.5.2 Agotamiento por calor	29
2.5.3 Síncope por calor	30
2.5.4 Espasmos musculares	31
2.6 Hiponatremia asociada al ejercicio	33
2.7 Necesidades de líquidos y electrolitos en atletas	35
2.7.1 Hidratación; antes, durante y después del ejercicio	37
2.8 Aclimatación al calor	40
2.9 Recomendaciones para realizar ejercicio de forma segura en el calor	41
Cierre de unidad	45
Para saber más	46
Actividades	47
Fuentes de consulta	48



Presentación

La nutrición, la actividad física y el deporte están relacionadas de forma importante ya que para conseguir un alto rendimiento en la actividad física y sobresalir en el deporte es importante tener una nutrición adecuada, y conocer todas las implicaciones que tiene el no llevar de manera adecuada la ingesta de alimentos, así como una hidratación adecuada dependiendo de la disciplina que se practique.

El siglo XX ha marcado importantes avances en los cuales se determina la importancia de los nutrientes esenciales y su papel en el rendimiento físico de los deportistas. Se sabe de la importancia de los hidratos de carbono en el rendimiento de los deportistas, a partir de estudios que han demostrado que los nutrientes para los deportistas son parte imprescindible para el rendimiento físico y que para conseguirlo es necesario contar con las reservas adecuadas de macronutrientes (hidratos de carbono, proteínas y lípidos), los micronutrientes (vitaminas y minerales) en conjunto con una hidratación adecuada.

Se conocerán las consecuencias y los efectos fisiológicos que se presentan cuando hay deshidratación, qué enfermedades se pueden desarrollar por no llevar una hidratación adecuada, las consecuencias graves que puede tener el practicar deporte en climas con altas temperaturas desde los menos agresivos como golpe de calor, agotamiento, síncope por calor y espasmos musculares, hasta los que pueden traer severas consecuencias como lo es la hiponatremia asociada al ejercicio.

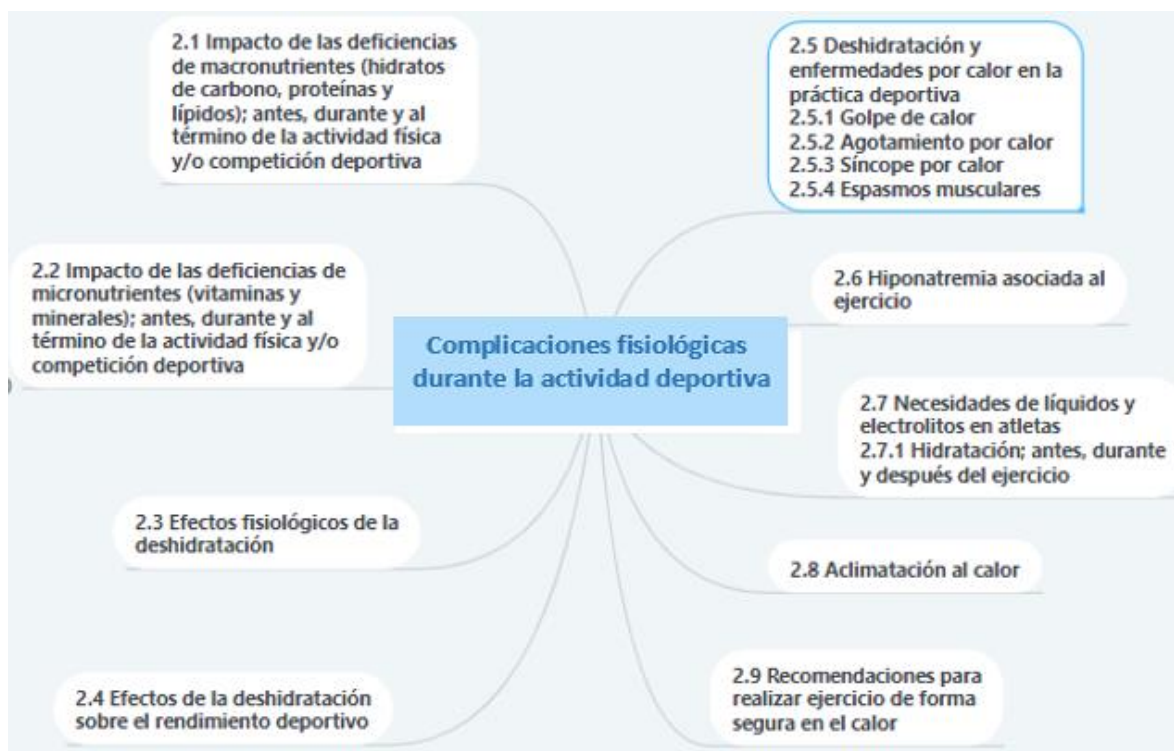
Se aprenderán las necesidades de líquidos y electrolitos en atletas, cómo se deben hidratar antes, durante y después de una competencia, para evitar complicación asociadas a la deshidratación. Se tratarán temas importantes como son la tasa de sudoración, la importancia de los minerales, la forma en que los deportistas los deberán consumir.

Se aborda el tema de aclimatación al calor por considerarse de suma importancia en la relación del rendimiento en los deportistas, se explica de qué manera se debe llevar a cabo esta aclimatación, se sugieren recomendaciones para realizar ejercicio de forma segura en climas extremos, sin que éstos puedan afectar el rendimiento o causar daño en la salud de quien los practican.

La Unidad 2 se llama Complicaciones fisiológicas durante la actividad deportiva:



Estructura de la unidad 2.





Competencia específica

Detecta las principales complicaciones derivadas de la falta de nutrimentos durante la ejecución de una actividad física y deporte, por medio de la identificación de signos y síntomas, para proponer recomendaciones adecuadas que favorezca el rendimiento físico y deportivo.

Logros

Definir el impacto de la deficiencia de nutrientes durante la actividad física

Definir las necesidades hídricas durante la actividad física

Analizar el impacto y riesgos fisiológico durante la práctica del deporte



2. Complicaciones fisiológicas durante la actividad deportiva

La salud y la actividad física, están relacionados con el deporte en proporción a que se deben de llevar de la mano para lograr una perfecta sinergia entre ambas, para así lograr un deportista con los menores riesgos fisiológicos en la práctica de la actividad deportiva.

Dentro de este conjunto también están los nutrientes, ya que para los deportistas son parte fundamental para el rendimiento físico y para conseguirlo es necesario tener las reservas adecuadas de macronutrientes (hidratos de carbono, proteínas y lípidos), los micronutrientes (vitaminas y minerales) en conjunto con una hidratación adecuada¹.

De la forma en que se lleva la actividad física dependerá si es una actividad recreativa o bien se realiza como un deporte de alto rendimiento, de ahí se parte que cuando se realiza por recreación nos da un indicador de beneficio frente a riesgo, cuando esta actividad física se realiza es para un deportista de alto rendimiento; incrementa el riesgo, ya sea físico, psicológico, o social lo que ocasiona que el beneficio este por debajo del riesgo.

Se agrega un cuadro donde se ven cuáles son los beneficios y los riesgos a nivel descriptivo general, que tiene la actividad física dentro en tres perspectivas; preventiva, rehabilitación y de bienestar.



CUADRO DE RIESGOS:

BENEFICIO		RIESGO	
P R E V E N T I V O S	1.-Mejora de los sistemas corporales • Cardiorrespiratorios. • Músculo-esquelético. • Metabólico.	• Actividades con movimientos bruscos. • Dificultad para autocontrolar la intensidad (deporte colectivo). • Posibilidad de impactos con objetos y oponentes. • Problemas psicológicos y de relación social derivados de la competitividad.	T I P O D E A C T I V I D A D
	2.-Disminución de factores de riesgo asociados a enfermedades cardiovasculares, tensión arterial alta y diabetes. 3.- control de sobrepeso y obesidad, en todas las edades.		
	1.- Biomédicos: Recuperación de las lesiones, accidentes... Recuperación de problemas cardiovasculares. Mayor mineralización de los huesos y disminución del riesgo de padecer osteoporosis en la vida adulta. 2.- Psicológicos. Remedio contra ansiedad, estrés y depresión. Aumenta la autonomía y la integración social, beneficios especialmente importantes en el caso de discapacidad física, aumenta la autoestima y proporciona bienestar psicológico.	• Falta de seguridad en los aspectos relacionados con el medio (equipamiento, clima). • Relacionados con los objetos: caídas, accidentes... • Relacionado con el medio natural (p. ej. Actividad de aventura).	M E D I O
D E B I E N E S T A R	Sentirse vital. Buenas relaciones sociales. Sentido de pertenencia a grupo o comunidad. Satisfacción / diversión. Seguridad. Mejora la maduración del sistema nervioso motor y aumento de las destrezas motrices.	1.- Relacionado con el abuso del ejercicio: • Lesiones por sobre-entrenamiento y accidentes. • Dificultad para conciliar el sueño. • Irritabilidad y nerviosismo. • Disminución de la autoestima. • Apatía. • Adicción y obsesión por el ejercicio. 2.- Relacionados con el uso ineducado: • Falta de seguridad en la práctica. • Desajuste entre la actividad y las características personales.	M A L U S O

Adaptada de: Devis, J (Color). (2000) Actividad física, deporte y salud. Barcelona: INDE.



2.1 Impacto de las deficiencias y funciones de macronutrientes (hidratos de carbono, proteínas y lípidos); antes, durante y al término de la actividad física y/o competición deportiva

Se han realizado pruebas las cuales han determinado que los nutrientes tienen que ver con el tipo de deporte que se realizará y las cantidades que se debe administrar dependiendo de la disciplina, ejemplo: en trabajo clásico publicado por Karlsson en 1969 se destaca el hecho de que aquellos jugadores de fútbol que tienen una menor concentración de glucógeno antes de comenzar el partido corren menos metros durante el mismo y, además, el tiempo de carrera a máxima velocidad es un 75% menor.

Los alimentos son la manera de proporcionar al organismo las sustancias necesarias para el mantenimiento de la vida. Es un proceso voluntario y consciente por el que se elige un alimento determinado y se come. A partir de este momento empieza la nutrición, que es el conjunto de procesos por los que el organismo transforma y utiliza las sustancias que contienen los alimentos ingeridos.

Una dieta adecuada, en términos de cantidad y calidad, antes, durante y después del entrenamiento y de la competición es imprescindible para optimizar el rendimiento. Una buena alimentación no puede sustituir un entrenamiento incorrecto o una forma física regular, pero, una dieta inadecuada puede perjudicar el rendimiento en un deportista bien entrenado (Vega R. 2018).

El deportista debe estar bien informado de los macronutrientes (hidratos de carbono, proteínas y lípidos), que debe consumir antes, durante y después del entrenamiento o competencia para evitar alguna dispensación en el organismo (Palacios N. 2009).

Hidratos de Carbono

Los hidratos de carbono, fundamentalmente el glucógeno y la glucosa, constituyen el sustrato energético más importante para la fibra muscular activa durante el ejercicio físico, de tal forma que una de las principales causas de fatiga muscular se asocia a la falta de disponibilidad de carbohidratos para la obtención de energía. Si no existe una disponibilidad adecuada de glucosa durante el ejercicio, la intensidad de este disminuirá, ya que la energía proveniente de la oxidación de los lípidos y/o de las proteínas no genera tanta energía por unidad de tiempo como los hidratos de carbono. (Gil L. 2005).



Figura 1. Los diferentes grupos de hidratos de carbono. Recuperado de: Dra. Nieves Palacios Gil-Antuñano Dr. Zigor. Alimentación, Nutrición e Hidratación en el Deporte. Servicio de Medicina, Endocrinología y Nutrición. Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de Deportes, S.L. Madrid España 2009, pp 6

La ingesta de hidratos de carbono es fundamental en cualquier tipo de situación deportiva, pero especialmente en aquellas que su duración es superior a una hora. La intensidad del ejercicio físico se ve reducida de forma considerable y precipita con rapidez la fatiga, pese a que los músculos tengan el suficiente oxígeno y una reserva de lípidos ilimitada para la energía, por ejemplo, los maratonistas utilizan el término “El muro o la pared” para describir la sensación de fatiga y malestar en los músculos activos junto con el agotamiento intenso de las reservas de glucógeno. (figura2)

Ingesta de carbohidratos antes del ejercicio

Para provocar la mencionada carga de carbohidratos, se recomienda una ingesta de 9-10 gramos por día por cada kilogramo de peso los tres o cuatro últimos días previos a la competición.

Parece ser que todos los alimentos con elevado contenido en hidratos de carbono son igualmente válidos para elevar los depósitos musculares de glucógeno, cualquiera que sea su índice glucémico.

La última ingesta antes de la realización de un ejercicio (300-500 kcal) debe realizarse alrededor de las 3 horas antes del inicio de este. Será rica en carbohidratos de fácil digestión y deberá poseer un bajo índice glucémico para evitar las hipoglucemias relativas.

Ingesta de carbohidratos durante el ejercicio

La ingesta de alimentos durante el ejercicio físico está solamente justificada en esfuerzos de larga duración superiores a una hora.



Para mayor comodidad del deportista, se puede recurrir a suplementos dietéticos especialmente formulados para deportistas, ricos en carbohidratos y fáciles de transportar y digerir, como barritas energéticas, alimentos líquidos o bebidas con sales minerales deben aportar al menos un 75% de carbohidratos con elevado índice glucémico, para que su aprovechamiento metabólico sea máximo. Además, deben contener 0,05 mg de vitamina B1 (tiamina) por cada 100 kcal, ya que para la correcta transformación de carbohidratos en energía es imprescindible la presencia de esta vitamina. Esto representa 0,2 mg de tiamina por cada 100 gramos de carbohidratos (Peniche C. 2011).

Ingesta de carbohidratos después del ejercicio

Para todo deportista que esté llevando a cabo un intenso programa de entrenamiento diario, o bien, se encuentre inmerso en una competición de varios días, le resulta esencial la rápida recuperación de los depósitos musculares y hepáticos de glucógeno, de no ser así, no podrá alcanzar sus objetivos.

Hay dos aspectos relacionados con el metabolismo de los carbohidratos que están perfectamente demostrados:

La resintesis de glucógeno es más rápida durante las primeras horas pos-ejercicio. Por ello, si se ingieren carbohidratos inmediatamente después de terminado éste, la velocidad de resintesis del glucógeno es mayor que si la ingesta se realiza más tarde.

Tras finalizar el ejercicio existe un aumento de permeabilidad de la membrana plasmática de la fibra muscular a la glucosa, debido a la activación de las proteínas transportadoras de glucosa.

Por ello, tras el ejercicio, para lograr una rápida recuperación de los depósitos de glucógeno, los carbohidratos más convenientes son aquellos que poseen un índice glucémico alto, ya que no sólo proporcionan glucosa con mayor velocidad, sino que además provocan una mayor liberación de insulina, la cual, unida a la acción de las proteínas transportadoras de glucosa, aumentan su disponibilidad en los tejidos durante los períodos de recuperación.

Así pues, se recomienda iniciar la ingesta de 1 g de carbohidratos con alto índice glucémico por kilo al finalizar el ejercicio y proseguir con 0,5 gramos por kilo a intervalos de una hora durante las primeras 6 horas de recuperación. Esto aumenta la velocidad de resintesis de glucógeno hasta un 50% con respecto a la que existiría si no se produce dicha ingesta.

El objetivo ideal es llegar a ingerir 10 gramos de carbohidratos por cada kilogramo de peso durante las primeras 24 horas de recuperación, una vez acabado el ejercicio.



El no estar cubriendo estos requerimientos de carbohidratos antes, durante y después del ejercicio puede traer un impacto grave en la resíntesis del glucógeno lo que tendrá como consecuencia, pérdida de glucógeno (Gil M. 2005).

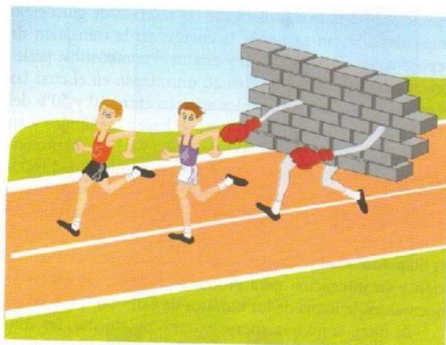


Figura 2. “El muro/ pared” de los maratonistas. Reflejo de fatiga muscular.
Recuperado de: Celia, Peniche Zeevaert, Beatriz Boullosa Moreno.
Nutrición Aplicada al Deporte. Mc Graw Hill. México 2011, pp 29.

Lípidos

Las grasas procedentes de la dieta que no son utilizadas en el metabolismo diario se acumulan en forma de triglicéridos dentro de los adipocitos con la función de servir de reserva energética en caso de necesidad. Cuando el glucógeno disminuye en situaciones de ejercicio físico intenso, nuestro organismo debe recurrir a los lípidos. Existen diferentes factores que determinan el uso de grasas como sustrato energético durante el ejercicio físico o competición deportiva, estos pueden ser la intensidad, duración o volumen del ejercicio y la disponibilidad de ácidos grasos libres en sangre. A medida que la intensidad del ejercicio se reduce y el volumen aumenta, se hace mayor la importancia de los lípidos como sustrato energético para la contracción del músculo. Durante un ejercicio prolongado de intensidad moderada los ácidos grasos contenidos en la sangre son una fuente importante para la producción de ATP a través del metabolismo aeróbico. Las presencias de elevados niveles de ácidos grasos libres permiten su utilización y oxidación muscular, lo que conlleva a un ahorro del glucógeno muscular y, por tanto, se consigue un mayor rendimiento deportivo.

El proceso metabólico de los lípidos es muy lento para lograr suministrar aunque sea una pequeña cantidad de la energía que requieren los atletas de forma rápida, por lo que si bien los depósitos de lípidos en el tejido adiposo y los intramusculares sean suficientes, su contribución al metabolismo se ve limitada y cae de forma notable cuando la intensidad del ejercicio se incrementa lo que reduce la contribución de lípidos como fuente de energía y convierte a los hidratos de carbono en el combustible principal (Peniche C. 2011).

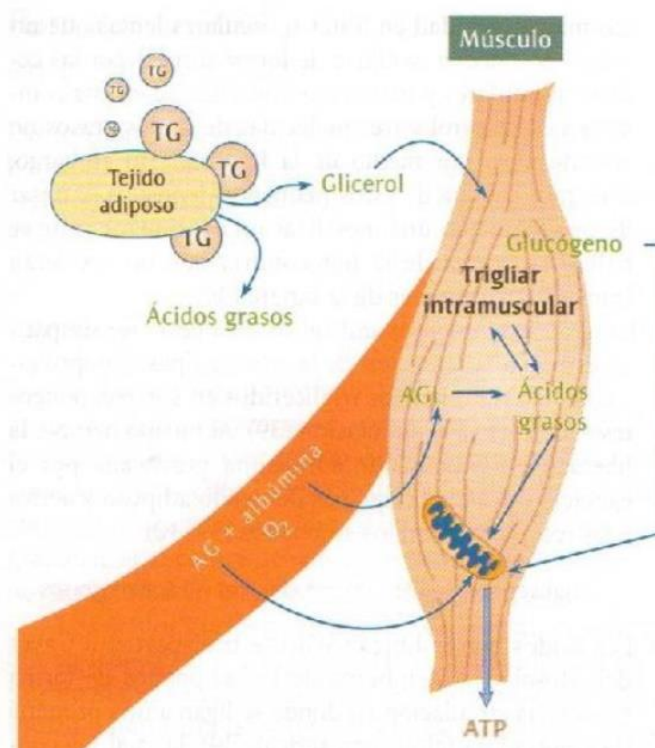


Figura 3. Oxidación y transporte de triglicéridos, para la producción de energía. Recuperado de: Celia, Peniche Zeevaert, Beatriz Boullosa Moreno. Nutrición Aplicada al Deporte. Mc Graw Hill. México 2011, pp 29.

Cómo funcionan los ácidos grasos (lípidos), antes durante y al término de la actividad física.

Función de lípidos antes del ejercicio

Para la realización de actividades físicas deportivas, los ácidos grasos esenciales participan como componentes de las membranas y estructuras celulares y determinan en gran medida la elasticidad y rigidez de las células musculares y sanguíneas, que sufren un gran estrés durante el ejercicio aeróbico exhaustivo.

Existen diferentes factores que determinan el uso de grasas como sustrato energético durante el ejercicio físico o competición deportiva. Éstos pueden ser la intensidad, duración o volumen del ejercicio, la disponibilidad de ácidos grasos libres en sangre. A medida que la intensidad del ejercicio se reduce y el volumen aumenta, se hace mayor la importancia de los lípidos como sustrato energético para la contracción del músculo.

Las grasas son la fuente principal de energía para ejercicios aeróbicos de una o más horas de duración y de intensidad relativamente baja, ya que en ellas se almacena una alta cantidad de energía (9 kcal).



Función de lípidos durante el ejercicio

Durante un ejercicio prolongado de intensidad moderada los ácidos grasos contenidos en la sangre son una fuente importante para la producción de ATP a través del metabolismo aeróbico. La presencia de elevados niveles de ácidos grasos libres permite su utilización y oxidación muscular, lo que comporta un ahorro del glucógeno muscular y, por tanto, se consigue un mayor rendimiento deportivo.

Función de lípidos después del ejercicio

El no tener el consumo adecuado de este nutriente podría llevar a la disminución de energía durante el ejercicio físico o competición deportiva, lo que estaría reduciendo el sustrato energético para la contracción muscular y disminución de energía, y como consecuencia, disminución en el rendimiento deportivo

Proteínas.

Función de proteínas antes del ejercicio

Desde el punto de vista de la utilización metabólica de las proteínas durante el esfuerzo, se asume que, en los deportes de resistencia, existe un mayor aumento en la oxidación de estas y, por lo tanto, deben ser repuestas durante los periodos de recuperación. En los deportes de fuerza o potencia, también se asume que la ganancia de masa y fuerza muscular sólo puede ser máxima si la ingesta proteica es adecuada. Si el ejercicio es de alta intensidad y de larga duración, los depósitos de glucógeno disminuyen y si no se ingieren suficientes cantidades de carbohidratos, la utilización de proteínas para ser convertidas en energía es mayor, niveles inadecuados de aminoácidos de cadena favorecen la aparición de fatiga, para lo cual resulta muy útil la toma de preparados dietéticos especialmente formulados antes y durante el esfuerzo prolongado.

La utilización de proteínas en el metabolismo energético, en comparación con los otros macro nutrientes, no es mayor del 10% por lo que se considera que no representa un aporte importante al gasto energético durante el ejercicio. No obstante, en la medida en que la intensidad del ejercicio se incrementa, el músculo consume aminoácidos de cadena ramificada y glutamato. En contraparte, se produce una liberación de alanina y glutamina, que se encargan de transportar hacia el hígado el amino producido por la utilización de los aminoácidos en el músculo. Este amino se convierte en urea, la cual se elimina por los riñones es por ello útil la cuantificación de los niveles de urea en la orina para tener una visión del catabolismo proteico. De los 20 aminoácidos, solo 6 se metabolizan en el musculo esquelético (Gil M. 2005).



- Alanina
- Aspartato
- Glutamato
- Leucina
- Isoleucina
- Valina

Cuando el ejercicio se prolonga, la contribución de las proteínas al metabolismo se incrementa, lo cual se acentúa más cuando los niveles de glucógeno muscular se encuentran reducidos. Por ello es necesario mantener niveles de glucógeno muscular apropiados para evitar una excesiva oxidación del aporte de hidratos de carbono exógenos durante el ejercicio deben atenuar una excesiva utilización de aminoácidos.

Función de proteínas durante el ejercicio

Durante el proceso de entrenamiento, en el cual las cargas de trabajo pueden ser intensas y no asimiladas adecuadamente por el organismo, es posible desarrollar una condición denominada “sobrentrenamiento”. Ésta compromete el rendimiento deportivo y en su expresión más grave también altera el funcionamiento fisiológico ya sea al generar problemas de apetito, cambios en la frecuencia cardiaca de reposo y disminución de función inmunitaria.

El aminoácido glutamina se considera un combustible para las células que participan en la inmunidad, como linfocitos y macrófagos. La condición de sobrentrenamiento se ha vinculado con una disminución de los niveles de glutamina por los que la suplementación con este aminoácido ha recibido atención en este sentido.

En algunas disciplinas, el deportista, ansioso de mejorar su desarrollo muscular, puede superar ampliamente la ingesta de proteínas recomendada mediante la toma de suplementos. Un exceso de proteínas en la alimentación puede ocasionar una acumulación de desechos tóxicos y otros efectos perjudiciales para la buena forma del deportista (Peniche C. 2011).

2.2 Beneficio de micronutrientes (vitaminas y minerales); en la actividad física y/o competición deportiva

En los deportistas la nutrición es muy importante, pues se ven reflejada en su rendimiento en el momento de practicar actividades físicas. Sus necesidades energéticas son más grandes porque requieren cubrir el gasto y éste debe equilibrarse con mayor ingesta de vitaminas y minerales debido al desgaste físico que implica el deporte (Vega R. 2018).

Efecto que tienen algunas vitaminas y minerales relacionados con el ejercicio físico (Peniche C. 2011), (Rodríguez X. 2004).



- **B1 (tiamina).** Correcto funcionamiento del sistema nervioso, fatiga, debilidad muscular.
- **B2 (riboflavina).** Fatiga por demanda energética, FAD para producir ATP.
- **B3 (niacina o PP).** Problemas musculares
- **B5 (ácido pantoténico),** Metabolismo energético y proteico. Mantenimiento de la correcta actividad nerviosa. Fatiga, problemas de coordinación, trastornos del sueño, problemas musculares.
- **B6 (piridoxina).** Metabolismo de las proteínas. Formación de los glóbulos rojos, Problemas musculares, anemia, alteraciones en la piel, vómitos, temblores, irritabilidad. También resulta imprescindible la toma de 0,02 mg de vitamina B6 por cada gramo de proteína ingerida, ya que dicha vitamina está ligada muy estrechamente al metabolismo proteico.
- **Biotina.** Correcto funcionamiento del sistema nervioso y circulatorio. Dolor muscular, depresión, fatiga, insomnio.
- **B9 (ácido fólico).** Anemia, problemas gastrointestinales, disminución de la resistencia física, diarrea
- **B12 (cianocobalamina).** Correcta función del sistema nervioso, mala coordinación muscular.
- **Vitamina C (ácido ascórbico).** Antioxidante, disminución de resistencia ósea, cofactor de colágeno es el antioxidante clásico. Ayuda al desarrollo de estructuras óseas, mejora la absorción del hierro, favorece el crecimiento y la reparación del tejido conectivo normal, interviene en la producción de colágeno, en el metabolismo de las grasas y en la cicatrización de las heridas. En definitiva, estimula la reparación y formación de los tejidos más importantes, necesarios durante la actividad física. Esta vitamina no incrementa el rendimiento deportivo, sin embargo, tiene la función fundamental de facilitar la absorción de otras vitaminas y muchos minerales. Al mismo tiempo ayuda a controlar el exceso de radicales libres provocados por actividades intensas, mediante una potente acción antioxidante, equilibrando los procesos catabólicos (de destrucción).
- **D (calciferol).** Favorece la absorción de calcio. Mala recuperación de lesiones óseas. Predispone a fracturas óseas.
- **E (Tocoferol).** Antioxidante de los tejidos. Protectora y reparadora de tejidos dañados y glóbulos rojos. Su acción antioxidante favorece la eliminación de los radicales libres generados por el propio organismo así como los que proceden del exterior
- **K (filoquinona).** Importante en la coagulación de la sangre (curación y cicatrización de heridas y lesiones) Desgarres
- **Calcio.** Fundamentales para alcanzar y mantener la masa ósea óptima durante los años en que un deportista es joven. Aunque el ejercicio ayuda a mantener los huesos fuertes, si se practica de forma extenuante puede llegar a ser perjudicial, dando lugar a una disminución de la densidad mineral ósea, sobre todo en las mujeres deportistas que tienen problemas con sus ciclos menstruales.



- **Hierro.** Hay varias causas para que los atletas tienen deficiencias de hierro. Una ingestión energética restringida se asocia también a una ingestión inadecuada de hierro. Por otro lado, sabemos que el ejercicio aumenta de forma importante las pérdidas de hierro por distintos procesos. Se ha reportado aumento en pérdidas de hierro por orina y en sudor, en maratonistas después de una carrera. También se han documentado mayores pérdidas a nivel gastrointestinal en estos atletas. Los corredores de fondo o maratonistas pierden hierro por hemólisis que ocurre al darse el impacto de los pies contra el suelo al correr. En atletas mujeres debemos además tomar en cuenta las pérdidas de hierro por medio de la menstruación. Los atletas que están en mayor riesgo de tener deficiencia de hierro son las mujeres, los corredores de fondo, los vegetarianos y los adolescentes.
- **Fósforo (P).** Metabolismo energético y proteico. Debilidad general. Pérdidas de calcio. Desmineralización del hueso, oxigenación muscular y producción de ATP.
- **Magnesio.** Es un mineral básico para el deportista por su papel en la relajación muscular y en el buen funcionamiento del corazón. Las deficiencias de magnesio aparecen en raras ocasiones, pero cuando esto ocurre hay importantes repercusiones: calambres y dolores musculares, latidos cardíacos irregulares, reducción de la presión sanguínea, debilidad.
- La práctica deportiva extenuante genera una pérdida de magnesio, y la falta de este conduce a una reducción de las capacidades de resistencia y de adaptación al esfuerzo.
- **Fósforo (P).** Metabolismo energético y proteico, Debilidad general. Pérdidas de calcio. Desmineralización del hueso, oxigenación muscular y producción de ATP.
- **Zinc.** Es un mineral que en los últimos años ha adquirido especial interés en el mundo del deporte, debido a las importantes funciones que desempeña:
 - Ayuda a regular la actividad de muchas enzimas.
 - Favorece el adecuado transporte de nutrientes.
 - Mantiene la excitabilidad nerviosa y muscular.
 - Es un componente estructural de los huesos.
 - Refuerza el sistema inmunológico y es antioxidante.

Todos estos aspectos son fundamentales en la fisiología del ejercicio. Este mineral ayuda a combatir el estrés oxidativo generado por la actividad física intensa, mediante su acción antioxidante. También facilita la regeneración de las pequeñas lesiones musculares que se pueden producir en el deportista, incluso modifica la acumulación de ácido láctico debido a su influencia sobre la enzima lactato deshidrogenasa.

2.3 Efectos fisiológicos de la deshidratación

Cuando no hay una buena hidratación antes, durante y después de la práctica deportiva se ve afectada la composición corporal debido a la pérdida de agua por medio de la respiración y sudoración, esto lleva al cuerpo a un estado de deshidratación, lo que puede tener efectos negativos en la salud. La termorregulación y el equilibrio de líquidos son factores



fundamentales en el rendimiento deportivo, por lo que es necesaria una rehidratación inmediatamente después del ejercicio por medio de bebidas con una composición específica que logran una rápida absorción de electrolitos, puesto que sus necesidades electrolíticas aumentan y no pueden ser compensadas solamente con agua. Lo anterior se ve condicionado por el tipo de deporte, su intensidad y duración, así como por la edad, sexo, composición corporal y temperatura ambiental (Vega R. 2018).

Durante la actividad física se producen cambios en la masa corporal como consecuencia de la pérdida de agua por medio de la respiración y el sudor, lo que puede alterar la homeostasis del volumen intra y extracelular del organismo. (Vega R. 2018).

La termorregulación y el balance hídrico son de gran importancia en el rendimiento deportivo. Es importante considerar que la sensación de sed no es un mecanismo de control primario, sino más bien una señal de alerta, es decir surge cuando ya ha ocurrido una importante pérdida de agua corporal, por lo cual una persona que realiza actividad física puede llegar a deshidratarse antes que aparezca la sensación de sed. Por esto, es fundamental implementar medidas de hidratación adaptadas a los requerimientos individuales, como parte de un programa de entrenamiento (Rodríguez X. 2004).

Diariamente el contenido de agua corporal se mantiene en equilibrio dinámico, por un lado, el organismo pierde agua de forma continua, a través de las heces fecales, la orina, la respiración y la sudoración. Las pérdidas son compensadas de manera intermitente mediante el ingreso hídrico representado por el agua que se bebe o que está incorporada en los alimentos y por el agua producida en los procesos metabólicos de oxidación. El agua corporal normal en un adulto sedentario es de 1 a 3 L/día. El balance de agua corporal representa la diferencia entre la ingesta y la pérdida de fluidos, las variaciones de consumo de fluidos son controladas por los riñones, que pueden producir mayor o menor cantidad de orina, dependiendo de los cambios en el volumen de agua corporal.

Durante el ejercicio, el organismo pone en marcha una serie de mecanismos para disipar el calor acumulado. Se distribuye el flujo sanguíneo hacia los tejidos periféricos (piel y mucosas), eliminando el calor por conducción. Más importante es la producción de sudor (por cada litro de agua que se evapora se gastan aproximadamente 600 calorías). El sudor es hipotónico con respecto al plasma, contiene principalmente agua, algo de sodio y pequeñas concentraciones de potasio, hierro y calcio. Un deportista bien entrenado puede perder hasta 3 litros/hora, a través del sudor y/o por la eliminación de vapor de agua, a través de la respiración.

La cantidad de líquido que pierde un deportista por sudoración durante el ejercicio puede variar, ya que depende tanto de factores externos como de características individuales (Peniche C. 2011):

- Factores externos:
 - ✓ Duración e intensidad del ejercicio



- ✓ Condiciones ambientales
- ✓ Ropa/equipo utilizado
- Características individuales
 - ✓ Peso corporal
 - ✓ Predisposición genética
 - ✓ Condición física: Las personas que tienen mejor condición física producen mayor cantidad de sudor.
 - ✓ Aclimatación: La aclimatación al calor incrementa la capacidad de un individuo de alcanzar tasas de sudoración más altas y sustanciales, si se necesitan.

La evaporación del agua segregada con el sudor constituye uno de los mecanismos más importantes para regular la temperatura corporal. La tasa de sudoración varía entre distintas especialidades deportivas llegando a superar los 2 L/hora. (Tabla 1) En estas condiciones es muy complicado lograr una buena reposición del líquido perdido porque el ritmo del vaciado gástrico suele limitarse a 800- 1,000 mL/hora; ingestas superiores a dichos volúmenes pueden generar problemas gastrointestinales a los deportistas agravados por la propia deshidratación y la isquemia intestinal. La deshidratación es un elemento determinante en el declive del rendimiento deportivo, en consecuencia, para una rehidratación eficaz es necesario que tanto el vaciado gástrico de los fluidos ingeridos como la absorción en el duodeno se efectúen lo más rápido posible. Para reducir los efectos de la deshidratación y beneficiar los mecanismos involucrados en la defensa de la homeostasis a nivel intra y extracelular, el deportista debe ingerir líquidos antes de la competición para hacerle frente; durante ésta para conservar el volumen sanguíneo, los sistemas cardiovascular y termorregulador en óptimas condiciones y después para asegurar una correcta reposición de los líquidos perdidos durante el ejercicio (Olivos C. 2012).



Tasas de sudoración en distintas competencias			
Deporte	Condición	(L/h) Promedio	Rango
Básquetbol	Entrenamiento en verano (hombres)	1.37	(0.9-1.84)
Carrera de medio maratón	Competencia en invierno (hombres)	1.6	(1.23-1.97)
Carrera de campo traviesa	Entrenamiento en verano (hombres)	1.77	(0.99-2.55)
Futbol	Entrenamiento en invierno hombres)	1.13	(0.71-1.77)
Futbol americano	Entrenamiento en verano (hombres)	2.14	(1.1-3.18)
Natación	Entrenamiento (hombres y mujeres)	0.37	
Polo acuático	Entrenamiento (hombres)	0.29	(0.23-0.35)
	Competencia (hombres)	0.79	(0.69-0.88)
Remo	Entrenamiento en verano (hombre)	1.98	(0.99-2.92)
	Entrenamiento en verano (mujer)	1.39	0.74-2.34)
Squash	Competencia (hombres)	2.37	(1.49-3.25)
Tenis	Competencia verano (hombre)	1.6	(0.62-2.58)
	Competencia en verano (mujer)		(0.56-1.34)
Tenis	Competencias en verano (hombres propensos a calambre)	2.6	(1.79-3.41)
Triatlón(ironman)	Competencia en clima templado (hombres y mujeres)		
	Seguimiento de bicicleta	0.81	(0.47-1.08)
	Seguimiento de carrera	1.02	(0.4-1.8)

Tabla 1. "Tasas de sudoración en distintas competencias". Recuperado de: Celia, Peniche Zeveaert, Beatriz Boullosa Moreno. Nutrición Aplicada al Deporte. Mc Graw Hill. México 2011, pp 167

Si no hay una adecuada reposición de fluidos, la tolerancia a la actividad tendrá una pronunciada reducción en las actividades de larga duración debido a la pérdida de agua por sudoración, la deshidratación tiene una fuerte repercusión en los sistemas termorregulador y cardiovascular. Los síntomas iniciales que deben alertar al deportista son excesiva sudoración, cefalea intensa, náuseas y sensación de inestabilidad.



Cualquier tipo de actividad física deportiva produce eliminación de cierta cantidad de agua y electrolitos y existen necesidades específicas, pero como norma general, en personas activas y deportistas serán de 150-200 mL cada 15 minutos en pequeñas cantidades. No obstante, dependiendo del tipo de modalidad deportiva, factores ambientales, características y duración de la competición deberá tenerse en cuenta la realización de un protocolo de hidratación adecuada, utilizando una bebida idónea para cubrir las necesidades hídricas del deportista antes, durante y después del entrenamiento y/o competencia, puesto que se sabe que la hidratación es el factor más importante para mantener la salud en el deportista.

La importancia de los líquidos, agua y bebidas para deportistas (bebidas isotónicas y bebidas de recuperación) radica en el restablecimiento de la homeostasis del organismo por la pérdida de agua y electrolitos (iones) provocada por la actividad física, a través de mecanismos como la sudoración.

La pérdida del fluido corporal se ve reflejada en la reducción del volumen plasmático, lo que ocasiona que la presión arterial disminuya y como consecuencia final que haya menor flujo sanguíneo hacia los músculos y la piel. Esta falta de irrigación sanguínea debe ser compensada con el aumento de la frecuencia cardíaca. También como ya se mencionó se ve afectado el sistema digestivo, lo que provoca desbalance en el vaciado gástrico con la presencia de náuseas, vómito y diarrea, limitando la apetencia de ingerir líquidos. El aumento del volumen plasmático está directamente relacionado con el volumen de líquido ingerido y con la concentración de sodio.

La velocidad de vaciado gástrico (~800 mL/h) va a depender de la osmolaridad, pH y temperatura de la disolución, intensidad del ejercicio, volumen de la ingesta y aporte calórico, siendo este último un factor decisivo al punto de que existe una relación lineal entre densidad calórica y velocidad de vaciamiento gástrico.

Otro factor para considerar es la intensidad del ejercicio, entre mayor sea afecta negativamente la velocidad de vaciado gástrico. Intensidades superiores ($VO_{2\text{máx}}$ 75-100%) pueden comprometer el vaciamiento gástrico, retrasando la absorción de fluidos en el intestino, principalmente por el aumento de la demanda de flujo sanguíneo por los grupos musculares que realizan el esfuerzo físico, lo que llevará al aparato digestivo e intestinal a una disminución del flujo sanguíneo y como consecuencia se presentará un descenso en la velocidad del vaciado gástrico. Las altas temperaturas ambientales también disminuyen de forma significativa el nivel de vaciado gástrico. Deben evitarse las bebidas que contengan fructosa, ya que retrasan el vaciamiento gástrico.

Los factores que afectan la absorción intestinal de agua, carbohidratos y electrolitos son múltiples y durante el ejercicio pueden llegar a absorberse entre 1.9 y 2.3 L/h.



Es por ello por lo que, el Na^+ y carbohidratos en las bebidas para deportistas mejoran su mutua absorción debido al mecanismo de cotransporte por el que la glucosa y el sodio se absorben a nivel intestinal. El tipo de solutos añadidos a la solución, la osmolaridad y su nivel de digestión pueden influir en la velocidad de su absorción a través del intestino. Un contenido intestinal con elevada osmolaridad va a retrasar la absorción, incluso puede atraer agua desde el intersticio hacia la propia luz y aumentar el tránsito intestinal ocasionando diarrea. En general, la absorción de fluido no se ve disminuida en concentraciones de hasta 8% de glucosa, siendo esta absorción superior a la que se obtiene cuando se bebe agua sola.

Lo anterior se explica por el arrastre de solvente que los solutos (glucosa y sodio, principalmente) ejercen cuando se encuentran en el lado basolateral de la célula. El agua será atraída a ese espacio desde la luz intestinal pasando a través de la célula. De la misma forma, con el agua van algunos solutos que están disueltos, mecanismo conocido como arrastre por solvente. En definitiva, se produce arrastre mutuo de solvente y solutos. En consecuencia, es conveniente adaptar la composición de la bebida y el tipo de carbohidratos que contiene para obtener la mayor absorción de agua y sodio con el mínimo impacto en la osmolaridad y en la homeostasis intestinal.

La resíntesis del glucógeno hepático y muscular (gastado durante el ejercicio) es mayor durante las dos primeras horas después del esfuerzo. Por lo anterior, las bebidas de rehidratación postejercicio deben contener sodio y carbohidratos, por ello deben empezarse a beberlas lo más pronto posible (Peniche C. 2011), (Rodríguez X. 2004), (Vega R. 2016).

2.4 Efectos de la deshidratación sobre el rendimiento deportivo

Una buena hidratación es condición fundamental para optimizar el rendimiento deportivo. Cuando la tasa de sudoración supera más de 2% del peso corporal, el rendimiento deportivo se ve afectado y puede aumentar el riesgo de lesión. Esta situación es frecuente en algunos deportes como el tenis o el fútbol en verano, en cuyo caso la tasa de sudoración puede llegar a ser superior a 2 L/hora.

La sudoración profusa y excesiva durante la actividad física constituye una pérdida importante de agua para el organismo y obviamente altera el equilibrio hídrico normal.

Estados de hidratación	
Euhidratación,	Equilibrio hídrico
Deshidratación	Pérdida de agua
Hipohidratación	Déficit hídrico

Adaptado de: Rebeca Vega-Pérez, Karla Estefanía Ruiz-Hurtado, "Impacto de la nutrición e hidratación en el deporte" El Residente. 2016; 11 (2), pp 81-87



El aumento de la deshidratación con una pérdida de 3-5% del peso corporal puede manifestarse mediante calambres musculares, apatía, debilidad, desorientación y además afecta el VO_2 (consumo de oxígeno). Si se continúa con el ejercicio, se producirá agotamiento y golpe de calor marcado por el incremento de la temperatura corporal, falta de sudoración e inconsciencia. El mecanismo de sudoración no solo enfría el cuerpo, sino que provoca una importante pérdida de líquidos.

A partir de 30 minutos del inicio del esfuerzo empieza a ser necesario compensar la pérdida de líquidos y después de una hora se hace imprescindible, por ello se recomienda beber aproximadamente 400 a 500 mL/h o 150-200 mL cada 15 minutos y no es conveniente tomar más fluido del necesario para compensar el déficit hídrico.

La temperatura ideal de los líquidos debe oscilar entre 15-21 °C. Las bebidas más frías vuelven más lenta la absorción y en ocasiones pueden provocar lipotimias y desvanecimientos, mientras que las bebidas más calientes no son apetecibles, por lo que se beberá menos cantidad.

La rehidratación debe iniciarse al finalizar el ejercicio, el objetivo fundamental es el restablecimiento inmediato de la función fisiológica cardiovascular, muscular y metabólica mediante la corrección de la pérdida de líquidos y solutos acumuladas durante el transcurso del ejercicio.

Si la disminución de peso durante el entrenamiento o competición ha sido superior a 2% del peso corporal, conviene beber, aunque no se tenga sed y salar más los alimentos. Se recomienda ingerir de 110-150% de la pérdida de peso en las primeras seis horas tras el ejercicio para cubrir el líquido eliminado tanto por el sudor como por la orina y de esta manera recuperar el equilibrio hídrico. La deshidratación progresiva en el ejercicio es frecuente pues los deportistas muchas veces no ingieren el suficiente líquido para reponer las pérdidas de agua. Es fundamental mantener un adecuado nivel de hidratación corporal mientras se hace ejercicio, especialmente considerando que el mecanismo de la sed aparece con cierto retraso, cuando el cuerpo ya ha perdido un 1 a 2% del peso corporal. Esta pérdida de peso corporal limita la capacidad del cuerpo de eliminar el exceso de calor.

Los síntomas iniciales que deben alertar al deportista son excesiva sudoración, cefalea, intensa, náuseas y sensación de inestabilidad.

En climas fríos también se puede producir deshidratación, aunque con menos frecuencia. Los factores causantes son: exceso de ropa, aumento de la diuresis ocasionada por hipoxia en mayores alturas y también porque el frío no estimula la ingesta de líquido (Vega R. 2016).

Las recomendaciones para deportistas son diferentes, ellos independiente del tiempo de duración de los entrenamientos y competencia, ejecutan ejercicios a mayor intensidad, elevando de manera importante su temperatura corporal con el consiguiente aumento de su sudoración, lo que indica una mayor pérdida de agua y electrolitos, lo que sugiere utilizar



con ellos bebidas isotónicas antes, durante y después de los entrenamientos y/o competencias.

Pérdidas de electrolitos en el ejercicio

Los electrolitos son partículas que ayudan a regular el equilibrio de los líquidos del organismo. Están en el plasma (parte líquida de la sangre) y en el sudor, en cantidades diferentes. Los más importantes son el sodio, cloro y potasio (Palacios N. 2009).

Tal y como ocurre con las pérdidas de líquido, existe una gran variabilidad en las pérdidas de electrolitos durante el ejercicio entre un deportista y otro. Las pérdidas de electrolitos en el sudor dependen de las concentraciones en el mismo y de las pérdidas totales de sudor (Peniche C. 2011).

Si no hay suficientes electrolitos se pueden producir síntomas de deficiencia, como calambres musculares, debilidad y apatía. Los electrolitos cumplen funciones específicas en el cuerpo que son necesarias para la actividad física. (tabla3).

Función de Electrolitos en el cuerpo:	
ELECTROLITO	FUNCIÓN
Potasio	⇒ Función muscular ⇒ Almacenamiento de glucógeno ⇒ Equilibrio hídrico
Sodio	⇒ Equilibrio hídrico ⇒ Activación enzimática
Calcio	⇒ Activación de nervios y músculos ⇒ Contracción muscular
Magnesio	⇒ Activación enzimática ⇒ Metabolismo de proteínas
Fósforo	⇒ Función muscular ⇒ Formación de ATP

Tabla 3. "Funciones de los electrolitos en el cuerpo. Recuperado de:

Adaptación de Celia, Peniche Zeevaert, Beatriz Boullosa Moreno. Nutrición Aplicada al Deporte. Mc Graw Hill. México 2011, pp 151,152

El grado de sudoración depende de multitud de factores de carácter principalmente externos, como la duración e intensidad de la actividad física, la temperatura y humedad ambientales, la vestimenta utilizada, etc.



Los principales electrolitos en el sudor son el sodio y el cloro, al igual que en el líquido extracelular; no obstante, las concentraciones de estos iones son sustancialmente menores que en el plasma lo que indica que hay resorción de estos electrolitos en el conducto de la glándula sudorípara. Por ejemplo, la concentración promedio de sodio en el plasma es de alrededor de 140 meq/L, mientras que en el sudor es de 35 meq/L; de igual forma, la concentración promedio de cloro en plasma es de 104 meq/L comparada con solo 30 meq/L en el sudor.

Estas adaptaciones hacen posible la mejoría de la termorregulación al aumentar la capacidad de evaporación, pero al mismo tiempo ayudan a conservar los electrolitos, particularmente el sodio para mantener el volumen del plasma y conservar así la función cardiovascular.

Una de las principales adaptaciones de la dieta es incrementar el consumo de sal sobre todo en periodos de entrenamiento intenso o cuando se ejercita en el calor (por las pérdidas en la sudoración). Se debe poner atención a los “sudadores salados”, aquellos atletas cuya piel y ropa quedan cubiertos por un residuo blanco después del ejercicio. Por lo que se deben reponer los depósitos de sodio en el cuerpo.

En algunas pruebas de sudoración realizadas por el Instituto Gatorade de Ciencias del Deporte (GSSI) se ha observado que algunos deportistas pueden experimentar pérdidas por litro de sudor que sobrepasan las recomendaciones de consumo de sodio. Por lo que se aconseja en los atletas agreguen sal a su dieta sin restricción, a menos que tengan alguna condición de salud que lo impida, y consumir bebidas deportivas que aporten el sodio necesario. (Peniche C. 2011).

Las bebidas deportivas están especialmente diseñadas para personas que realizan gran esfuerzo físico y con un intenso desgaste muscular (Palacios N. 2009).

Estas bebidas presentan una composición específica para conseguir una rápida absorción de agua y electrolitos, y prevenir la fatiga, siendo tres sus objetivos fundamentales:

1. Aportar hidratos de carbono que mantengan una concentración adecuada de glucosa en sangre y retrasen el agotamiento de los depósitos de glucógeno.
2. Reposición de electrolitos sobre todo del sodio.
3. Reposición hídrica para evitar la deshidratación.

El sodio es el electrolito que se pierde en mayor cantidad con el sudor. Cuando se añade a las bebidas deportivas cumple tres funciones: mejorar, junto con cierta cantidad de azúcar, la absorción de los líquidos, mantener el estímulo de la sed y favorecer la retención de líquidos a nivel renal. También acelera la absorción de los hidratos de carbono y mejora el sabor de la bebida.



Daremos como ejemplo las pérdidas de sodio en juego de fútbol mexicano (*tabla 4*), para tener como referencia la cantidad que se pierde de este electrolito.

Deporte	Número	Concentraciones de sodio en sudor en mg/L (meq/L)
Jugadores profesionales de fútbol de equipo mexicano ⁺	22	654-1 618 mg/L (28-70 meq/L)
Árbitros profesionales de fútbol mexicanos ⁺	11	458-1 833 mg/L (20-80 meq/L)

Tabla 4. Concentraciones de sodio en sudor de jugadores y árbitros de fútbol en México. Recuperado de: Celia, Peniche Zeevaert, Beatriz Boullosa Moreno. Nutrición Aplicada al Deporte. Mc Graw Hill. México 2011. Pp 169

Los hidratos de carbono son un aporte de energía para el músculo, y retrasan la aparición de fatiga, sobre todo en los ejercicios de larga duración. También permiten una absorción más rápida del agua y del sodio.

En cuanto al potasio, las concentraciones en sudor rara vez son mayores a los 10mmol/L. La mayor parte del potasio en el cuerpo es intracelular y el contenido total de potasio es muy grande; por tanto, el potasio del sudor representa sólo un porcentaje relativamente pequeño del potasio disponible⁵.

Las pérdidas de electrolitos en el ejercicio varían entre un sujeto y otro. Los principales electrolitos en el sudor son el sodio y el cloro, al igual que en el líquido intracelular, no obstante, las concentraciones de estos iones son sustancialmente menores en el plasma (*tabla5*), lo que indica que hay resorción de estos electrolitos en el conducto de la glándula sudorípara.

Concentraciones de los principales electrolitos en sudor.

Ion	Sudor* (meq/L)	
	Promedio	Rango
Sodio	35	(10-70)
Potasio	5	(3-15)
Calcio	1	(0.3-2)
Magnesio	0.8	(0.2-1.5)
Cloruro	30	(5-60)

Tabla 5. Concentración de los principales electrolitos en el sudor. Recuperado de: Celia, Peniche Zeevaert, Beatriz Boullosa Moreno. Nutrición Aplicada al Deporte. Mc Graw Hill. México 2011. Pp 169

2.5 Deshidratación y enfermedades por calor en la práctica deportiva



2.5.1 Golpe de calor

El golpe de calor se presenta al colapsarse un sujeto con una temperatura central $> 40^{\circ}\text{C}$, lo cual se vincula con desequilibrio del sistema nervioso central e insuficiencia de múltiples órganos. Los factores principales que llevan al Golpe de Calor por Esfuerzo (GCE) son el ejercicio extenuante en un clima cálido- húmedo, la falta de aclimatación al calor, la deshidratación y la mala condición física. El mayor riesgo existe cuando la temperatura de globo y bulbo húmedo (WBGT) es mayor de 20°C , durante el ejercicio de alta intensidad ($>75\% \text{Vo}_{\text{máx}}$ "consumo máximo de oxígeno"), o en el ejercicio extenuante que dura más de 1hr.

Los atletas no deben ejercitarse en un ambiente caliente si tienen fiebre, infecciones respiratorias, diarrea o vómito. El golpe de calor es una complicación potencialmente letal, por lo que se requiere atención médica inmediata.

El GCE refleja una falla de los mecanismos de pérdida de calor producida por la temperatura corporal excesivamente alta. Es como si el sistema de termorregulación se apagara y, por tanto, se detuviera la sudoración lo que elevaría la temperatura por arriba de los 41°C .

Es importante resaltar que el GCE es una emergencia médica potencialmente letal que requiere enfriamiento inmediato de todo el cuerpo; se recomienda la inmersión en agua fría o agua con hielo ya que este tratamiento ha mostrado las tasas de enfriamiento más rápidas. La magnitud y duración de la hipertermia determina el daño a los órganos y el riesgo de mortalidad, es decir, entre más elevada la temperatura corporal y cuanto más tiempo se mantenga elevada, mayor será el daño al sistema nervioso central y los demás órganos por ende es indispensable reconocer pronto el GCE e iniciar el enfriamiento antes de transportar al hospital.

CUADRO DE TEMPERATURA CORPORAL Y SUS EFECTOS:

LÍMITE SUPERIOR PARA LA SUPERVIVENCIA.	
Golpe de calor, daño cerebral	HIPEREMIA ZONA DE PELIGRO
Ejercicio físico extremo o fiebre	RANGO SEGURO
Escalofrió intenso y problemas de coordinación	HIPOTERMIA
Escalofrió violento, dificultad para hablar y pensar	ZONA DE PELIGRO
AUSENCIA DE TERMORREGULACIÓN	

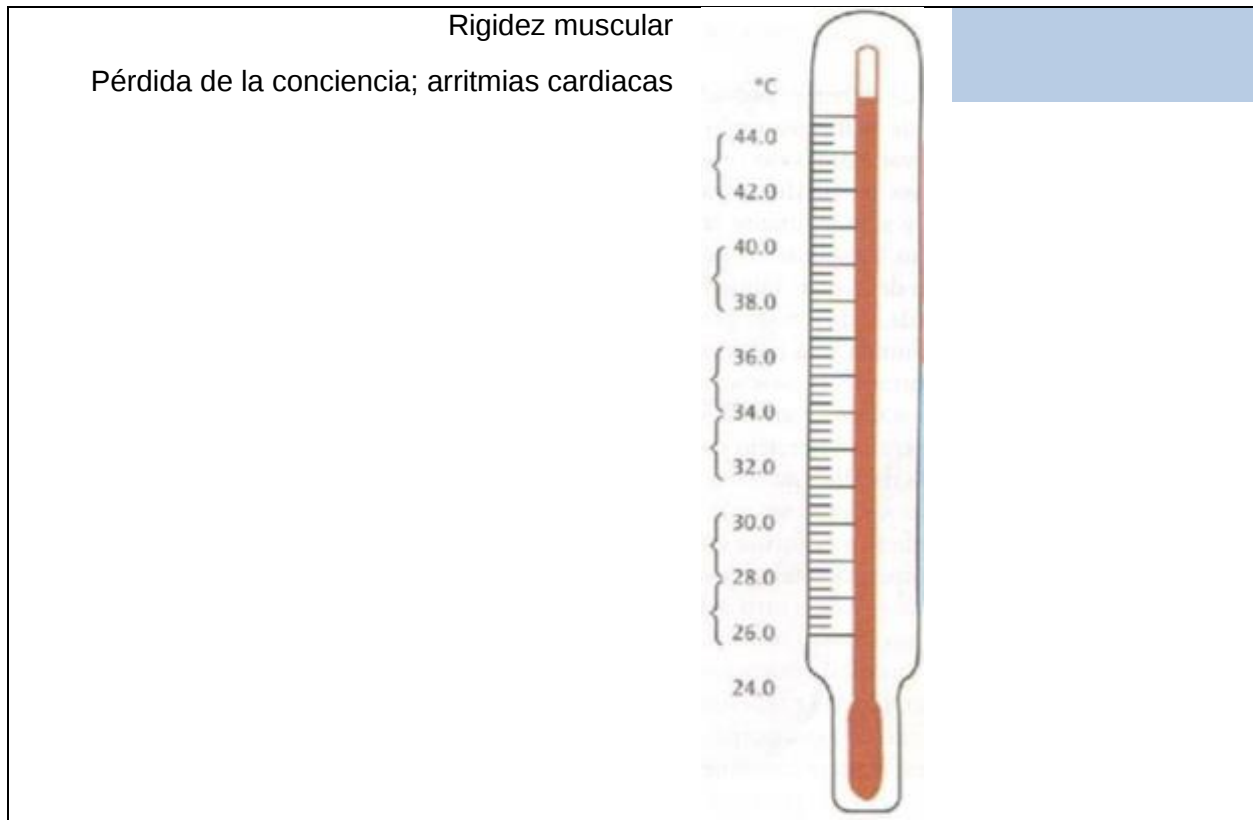


Figura 4. Temperatura corporal normal y efectos de la hipertermia e hipotermia. Recuperado de: Celia, Peniche Zeevaert, Beatriz Boullosa Moreno. Nutrición Aplicada al Deporte. Mc Graw Hill. México 2011, pp 156

El reconocimiento oportuno y acertado del GCE es crucial para la prevención de las complicaciones a largo plazo y la posibilidad de muerte. El diagnóstico clínico del GCE incluye:

1. Temperatura corporal superior a 40 o 40.5°C
2. Mal funcionamiento del sistema nervioso central (SNC)

Cuando la temperatura corporal está por debajo de 40°C, pero la víctima presenta disfunción del SNC, se deben considerar y descartar otras posibles afecciones como hiponatremia, hipoglicemia y conmoción cerebral antes de suponer GCE.

La víctima podría presentar una pérdida del conocimiento o podría no presentarla, por ello, la persona a cargo de su cuidado no debería atenerse solamente al nivel de conciencia para determinar si la víctima está sufriendo un GCE.

El retorno al ejercicio o la actividad física después de un GCE dependerá especialmente de la severidad del caso y de qué tan rápida y efectivamente recibió tratamiento cada persona. No es extraño observar una elevación en los biomarcadores hepáticos en los días después



del evento; sin embargo, con el tratamiento apropiado estos marcadores deberían regresar a sus valores normales rápidamente, usualmente en menos de una semana. En aquellos casos en que no se dio el tratamiento apropiado, los niveles elevados de estos marcadores biológicos podrían ser un indicador de posibles fallas orgánicas que podrían precipitar la muerte. Como cada caso de GCE es diferente, los tiempos de recuperación pueden variar de manera drástica, por lo cual no existe una pauta universal que pueda aplicarse en todos los casos. El American College of Sports Medicine (Colegio de Medicina Deportiva de los EE. UU.) recomienda una progresión de cinco etapas para el retorno al entrenamiento y la competición (Adams H. 2018):

- A. Absténgase del ejercicio por al menos siete días después de ser dado de alta de los cuidados médicos.
- B. Pida una cita para seguimiento más o menos una semana después del incidente para exámenes físicos, pruebas de laboratorio o diagnóstico por imágenes de los órganos afectados, según la evolución clínica del incidente de golpe de calor.
- C. Una vez recibido el visto bueno para regresar a la actividad, comience ejercitándose en un ambiente fresco y aumente gradualmente la duración, la intensidad y la exposición al calor a lo largo de un período de dos semanas, para demostrar la tolerancia al calor e iniciar la aclimatización.
- D. Si no se logra el retorno a la actividad física vigorosa en un plazo de 4 semanas, considere la posibilidad de una prueba de tolerancia al ejercicio en el calor en un laboratorio.
- E. El atleta puede ser dado de alta para competir de lleno si es tolerante al calor después de 2 a 4 semanas de entrenamientos completos.

2.5.2 Agotamiento por calor

El agotamiento se define como la incapacidad para continuar el ejercicio, ocurre con un esfuerzo intenso en todas las temperaturas y puede presentarse o no un colapso. El agotamiento por calor aparece después de tener pérdida significativa de líquidos y electrolitos e insuficiencia cardiovascular. Es la complicación por calor más común entre la gente físicamente activa, sobre todo las personas con deshidratación, desentrenadas y no aclimatadas al calor.

**Factores Intrínsecos**

Mala condición física
 Composición corporal (muchacha masa grasa, IMC alto)
 Falta de aclimatación al calor
 Deshidratación
 Afecciones médicas predisponentes (hipertermia maligna, enfermedades con fiebre)
 Historial de golpe de calor por esfuerzo con secuelas
 Uso de medicamentos (estimulantes, psiquiátricos, anticolinérgicos)
 Falta de sueño
 Sobremotivación
 Falta de conocimientos sobre golpe de calor por esfuerzo

Factores Extrínsecos

Equipo deportivo
 Vestimenta
 Condiciones ambientales adversas (temperatura ambiental elevada, alta humedad relativa, alto índice de estrés térmico WBGT)
 Intensidad del ejercicio
 Proporción inadecuada entre el esfuerzo y el descanso

TABLA 6. Factores intrínsecos y extrínsecos del golpe de calor. Recuperado de: Hsokawa Y., Adams W.N. Sterns R.L. & Casa D.J. El golpe de calor en la actividad física y el deporte (versión traducida al español). Pensar Mov (2014). <http://dx.doi.org/10.15517/pensarmov.v12i2.17858>

El agotamiento por calor inducido por el ejercicio ocurre por la falta de efectividad de los ajustes circulatorios, al disminuir el volumen plasmático por la sudoración excesiva; la sangre se acumula en los vasos periféricos y reduce de forma notoria el volumen de sangre central requerido para mantener el gasto cardíaco. Se ha sugerido que el agotamiento por calor es un (freno de seguridad) que protege al cuerpo en condiciones estresantes, por lo que merece atención para evitar complicaciones mayores.

La gran mayoría de los atletas que presentan agotamiento por calor se recuperan en el lugar de la competencia, pero no es aconsejable el regreso inmediato al ejercicio. Ni el descanso ni el enfriamiento del cuerpo permiten recuperar por completo la capacidad de ejercicio en el mismo día después de un caso de agotamiento por calor. Se recomienda continuar con un descanso e hidratación las siguientes 24 a 48 hrs. Una vez de regreso a la actividad, se aumenta de manera gradual la intensidad y volumen de ejercicio (Peniche C. 2011).

2.5.3 Síncope por calor

El síncope térmico (colapso por ejercicio) se observa en las personas que hacen ejercicio de resistencia o en los ancianos. Otras situaciones clínicas frecuentes son las personas que permanecen de pie durante un tiempo prolongado en el calor y aquellas que se ponen de pie de manera repentina después de haber permanecido durante un tiempo prolongado al calor. El estrés térmico provoca hipovolemia relativa, reduce el tono vasomotor y genera vasodilatación periférica. El efecto acumulativo de este retorno venoso reducido genera



hipotensión postural, en especial en los ancianos no aclimatados. Muchas de las personas que lo padecen tienen otras enfermedades. Por tanto, es necesario descartar otras causas cardiovasculares, neurológicas y metabólicas del síncope. Una vez que se elimina la fuente de calor, la mayoría de los pacientes se recupera únicamente con enfriamiento y rehidratación (Kasper D. 2018).

2.5.4 Espasmos musculares

Los espasmos musculares asociados con ejercicio son calambres dolorosos de los músculos esqueléticos que se observan por lo regular después del ejercicio extenuante y prolongado, a menudo en el calor. Cuando se presenta un espasmo muscular, el músculo o grupo de los mismos afectados se contraen fuertemente y causan un dolor intenso, que la mayoría de las veces puede durar de 1 a 3 min, se presentan sobre todo en brazos, piernas y músculos abdominales. Durante la actividad física no se pierden cantidades significativas de calcio, magnesio y potasio intracelular en el sudor, por lo que es probable que los calambres no se vinculen con los cambios de los niveles de estos electrolitos. Por ello, se debe olvidar el mito de comer “plátanos” (Potasio) para prevenir los calambres. Es más bien la combinación de la fatiga muscular, la deshidratación y las pérdidas de sodio en el sudor lo que precipita los calambres relacionados con el ejercicio.

Éstos son comunes en jugadores de fútbol americano no aclimatados al calor (en las primeras sesiones de entrenamiento en el verano), partidos de tenis, carreras de ciclismo largas, última parte de los triatlones tropicales, fútbol y voleibol de playa. Aunque también pueden ocurrir en actividades de invierno, como carreras en esquíes a campo traviesa y en porteros de hockey sobre hielo. Aunque pueden ocurrir al realizar trabajo intenso a cualquier temperatura, parecen ser más comunes en condiciones de calor y humedad. Las personas propensas a calambres musculares tienden a presentar altas tasas de sudoración con grandes pérdidas de sodio por sudoración. Con los espasmos musculares no siempre aumenta la temperatura corporal.

Para el manejo médico, inicialmente se realiza un completo examen clínico, neurológico y ortopédico que incluya un interrogatorio exhaustivo para caracterizar el tipo de calambre: si es precipitado por el ejercicio, si ocurre en reposo, si se asocia con debilidad muscular, el tiempo de aparición, si calma con el estiramiento pasivo, si existe historia familiar de calambres, si se asocia con mioglobulinuria. Se investigará qué drogas utiliza el deportista y se solicitan estudios de laboratorio (hemograma, electrolitos, CPK, TSH, etc.) Se realiza, también, una evaluación nutricional completa y se indican pautas de entrenamiento y controles periódicos (Maquirriain J. 2005).

Al parecer, la aparición de espasmos se puede prevenir manteniendo el balance de líquido y sal. En consecuencia, los jugadores propensos deben incrementar su ingesta de sal en la dieta a 5-10g/día y consumir líquidos con sodio durante las actividades prolongadas para mantener su balance de sal cuando las pérdidas por sudor sean grandes en especial durante la fase de aclimatación al calor.



La clave de la prevención de los calambres agudos es la protección de la fatiga muscular prematura durante el ejercicio. El deportista deberá alcanzar un acondicionamiento correcto para la actividad; realizar una rutina de estiramiento periódico, en especial de los músculos afectados por los calambres; mantener una nutrición adecuada (electrolitos y carbohidratos) para evitar la fatiga durante el ejercicio, y reducir la intensidad y la duración del ejercicio si fuera necesario.

Los síntomas asociados a la actividad física, las complicaciones coligadas con el calor en el deporte y el tratamiento que se da en esos casos, lo veremos en la (tabla7), para observar con detenimiento a que situaciones se enfrenta el deportista.

Síntomas y tratamiento de las complicaciones por calor relacionadas con el ejercicio:

Complicaciones por calor	Síntomas*	Tratamiento**
Calambres musculares asociados al ejercicio	Espasmos musculares involuntarios, casi siempre los músculos ejercitados.	Descanso: Estiramiento prolongado de los músculos extendidos por completo. Rehidratación con una bebida deportiva que reponga las pérdidas de sodio. Se ha probado que el consumo de 0.5l de bebidas deportivas adicionadas con 3g de sal en periodo de 5-10 min es un tratamiento útil para aliviar un calambre en el campo de juego. Si es necesario, consumir sodio a partir de alimentos (pretzels, sal de mesa, consomés, etc.)
Agotamiento por calor	Deshidratación. Dolor de cabeza. Debilidad. Marcha temblorosa. Mareos/desmayos. Escalofíos, "piel de gallina" Piel fría y húmeda. Náusea y vómito. Diarrea. Presión sanguínea baja. Pulso y frecuencia respiratoria elevados.	Descartar otros problemas como hiponatremia y golpe de calor. Trasladarse a un área con sombra o aire acondicionado, quitar el exceso de ropa. Reposición de líquidos y electrolitos. Descansar acostado con las piernas elevadas hasta que todos los síntomas desaparezcan. Enfriar con ventiladores o toallas con hielo.



	Disminución de la coordinación muscular. Temperatura rectal elevada, pero $<40^{\circ}\text{C}$	Buscar atención médica para la vigilancia de la presión sanguínea, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y temperatura.
Golpe de calor por esfuerzo.	Temperatura rectal generalmente $>40.5^{\circ}\text{C}$. Pulso débil y rápido. Cambios en el sistema nervioso central: Confusión/desorientación. Agitación/agresividad. Mirada en blanco/apatía. Conducta irracional. Paso tambalaleante. Delirio. Convulsiones. Ausencia de respuestas, coma. Piel caliente y húmeda o seca. Vómito . Movimiento intestinal involuntario. Hiperventilación.	Retirar del calor. Inmersión inmediata en una tina con agua fría o agua con hielos. Enfriamiento rápido con baños de hielo o algún otro medio disponible. Buscar tratamiento médico inmediato.

Tabla 7. Síntomas y tratamiento de las complicaciones por calor relacionadas con el ejercicio. Recuperado de: Celia, Peniche Zeevaert, Beatriz Boullosa Moreno. Nutrición Aplicada al Deporte. Mc Graw Hill. México 2011, pp 169

2.6 Hiponatremia asociada al ejercicio

Es un problema muy grave, pero no sucede con frecuencia, el desarrollo de hiponatremia asociado con el ejercicio (HAE), puede ocurrir en corredores y personas que practican caminata y beben grandes cantidades de bebidas bajas en sodio durante el ejercicio prolongado, se ha registrado mayor incidencia en competencias de resistencias con duración de 8 hrs o más, como el **ironman**, que es la prueba más exigente del triatlón en la cual se nada 3.8 km, se recorre en bicicleta un trayecto 180 km, se cierra con una carrera de 42.2 km, este síndrome se presenta también en los corredores más lentos que participan en carreras de maratón. Por ejemplo, en la maratón de Boston de 2002, en un estudio prospectivo que incluía a un total de 766 corredores, 511 finalizaron la prueba y de ellos se obtuvieron muestras de sangre en 488. El 13% presentaba hiponatremia ($<135 \text{ mmol/l}$) y el 0,6% (tres), hiponatremia grave ($<120 \text{ mmol/l}$).

La (HAE), puede ocurrir durante o después de 24h posteriores a la actividad física prolongada y se define como una concentración de sodio en el plasma por debajo de los



límites de referencia normales del laboratorio que realiza la prueba (<135 mmol/L para la mayoría de los laboratorios), (Pérez N. 2011).

El cuadro clínico de la HAE se presenta con signos y síntomas como confusión, desorientación, dolor de cabeza, náusea, vómito y debilidad muscular (*figura5*). En la mayoría de los casos de HAE, las concentraciones de plasma en sodio son menores a 125 mmol/L. Las complicaciones graves incluyen inflamación del cerebro, convulsiones, coma, edema pulmonar y colapso respiratorio. Aunque casi siempre es tratable sin ocasionar secuelas a largo plazo.

Síntomas de hiponatremia asociada al ejercicio:

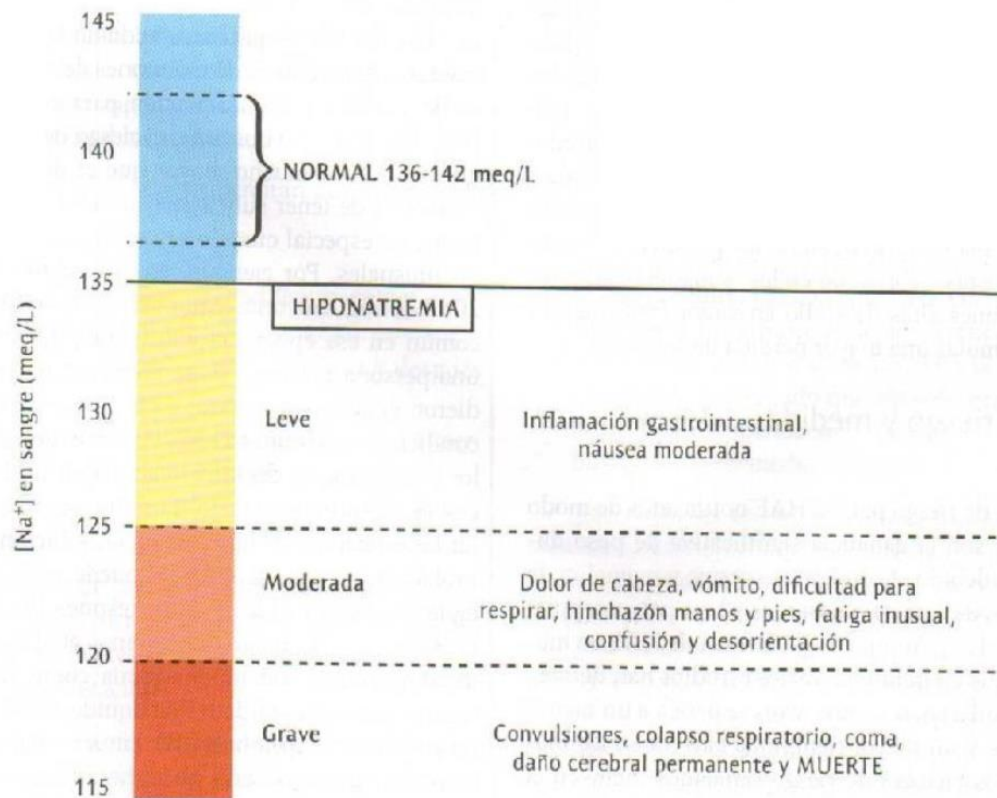


Figura 5. Síntomas de hiponatremia asociada al ejercicio. Recuperado de: Celia, Peniche Zeevaert, Beatriz Boullosa Moreno. Nutrición Aplicada al Deporte. Mc Graw Hill. México 2011, pp 177

Los factores son múltiples con el desarrollo de la hiponatremia, los cuatro aspectos más relevantes son (Peniche C. 2011):

- Aumento del agua corporal.
- Disminución de la producción de orina
- Pérdida de sodio
- Consumo inadecuado de sodio.



La evidencia sólida del HRE se debe a la dilución por un aumento del agua corporal total en relación con la concentración de sodio intercambiable en el cuerpo, lo cual se atribuye al consumo excesivo de líquido y puede agravarse por la secreción de la hormona antidiurética (ADH), la cual reduce en grado notable la producción de orina hasta causar una retención de líquido. Ésta favorece la hiponatremia porque el agua se absorbe lentamente y permanece en la luz intestinal más tiempo por hipoperfusión esplénica, lo que genera una falsa inactivación osmótica. El aumento de peso es el factor predictivo más importante de hiponatremia y el mejor correlacionado con la sobrehidratación, así como con la gravedad de la hiponatremia.

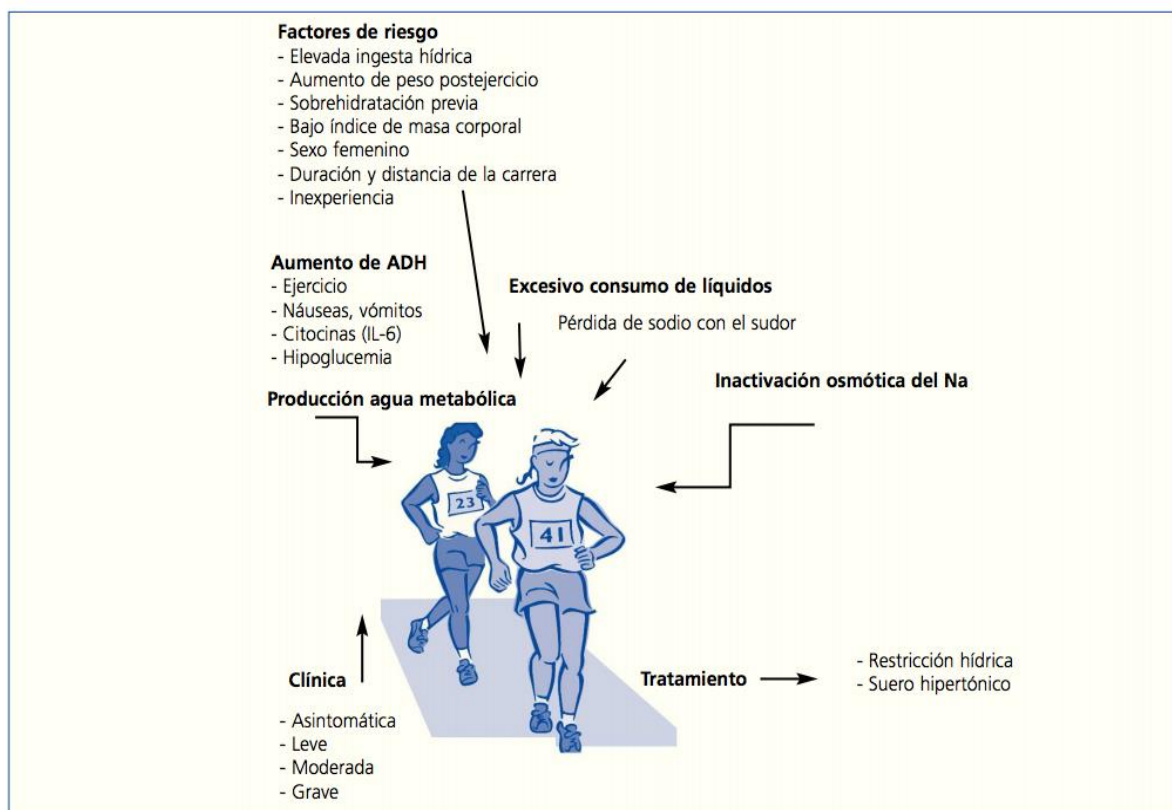


Figura 6. Factores físicos y mecanismos de la hiponatremia asociada al ejercicio. Recuperado de: N. Pérez Romano et al. Otras causas de hiponatremia. Nefrología Sup Ext 2011;2(6):69.

Otros factores de riesgo son la ingesta de bebidas deportivas que son hipotónicas respecto al plasma, el índice de masa corporal (IMC) bajo, debido a un consumo mayor que el correspondiente a la superficie corporal, la longitud y/o duración de la carrera, que favorece una ingesta hídrica elevada y una mayor pérdida de sodio, así como la inexperiencia del participante, este último factor apoyado en el factor educacional y por la evidencia de menos hiponatremias en corredores de élite (Pérez N. 2011).

2.7 Necesidades de líquidos y electrolitos en atletas

**Los líquidos en el atleta:**

En un atleta que realiza ejercicio físico intenso, sobre todo en condiciones de calor, incrementan las necesidades diarias de agua y es más difícil establecer su balance de líquidos.

El Consejo de Alimentos y Nutrición del Instituto de Medicina de Estados Unidos (IOM), estableció las necesidades de agua bajo el concepto de ingesta diaria recomendada (adequate intake "AI"), que es de 3.7 litros para hombre adulto y de 2.7 litros para mujeres adultas, las cuales cubren las necesidades de la mayor parte de las personas, esta recomendación no es dirigida a deportista, para ellos las necesidades diarias exceden los 3 a 4 litros por días y algunas veces los 10 litros.

Los electrolitos en el atleta:

Existe una gran variedad en la pérdida de electrolitos durante el ejercicio entre cada deportista. La pérdida de electrolitos en el sudor depende de las concentraciones de electrolitos en sudor y las pérdidas totales. Los principales electrolitos en el sudor son el sodio y el cloro, al igual que el líquido extracelular, no obstante, las concentraciones de estos iones son sustancialmente menores que en el plasma, lo que indica que hay resorción de estos electrolitos en el conducto de la glándula sudorípara. La concentración promedio de sodio en plasma es de alrededor de 140 meq/L, mientras que el sudor es de 35 meq/L, comparado con 30 meq/L en el sudor.

En un individuo la composición del sudor puede variar de acuerdo con la tasa de sudoración, el nivel de entrenamiento y el estado de aclimatación al calor. Con el entrenamiento y la aclimatación se observa una mayor tasa de sudoración, pero también desciende la concentración de sodio y cloruro en sudor como respuesta al clima, debido a que se mejora la capacidad de reabsorción de electrolitos.

El deportista deberá adaptar en su dieta el aumento del consumo de sal, sobre todo en periodos de entrenamiento intenso o en calor, situación por la cual hay gran pérdida por sudoración. Se deberá poner más atención en los deportistas que sean "sudadores salados", estos son los que en la ropa y la piel tienen residuo blanco después del ejercicio (Peniche C. 2011).



Necesidades de agua, sodio y potasio de adultos sedentarios y activos:

		Agua	Sodio	Potasio
Recomendación IOM para adultos sedentarios	AI	3.7 L /día (hombres)	1.5 g/día	4.7 g/día
	UL	Ninguno	2.3 g/día	Ninguno
Necesidades para adultos físicamente activos	AI	>3.7 L/día (hombre) >2.7 L/día (mujeres) (dependen de las pérdidas de sudor; pueden exceder los 10 L/día)	>1.5 g / día (depende la pérdida de sudor; pueden exceder de los 10g día.	4.7 g/día
	UL	Ninguno	Ninguno	Ninguno

Las recomendaciones están expresadas como ingestión diaria recomendada (*adequate intede (ALL)*) y límite superior de consumo (*tolerable upper limit –UL-*).

IOM, Consejo de Alimentos y Nutrición del Instituto de Medicina de Estados Unidos.

Adaptado de Kenney WL. 2004.

Tabla 8. Necesidades de agua, sodio y potasio de adultos sedentarios y activos. Recuperado de: Celia, Peniche Zeevaert, Beatriz Boullosa Moreno. Nutrición Aplicada al Deporte. Mc Graw Hill. México 2011, pp 170

2.7.1 Hidratación; antes, durante y después del ejercicio

Hidratación en el ejercicio:

Un inadecuado consumo de líquido durante el ejercicio afecta la regulación de la temperatura, la función cardiovascular y el metabolismo del músculo. No obstante, el efecto negativo de la deshidratación en el rendimiento deportivo y la salud pueden disminuir por la ingesta de líquido para compensar la pérdida por sudoración. El estudio de la hidratación en el ejercicio se ha dividido en antes, durante y después del ejercicio:

Antes del ejercicio.

El objetivo de la hidratación antes del ejercicio es iniciar la actividad física euhidratado (contenido de agua corporal normal) y con niveles normales de electrolitos en plasma. Se ha observado en estudios que muchos atletas o personas activas valoradas, llegan deshidratadas a sus sesiones de ejercicio. En varias pruebas realizadas con equipos de fútbol profesional de Latinoamérica y Europa se ha informado que entre el 62 y el 89% de los jugadores analizados llegan deshidratados a entrenar.



En un estudio con 217 entrenadores e instructores de ejercicios aeróbicos que participaban en un programa de actualización en nutrición deportiva en cuatro ciudades de México se observó que 51.9% de los participantes estaban deshidratados en una sesión de ejercicio, incluso después de recibir información acerca de la termorregulación y la importancia de la hidratación. Por tal razón es importante hacer énfasis en este aspecto para que los atletas o personas que se ejercitan inicien el ejercicio euhidratados.

Se recomienda iniciar la hidratación al menos 4 horas antes del ejercicio y consumir lentamente 5 a 7 ml/kg de peso corporal. Si el atleta no orina o la orina es oscura y muy concentrada, debe tomar 3 a 5 ml/kg cerca de dos horas antes de la competencia. Al hidratarse varias horas antes hay suficiente tiempo para eliminar el exceso de líquido. El consumo de bebidas con sodio (20 a 50 meq/L) como alguna bebida deportiva, o pequeñas cantidades de meriendas o alimentos que contengan sodio en las comidas, ayuda a estimular la sed y retener los líquidos consumidos (Peniche C. 2011).

Durante el ejercicio

El rendimiento físico decrece aun con una deshidratación moderada y pequeñas disminuciones de volumen plasmático los atletas deben minimizar la deshidratación e ingerir líquidos durante el ejercicio. El consumo regular de líquidos durante el ejercicio es efectivo para mejorar la capacidad de ejercicio (aumenta el tiempo hasta el agotamiento), reduce el tiempo para completar un ejercicio.

Las principales razones para tomar líquido durante el ejercicio son:

- Llevar al mínimo la deshidratación, sobre todo en ejercicios prolongados.
- Ser un vehículo para aportar energía (hidratos de carbono), lo que ayuda en el aumento del rendimiento.

El objetivo de beber agua durante el ejercicio es prevenir deshidratación excesiva (>2% de pérdida de peso corporal por déficit de agua) y los cambios excesivos en el balance de los electrolitos para evitar que se afecte el rendimiento en el ejercicio. Debido a la variedad en las pérdidas de la tasa de sudoración, se recomienda que cada individuo vigile sus pérdidas de líquido en el entrenamiento. La duración del ejercicio y las oportunidades para beber son factores importantes que se deben tomar en cuenta. Esto hace posible personalizar los programas de reposición de líquido de acuerdo con las necesidades particulares de cada persona. Se ha sugerido que los corredores de maratón (que están euhidratados al principio), beban *ad libitum* (a libre demanda) de 0.4 a 0.8 L/h, con las tasas más altas para los individuos más rápidos y pesados que compiten en climas cálidos y tasa más baja para los más lentos y ligeros que compiten en climas fríos.



Después del ejercicio:

La meta de la hidratación es reponer completamente cualquier déficit de líquido y electrolitos. La rehidratación es una parte importante del proceso de recuperación después del ejercicio, sobre todo para los atletas que tienen que realizar otra sesión de ejercicio puede afectar el rendimiento en la siguiente sesión si no se reponen líquidos de forma correcta.

Aspectos importantes de la rehidratación (Palacios N. 2009):

- El volumen que es necesario consumir para recuperar la pérdida y la composición de las bebidas en especial en lo que se refiere al contenido de sodio.
- La compensación de las pérdidas para rehidratarse por medio de bebidas utilizadas para la rehidratación después del ejercicio.
- La duración del periodo de rehidratación.

Guías de hidratación:

Antes del ejercicio:

Cuatro horas antes del ejercicio tomar 5-7 ml/kg de peso corporal
Ejemplo: 300-420 ml para una persona de 60kg
Si la persona no orina después de tomar el líquido: dos horas antes del ejercicio: 3-5ml/kg de peso corporal.
Ejemplo 180-300ml para una persona de 60kg

Durante el ejercicio:

La finalidad es prevenir una deshidratación excesiva (>2%) y cambios drásticos en el balance de electrolitos.
Ejemplo 2% del peso es 1.2 Lm(1,200ml) para una persona de 60kg
Cada persona debe vigilar sus cambios en el peso durante la sesión de entrenamiento para calcular sus requerimientos de líquidos.
Un punto de partida para corredores consiste en consumir 0.4 a 0.8 L/h.

Después del ejercicio:

1.5 L/kg de peso perdido
Ejemplo: si la persona terminó con un déficit de 500g, debe consumir 750 g en su proceso de recuperación.

Tabla 9. Guías de hidratación del American College Sports Medicine. Recuperado de: Celia, Peniche Zeevaert, Beatriz Boullosa Moreno. Nutrición Aplicada al Deporte. Mc Graw Hill. México 2011, pp 186

También se dan las pérdidas por orina aun en estado de deshidratación, lo que asegura la eliminación de productos metabólicos de desecho. Se recomienda consumir 150 a 200%



del déficit del líquido para compensar las pérdidas por orina. El ACSM establece que los individuos que buscan alcanzar una recuperación rápida después de la deshidratación deben beber 1.5 L de líquido por cada kilo gramo de peso corporal perdido. Esta bebida deberá aportar suficiente cantidad de sodio, de no ser así solamente se obtendría una mayor producción de orina.

2.8 Aclimatación al calor

La exposición regular a condiciones de calor y humedad ocasionan un número de adaptaciones fisiológicas que permiten tolerar mayor estrés por calor ambiental. A este conjunto de adaptaciones se le conoce como aclimatación al calor. Tales respuestas incluyen un aumento del volumen sanguíneo y una mejoría de la capacidad para sudar. El aumento de volumen sanguíneo asegura que el cuerpo logre satisfacer la demanda de abastecimiento de sangre a los músculos y la piel. La aclimatación también activa una sudoración más rápida, una mayor distribución del sudor sobre la piel y una elevación de la tasa de sudoración. Además, el contenido de sodio del sudor tiende a reducir con la aclimatación a medida que el cuerpo intenta retener sodio para ayudar a conservar el volumen de líquido extracelular. Todas estas adaptaciones contribuyen a reducir la acumulación de calor y permiten un tiempo mayor de ejercicio y un menor riesgo de complicaciones por calor. No obstante, los individuos aclimatados deben concederle más atención a la hidratación, debido a su mayor tasa de sudoración.

La aclimatación al calor ocurre como resultado de la exposición a la actividad física en el calor. Cuando los atletas o la gente físicamente activa se trasladan a regiones más calientes, se induce la aclimatación mediante la exposición progresiva al calor (2 a 4 h por día), al principio con sesiones de ejercicio de menos duración (15 a 20 min) e intensidad a lo acostumbrado y después con incrementos graduales conforme aumenta la tolerancia al calor. Los principales ajustes fisiológicos de la aclimatación al calor tienen lugar al término de 10 a 14 días de entrenamiento en el calor y se reduce el riesgo de golpe de calor por esfuerzo y agotamiento por el mismo.

Es importante mencionar que una buena condición física aeróbica arroja como resultado que las personas puedan disipar mejor el calor producido durante el ejercicio debido a la expansión del volumen sanguíneo y la mejoría de la capacidad de sudoración. Por consiguiente, en entrenamiento regular, incluso en ambientes templados o frescos, ayuda a aumentar la tolerancia al ejercicio en el calor.

Para obtener una buena condición física aeróbica es necesario hacer ejercicio 3-5 días por semana en sesiones de 20 a 60min a una intensidad 55/65 a 90% de la frecuencia cardiaca máxima, pero el entrenamiento no puede remplazar por sí solo los beneficios de la aclimatación al calor.



Todas las personas, aclimatadas o no, deben estar atentas a las condiciones climáticas y realizar los ajustes apropiados siempre que el estrés por calor rebase los límites normales. (Peniche C. 2011).

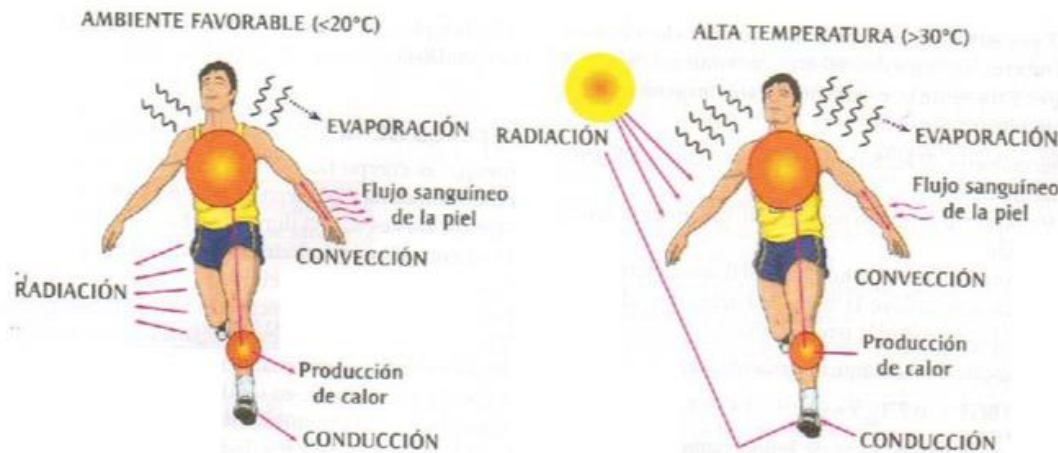


Figura 7. Fuentes de ganancia y pérdida de calor cuando se realiza ejercicio a diferentes temperaturas.

Recuperado de:

Celia, Peniche Zeevaert, Beatriz Boullosa Moreno. Nutrición Aplicada al Deporte. Mc Graw Hill. México 2011, pp 159

2.9 Recomendaciones para realizar ejercicio de forma segura en el calor

La complicación por calor es prevenible en la mayoría de los casos, si se toman las medidas adecuadas para realizar ejercicio de manera segura. Algunas recomendaciones prácticas son las siguientes (Peniche C. 2011), (Olivos C. 2012):

- 4 horas antes de la competencia, beber 5-7 ml/kg de peso. Si no orina o si la orina es concentrada: agregar 3-5 ml/kg extras, 2 horas antes del entrenamiento y/o competencia.
- Inmediatamente antes de la competencia, consumir 200-400 ml de bebida con una concentración de 5-8% de HC.
- Durante el entrenamiento y/o competencia, consumir 1,5 - 3 ml/kg de peso cada 15 a 20 minutos.
- Luego de 2 horas de competencia, aumentar la concentración de HC de la bebida al 15-20% y consumir 100-150 ml cada 15 minutos. En los deportes que duran menos de 2 horas, pero que son de alta intensidad, se puede consumir esta bebida en los 4 tiempos finales de la competencia.
- Después de la competencia, si se ha perdido más del 2% del peso corporal durante el ejercicio, se debe consumir más líquido aun cuando no se tenga sed, y agregar un poco más sal a las comidas. Se sugiere beber 1,2 a 1,5 litros por kilo de peso perdido durante el entrenamiento o competencia.



- Mantener una buena condición física: Esto ayuda a que el cuerpo elimine mejor el calor y esté más protegido.
- Aclimatación: Es la mejor protección conocida en contra de GCE y el agotamiento por calor. La aclimatación requiere aumento de modo gradual, la duración e intensidad del ejercicio durante 10 – 14 días iniciales de exposición al calor, periodo en el cual se observan los principales ajustes fisiológicos para tolerar el calor y reducir riesgos de presentar complicaciones por calor.
- Establecer de manera cuidadosa el horario de los entrenamientos para evitar las temperaturas más altas. Programar las sesiones de ejercicio en las primeras horas de la mañana y en la tarde/noche para evitar las horas de mayor temperatura y radiación solar.
- Sesiones de calentamiento más cortas y menos intensas, ya sea antes del entrenamiento o la competencia, para evitar que la temperatura central ascienda innecesariamente.
- Supervisar a los atletas con alto riesgo. Los entrenadores, atletas y profesionales de la salud de los equipos deben conocer los signos y síntomas de las complicaciones graves relacionadas con el calor y centrar la atención en aquellos que puedan estar en riesgo los atletas que han estado enfermos de forma reciente, por ejemplo con una gripe o una lesión muscular, quienes tienen antecedentes de complicaciones por calor, sujetos que no están aclimatados al ejercicio en el calor e individuos que están altamente motivados para ganar en sus deportes tienen el mayor riesgo.
- Disminuir la intensidad y duración del ejercicio en días calurosos.
- Mayor número de pausas para refrescarse. Durante las pausas hay que buscar un lugar fresco con sombra, ventiladores o aire acondicionado y consumir líquidos. Esto contribuye a mantener la temperatura corporal y disminuir la deshidratación.
- Vestimenta. Debe utilizarse la menor cantidad de ropa posible, que sea holgada, de colores claros y de algodón. Merecen una especial atención los deportes que requieren equipo de protección, como el fútbol americano donde se utilizan cascos, hombreras, protecciones en muslos, etc. La NCAA (National Collegiate Athletic Association) es la asociación nacional que rige las competencias deportivas universitarias en los Estados Unidos, ha establecido pautas para los jugadores de fútbol americano, en las cuales se permite utilizar en los entrenamientos de pretemporada en verano sólo cierta cantidad de ropa y equipo de protección de acuerdo con las condiciones de calor y humedad. Por ejemplo, en los días extremadamente calientes se pueden utilizar pantaloncillos, calcetines y zapatos deportivos.
- Suspender el entrenamiento o evitar el ejercicio de alta intensidad en condiciones extremas.
- Realizar ejercicio acompañado y notificar algún síntoma de deshidratación o complicaciones por calor.



- Asegurarse de tener una buena hidratación al hacer ejercicio. Llevar siempre una botella de líquido y dejarla al alcance del sitio donde se realiza el ejercicio. Se deben consumir líquidos antes, durante y después del ejercicio.
- Vigilar las necesidades de sal, sobre todo la primera semana de aclimatación.
- Tomar en cuenta los procedimientos de emergencia para enfriar a los atletas susceptibles de sufrir complicaciones por calor mientras reciben atención de los servicios médicos y tener al alcance lo necesario para su rápida administración (bebidas frías, bolsas de hielo, toallas húmedas, ventiladores y sobre todo la inmersión del atleta en agua fría o agua con hielo).
- The American College of Medicine, recomienda tomar 400-600 ml de agua 2 horas antes de la competencia y 150-350 ml cada 15-20 minutos durante la competencia. La temperatura del agua debe estar entre 15-22°C.

**Recomendaciones prácticas para especialistas y atletas:**

Vigilancia del estado de hidratación y pérdida de electrolitos en atletas (recomendaciones para el nutriólogo o especialista)

- ❖ Valorar a los atletas de manera individualizada.
- ❖ Utilizar la medición de los cambios de peso durante el entrenamiento y la competencia como una herramienta educativa para el atleta.
- ❖ Enseñar a los atletas a conocer sus pérdidas individuales de sudor durante el entrenamiento y las competencias.
- ❖ Identificar a los “sudadores salados” (irritación de ojos, manchas de sal en piel y ropa) para reconocer a los atletas que pueden presentar problemas, por ejemplo, calambres.
- ❖ Si es posible, vigilar a cada jugador de manera individual (en varias condiciones ambientales, el entrenamiento y competencias), para valorar las pérdidas de agua y electrolitos.

Consumo de agua y electrolitos (recomendaciones para atletas).

- ❖ Para asegurar una adecuada hidratación durante el entrenamiento y la competencia, beber 300-500 ml o el equivalente a 5-7ml por kg de peso (agua, bebida deportiva o alguna otra bebida) 2 h antes de iniciar. El agua que requiera el cuerpo se retiene y el exceso se elimina en forma de orina durante este periodo de 2 horas.
- ❖ En este momento el atleta puede consumir agua simple sola si se consume algún alimento sólido al mismo tiempo, este alimento aporta electrolitos y en particular sodio para retener el agua ingerida. Si se prefiere, se puede consumir una bebida deportiva que ayude a aportar estos electrolitos.
- ❖ Cuando sea apropiado, asegúrese que cada atleta tenga suficientes bebidas disponibles durante el entrenamiento y la competencia.
- ❖ Durante el entrenamiento y la competencia, limitar las pérdidas de peso (debido a las pérdidas por sudor) a cerca de 2% del peso corporal.
- ❖ Cuando sea necesario tomar líquido, elegir una bebida adecuada que no altere el vaciamiento gástrico, como una bebida deportiva que aporte cerca de 6% de hidratos de carbono.
- ❖ Durante el entrenamiento y los partidos consumir una bebida que contenga sodio si es probable perder cantidades significativas de sodio (3-4g).
- ❖ Cuando las condiciones ambientales son tales que es probable que algunos o la mayoría de los atletas tengan oportunidad de sudor, se debe considerar interrupciones para que todos los atletas tengan oportunidad para beber, por ejemplo, un partido de fútbol.
- ❖ En los descansos, proporcionar pequeños refrigerios salados (como pretzels, galletas saladas) junto con las bebidas.

Tabla 10. Recomendaciones prácticas para especialistas y atletas. Recuperado de:

Celia, Peniche Zeevaert, Beatriz Boullosa Moreno. Nutrición Aplicada al Deporte. Mc Graw Hill. México 2011, pp 187.



Cierre de unidad

En esta unidad hemos podido estudiar y analizar la manera en cómo distintos nutrientes tanto macro como micro, influyen en el organismo de tal manera que sus deficiencias acarrearán consecuencias fisiológicas durante la realización de la actividad física y/o deportiva. No obstante, el conocimiento teórico y práctico que todo nutriólogo debe poseer sobre los beneficios de los hidratos de carbono, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, permitirá atender de manera oportuna a todas aquellas personas atletas o no permitiendo así un mejor rendimiento durante la práctica de distintas actividades deportivas.

Así mismo es importante resaltar que durante la actividad física extenuante, el cuerpo se ve comprometido de distintas maneras si este no es atendido y soportado correctamente desde el punto de vista de la alimentación y nutrición acorde al deporte realizado. Algunas de estas situaciones revisadas son la deshidratación y enfermedades por calor en la práctica deportiva que atentan contra la persona deportista de distinta manera al punto de disminuir su rendimiento o potenciarlo según sea el plan de acción ante estas situaciones que pueden presentarse de manera cotidiana y que son importantes atender.

Finalmente, la hidratación es otro tema estudiado que facilita el abordaje oportuno por el profesional de la nutrición, a fin de establecer la cantidad de líquido y electrolitos que requiere un deportista; antes, durante y después del ejercicio, lo que permitirá la aclimatación al calor durante la actividad física realizada.

Es importante resaltar que el nutriólogo forma parte importante y vital durante la preparación y práctica de la actividad física de la persona deportista, lo que permitirá que su participación junto con un equipo deportivo multidisciplinario, el éxito del deporte realizado por una persona con bases científicas.



Para saber más



Para repasar un poco más acerca de los riesgos fisiológicos durante la actividad deportiva, te recomendamos ver el siguiente video.

Calambres- Medicina Deportiva. Disponible en:
https://www.youtube.com/watch?v=IRfELck_CC0

Para repasar un poco más acerca de los riesgos fisiológicos durante la actividad deportiva, te recomendamos ver el siguiente Video.

Bebidas isotónicas / deportivas: lo que debes saber.
Disponible en:
<https://www.youtube.com/watch?v=aWnlwThMn5Q>



Actividades

La elaboración de las actividades estará guiada por tu docente en línea, mismo que te indicará, a través de la *Planeación didáctica del docente en línea*, la dinámica que tú y tus compañeros (as) llevarán a cabo, así como los envíos que tendrán que realizar.

Para el envío de tus trabajos usarás la siguiente nomenclatura: **NDE_U2_A#_XXYZ**, donde NED corresponde a las siglas de la asignatura, U2 es la unidad de conocimiento, A# es el número y tipo de actividad, el cual debes sustituir considerando la actividad que se realices, XX son las primeras letras de tu nombre, Y la primera letra de tu apellido paterno y Z la primera letra de tu apellido materno.

Autorreflexiones

Para la parte de **autorreflexiones** debes responder las *Preguntas de Autorreflexión* indicadas por tu docente en línea y enviar tu archivo. Cabe recordar que esta actividad tiene una ponderación del 10% de tu evaluación.

Para el envío de tu autorreflexión utiliza la siguiente nomenclatura:

NDE_U2_ATR _XXYZ, donde NED corresponde a las siglas de la asignatura, U2 es la unidad de conocimiento, XX son las primeras letras de tu nombre, y la primera letra de tu apellido paterno y Z la primera letra de tu apellido materno.



Fuentes de consulta



Básica

- En Javier Ibáñez Astiasarán, Alimentación y Deporte (EUNSA) Ediciones Universidad de Navarra, S.A. Pamplona 2010, pp 13,14,15
- En Dra. Nieves Palacios Gil-Antuñano Dr. Zigor. Alimentación, Nutrición e Hidratación en el Deporte. Servicio de Medicina, Endocrinología y Nutrición. Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de Deportes, S.L. Madrid España 2009, pp 6-16, 22, 23
- En Arasa Gil Manuel. Manual de nutrición deportiva. Editorial Paidotribo. España. 2005, pp 28,29,30,43
- En Celia, Peniche Zeevaert, Beatriz Boullosa Moreno. Nutrición Aplicada al Deporte. Mc Graw Hill. México 2011, pp 29, 48, 54, 72,75,85,86,167- 170, 176-178, 173-175
- En Dra. María Ximena Rodríguez Monzón. Micronutrientes en el Deportista. Revista de Endocrinología y Nutrición Vol. 12, No. 4 Octubre-Diciembre 2004, pp 181-187
- En Rebeca Vega-Pérez, Karla Estefanía Ruiz-Hurtado. "Impacto de la nutrición e hidratación en el deporte" El Residente. 2016; 11 (2), pp 81-87

Complementaria

- En Cristina Olivos O, Verónica Álvarez. "Nutrición para el entrenamiento y la competición" REV. MED. CLIN. CONDES. 2012; 23(3), pp 253-261
- Danzl DF. Enfermedades causadas por calor. In: Kasper D, Fauci A, Hauser S, Longo D, Jameson J, Loscalzo J. eds. Harrison. Principios de Medicina Interna, 19e New York, NY: McGraw-Hill; Consultado 01 de octubre del 2018 desde <http://harrisonmedicina.mhmedical.com/Content.aspx?bookid=1717§ionid=114944546>
- En Javier Maquirriain, Marcelo J. Merello. Abordaje clínico del deportista con calambres musculares. Rev Asoc Argent Ortop Traumatol. 2005; 70 (4), pp. 367 - 372
- En N. Pérez Romano et al. Otras causas de hiponatremia. Nefrología Sup. Ext 2011;2(6), pp 67-74