



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Requerimientos nutricionales, hídricos y energéticos en el ejercicio físico: recomendaciones para cada fase y tipo de ejercicio.



Nutritional, hydric and energetic requirements in physical exercise: recommendations for each phase and type of exercise.

Autora

Laura Hernández Camacho

Directora

María Soledad Soria Aznar

Departamento de Fisiología | Facultad de Medicina

2019

ÍNDICE

Resumen.....	1
Palabras clave:.....	1
Abstract	2
Key words:.....	2
Introducción	3
Objetivos	5
Material y métodos.....	5
Resultados-discusión.....	7
Necesidades energéticas.....	7
Macronutrientes	9
Hidratos de carbono.....	9
Proteínas	13
Grasas.....	16
Micronutrientes	17
Vitaminas y minerales	17
Hierro.....	18
Calcio y vitamina D.....	19
Necesidades hídricas y de electrolitos.....	20
Otros suplementos nutricionales.....	22
Creatina	24
Bicarbonato y citrato.....	25
Cafeína.....	26
Glicerol	26
Conclusiones y recomendaciones	27
Referencias bibliográficas	29

RESUMEN

La nutrición en el mundo del deporte se ha convertido en un aspecto central en el intento de maximizar las capacidades fisiológicas del propio organismo humano de modo que se ajusten con la mayor exactitud posible a los requerimientos nutricionales en cada momento del ejercicio. Conocer las necesidades de energía y en qué cantidad y proporción deber ser suministrados los diferentes sustratos energéticos es el primer objetivo nutricional de los deportistas, el cual se basa en el cálculo individualizado del balance energético del deportista. Entre los macronutrientes más relevantes se encuentran los Hidratos de Carbono, cuyo efecto sobre el rendimiento deportivo depende de factores como el tipo, frecuencia, duración e intensidad del ejercicio, nivel de entrenamiento y alimentación previa. Así mismo ocurre con las proteínas, las cuales adquieren especial interés en deportes de resistencia de larga duración. Otro aspecto fundamental en el rendimiento deportivo es una correcta hidratación llevada a cabo al implementar medidas adaptadas a los requerimientos individuales como parte de un programa de entrenamiento. Finalmente, es importante tener en cuenta que exista un aporte adecuado de micronutrientes en el atleta, así como la consideración de la suplementación nutricional basada en la evidencia como tipo de ayuda ergogénica para el deportista.

Palabras clave:

Nutrición deportiva, ejercicio físico, deporte, necesidades energéticas, requerimientos nutricionales, hidratación, suplementos.

ABSTRACT

In the world of sports, nutrition has become a central aspect in the attempt to maximize the physiological capabilities of the human body itself so that they adjust as accurately as possible to the nutritional requirements at each time of the exercise. Knowing the energy needs and in what quantity and proportion should be supplied the different energy substrates is the first nutritional objective of the athletes, which is based on the individualized calculation of the energy balance of the athlete. Among the most relevant macronutrients are Carbohydrates, whose effect on sports performance depends on factors such as the type, frequency, duration and intensity of the exercise, level of training and previous feeding. It also happens with proteins, which acquire special interest in endurance sports of long duration. Another fundamental aspect in sports performance is correct hydration carried out by implementing measures adapted to individual requirements as part of a training program. Finally, it is important to take into account that there is an adequate supply of micronutrients in the athlete, as well as the consideration of nutritional supplementation based on evidence as a type of ergogenic aid for the athlete.

Key words:

Sports nutrition, physical exercise, sports, energy needs, nutritional requirements, hydration, supplements.

INTRODUCCIÓN

En el mundo del deporte cada vez es más difícil ignorar que la nutrición hace tiempo que viene siendo una de las protagonistas en cualquier plan de entrenamiento. Especialmente entre los atletas de competición, la nutrición se ha convertido en un aspecto central en el intento de maximizar las capacidades fisiológicas del propio organismo humano de modo que se ajusten con la mayor exactitud posible a los requerimientos nutricionales en cada momento del ejercicio.

La investigación sobre los requerimientos nutricionales ajustados a cada fase del ejercicio físico es una preocupación constante dentro de la medicina del deporte. Surge, por tanto, la necesidad de comprender las bases bioquímicas del metabolismo, la composición macromolecular del cuerpo y el porqué de dichos requerimientos, de modo que podamos potenciar su funcionalidad e incluso desarrollarla hasta su máximo exponente.

Desde la pasada década se ha establecido un rápido desarrollo de este tema al verse incrementado el número de publicaciones relacionadas con la nutrición y dietética referidas al deporte, demostrando que se trata de un área dinámica de la ciencia y la práctica que continúa floreciendo tanto hacia el apoyo que ofrece al alcance de los atletas como en la fuerza de la evidencia que respalda sus directrices.

Para establecer unas recomendaciones nutricionales y de hidratación para adultos activos y atletas de competición es importante tener en cuenta una serie de consideraciones:

1. Los objetivos nutricionales y requerimientos no son estáticos. Los atletas programan sus calendarios integrando diferentes tipos de entrenamientos en función de la lejanía de su próxima competición. Del mismo modo, la nutrición debe ser programada según las necesidades diarias previstas dependiendo del tipo de entrenamiento que vaya a realizar el deportista.
2. Los planes nutricionales deben ser personalizados teniendo en cuenta el tipo de competición, los objetivos del atleta, preferencias alimenticias y sus respuestas a diferentes estrategias.

3. Una de las claves del entrenamiento es adaptar el cuerpo al desarrollo de la eficiencia metabólica y flexibilidad mientras que las estrategias de nutrición en competición se centran en aportar la cantidad adecuada de sustratos para suplir las demandas del evento y mantener la función cognitiva.
4. La disponibilidad energética, considerando el aporte en relación con el coste energético que supone el ejercicio, es un fundamento importante para la salud y el éxito de las estrategias nutricionales en el deporte.
5. El logro de una composición corporal asociada con el óptimo rendimiento es actualmente reconocida como importante a la vez que se considera un objetivo que precisa ser individualizado y programado.
6. El entrenamiento y la nutrición establecen una fuerte interacción en la aclimatación del cuerpo para desarrollar adaptaciones metabólicas y funcionales.
7. Algunos nutrientes deben ser expresados utilizando guías por kg de masa corporal de manera que puedan ser aplicados a las diferentes tallas de los atletas. Además, deberían considerar la importancia de la temporalidad de la ingesta de nutrientes durante el día y en relación al ejercicio físico en vez de establecer objetivos diarios.
8. La nutrición de competición debería dirigirse a estrategias que reduzcan o retrasen los factores que de alguna manera causen fatiga durante el evento específico y en un atleta individual.
9. Han surgido nuevas opciones nutricionales a la luz del desarrollo de la evidencia de la detección cerebral de la presencia de carbohidratos, y potencialmente de otros componentes nutricionales, en la cavidad oral puede realzar la percepción de sentirse bien e incrementar los objetivos de trabajo personal. Estos hallazgos plantean la posibilidad de la ingesta durante periodos breves de ejercicio en los cuales antes se rechazaba por no considerar que aportaran ventajas metabólicas.
10. Un enfoque pragmático al asesoramiento sobre el uso de suplementos es necesario en cuanto a la alta prevalencia de su interés, y utilización, por atletas y la evidencia de que algunos de estos productos pueden contribuir favorablemente a un plan nutricional y/o directamente incrementar el rendimiento.

El estudio sobre nutrición y rendimiento atlético publicado por la American College of Sports Medicine en 2015 determinó que el rendimiento y recuperación de actividades deportivas mejoran al elegir adecuadas estrategias nutricionales. Basándose en estos resultados The Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, y The American College of Sports Medicine establecen guías para el correcto tipo, cantidad y temporalidad de la ingesta de comida, fluidos y suplementos alimenticios en diferentes escenarios del entrenamiento y competición deportiva.

El carácter de las publicaciones europeas realizadas hasta la fecha ha sido en forma de recomendaciones aisladas. Sin embargo, no ha habido todavía un examen sistemático del que resulte una guía que englobe las actuales recomendaciones energéticas, nutricionales y de hidratación para adultos activos y atletas de competición.

OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son:

- Realizar una búsqueda de las recomendaciones nutricionales, energéticas y de hidratación para la práctica deportiva existentes.
- Analizar las recomendaciones dietéticas en función del tipo de ejercicio físico que aparecen en las recomendaciones encontradas.
- Exponer las últimas recomendaciones aprobadas en el ámbito de la suplementación deportiva.
- Verificar si existe consenso o no en dichas recomendaciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo es una revisión bibliográfica sobre la evidencia científica y recomendaciones más actuales respecto a los requerimientos energéticos, nutricionales e hídricos del deportista, realizada durante el periodo de tiempo comprendido entre los meses de febrero y mayo de 2019.

Se realizó una búsqueda inicial a través de los motores de búsqueda “AlcorZe” (recurso ofrecido por la Biblioteca de la Universidad de Zaragoza) y “Google académico”. Empleando las siguientes palabras clave: “nutrición deportiva” AND “ejercicio”; y en inglés: “sport” AND “nutrition”. Filtrando los resultados de los últimos 10 años, se trató de ofrecer un estado del conocimiento actual del tema sobre las necesidades energéticas y nutricionales en el deporte.

A continuación, se realizó una búsqueda estructurada a través de diferentes fuentes de información y bases de datos biomédicas: Pubmed, Medline, Cochrane Library, ScienceDirect. Utilizando como palabras clave: “sport”, “nutrition”, “energy needs”, “hydratation”, “supplements” “; y en español: “deporte”, “nutrición”, “necesidades energéticas”, “hidratación”, “suplementos”. Y empleando los operadores booleanos: “AND”, “OR”, “NOT”, de modo que se han combinado con las palabras clave con la finalidad de encontrar los artículos más relevantes para el trabajo. Además, también se ha realizado una búsqueda secundaria de las referencias de los artículos encontrados, incluyendo en la bibliografía aquellos que por su interés han sido estudiados más en profundidad.

De los resultados obtenidos, se leyeron los resúmenes y se seleccionaron aquellos artículos que ponían de manifiesto las recomendaciones sobre la ingesta de macronutrientes, micronutrientes y aporte hídrico en el deportista. La revisión se ha enfocado especialmente en aquellos trabajos que trataban de ofrecer recomendaciones específicas del aporte de nutrientes e hidratación en las diferentes fases del ejercicio y dependiendo del tipo de ejercicio a llevar a cabo, considerando de mayor interés aquellos estructurados como guías.

Durante la revisión, se ha pretendido incluir los estudios más específicos y válidos respecto al tema a estudio. Los criterios por los que han sido seleccionados han sido su actualidad, relevancia y grado de coincidencia del contenido de los mismos.

RESULTADOS-DISCUSIÓN

NECESIDADES ENERGÉTICAS

Conocer las necesidades de energía y en qué cantidad y proporción deber ser suministrados los diferentes sustratos energéticos es el primer objetivo nutricional de los deportistas (1).

Estos requerimientos difieren para cada tipo de práctica deportiva puesto que un deportista de resistencia aeróbica es diferente, metabólicamente hablando, de un deportista de fuerza. Por ejemplo, en una actividad aeróbica se potencia la eficiencia metabólica consiguiendo una mayor utilización de las grasas como combustible o un menor gasto calórico a una intensidad relativa disminuyendo las necesidades energéticas. En un entrenamiento de fuerza en cambio, se incrementa el tejido magro lo que hace que el gasto energético por unidad de tiempo en reposo y durante la actividad deportiva sea mayor, lo que se traduce en unas necesidades energéticas superiores a las teóricas.

El balance energético se consigue cuando el total de energía consumida se iguala al total del gasto energético (GE) (2). El gasto energético total diario de un individuo (GETD) representa la energía que el organismo consume, el cual se calcula sumando la tasa metabólica basal (TMB), la termogénesis endógena (TE) y el gasto energético ligado a la actividad física (GEAF).

La TMB es la mínima cantidad de energía que un organismo requiere para estar vivo. Constituye del 60 al 70% del GETD en la mayoría de los adultos sedentarios, mientras que en los individuos físicamente muy activos es de aproximadamente el 50%. Varía dependiendo de la composición corporal, especialmente de la masa corporal magra. El gasto metabólico en reposo (GER) es diferente de la TMB puesto que se obtiene cuando la determinación se hace en reposo y en las condiciones descritas para la TMB pero no en ayuno (3).

El gasto energético de la actividad incluye el gasto energético del ejercicio planificado, la actividad física espontánea, y el gasto energético en ausencia de ejercicio (2). Sin embargo, el gasto calórico depende del tipo de actividad física que realice el atleta, tomando como referencia su propio metabolismo basal. Para ello se

utilizan equivalentes metabólicos (METs) registrados durante 24 horas, es decir, el número de calorías consumidas por minuto en una actividad, relativa al metabolismo basal ($1 \text{ MET} = 1 \text{ kcal/kg/h}$) (1).

Históricamente se han utilizado diferentes métodos para calcular el GER como la calorimetría indirecta, la bioimpedancia eléctrica, el agua doblemente marcada o las ecuaciones predictivas, entre otras. Estos métodos son utilizados en la práctica clínica y en estudios científicos. Sin embargo, debido a la inconsistencia de los resultados de estas investigaciones, todavía no hay un consenso respecto a su aplicabilidad aunque la evidencia señala que la medición del consumo de oxígeno, es el método de mayor precisión (3).

Un nuevo modelo para el cálculo del balance energético incorpora el tiempo empleado tanto en el estado catabólico como en el anabólico de dicho balance, y la magnitud de los excedentes y déficits para predecir la composición corporal (Figura 1). Este modelo es más útil a la hora de predecir la respuesta endocrina al inadecuado balance energético y excedentes. Así mismo, también permite la consideración de la respuesta del organismo ante un aporte inadecuado de energía, el cual se adapta fisiológicamente al estado de déficit energético mediante la reducción del tejido que requiere mayor aporte (generalmente el músculo), disminuyendo de este modo la capacidad de mejora del atleta (4).

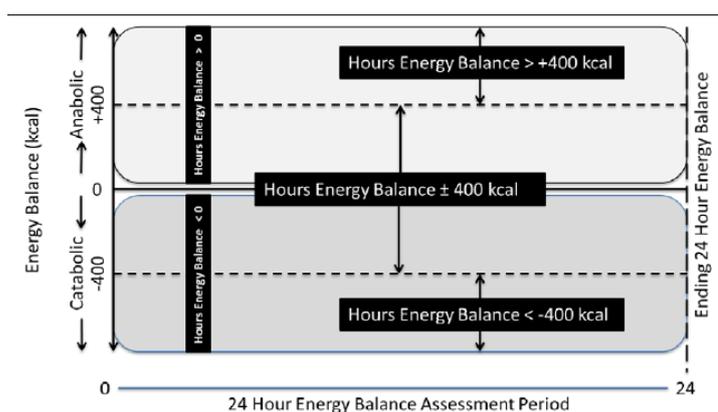


Figura 1. NUEVO MODELO PARA EL CÁLCULO DEL BALANCE ENERGÉTICO (4).
Nota: $400 \text{ kcal} = 1,674 \text{ KJ}$.

Por otro lado, la disponibilidad energética es un concepto de reciente aparición en la nutrición deportiva que se define como la energía obtenida a través de la nutrición oral,

menos la energía empleada durante el ejercicio, es decir, la disponibilidad energética se trata de la energía disponible para el desarrollo de las demás funciones del organismo excluyendo la utilizada para el ejercicio (2). Este concepto surgió del estudio Female Athlete Triad, el cual interrelaciona las alteraciones menstruales (amenorrea), el descenso de la mineralización ósea (osteoporosis) y la baja disponibilidad energética (presentando o no una alteración de la conducta alimentaria), describiendo un cuadro clínico relativamente común entre las jóvenes deportistas (5). El déficit energético es la principal causa de la triada, desencadenando las alteraciones de la mineralización y la amenorrea. A menudo, esto puede deberse a una restricción consciente de la ingesta de alimentos, problemas con la imagen corporal y un alto impulso para la delgadez. A veces, estas condiciones pueden llevar a una alimentación desordenada, o problemas de alimentación más graves como la anorexia o la bulimia, con el resultado de un desequilibrio entre la cantidad de energía ingerida y la cantidad de energía consumida durante el ejercicio.

MACRONUTRIENTES

Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono (HC) son el principal combustible para nuestra musculatura en ejercicios de mediana y alta intensidad. El glucógeno muscular es el principal almacén de glucosa en el organismo, y junto con la glucemia sanguínea nos proporcionan la energía necesaria para mantener una adecuada contracción muscular durante el ejercicio. Sin embargo, las reservas de glucógeno muscular constituyen un factor limitante de la capacidad para realizar ejercicio prolongado y pueden ser modificadas a través de la ingesta diaria o incluso por una sesión de ejercicio, por lo que la dieta del deportista debe ser rica en carbohidratos para hacer frente al elevado consumo y mantener repletas las reservas de glucógeno.

La contribución de los HC al gasto energético y, por tanto, su efecto sobre el rendimiento deportivo, depende principalmente de varios factores como son el tipo, frecuencia, duración e intensidad del ejercicio, nivel de entrenamiento y alimentación previa (6). Así, se establecen varias estrategias nutricionales con el objetivo de

optimizar la disponibilidad energética de los carbohidratos en función del momento del ejercicio: antes, durante y en el periodo de recuperación entre eventos (2).

A diferencia de una planificación nutricional habitual, la estimación de la cantidad de HC en la dieta de un deportista no debe ser estimada de acuerdo a las calorías totales de la dieta, sino que idealmente debe ser estimada en relación al peso corporal. Así, en función de las horas de entrenamiento diario, los gramos de HC recomendados son (7):

- 1 hora/día = 6-7 gr. de HC/kg de peso
- 2 horas/día = 8 gr. de HC/kg de peso
- 3 horas/día = 9 gr. de HC/kg de peso
- 4 horas/día = 10 gr. de HC/kg de peso

Estas recomendaciones además han sido elaboradas según los períodos de entrenamiento y el aporte que debemos hacer de HC según las intensidades de ejercicio que se esté realizando. Tabla 1 (7).

Situación Crónica (Entrenamientos)	Recomendación
Ingesta diaria para una recuperación del depósito de glucógeno muscular en individuos con ejercicio de baja intensidad y/o deportistas que busquen bajar su % de grasa corporal	3-5 gr/kg de peso
Recuperación de depósitos de glucógeno y combustible diario en deportistas con programas de ejercicios de moderada intensidad.	5-7 gr/kg de peso
Recuperación de depósitos de glucógeno y combustible diario en deportistas con programas de ejercicios de alta intensidad y/o que busquen aumentar sus peso corporal.	7-12 gr/kg de peso
Recuperación de depósitos de glucógeno y combustible diario en deportistas con programas de ejercicios de extrema intensidad.	>10-12 gr/kg de peso

Debemos tener en cuenta que en las mujeres deportistas parece que la síntesis de glucógeno podría aumentar durante la fase lútea, por lo tanto, el ciclo menstrual es una consideración importante a la hora de recomendar la ingesta de carbohidratos en mujeres que practiquen deportes de resistencia (6).

Aunque existe un beneficio evidente para los deportes de resistencia cuando se utiliza una dieta rica en azúcares, en el entrenamiento de fuerza no está tan claro, ya que la

pequeña cantidad de energía que suele solicitar este tipo de ejercicio es fácilmente aportada por nuestro sistema energético. Lo que sí puede ocurrir, debido a que la cantidad de glucosa en sangre es escasa, es que una demanda muy rápida de energía (entrenamiento de fuerza intenso) puede agotar estas pequeñas reservas de glucosa sin tiempo suficiente para ser respaldadas por parte del hígado, con lo que la probabilidad de hipoglucemias transitorias puede llegar a ser muy elevada (6).

Respecto a la ingesta de carbohidratos antes del ejercicio, las recomendaciones generales establecen que la cena previa al día de competición debería ser rica en carbohidratos (250-350 gr), que la comida previa (3-6 horas antes) debería incluir la ingesta de 200-350 gr de HC y que, en los 60-30 min previos a la competición, deberían tomarse 35-50 gr de glucosa, sacarosa o polímeros de glucosa. Sin embargo, algunos estudios (8) indican que la ingesta de glucosa 30 o 45 min antes del ejercicio causa fatiga muscular más rápido que cuando no se ingiere (debido a los cambios en las concentraciones de glucosa e insulina). No obstante, si la ingesta es de fructosa, las concentraciones en plasma de glucosa e insulina no cambian drásticamente antes del ejercicio. Se ha sugerido que los suplementos de fructosa causan menos estimulación de la secreción de insulina y es improbable que inhiban la lipólisis. Además, la ingesta simultánea de ácido cítrico y arginina puede promover el consumo de energía a partir de los lípidos a través de la inhibición de la glucólisis, retrasando la depleción del glucógeno de modo que, ingeridos antes o durante el ejercicio, puede ser una manera eficaz para mejorar el metabolismo energético y suministrar una fuente de energía óptima durante el ejercicio prolongado (6).

Respecto a la fase de recuperación, para los atletas es fundamental una rápida reposición de las reservas de glucógeno después del ejercicio, pudiendo ser aumentadas 1,5 veces más de lo normal siguiendo unas estrategias específicas (7). En función del tipo de actividad, las recomendaciones (gramos de carbohidratos) son las siguientes (6):

- Recuperación inmediata después del ejercicio (0-4h): 1,0-1,2 g/kg/h, cada 2 horas.
- Recuperación diaria < 1h/día de ejercicio de baja intensidad: 5-7 g/kg/día.

- Recuperación diaria 1-3 h/día de entrenamiento de resistencia moderado a intenso: 7-10 g/kg/día.
- Recuperación diaria > 4-5 h/día de entrenamiento moderado a muy intenso: 10-12 g/kg/día.

La tabla 2 muestra las recomendaciones de ingesta de carbohidratos (g/kg/día) para atletas dependiendo del momento en el que se encuentran respecto a la actividad física y el tipo de ejercicio a realizar (6).

Tabla 2. RECOMENDACIONES DE INGESTA DE CARBOHIDRATOS PARA ATLETAS		
Situación Aguda (Antes, Durante o Después del Ejercicio)		Recomendación
Ingesta diaria para un óptimo depósito de glucógeno muscular (pre y/o post ejercicio)	Preparación para eventos < 90 min de ejercicio	7-12 gr/kg/día (necesidades diarias)
Ingesta diaria para un óptimo depósito de glucógeno muscular (pre y/o post ejercicio)	Preparación para eventos > 90 min de ejercicio	36-48 h de 10-12 gr/kg/día
Recuperación rápida post-ejercicio	< 8 h de recuperación entre dos entrenamientos intensos	1-1,2 gr/kg/h durante las primeras 4 horas, seguidas de necesidades diarias
Ingesta anterior a un ejercicio prolongado	Una hora antes del ejercicio	1-4 gr/kg consumidos 1-4h antes del ejercicio
Ingesta durante un ejercicio de moderada intensidad	<45 min	No necesaria
Ingesta durante un ejercicio de alta intensidad	45-75 min	Pequeñas cantidades
Ingesta durante un ejercicio de resistencia	1-2,5 h	0,5-1 gr/kg (30-60 gr) por hora de ejercicio
Ingesta durante un ejercicio de ultra resistencia	2,5-3 h	1,5 gr/kg de peso (90gr) por hora de ejercicio

En definitiva, las recomendaciones del aporte de HC en deportistas varían en función del tipo de actividad a realizar y el momento respecto al ejercicio en que se encuentre. De modo que se recomienda establecer un aporte diario basado en las horas de entrenamiento diarias y la intensidad de los mismos, así como si el objetivo es disminuir el porcentaje de grasa o aumentar el peso corporal, y así recuperar los depósitos de glucógeno de manera óptima para mantener el ritmo de entrenamiento establecido.

Además, se recomienda un aporte extra de HC previo a la competición que dependerá del tiempo de actividad. Si la duración del evento se estima mayor a 90 min de ejercicio,

desde las 48-36 horas previas se debe incrementar la ingesta hasta el máximo de HC recomendado por kg/día. Durante las 4 horas previas a una actividad prolongada se debe añadir 1-4 gr/Kg a las necesidades diarias, observándose beneficio con un aporte de 35-50 gr de fructosa en los 30-60 min previos a la competición. Y cuando la recuperación entre dos entrenamientos intensos es menor a 8 horas se deben aportar de 1 a 1,2 gr/kg/h de HC cada 2 horas para optimizar la recuperación de reservas de glucógeno de forma rápida.

Así mismo, la ingesta de HC durante el ejercicio dependerá del tiempo de actividad y su intensidad.

Proteínas

Las proteínas son para los seres humanos uno de los macronutrientes esenciales que desempeñan una amplia variedad de funciones fisiológicas importantes: forman la base estructural del tejido muscular, son el principal componente de la mayoría de las enzimas musculares, son la base del sistema inmunitario y tienen un papel destacado en el rendimiento físico (9).

Por otro lado, es conocido el concepto que señala que las proteínas no son una importante fuente de energía. Sin embargo, en el caso de deportes de resistencia de larga duración, las proteínas pueden llegar a aportar entre 5-10% del total de energía utilizada (7).

Las necesidades proteicas de los deportistas han recibido una atención considerable en las investigaciones realizadas hasta la actualidad. No solo en cuanto a si los deportes incrementan dichas necesidades, sino también con relación a si determinados aminoácidos (aa) son beneficiosos para el rendimiento. Sin lugar a dudas, determinar la cantidad adecuada de proteínas y aa esenciales en la dieta en diferentes estados fisiológicos es de gran importancia para el colectivo deportivo, ya que un déficit proteico produce una disminución de la capacidad de generar la máxima potencia muscular (9,1) variando según el carácter del esfuerzo.

Los factores determinantes de los requerimientos de proteínas en los atletas son el tipo de deporte, la intensidad del ejercicio, la frecuencia del entrenamiento, la ingesta energética a través de la dieta, el contenido de HC del plan de alimentación y las reservas corporales de HC.

La ingesta de proteínas diarias recomendadas para los deportistas se podría resumir de la siguiente forma (7). Tabla 3 (9).

- Entrenamiento de fuerza, etapa de mantenimiento: 1,2 - 1,4 gr de proteínas/kg de peso corporal.
- Entrenamiento de fuerza, etapa de aumento de masa muscular: 1,8 – 2,0 gr de proteínas/kg de peso corporal.
- Entrenamiento de resistencia: 1,4 – 1,6 gr de proteínas/kg de peso corporal.
- Actividades intermitentes de alta intensidad: 1,4 - 1,7 gr de proteínas/kg de peso corporal.
- Recuperación post-ejercicio: 0,2 - 0,4 gr de proteínas/kg de peso corporal.

Grupo	Recomendación para tener un balance positivo
Sedentario	0,8 gr/kg de peso
Físicamente activos	1,0-1,4 gr/ kg de peso
Entrenamiento de fuerza*, mantenimiento	1,2-1,4 gr/kg de peso
Entrenamiento de fuerza	1,6-1,8 gr/kg de peso
Ganancia de masa muscular	1,7-1,8 gr/kg de peso + ingesta calórica positiva (400-500 kcal/día para ganar 0,5 kg de músculo/semana)
Entrenamientos de resistencia	1,2-1,4 gr/kg de peso
Reducción de peso	1,4-1,8 gr/kg de peso
*Se debe acompañar de los depósitos de glucógeno muscular elevados, ya que de lo contrario la ingesta proteica debería aumentar a 1,8-2 gr de proteínas por kg de peso corporal.	

Pese a que las recomendaciones de ingesta de proteínas se suele dar por kg de peso corporal y día, se debe matizar que estas cantidades de proteínas deberían ser indicadas según la cantidad de masa muscular del individuo determinada previamente mediante técnicas de análisis, como la tomografía computarizada (TC), o técnicas antropométricas. Según los estudios de Burd NA et al y Hoffman JR et al, se concluye que la ingesta óptima

de proteínas para alcanzar el máximo desarrollo muscular se sitúa en 3,3-3,4 gr de proteínas por kg de masa muscular (10,11).

En general, las dietas ricas en proteínas no son recomendables para la mayoría de los atletas, ya que no ayudan a reponer los depósitos de glucógeno muscular, de hecho, en la mayoría de los casos las cantidades óptimas de proteínas pueden obtenerse con una dieta equilibrada, teniendo siempre en cuenta la calidad de estas, por lo que no se necesitaría ningún tipo de suplemento. No obstante, estudios recientes indican que un aumento proteico en la bebida de reposición tras el ejercicio aumenta los depósitos de glucógeno muscular en mayor medida que si se toma sólo HC. Además, algunos estudios afirman que una cantidad adicional del contenido proteico en la dieta en forma de suplementos de aa o aislados de proteínas es necesaria para conseguir un rendimiento óptimo (12,13,14,15) dado que en ejercicios excéntricos donde se produce un mayor daño muscular la recuperación mejora cuando se aumenta la ingesta proteica inmediatamente después del ejercicio (16,17,18).

El momento óptimo para el anabolismo proteico comienza tras el entrenamiento, durante las primeras 2 horas, y se prolonga hasta las siguientes 6 horas, ya que durante ese tiempo, además de verse aumentado el paso de glucosa a la célula muscular por un proceso independiente de la insulina, el recambio proteico también se ve aumentado. Con el objetivo de facilitar la recuperación del deportista y así continuar entrenando intensamente en sesiones posteriores, una combinación de leche desnatada con zumo podría ser lo ideal (9).

Cabe mencionar también la utilización energética de los aa ramificados procedentes del hígado, especialmente durante el ejercicio de resistencia de larga duración, cuando los valores de glucógeno muscular están reducidos, ya que pueden proporcionar energía directamente al músculo a través de la glucosa producida a partir de ellos. En las últimas investigaciones realizadas por Kraemer WJ et al (19) respecto a la utilidad de aa ramificados como la leucina en el deporte, parece que esta podría ayudar en la mejora de la recuperación muscular, ya que se observa una disminución de los parámetros de destrucción muscular como la creatincinasa (CK) y el lactato deshidrogenasa (LDH) (9). Por otro lado, la percepción subjetiva del esfuerzo con la

toma previa a aa ramificados es menor, aunque no muestra mejoras en el rendimiento deportivo de larga distancia (20) . En este sentido, parece ser que la suplementación con con ciertos aa estaría más justificada después del ejercicio (21).

Grasas

Los lípidos son un componente necesario de la dieta que proporcionan energía, elementos esenciales de las membranas celulares y facilitan la absorción de las vitaminas liposolubles E, A, y D (22).

La grasa, en forma de ácidos grasos libres en plasma, triglicéridos intramusculares y tejido adiposo, es un combustible relativamente abundante con elevada disponibilidad para el músculo durante un entrenamiento de resistencia. Sin embargo, las adaptaciones inducidas por el ejercicio no parecen maximizar la tasa de oxidación ya que se pueden mejorar más con estrategias dietéticas como el ayuno, la ingesta previa de grasa antes del ejercicio y la exposición crónica a dietas altas en grasas y bajas en carbohidratos (2).

Se aconseja que los deportistas consuman entre un 20-30% de las calorías del día como grasas, siendo la comida previa a la competición baja en grasa. Esto debe permitirles cubrir las necesidades de ácidos grasos esenciales (7). Sin embargo, las dietas deben ser limitadas tanto en grasas saturadas como en grasas trans a la vez que aporten adecuadas cantidades de ácidos grasos esenciales (ácido linoleico y α -linoleico) (22).

El ácido linoleico lo encontramos en aceites vegetales y frutos secos (aceite de girasol, maíz, soja o cacahuete), y se recomienda, para un hombre adulto, un consumo de 14 a 17 gr/día, y de 11 a 12 gr/día para una mujer adulta. El ácido linoleico se encuentra también en verduras de hojas verdes, nueces, soja y pescado. Las recomendaciones de ácido α -linoleico son de 1,6 gr/día para un hombre adulto, y de 1,1 gr/día para una mujer (3).

En el contexto deportivo tomar demasiados ácidos grasos poliinsaturados (AGP) puede ser perjudicial, ya que son más susceptibles a peroxidaciones lipídicas, sin embargo, los ácidos grasos monoinsaturados (AGM) son los ideales para el deporte, porque aportan energía rápida, son cardiosaludables y son menos susceptibles a peroxidaciones (1).

Actualmente se está investigando sobre la utilidad de los ácidos grasos omega3 (ácidos grasos poliinsaturados) en el deporte, por su efecto antiinflamatorio. Se han descrito unos

requerimientos diarios de 350-400 mg/día y se pueden alcanzar dosis terapéuticas de 2 gr/día, únicamente a través de la suplementación de ácido eicosapentanoico (EPA) o ácido docosahexanoico (DHA) (1).

MICRONUTRIENTES

Los micronutrientes, vitaminas y minerales, juegan un papel importante en muchas rutas metabólicas (producción de energía, síntesis de hemoglobina, mantenimiento de la salud ósea, función inmunológica, protección contra el daño oxidativo, síntesis y reparación del tejido muscular durante la recuperación post-ejercicio y lesiones, etc) (1).

El entrenamiento da lugar a un aumento de los requerimientos de micronutrientes, por una pérdida de estos. Especialmente en deportistas que restringen su ingesta calórica con frecuencia, o los que realizan severas prácticas dietéticas para perder peso, eliminando uno o varios grupos de alimentos de su dieta, o aquellos que consumen dietas mal elegidas, probablemente estén consumiendo cantidades sub-óptimas de micronutrientes y por tanto se beneficiarían de una suplementación añadida (2).

Vitaminas y minerales

Se recomienda la suplementación con vitaminas y minerales cuando un deportista debe viajar por periodos prolongados, especialmente a lugares donde la provisión de alimentos puede ser inadecuada y en aquellos sometidos a una restricción calórica (menos de 1900 calorías en mujeres y menos de 2300 calorías en hombres) y en aquellos que no consumen una amplia variedad de alimentos. No se recomienda usar un suplemento vitamínico de un solo micronutriente, ya que puede llevar a alteraciones fisiológicas y sólo mejorarían el rendimiento si existe una deficiencia previa (7).

El rol de desempeñan algunas vitaminas y minerales como antioxidantes (vitamina C, vitamina E, betacaroteno, selenio) ha recibido especial atención debido a los altos niveles de estrés oxidativo que puede inducir el ejercicio (23). En especial las vitaminas

antioxidantes C y E se recomiendan en situaciones específicas como es el cambio de entorno (calor, altura), siempre por tiempos cortos, para combatir el aumento de la producción de radicales libres y estrés oxidativo hasta que el sistema antioxidante del organismo se adapte al nuevo ambiente. Los datos respecto a las necesidades adicionales de antioxidantes en las dietas de los deportistas son limitados.

Atalay et al hacen las siguientes recomendaciones: 1) las necesidades de antioxidantes varían entre individuos, por lo que cada atleta debe ser valorado individualmente previamente para poder hacer unas recomendaciones de suplementación; y 2) los atletas deben ser cautelosos a la hora de considerar la suplementación con antioxidantes pero, si se considerara necesario, deben elegir preparaciones de multinutrientes frente a megadosis de un solo micronutriente (24).

Por otro lado, algunos estudios señalan que existe evidencia epidemiológica de moderada-baja calidad de que altas dosis de estos antioxidantes no resultan en una reducción clínicamente relevante de la debilidad muscular tras el ejercicio después de 6 hasta 24, 48, 72 y 96 horas post ejercicio. No hay evidencia disponible a cerca de la recuperación subjetiva y únicamente limitada evidencia sobre los efectos adversos de la toma de suplementos de antioxidantes (25) entre los cuales incluso se señala que el uso prolongado en altas dosis de antioxidantes puede provocar daño (26) .

Hierro

El déficit de hierro, con o sin anemia, puede perjudicar la función muscular y limitar la capacidad de trabajo llevando a comprometer la adaptación al entrenamiento y al rendimiento deportivo (2).

La suplementación con hierro está indicada para tratar su deficiencia, frecuentemente en deportistas que siguen una dieta vegetariana o que consumen pocas carnes rojas, las mujeres menstruantes, adolescentes en periodo de crecimiento o durante la adaptación al entrenamiento en altura o con altas temperaturas (7).

Existe un gran debate sobre la suplementación con hierro en deportistas sin déficit; un reciente estudio ha demostrado que la suplementación con hierro oral y ácido fólico se

relaciona con la reducción de IL-6 en atletas durante la temporada deportiva. Esta citoquina es un marcador inflamatorio involucrado en el proceso de reparación del muscular tras una lesión, así como también se produce un aumento de la misma durante el ejercicio intenso y el estrés prolongado como factor inductor de la hipertrofia muscular requerida en el deportista. Por otro lado, la IL-6 también puede tener un papel extremadamente negativo. De hecho, esta citoquina se ha asociado con la pérdida de masa muscular en diferentes modelos experimentales ya que una exposición prolongada aumenta la inflamación sistémica, aumenta la probabilidad de lesión muscular y empeora la recuperación de la lesión (27).

En condiciones normales, se puede esperar que la suplementación con hierro altere significativamente el metabolismo del hierro. Sin embargo, el resultado del estudio realizado por Bongiovanni T. et al, es muy importante porque nos muestra que el efecto positivo de este suplemento es independiente del estado del hierro y, potencialmente, se puede sugerir incluso en ausencia de un déficit establecido (27).

Calcio y vitamina D

El calcio es especialmente importante para el crecimiento, mantenimiento, y reparación del tejido óseo; regulación de la contracción muscular; conducción nerviosa; y una coagulación sanguínea normal (2). El aporte extra de calcio se recomienda en caso de que la ingesta de lácteos o productos fortificados de soja sea baja (7).

El aporte de 1,500 mg/día de calcio y 1,500-2,000 UI/día de vitamina D son necesarios para optimizar la salud ósea en atletas con baja disponibilidad energética o en mujeres con alteraciones menstruales (2).

Según la evidencia disponible, mantener la concentración sérica de 25-hidroxi vitamina D por encima del nivel óptimo (hasta 100 nmol/L) aumenta la función musculoesquelética, reduce el periodo de recuperación de las fracturas con el ejercicio, mejora tanto la fuerza como la producción de energía, y aumenta la producción de testosterona, de forma que todo ello influye en el rendimiento deportivo. Por otro lado, la deficiencia de vitamina D puede causar numerosos

problemas de salud, como una mayor incidencia de lesiones óseas, fracturas por estrés, dolor prolongado del músculo esquelético y enfermedad del tracto respiratorio. Hay que destacar que no es suficiente con la ingesta dietética o la suplementación con vitamina D, sino que también es necesario un nivel adecuado de exposición al sol para alcanzar los niveles necesarios de la misma (28).

NECESIDADES HÍDRICAS Y DE ELECTROLITOS

La termorregulación y el balance hídrico son de gran importancia en el rendimiento deportivo. Una buena hidratación es condición fundamental para optimizar el rendimiento deportivo. La importancia de los líquidos radica en el restablecimiento de la homeostasis del organismo por la pérdida de agua y electrolitos (iones) provocada por la actividad física por mecanismos de sudoración (1).

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 (7).

Se ha demostrado que el rendimiento deportivo es óptimo cuando los atletas e individuos activos mantienen el balance hídrico durante el ejercicio, y el rendimiento disminuye con la deshidratación progresiva (3).

Igual de importante que el agua es su composición, siendo los electrolitos fundamentales para la regulación osmótica. Son moléculas que se disocian en fase acuosa formando aniones y cationes, con diferentes funciones, como el mantenimiento de la osmolaridad (sodio, cloro, etc.), la excitabilidad celular (potasio, sodio, cloro, etc.), la función endocrina (yodo), su acción antioxidante (cobre, selenio, manganeso, etc.), la función inmunológica (zinc, etc.), la función enzimática (calcio, magnesio, zinc, cromo, molibdeno, etc.), el transporte de O₂ y cadena citocromos (hierro), la coagulación sanguínea, transmisión potencial de acción, secretora, etc. (calcio), el metabolismo óseo y

dental (calcio, fosforo, magnesio, flúor) o una cuestión tan importante en el deporte como, equilibrio ácido-base (CO_3H^- , fósforo, sodio, cloro, NH_4^+ , etc.) (1).

Hay que tener en cuenta que cualquier tipo de actividad físico-deportiva produce eliminación de cierta cantidad de agua y electrolitos y que van a darse necesidades específicas que dependerán de múltiples factores como: condiciones fisiológicas individuales, tipo de deporte, momento de la temporada, condiciones ambientales, género, dieta o nivel de aclimatación al calor (1). Además, The Panel on Water and Electrolytes del Institute of Medicine (IOM) ha reconocido que los requerimientos de líquidos varían ampliamente entre individuos y poblaciones. Por lo tanto, no se ha establecido un requerimiento específico de agua sino que se dan recomendaciones de lo que sería una ingesta adecuada del total de líquidos para la población general, determinando 3,7 L/día para hombres y 2,7 L/día para las mujeres (29).

Respecto al ejercicio físico, Olivos O et al. sugieren las siguientes recomendaciones prácticas (7):

- 4 horas antes de la competición, 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 competición.
- Inmediatamente antes de la actividad, consumir 200-400 ml de bebida con una concentración de 5-8% de HC.
- Durante el entrenamiento y/o competición, consumir 1,5-3 ml/kg de peso cada 15 a 20 minutos, esto quiere decir que un deportista tipo debería consumir 100-200 ml de esta bebida cada 15-20 minutos durante la primera hora de ejercicio.
- Tras 2 horas de competición, 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 el cuarto final de la competición.
- Después de la competición, 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 competición.

- La comida post-ejercicio debe contener líquidos y alimentos ricos en sodio, puesto que la diuresis ocurre cuando solo se ingiere agua pura. El sodio ayuda a mantener la osmolaridad plasmática y el deseo de beber (3).

Para el mantenimiento de una buena hidratación y de electrolitos en el contexto del deporte se utilizan diferentes tipos de bebidas dependiendo de los requerimientos en cada fase del ejercicio. Urdampilleta A et al. sugieren las siguientes recomendaciones (Tabla 4) (30).

Tipo de bebida	Contenido de agua (%)	Características/Aplicaciones
Bebida hipotónica	90-100	Contiene menor concentración de soluto por unidad de volumen que la sangre, como en el caso del agua.
Bebida isotónica	90-100	Antes del ejercicio. Azúcares simples y electrolitos (sodio), aportan la misma presión osmótica que la sangre.
Bebida hipertónica	90-100	Recomendada durante el ejercicio. Contiene mayor concentración de solutos, azúcares simples, y/o sodio por unidad de volumen que la sangre.
Leche y yogurt líquido	75-90	Recomendados después del ejercicio. Fuente biológica de alto contenido proteico y aminoácidos ramificados, y azúcares
Zumo	90-100	Recomendado después del ejercicio. Zumo de fruta, néctar, o zumo azucarado con diferentes concentraciones de azúcar (10-13%)
Bebidas energéticas	90-100	Recomendadas después del ejercicio, ya que aportan líquidos y carbohidratos. Aportan líquido y azúcares simples. Contienen una gran variedad de otros nutrientes, muchos de ellos sin evidencia científica y sin ensayos clínicos.

OTROS SUPLEMENTOS NUTRICIONALES

Los suplementos nutricionales son un tipo de ayuda ergogénica. El término ayuda ergogénica se aplica a todo procedimiento o sustancia que de ser consumida pueda aumentar la capacidad de trabajo físico y/o mental.

Las ayudas ergogénicas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Farmacológicas: Esteroides anabólicos, hormonas, estimulantes, etc.

- Mecánicas: cascos aerodinámicos para ciclistas, zapatillas ultraligeras para corredores, etc.
- Psicológicos: Técnicas de relajación, hipnosis, etc.
- Fisiológicas: entrenar en la altura, sauna para disminuir peso, etc.
- Nutricionales
 - Manipulaciones alimentarias para mejorar el rendimiento (p. ej., consumo de bebidas con hidratos de carbono durante eventos de larga duración)
 - Ingesta de suplementos dietarios de nutrientes específicos o subproductos (p. ej., cafeína, creatina)

El Instituto Australiano de Deporte (IAD) elaboró un Programa de Suplementos para los atletas (2012) para que tengan información y hagan uso racional de los suplementos y de los alimentos formulados especialmente para ellos como parte de sus planes de nutrición. Es un sistema de clasificación de suplementos y alimentos deportivos basado en un análisis de riesgo-beneficio de cada producto realizado por un grupo de científicos expertos en la medicina y nutrición deportiva (31).

El IAD clasifica a los suplementos en cuatro grupos en función de su eficacia y seguridad:

- ❖ **Grupo A** – Suplementos aprobados. Estos suplementos han sido evaluados científicamente y comprobado su beneficio cuando se utilizan de acuerdo con un protocolo específico en una situación deportiva específica.
- ❖ **Grupo B** – Suplementos aún bajo consideración. Estos suplementos todavía no tienen la prueba sustancial de los efectos sobre el rendimiento deportivo. Cuentan sólo con datos preliminares que sugieren posibles beneficios para el rendimiento o son demasiados nuevos como para haber recibido suficiente atención científica.
- ❖ **Grupo C** – Suplementos con limitadas pruebas de efectos beneficiosos. Esta categoría incluye la mayoría de los suplementos y productos deportivos promovidos para los deportistas. Estos suplementos, a pesar de disfrutar de un patrón cíclico de la popularidad y uso generalizado, no han probado que proporcionen una mejora

significativa de rendimiento deportivo. Aunque no se puede afirmar categóricamente que no tienen efecto benéfico, la evidencia científica actual indica que: o bien la probabilidad de beneficios es muy pequeña o que los beneficios que se producen son demasiado pequeños para ser recomendable su utilización.

- ❖ **Grupo D** – Suplementos que no deben ser utilizados por los atletas. Estos suplementos están prohibidos o podrían estar contaminando otros suplementos no prohibidos poniendo al deportista en riesgo de ser penalizado por el control antidopaje.

Solo haremos referencia en nuestro estudio a los que se clasifican en el grupo A. En este grupo se encuentran: las bebidas energéticas, las vitaminas y minerales, suplemento de calcio, suplemento de hierro, creatina, bicarbonato y citrato sódico, cafeína y glicerol. Algunos han sido ya descritos en otros apartados del trabajo.

Creatina

Sólo unos pocos suplementos han demostrado amplia y claramente que pueden tener propiedades ergonutricionales; uno de ellos es la creatina. La creatina es un compuesto intrínseco del ser humano el cual se obtiene tanto de la producción endógena como de su aporte a través de la dieta. Se trata de un componente derivado de 3 aminoácidos que se almacena en el músculo. Es una fuente rápida, pero breve de re-síntesis de ATP durante el ejercicio máximo y disminuye en periodos de recuperación. Su degradación diaria es de 1-2 gr/día, y si hay necesidades adicionales son sintetizadas a partir de arginina, glicina y metionina, principalmente en el hígado (7).

Cuando suplementamos exógenamente, las reservas intramusculares y cerebrales de creatina y su forma fosforilada, la fosfocreatina, se elevan. El aumento de estas reservas puede ofrecernos beneficios terapéuticos al prevenir la disminución de ATP, estimular la síntesis de proteínas o reducir su degradación, y estabilizar la membranas biológicas (32).

Por tanto, la creatina se indica en deportes con un componente explosivo, donde existe una gran intensidad en un corto espacio de tiempo (9), es decir, donde el sistema de los fosfágenos (5-7 primeros segundos del ejercicio) es predominante. También es muy utilizado en diferentes disciplinas en períodos básicos de entrenamientos donde como

parte de su preparación ejecutan entrenamientos de sobrecarga (pesas) siendo la creatina un elemento que favorece la energía disponible para este tipo de ejercicio con un mayor número de repeticiones y fuerza (7), así como en los entrenamientos de hipertrofia muscular.

Al emplear la creatina como suplemento, lo que se pretende es mejorar el rendimiento deportivo e incrementar la masa magra libre de grasa.

En cuanto a las pruebas que requieren de una gran resistencia física, el consumo de proteína durante el ejercicio posiblemente sirva como una ayuda ergogénica, retardando el tiempo hasta llegar al agotamiento. Sin embargo, puede tener un efecto perjudicial debido a una mayor retención de líquidos, lo que genera un aumento del peso total sin aportar un beneficio añadido al rendimiento (9). No obstante, hace falta más evidencia que así lo demuestre antes de llegar a una conclusión clara (33).

Los protocolos de suplementación con creatina incluyen una carga rápida: 20-25 gr en 2 dosis durante 5 días, o de carga lenta: 3 gr/día durante 28 días, y el mantenimiento con: 2-3 gr/día. Teniendo en cuenta que se han reportado un 30% de no respondedores, y que si no se mantienen los aportes de creatina a las 5 semanas se vuelve a niveles basales. Se puede producir un rápido aumento de peso de 1 kg durante la carga, pero se cree que es en base a agua y reducción de la producción de orina (7).

Bicarbonato y citrato

Al aumentar el pH sanguíneo se retrasa la fatiga muscular en ejercicio anaeróbico prolongado. Por ello, se propone una dosis de carga de 0,3 gr de bicarbonato de sodio/kg de peso, 1 a 2 horas antes del ejercicio o citrato de sodio 0,3 a 0,5 gr/kg. No posee mayores riesgos para la salud, excepto posibles molestias gastrointestinales. Se recomienda tomarlo con 1 litro de agua para prevenir diarrea hiperosmótica. Esta recomendación se propone para competiciones de alta intensidad, prolongadas o con esprines repetidos como deportes de raqueta y equipo (7).

Cafeína

La cafeína contiene metilxantinas, tiene efecto estimulante porque aumenta la acción de catecolaminas y AMP cíclico, lo que lleva a un aumento de la lipólisis en el tejido adiposo y en el músculo, lo que se traduce en un aumento de los ácidos grasos libres y mayor disponibilidad de triglicéridos intramuscular. Además, produce alteraciones en el sistema nervioso central que modifican las percepciones del esfuerzo o la fatiga, aumenta la liberación de adrenalina.

El efecto beneficioso aparece con dosis pequeñas a moderadas, de 1-3 mg/kg de peso o 50-200 mg de cafeína y estos no son mayores al aumentar la dosis. Se puede tomar en distintos momentos (antes, durante o hacia el final del ejercicio, cuando comienza a presentarse la fatiga). El exceso (más de 500 mg/día) produce aumento de la frecuencia cardíaca, alteraciones en la motricidad fina y sobre-excitación, que podría interferir con la recuperación del ejercicio y el sueño (7).

Un consumo moderado (300-400 mg/día) de cafeína parece no tener efectos negativos sobre el estado de hidratación durante el ejercicio. Se debe tener precaución en el caso de atletas a quienes el efecto estimulante de la cafeína les cause molestias gastrointestinales, sobreestimulación del sistema nervioso o alteraciones del sueño (23).

Glicerol

Se trata de un agente hiper-hidratante, en forma de glicerina u otro suplemento. Se absorbe rápido y se distribuye en todos los compartimentos aumentando la presión osmótica. La dosis de carga sugerida es de 1 a 1,5 gr/kg de glicerol junto con 25 a 35 ml/kg de líquido, lo que produce retención de 600 ml de agua, lo que es más eficaz que ingerir agua sola. Útil en ambientes muy cálidos y húmedos, cuando hay sudoración excesiva o en condiciones de dificultad para reponer líquido. También sirve para reponer grandes pérdidas de líquidos o entre el pesaje y la competición de deportes divididos según peso como es el boxeo (7).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Finalmente, las conclusiones que podemos extraer son:

PRIMERA: Los requerimientos energéticos difieren según la actividad a realizar sea aeróbica o anaeróbica teniendo siempre como objetivo alcanzar un balance energético al igualar el total de energía consumida al gasto energético total.

SEGUNDA: La contribución de los HC al gasto energético y, por tanto, su efecto sobre el rendimiento deportivo, depende principalmente de varios factores como son el tipo, frecuencia, duración e intensidad del ejercicio, nivel de entrenamiento y alimentación previa.

TERCERA: Aunque existe un beneficio evidente para los deportes de resistencia cuando se utiliza una dieta rica en azúcares, en el entrenamiento de fuerza no está tan claro.

CUARTA: Los factores determinantes de los requerimientos de proteínas en los atletas son el tipo de deporte, la intensidad del ejercicio, la frecuencia del entrenamiento, la ingesta energética a través de la dieta, el contenido de HC del plan de alimentación y las reservas corporales de HC.

QUINTA: Las dietas ricas en proteínas no son recomendables para la mayoría de los atletas, aunque un aumento proteico en la bebida de reposición tras el ejercicio aumenta los depósitos de glucógeno en mayor medida que si se toma sólo HC.

SEXTA: El consumo de proteína durante el ejercicio posiblemente sirva como una ayuda ergogénica, retardando el tiempo hasta llegar al agotamiento en aquellas pruebas que requieren de una gran resistencia física.

SEPTIMA: Se aconseja que los deportistas consuman entre un 20-30% de las calorías del día como grasas, siendo la comida previa a la competición baja en grasa y teniendo en cuenta que la toma de demasiados ácidos grasos poliinsaturados (AGP) puede ser perjudicial, mientras que los ácidos grasos monoinsaturados (AGM) son los ideales para el deporte.

OCTAVA: No hay evidencia disponible a cerca de la recuperación subjetiva y únicamente limitada evidencia sobre los efectos adversos de la toma de suplementos de antioxidantes entre los cuales incluso se señala que el uso prolongado en altas dosis de antioxidantes puede provocar daño.

NOVENA: Según la evidencia disponible, mantener la concentración sérica de 25-hidroxi vitamina D por encima del nivel óptimo (hasta 100 nmol/L) aumenta la función musculoesquelética, reduce el periodo de recuperación de las fracturas con el ejercicio, mejora tanto la fuerza como la producción de energía, y aumenta la producción de testosterona, de forma que todo ello influye en el rendimiento deportivo.

DÉCIMA: No se ha establecido un requerimiento específico de agua sino que se dan recomendaciones de lo que sería una ingesta adecuada del total de líquidos para la población general, determinando 3,7 L/día para hombres y 2,7 L/día para las mujeres.

UNDÉCIMA: La suplementación con creatina se indica en deportes con un componente explosivo, donde existe una gran intensidad en un corto espacio de tiempo, mediante una carga rápida: 20-25 gr en 2 dosis durante 5 días, o una carga lenta: 3 gr/día durante 28 días, y el mantenimiento con: 2-3 gr/día.

DUODÉCIMA: Se propone la suplementación con bicarbonato de sodio en competiciones de alta intensidad, prolongadas o con esprints repetidos como deportes de raqueta y equipo mediante una dosis de carga de 0,3 gr/kg de peso, 1 a 2 horas antes del ejercicio o citrato de sodio 0,3 a 0,5 gr/kg.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Martínez-Sanz JM, Urdampilleta A, Mielgo-Ayuso J. Necesidades Energéticas, Hídricas y Nutricionales en el Deporte. *Eur J Sport Sci.* 2013; 30: p. 16-37.
2. American College of Sports Medicine, Academy of Nutrition and Dietetics, and Dietitians of Canada. Nutrition and Athletic Performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2015; 48(3): p. 543-68.
3. Blasco Redondo R. Resting energy expenditure; assessment methods and applications. *Nutr Hosp.* 2015; 31(Supl. 3): p. 245-54.
4. Benardor D. Energy Thermodynamics Revisited: Energy intake strategies for optimizing athlete body composition and performance. *PensarMov.* 2013; 11(2): p. 1-13.
5. Nazem TG, Ackerman KE. The female athlete triad. *Sports Health.* 2012; 4(4): p. 302-11.
6. Peinado AB, Rojo-Tirado MA, Benito PJ. El azúcar y el ejercicio físico: su importancia en los deportistas. *Nutr Hosp.* 2013; 28(suppl 4): p. 48-56.
7. Cristina Olivos O, Ada Cuevas M, Verónica Álvarez V, Carlos Jorquera A. Nutrición para el entrenamiento y la competición. *Rev Méd Clín Las Condes.* 2012; 23(3): p. 253-61.
8. Craig B. The influence of fructose feeding on physical performance. *Am J Clin Nutr.* 1993; 58 (Suppl.): p. 815-819S.
9. Urdampilleta A, Vicente-Salar N, Martínez Sanz JM. Necesidades proteicas de los deportistas y pautas diético-nutricionales para la ganancia de masa muscular. *Rev Esp Nutr Hum Diet.* 2012; 16(1): p. 25-35.
10. Burd N, Tang J, Moore D, Phillips S. Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. *J Appl Physiol.* 2009; 106: p. 1692-701.

11. Hoffman J, Ratamess N, Tranchina C, Rashti S, Kang J, Faigenbaum A. Effect of protein-supplement timing on strength, power, and bodycomposition changes in resistance-trained men. *Int J sport Nutri Exerc Metab.* 2009; 19: p. 172-85.
12. Andersen L, Tufekovic G, Zebis M, Cramer R, Verlaan G, Kjaer M, et al. The effect of resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism.* 2005; 54(2): p. 151-6.
13. Blomstrand E, Eliasson J, Karlsson H, Kohnke R. Branched-chain amino acids activate key enzymes in protein synthesis after physical exercise. *J Nutr.* 2006; 136: p. 269-73.
14. Nolles J, Verreijen A, Koopmanschap R, Verstegen M, Schreurs V. Postprandial oxidative losses of free and protein-bound amino acids in the diet: interactions and adaptation. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2008; 3: p. 320-31.
15. Ratamess N, Kraemer W, Volek J, Rubin M, Gomez A, French D, et al. The effects of amino acid supplementation on muscular performance during resistance training overreaching. *J Strength Con Res.* 2003; 17: p. 250-8.
16. Etheridge T, Philp A, Watt P. A single protein meal increases recovery of muscle function following an acute eccentric exercise bout. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008; 33: p. 483-8.
17. Buckley J, Thomson R, Coates A, Howe P, DeNichilo M, Rowney M. Supplementation with a whey protein hydrolysate enhances recovery of muscle force-generating capacity following eccentric exercise. *J Sci Med Sport.* 2010; 13: p. 178-81.
18. Hoffman J, Ratamess N, Tranchina C, Rashti S, Kang J, Faigenbaum A. Effect of a proprietary protein supplement on recovery indices following resistance exercise in strength/power athletes. *Amino Acids.* 2010; 38: p. 771-8.
19. Kraemer WJ, Hatfield DL, Volek JS, Fragala MS, Vingren JL, Anderson JM, et al. Effects of amino acids supplement on physiological adaptations to resistance

- training. *Med Sci Sports Exerc.* 2009; 4: p. 1111-21.
20. Salinas-García ME, Martínez-Sanz M, Urdampilleta A, Mielgo-Ayuso J, Norte Navarro A, Ortiz-Moncada R. Efectos de los aminoácidos ramificados en deportes de larga duración: revisión bibliográfica. *Nutr Hosp.* 2015; 31(2): p. 577-89.
 21. Stock M, Young J, Golding L, Kruskall L, Tandy R, Conwayklaass J, et al. The effects of adding leucine to pre and postexercise carbohydrate beverages on acute muscle recovery from resistance training. *Strength Cond Res.* 2010; 24: p. 2211-9.
 22. Manore MM. Exercise and de Institute of Medicine Recommendations for Nutrition. *Curr Sports Med Rep.* 2005; 4: p. 193-8.
 23. Houtkooper L, Abbot JM, Nimmo M. Nutrition for throwers, jumpers, and combined events athletes. *J Sports Sci Med.* 2007; 25(S1): p. 39S-47S.
 24. Atalay M, Lappalainen J, Sen C. Dietary antioxidants for the athlete. *Curr Sports Med Rep.* 2006; 5: p. 182-6.
 25. Ranchordas MK, Rogerson D, Soltani H, Costello JT. Antioxidants for preventing and reducing muscle soreness after exercise. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017.
 26. Naziroglu M, Kiliç F, Uguz AC, et al. Oral vitamin C and E combination modulates blood lipid peroxidation and antioxidant vitamin levels in maximal exercising basketball players. *Cell Biochem Func.* 2010; 28: p. 300-5.
 27. Bongiovanni T, Pasta G, Tarantino G. Sucrosomial iron and folic acid supplementation is able to induce IL-6 levels variation in healthy trained professional athletes, regardless of the hemoglobin and iron values. *Sci Sports.* 2019; 34(3): p. 165-72.
 28. Miraj SS, Thunga G, Kunhikatta V, Rao M, Nair S. Benefits of Vitamin D in Sport Nutrition. In *Nutrition and Enhanced Sports Performance*. 2nd ed.: Academic Press; 2019. p. 497-508.

29. Popkin BM, Armstrong LE, Bray GM, Caballero B, Frei B, Willett WC. A new proposed guidance system for beverage consumption in the United States. *Am J Clin Nutr.* 2006; 83: p. 529-42.
30. Urdampilleta A, Gómez-Zorita S, Soriano JM, Martínez-Sanz JM, Medina S, Gilzquierdo A. Hydration and chemical ingredients in sport drinks: food safety in the European context. *Nutr Hosp.* 2015; 31(5): p. 1889-99.
31. Australian Institute of Sport. The AIS sports supplement framework. [Internet].; 2019 [citado 20 May 2019]. Disponible en: <https://www.sportaus.gov.au/>.
32. Persky AM, Brazeau GA. Clinical Pharmacology of the Dietary Supplement Creatine Monohydrate. *Pharmacol Rev.* 2001 Junio; 53(2): p. 161-76.
33. Espino González E, Muñoz Daw MdJ, Candia Lujan R. Efectos en el rendimiento físico de la ingesta de suplementos con carbohidratos y proteína durante el ejercicio: revisión sistemática. *Nutr Hosp.* 2015; 32(5): p. 1926-35.
34. Guyton AC, Hall JE. Fisiología del deporte. In *Tratado de fisiología médica*. 13th ed. Jackson, Mississippi: ELSEVIER; 2016. p. 2588-2613.
35. Petrie HJ, Stover EA, Horswill CA. Nutritional Concerns for the Child and Adolescent Competitor. *Nutrition.* 2004; 20(7/8): p. 620-31.
36. Benito Peinado PJ, Calvo Bruzos SC, Gómez Candela C, Iglesias Rosado C. *Alimentación y nutrición en la vida activa: ejercicio físico y deporte*. Madrid: UNED; 2014.