

La nutrición en la práctica deportiva: Adaptación de la pirámide nutricional a las características de la dieta del deportista

Marcela González-Gross, Angel Gutiérrez, José Luis Mesa, Jonatan Ruiz-Ruiz, Manuel J. Castillo

Universidad de Granada. Granada- España, Rheinische Friedrich-Wilhelm Universitaet. Bonn. Germany

RESUMEN. A pesar de los avances registrados en el campo de la nutrición deportiva y la importancia que una adecuada alimentación tiene para mejorar el rendimiento físico-deportivo, los deportistas tanto recreacionales como profesionales olvidan con frecuencia incluir la planificación de una dieta y una pauta de hidratación óptimas dentro de la estrategia global de preparación para la práctica deportiva. Las adaptaciones fisiológicas y metabólicas del organismo como consecuencia del ejercicio físico conducen a la necesidad de aumentar la ingesta de calorías (de acuerdo al gasto energético) y de proteínas (en base a las necesidades tróficas del organismo). Igualmente, es preciso prestar una mayor atención a la ingesta de vitaminas y minerales, especialmente las vitaminas del grupo B, así como al cinc y al cromo. Esto permite optimizar el metabolismo de los hidratos de carbono, limitantes últimos de la duración del ejercicio. Durante la fase de entrenamiento, la dieta debe aportar un 60% carbohidratos, la ingesta proteica se cifra en torno a 1,2- 2 g/kg/día y, en general, se deben seguir las recomendaciones de la pirámide nutricional. Durante las fases pre-, per- y post-competición, el aspecto saludable de la dieta se complementa con la necesidad de obtener unos buenos rendimientos físico-deportivos así como garantizar una rápida y eficaz recuperación. De nuevo son los hidratos de carbono de índice glucémico alto o medio y el agua los elementos de la dieta a los que hay que prestar mayor atención. En conclusión, el deportista debe someterse a un régimen dietético adecuado al incremento del gasto que sufre y al mayor recambio metabólico a que se ve sometido. La pirámide nutricional es una representación gráfica que facilita la comprensión y el seguimiento de una dieta saludable. En el presente trabajo se adapta y presenta dicha pirámide a las características de la alimentación del deportista, considerando de una manera eminentemente práctica los tipos y cantidades de alimento que deben ser ingeridos en base al aporte nutricional que determinan para el sujeto que realiza actividad físico-deportiva. **Palabras clave:** Deporte, nutrición, rendimiento, pirámide nutricional.

SUMMARY. Nutrition and sport practice. Adaptation of the food guide pyramid to the characteristics of sport diet. In spite of all the advances in sport nutrition and the importance of an adequate food intake in order to improve sport performance, both recreational and professional athletes forget frequently to include planning an optimum diet and fluid intake in their global strategy for performance. Physiological and metabolic adaptations produced as a consequence of physical exercise lead to the necessity of increasing caloric (in accordance to energy output) and protein (based on the trophic needs of the organism) intake. Likewise, paying major attention to vitamin and mineral intake, specifically B vitamins and zinc and chromium, is required, in order to optimize carbohydrate metabolism, the ultimate limiting factor for sport performance. During the training phase, 60% of calories should come from carbohydrates, protein intake should be 1.2 – 2 g/kg/day and athletes should follow the recommendations of the food guide pyramid. During the pre-, per- and post-competition phase the healthy aspect of the diet passes to a second level, in order to obtain good sport performance and to guarantee a fast and effective recovery. Again, carbohydrates with a high or medium glycaemic index and water are the nutrients which have to be calculated more thoroughly. In conclusion, athletes have to follow a diet that is adequate to their higher energy output and to their higher metabolic turnover. The food guide pyramid is a graphic expression which facilitates the comprehension and following of a healthy diet. In the present article, the authors introduce the pyramid adapted to the characteristics of sports nutrition, with easy-to-follow practical recommendations regarding the kind and amounts of foodstuffs that should be consumed in order to cover nutrient needs of people who exercise regularly.

Key words: Sports, nutrition, performance, food guide pyramid.

INTRODUCCION

En las últimas dos décadas, los avances en Medicina Deportiva, Biomecánica, Fisiología y Psicología deportiva han determinado importantes cambios en el mundo del deporte, particularmente en el deporte de alta competición. Así, se han conseguido establecer los principales

determinantes del rendimiento deportivo y la forma de optimizar los estímulos que conllevan la mejor adaptación para conseguir metas y records cada vez más altos. Entre esos condicionantes se encuentra, lógicamente, una nutrición adecuada a las características del sujeto, a la actividad física que realiza y a las condiciones medioambientales en las que se desarrolla la práctica deportiva (1-3). Una adecuada

alimentación constituye, en primer lugar, una condición previa para poder efectuar un esfuerzo físico de cierta intensidad y/o duración. En segundo lugar, tratará de equilibrar la pérdida hidroelectrolítica y energética durante el ejercicio físico, mediante el aporte exógeno de nutrientes justo al inicio y a lo largo del mismo, contribuyendo a preservar el glucógeno muscular en esfuerzos continuos y prolongados, interválicos, y esfuerzos de corta duración y elevada intensidad (80-95%) (4). En tercer lugar, una adecuada alimentación asegura una rápida y eficiente reposición de los sustratos energéticos deplecionados durante el ejercicio y potencia los procesos anabólicos, lo que nos permite una correcta recuperación y realizar nuevas sesiones de entrenamiento o competición en las mejores condiciones (5-7). A pesar de los avances científicos registrados, sigue existiendo un importante desfase entre los conocimientos que hoy día se posee en materia de nutrición deportiva, las recomendaciones que los deportistas reciben de personas expertas en nutrición o de los propios entrenadores y las prácticas dietéticas que, en realidad, siguen dichos deportistas (8-10). Consideramos, pues, oportuno y de especial interés práctico disponer de una revisión que aborde de una manera sencilla y práctica la problemática de la alimentación del deportista.

Adecuación de la ingesta de energía y nutrientes a la práctica deportiva

La realización regular de ejercicio físico a una intensidad media-alta (60-70% de la capacidad aeróbica máxima o VO_2 máx) conduce a una serie de cambios metabólicos y fisiológicos, que marcan las diferencias nutricionales con respecto a las personas sedentarias. Estos cambios están influenciados por el tipo, frecuencia, intensidad, duración del ejercicio y condiciones ambientales en las que se realiza la práctica deportiva, además de las características propias del atleta como son edad, sexo, peso, altura, estado de nutrición y entrenamiento (8,11,12). Es preciso tener en cuenta todos estos factores con el fin de aportar la adecuada cantidad de energía (calorías) y nutrientes (carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas, minerales y agua), que permitan al deportista entrenar en óptimas condiciones, obtener los mejores resultados en la competición y facilitar una pronta y eficaz recuperación tras el esfuerzo (7,12).

Energía

La ingesta energética diaria adecuada para un deportista es la que mantiene un peso corporal adecuado para un óptimo rendimiento y maximiza los efectos del entrenamiento. Es teóricamente posible considerar unas pautas generales de incremento calórico que, en comparación con la población sedentaria, es necesario aportar en función del tipo de actividad realizada y tiempo que se dedica a realizar dicha actividad. En nuestra opinión, estas pautas resultan de poca

utilidad práctica ya que la cantidad de energía consumida depende en gran medida de las características del propio deportista (edad, sexo, peso, altura, estado de nutrición y entrenamiento) y del tipo, frecuencia, intensidad y duración del ejercicio, así como de condiciones ambientales a las que se realiza dicho ejercicio (1,8,11,12). Por tanto, cada deportista ajustará el aporte de energía aumentando o disminuyendo las cantidades ingeridas según sus necesidades individuales, recomendándose, en términos generales, la ingesta de 45-50 kcal/kg de peso corporal / día para los deportistas que entrenen durante más de 75-90 min/día (13), pudiendo alcanzar unas 6000-7000 kcal/ día cuando se han de realizar duros entrenamientos o competiciones (i.e. Tour de Francia) (14). Con frecuencia, son el propio sistema de control de peso corporal y la sensación de apetito los que en última instancia condicionan la cantidad a ingerir. En general, y puesto que se trata de sujetos deportistas que se encuentran en un peso adecuado, se debe perseguir mantener una constancia en la masa y composición corporal. No obstante, en aquellos deportes donde el bajo peso corporal puede condicionar el éxito del deportista (gimnasia rítmica, gimnasia deportiva, patinaje artístico, etc) se producen fuertes restricciones energéticas, poco controladas por los entrenadores y/o equipo técnico. Así, se han encontrado (15) ingestas de 28.5 ± 5.6 kcal/kg de peso corporal, en 20 gimnastas del equipo nacional italiano de gimnasia rítmica, a lo que se sumaban déficit de minerales (calcio, hierro y cinc), lo que ponía en peligro su rendimiento y su salud. Resultados similares se obtuvieron al estudiar las ingestas calóricas de 161 patinadores de élite (80 hombres y 81 mujeres), resultando cantidades de 2,329 kcal/día para los hombres y 1,545 kcal/día para las mujeres (16), y en 28 gimnastas del equipo nacional de Estados Unidos (17). Al estudiar los hábitos dietéticos de 62 atletas de elite seleccionados para participar en el Campeonato de Asia, se apreció que los sprinters, saltadores y lanzadores (54% hombres y 65% mujeres) presentaban déficit de al menos uno de los micronutrientes (i.e., vitaminas o minerales). La dosis energética media fue de 3,141 kcal (± 592) para los atletas masculinos y 2,508 kcal (± 537) para los femeninos (18). Estos resultados ponen de manifiesto el peligro de malnutrición sufrido por este sector de población, lo que unido a los altos regímenes de actividad física que practican les podría conducir a un riesgo de inmunosupresión (19).

Los conocimientos en materia de alimentación y nutrición entre deportistas y entrenadores suelen ser escasos. Así, Smith-Rockwell y col. (9) estudiaron los conocimientos sobre nutrición deportiva de un grupo de entrenadores de atletismo de 1ª división de la Universitaria. Los resultados mostraron que más del 30% de los atletas habían padecido desajustes dietéticos durante el año anterior, y tan sólo un 6% de ellos no tomaban suplementos nutricionales de una forma habitual.

Otros datos (20) resultan ser más alentadores. Así, tras estudiar a 3,540 sujetos de entre 9-19 años de edad, encontraron que aquellos atletas que realizaban actividad física regular ingerían una dosis diaria energética acorde con los requerimientos de su grupo de edad/género.

Respecto al total de calorías ingeridas, los hidratos de carbono deben aportar un 55-60% de las mismas, las proteínas un 10-15% y las grasas un 20-25%, no superando los ácidos grasos saturados el 10% del aporte calórico total, debiendo ser el aporte calórico del ácido linoleico el 3-5% y el del ácido linolénico el 0.5-1% (21). En las fases de mayor entrenamiento, se debe aumentar el porcentaje de hidratos de carbono hasta el 65-70% (1). Recientemente se ha propuesto la denominada *zone diet*, un régimen dietético para mejorar el rendimiento físico (22, 23). La *zone diet* se basa en el reparto 40/30/30. Esto corresponde a una ingesta del 40% de las calorías procedentes de carbohidratos, un 30% procedente de triglicéridos y un 30% procedente de proteínas. De hecho, la ingesta proteínica es de 1.8-2.2 g/kg masa magra/día. Esta distribución supuestamente disminuye la relación insulina/glucagón y aumenta los eicosanoides vasoactivos, lo que permite una mayor liberación de oxígeno a los músculos, mejorando el rendimiento en resistencia, si bien de ello no existen datos científicos concluyentes (22,23). En la medida de lo posible, el deportista ha de prescindir de los alimentos que proporcionan calorías vacías, hecho que requiere una re-educación, dado que con frecuencia se recurre a refrigerios y *snacks* para cubrir una mayor demanda energética (1, 16), ante cuyo abuso pueden aparecer deficiencias en micronutrientes.

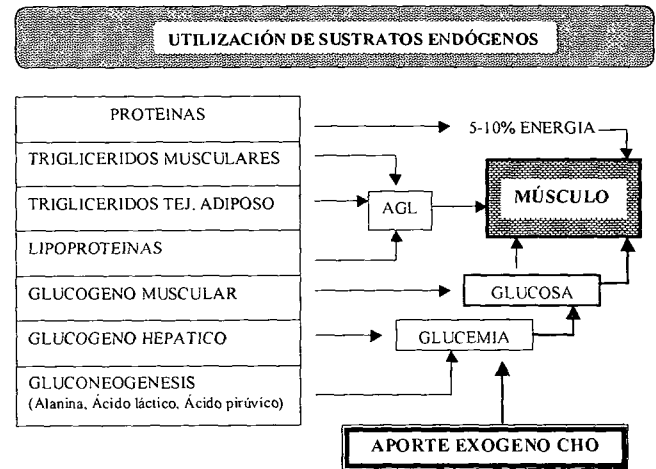
Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono son los combustibles más importantes como fuente energética rápida para el organismo, ya que su oxidación produce 6.3 moles de ATP por mol de O₂ frente a los 5.6 moles de ATP por mol de O₂ utilizado para oxidar grasas. La mayoría de los deportes se realizan a intensidades superiores al 60-70% del VO₂max, es decir, cerca del límite de la capacidad máxima de absorción de oxígeno del organismo, por lo que la fuente energética principal son los carbohidratos provenientes del glucógeno muscular y glucosa sanguínea (24). Aunque los depósitos corporales de carbohidratos son limitados, el tipo de alimentación puede incrementar estas reservas (24) (Figura 1). El uso de esas reservas variará con la intensidad y duración del ejercicio, el grado de entrenamiento, y las condiciones ambientales (25). Entre los diferentes tipos de carbohidratos que consumimos podemos destacar los monosacáridos (glucosa, fructosa y galactosa), disacáridos (maltosa, sacarosa y lactosa), y los polímeros de glucosa como son las maltodextrinas y el almidón (una serie de moléculas de glucosa acopladas). Sus diferencias en la osmolaridad y estructura repercutirán en la

palatabilidad, digestión, absorción, liberación de varias hormonas y disponibilidad de la glucosa para ser oxidada en el músculo (25).

FIGURA 1

Disponibilidad de sustratos energéticos del músculo. CHO: hidratos de carbono; AGL: ácidos grasos libres; TEJ: tejido



Una persona puede almacenar alrededor de 1500-2000 kcal como glucosa sanguínea y glucógeno (1). En la sangre sólo se dispone de 50 kcal de glucosa para uso inmediato. El glucógeno hepático puede proporcionar alrededor de 250-300 kcal. El glucógeno muscular en corredores de larga distancia entrenados se cifra alrededor de 130 mmol/kg, encontrándose en ellos valores superiores a los sujetos sedentarios o que practican otros deportes de menor duración (26). Los almacenes de carbohidratos, además de ser escasos, ocupan mucho volumen, pues cada gramo de glucógeno se almacena con 2.6 g de agua (27). Debido a que los carbohidratos son limitantes del ejercicio incluso en los casos en los que las grasas son utilizadas como principal fuente de combustión (28), la dieta del deportista debe ser rica en carbohidratos para hacer frente al elevado consumo y mantener repletas las reservas de glucógeno. Se recomienda la ingesta de 5-7 g/kg de peso corporal/día de carbohidratos para reemplazar la pérdida provocada por el entrenamiento diario, lo que sube a 7-10 g/kg de peso corporal /día para necesidades incrementadas por entrenamientos de resistencia extremos (10).

Grasas

Aunque es preciso consumir grasas para asegurar el aporte de ácidos grasos esenciales (29) y vitaminas liposolubles, no está recomendada una dieta muy rica en grasas. El metabolismo de las grasas durante el ejercicio depende de

varios factores como son: a) tipo, duración e intensidad del ejercicio (la entrada de ácidos grasos de cadena larga a la mitocondria se inhibe con altas intensidades de ejercicio (30), a la vez que se inhibe (31) la actividad de la acetil-CoA carboxilasa durante el ejercicio); b) reservas de glucógeno (a menores reservas de glucógeno (32), mayor oxidación de ácidos grasos); c) preparación física del individuo (los atletas entrenados oxidan más ácidos grasos durante el ejercicio (33)); d) composición de la dieta ingerida los días previos al ejercicio (una dieta alta en grasas incrementa la oxidación de éstas durante el ejercicio (34). A esto hay que añadir el status hormonal y el flujo glucolítico (inversamente proporcional a la oxidación de ácidos grasos de cadena larga (35). Con el entrenamiento se produce una mayor oxidación de grasas (25), debido a una mayor facilitación de entrada de los ácidos grasos libres a la mitocondria (36).

Proteínas

La ingesta proteica adecuada para obtener un óptimo rendimiento deportivo ha sido tema de discusión de científicos y expertos desde hace más de un siglo. Es obvio que el ejercicio físico regular incrementa las necesidades de proteínas debido a la contribución del catabolismo proteico al requerimiento de combustible del ejercicio y al balance nitrogenado negativo que resulta de la intensificación de los procesos que liberan energía en el transcurso de la actividad muscular (37). De ahí que una ingesta rica en carbohidratos y proteínas, antes y después del ejercicio, reduzca el catabolismo durante el ejercicio y promueva un perfil hormonal más anabólico tras él (38). La ingesta recomendada de proteínas en la dieta (39) dependerá de: a) la composición de la misma; b) la ingesta energética total; c) la intensidad y duración del ejercicio; d) el entrenamiento; e) la temperatura (las bajas temperaturas incrementan la oxidación de proteínas (40)); f) el sexo; g) la edad. Se recomienda una ingesta entre 1,2 y 2 g/kg peso corporal/día, en función de la edad, actividad y grado de entrenamiento del deportista, debiendo proveer el 10-15% del total de las calorías (1). Esto debe repartirse a partes iguales entre proteínas de origen animal y de origen vegetal (29).

Vitaminas y minerales

Las vitaminas y los minerales son importantes reguladores metabólicos, por lo que la práctica de actividades deportivas va acompañada de un aumento en los requerimientos de las vitaminas implicadas en el metabolismo energético, recomendándose ingestas de 0,4, 1,1 y 6,6 mg /1000 kcal de tiamina, riboflavina y niacina, respectivamente (1,29). Al aumentar la ingesta de proteínas habrá que incrementar el consumo de piridoxina, que debe ser de 2 mg/día cuando la ingesta proteica diaria supere los 100 g (41). Debido al fuerte estrés oxidativo inducido por el ejercicio físico, es aconsejable

el consumo de antioxidantes, como por ejemplo, las vitaminas E (ver revisión Takanami, (42) y C (43, 44). Esta ingesta no hay que realizarla de manera aguda o episódica (45), sino de manera continuada.

Clarkson (46) propuso al cinc, cobre, selenio, cromo y hierro como potenciadores del rendimiento. De todos ellos, el que presenta mayor problema para los deportistas es el hierro (47-49). Su déficit puede verse favorecido por la hemólisis intravascular, que puede ser debida en parte al impacto repetido del pie con el suelo, especialmente en corredores (50), bailarinas (47) y triatletas (51), dependiendo del tipo de superficie, intensidad del impacto y frecuencia de las sesiones (52). A esto se suma el mayor recambio de hierro que se produce a nivel de la mioglobina muscular. La anemia, además, se ve potenciada por la expansión del volumen plasmático (46, 48), dando lugar a lo que se conoce como *anemia del deportista*. En el estudio de Hinton y colaboradores (53), la suplementación de 100 mg diarios de sulfato ferroso en mujeres deportistas con deficiencia de hierro, pero no anémicas, mejoró la adaptación al ejercicio aeróbico. Se han descrito pérdidas aumentadas de minerales en deportistas en comparación con sedentarios, tanto por sudor como por orina (54). Lo cual puede afectar al rendimiento y determinar manifestaciones clínicas. Así, por ejemplo, Micheletti y colaboradores (55) destacaron como posibles efectos de un déficit de cinc los siguientes: anorexia, pérdida significativa de peso corporal, fatiga latente, disminución de la resistencia y riesgo de osteoporosis.

Sabiendo que los micronutrientes están inmersos en la mayoría de los procesos bioquímicos que sostienen la vida, tales como respiración celular, reproducción del DNA, conservación de la integridad de la membrana, detección y destrucción de radicales libres, se debe prestar una especial atención, tanto a su posible déficit como a proporcionar una suplementación inadecuada.

Agua

El agua es una prioridad durante el ejercicio. Una pérdida del ~2% del peso corporal, altera la homeostasis del volumen intracelular y extracelular en el organismo, provocando un descenso de la funcionalidad celular y de la volemia efectiva. Como consecuencia de esto último, disminuye la presión arterial media y el gasto cardíaco. Se reduce así la liberación de O₂ a los músculos activos, lo que potencia la activación de las rutas glucolíticas anaerobias, con la consiguiente formación de lactato intramuscular y sanguíneo (12,56,57). En consecuencia, los sistemas cardiovascular, termorregulador, metabólico, endocrino o excretor, se encuentran mermados, lo que puede afectar a la aparición temprana de fatiga física y mental durante el ejercicio (58-60). Cuando la deshidratación alcanza niveles del 7-10%, puede provocar un paro cardíaco e incluso la muerte (11,59).

Por este motivo, el deportista no debe olvidar incluir el agua dentro de su alimentación no solo de manera diaria, sino también y de manera específica, antes, durante y después de la sesión de entrenamiento o la práctica de actividad física (29).

Pautas dietéticas básicas para el sujeto deportista

La alimentación del deportista es similar a la establecida para toda la población, aunque con ligeros matices. De una manera gráfica e intuitiva se ha representado en forma de pirámide, lo que supone una adaptación de la pirámide nutricional de la población general a las necesidades específicas que conlleva la práctica físico-deportiva (Figura 2). La mayor diferencia en relación con las personas sedentarias radica en las cantidades, ya que un mayor aporte calórico implica un mayor volumen de alimentos. Con frecuencia, el deportista encuentra dificultades en cubrir sus necesidades energéticas, por lo que se puede recurrir a preparados comerciales, especialmente diseñados para cubrir las necesidades de energía y nutrientes. Cuando se trata de ingestas energéticas inferiores a 1800 kcal se tienen que planificar dietas con elevada densidad de nutrientes. Aun así, suele ser difícil cubrir las necesidades de micronutrientes, por lo que en estos casos se recomienda un suplemento polivitamínico-mineral (2,15).

cereales/arroz/pasta. Cada ración corresponde a 50g/30g/60g / 80 g, en crudo, respectivamente. Con un aporte importante en carbohidratos pero también rico en vitaminas, minerales y agua, nos encontramos las frutas y las verduras y hortalizas. De las primeras se recomienda de 2 a 4 raciones al día, lo que equivale a una media de 250 g en crudo. De las segundas se recomienda la ingesta de 3 a 5 raciones al día, esto es, una pieza mediana de unos 150 g (o el equivalente en peso en caso de frutas en baya). Es preciso asegurar una adecuada ingesta proteica lo que se consigue con 2 a 3 a tres raciones del grupo de carnes/pescados/huevos, a lo que se suman 3 a 4 raciones de leche y productos lácteos (1,61). Cada ración del primer grupo corresponde a 100 g/ 150 g (limpio) / 2 piezas, respectivamente; cada ración del segundo grupo corresponde a 1 vaso de leche/ 2 yogures/ 50 – 250 g queso, en función de su materia grasa. Con estos grupos se aportan también vitaminas (A, E, B₁, B₂, B₁₂) y minerales (Ca, Fe, Zn) así como una cierta cantidad de grasa y ácidos grasos esenciales, particularmente y con el pescado del grupo omega-3. Para garantizar un adecuado aporte de grasa se recomienda recurrir al aceite de oliva, a incluir en la preparación de la comida y aderezo de ensaladas, en cantidad de 2-4 raciones al día, correspondiendo cada ración a 10 g. Son importantes también incluir con frecuencia o incluso a diario 1 ración (30 g) de frutos secos y leguminosas (50 - 60 g), y ello porque aportan ácidos grasos esenciales (omega-6), vitaminas (E, B₆, folato) y minerales (Mg, Zn, Ca). Los alimentos grasos deben estar restringidos tal y como se ha indicado anteriormente. En algunos casos puede ser recomendable la administración de suplementos minerales o vitamínicos, por lo que también es preciso tenerlo presente y así se señala en la pirámide.

FIGURA 2

Pirámide nutricional adaptada a las características de la población deportista



En la base de la pirámide se ha querido destacar el papel de una adecuada hidratación, a la que se debe estar especialmente atento el sujeto que realiza actividad física. A título meramente orientativo se sugiere una ingesta diaria mínima de 2 litros de agua y/o bebidas rehidratantes. Dado el importante papel de los carbohidratos como fuente energética, se proponen de 6 a 11 raciones del grupo de pan/

Esta pauta de alimentación estimamos que no sólo cumple los requerimientos nutricionales que se consideran saludables sino que también hace frente a las necesidades específicas y características de la alimentación del sujeto que realiza actividad físico-deportiva de manera intensa. En función de la naturaleza de la actividad y las características fisiológicas del sujeto mencionadas, las cantidades deberán ser adaptadas. Los días de entrenamiento no existe ninguna restricción alimentaria especial. Es conveniente adaptar el horario de las comidas a las sesiones de entrenamiento. Como pauta se puede decir que el desayuno debe aportar el 25% de la ración diaria, la comida el 35%, la merienda el 15% y la cena el 25% restante. Tan sólo mencionar la importancia de una buena hidratación. En los periodos de descanso es necesario reducir el aporte energético para evitar una acumulación no deseable en forma de grasa. En los periodos de recuperación tras sesiones intensivas de entrenamiento, una adecuada alimentación con suficiente aporte de proteínas, minerales y vitaminas es fundamental para garantizar una adecuada regeneración tisular.

Pautas dietéticas para la competición

Durante la fase de competición, el aspecto saludable de la dieta pasa a un segundo plano, y el objetivo se centra en conseguir el aporte de nutrientes necesario para un óptimo rendimiento, como se detalla a continuación. Una vez terminada la competición y realizada una adecuada dieta postcompetición, se debe volver cuanto antes a la dieta básica que nos garantiza un entrenamiento de calidad y una recuperación intersesión eficaz.

Dieta precompetición

Las cantidades relativas de carbohidratos ingeridas durante los días anteriores a la competición son determinantes de la cantidad de carbohidratos acumulados en el hígado y en el músculo como glucógeno (25). En consecuencia, si el glucógeno almacenado al comienzo del ejercicio es bajo, debido por ejemplo a una insuficiente ingesta de

carbohidratos, se limitará la cantidad de energía disponible para el trabajo muscular durante el ejercicio por lo que el rendimiento será menor. En este sentido es importante que la cena previa al día de la competición sea rica en carbohidratos. La comida previa a la competición tiene como objetivo principal conseguir un mantenimiento de los depósitos de glucógeno y un óptimo nivel de hidratación. Nunca se debe acudir a la competición en ayunas.

La comida previa al ejercicio debe realizarse entre las 3 y 6 horas que preceden al mismo. Se recomienda (Tabla 1) que esta comida incluya una ingesta de 200-350 g de carbohidratos (62, 63). Con ello se pretende optimizar los almacenes de glucógeno y aumentar el rendimiento. Se ha formulado que una comida alta en carbohidratos preejercicio *per se* disminuye la utilización del glucógeno muscular durante el subsiguiente ejercicio (24).

TABLA 1
Pautas dietéticas para deportistas antes de la competición

	Dieta precompetición		
	Cena	3-6 horas	60-30 min.
Ingesta CHO	250-350 g	200-350 g	35-50 g
Índice glucémico	Medio-alto	Medio-alto	Alto
Alimentos	Copos de avena Maíz, patatas asadas, pasta, arroz	Copos de avena maíz, patatas asadas, pasta, arroz	Glucosa, sacarosa polímeros de glucosa
Modo	Sólido	Sólido	Líquido 500-600 ml
Ingesta de grasa	No Recomendable/pobre	No Recomendable/pobre	No Recomendable
Ingesta de proteína	Pobre	No Recomendable/pobre	No Recomendable
Ingesta de fibra	No Recomendable/pobre	No Recomendable	No Recomendable
Ingesta de líquidos	1L agua	500 ml agua o zumo	***

Los alimentos consumidos deben ser pobres en grasa, en fibra, en proteína, bien tolerados y no muy voluminosos, con un índice glucémico alto o medio (14). Buenas fuentes son por ejemplo, zumo de frutas con copos de avena o maíz, arroz, patatas, pastas. Durante las dos horas que preceden al ejercicio, se aconseja la ingesta de 500-600 ml de líquido (2). Se propone una bebida equilibrada y agradable, con una temperatura entre 8-12°C, y que no retrase el vaciamiento

gástrico. La adición de 6-8% de carbohidratos (2,64) incluso hasta 10% (65), se ha demostrado que no provoca hiperinsulinemia ni produce debilidad muscular (14,66,67). Se han obtenido, incluso, aumentos en el rendimiento de corta duración cuando se administra una solución con una concentración de carbohidratos 8-10% (glucosa y fructosa) durante los 15-30 min previos a la competición (68,69). La adición de 10-20 mmol/l de Na⁺ y de 5-10 mmol/ de K⁺ (70)

tendrá como principal objetivo aumentar la palatabilidad de la bebida (65). En ningún caso se debe estar en ayunas (41,61,71).

Dieta percompetitiva

El aporte de carbohidratos justo al inicio, y a lo largo del ejercicio, puede contribuir a preservar el glucógeno muscular en esfuerzos prolongados, en esfuerzos interválicos y en esfuerzos de corta duración y elevada intensidad (80-95%) (4, 26). Si el ejercicio se desarrolla en menos de 60 minutos, no es necesario dar ningún aporte específico de carbohidratos. No obstante, la ingesta de 300-500 ml de bebida con una concentración de carbohidratos del 6-10%, cada 15 min y a una temperatura de 8-12°C puede ayudar a preservar el glucógeno muscular y equilibrar la pérdida de fluido corporal (65), máxime si el ejercicio se realiza a altas temperaturas (64) (Tabla 2). Para eventos de entre 1 y 3 h, se recomienda la ingesta de 800-1400 ml/h de fluido con una concentración de carbohidratos similar a la anterior (6-8%), y con 10-20 mmol/L de Na⁺. Cuando la duración del ejercicio se extiende

por encima de las 3 h, se reduce la cantidad de fluido a 1000 ml/h y se aumenta la cantidad de Na⁺ a 23-30 mmol/L (44, 72). La efectividad de las bebidas durante el ejercicio depende de la velocidad de vaciamiento gástrico y de la absorción intestinal (73). La presencia de Na⁺ y carbohidratos en la bebida mejora su absorción mutua debido al mecanismo de co-transporte por el que glucosa y sodio se absorben a nivel intestinal, lo que se potencia con la adición de cloruro (71). El Na⁺, además, mejora la palatabilidad de las soluciones aumentando su consumo "ad libitum" (65). Ya en 1967, Fordtran y Saltin (75) indicaban que las soluciones salinas isotónicas se absorbían antes que el agua. La velocidad de vaciado gástrico depende (76) de la osmolalidad de la disolución, pH, temperatura, volumen de la ingesta y aporte calórico, siendo éste último, un factor decisivo hasta el extremo que existe una relación lineal entre densidad calórica y velocidad de vaciamiento gástrico (77,78). La intensidad del ejercicio puede retrasar la velocidad de vaciado gástrico cuando se eleva por encima del 70% del VO₂ max o acelerarlo a intensidades menores (79).

TABLA 2
Pautas dietéticas para deportistas durante la competición

Duración del ejercicio	Volumen de fluido (ml/h)	Frecuencia de ingesta	Dieta percompetición			
			Vol (ml)	Temp °C	Composición del fluido	Dosis de CHO (g/h)
<1h	300-500	10-15 min	150-200	8-12	6-10% CHO	30-35
1-3h	800-1400	15-20 min	150-200	8-12	6-8% CHO + 3-4g/l Na ⁺ + 1-2g/l K ⁺	75-80
>3h	1000	20-30 min	150-200	8-12	6-8% CHO + 5-6g/l Na ⁺ + 1-2g/l K ⁺	60-65

CHO: carbohidratos

En el ejercicio intermitente de alta intensidad, la hidratación y la dieta percompetitiva son igual o más importantes que en el ejercicio físico continuo y prolongado, debido a la especial exigencia de fuerza, coordinación motora y gran capacidad de resistencia que se requiere, dado que estas actividades pueden tener una duración de 90 o más minutos (baloncesto, balonmano, voleibol, fútbol, etc.). En estas circunstancias, las mayores pérdidas de sudor y la depleción de glucógeno se potencian por la elevada intensidad y cantidad de los intervalos así como por la elevada temperatura ambiental, especialmente en los deportes practicados en interior. Esto hace que debamos prestar una mayor atención a las manipulaciones dietéticas para anular estos factores limitantes del rendimiento. En definitiva, se

debe ingerir una dosis de carbohidratos de alrededor de 60-70 g/h diluida en 800-1400 ml de fluido, con una adición de 3-4g/l de Na⁺ y de 1-2g/l de K⁺, a 8-12 °C de temperatura.

Dieta postcompetición

Tras realizar un esfuerzo físico de más de 1 hora de duración, las reservas de glucógeno muscular pueden quedar deplecionadas con una pérdida que puede estar en torno al 90% (2, 26). Como consecuencia, se precisa un aporte exógeno de sustratos para alcanzar los niveles de glucógeno previos al ejercicio. La recarga completa de las reservas de glucógeno muscular tras el ejercicio transcurre entre las 24 y 48 primeras horas (35), siendo el ritmo de resíntesis directamente proporcional a la cantidad de carbohidratos en

la dieta durante las primeras 24 horas (26). Dietas de 200 g/día de carbohidratos (cantidad necesaria para una actividad habitual) difícilmente podrán restablecer las reservas de glucógeno, por lo que se hace necesario doblar o incluso triplicar la ingesta en situaciones de duros entrenamientos o competiciones seriadas (vuelta ciclista) si se quiere provocar una alto grado de repleción (26). Para que la velocidad de resíntesis de glucógeno sea óptima se deben consumir carbohidratos de alto índice glucémico (patata asada, judías blancas, copos de maíz, copos de avena, pasta, etc) (65, 80).

Durante las primeras horas (Tabla 3), se deben ingerir comidas con un 70-80% de hidratos de carbono, para evitar ingerir muchas proteínas, fibras y grasas, que además de suprimir la sensación de hambre y limitar la ingesta de hidratos de carbono, pueden provocar problemas gastrointestinales (14), en cuyo caso son preferibles los preparados líquidos. Hay que tener presente que tras realizar un esfuerzo físico exhaustivo, es normal que el deportista no esté hambriento, prefiriendo ingerir líquidos antes que comidas sólidas.

TABLA 3
Pautas dietéticas para deportistas después de la competición

	Dieta postcompetición		Total 24 h
	0-90 min	120-240 min	
Ingesta de CHO	1.5-2 g/kg/h de la ingesta total	70-80% de la ingesta total 400-600g	70-80%
Índice glucémico	Alto	Alto	Medio / alto
Alimentos	Glucosa, sacarosa, polímeros de glucosa pasta, plátano	Patata asada, copos de maíz o avena, pasta, arroz	Patata asada, copos de maíz o avena,
Modo	Líquido (200 ml/15 min) <i>ad libitum</i>	Sólido	Líquido / sólido
Ingesta de líquidos	500 ml de peso perdidos por sudor	450 – 680 ml/ 450 g peso perdido por sudor	150% del total de
Ingesta de electrolitos 1-2 g/l K ⁺	12-24 g/l Na ⁺ 3 mmol/l K ⁺	20 mmol/L Na ⁺	6 g NaCl
Alimentos ricos en agua y bebidas	Bebidas carbohidratadas eletrolíticas	Sandía, pomelo, piña	Agua, zumos, caldos
Ingesta de proteínas	Prescindible	10-15%	1.2-2g/kg/día
Ingesta de grasas	No recomendable	10-15%	10-15%

Las bebidas deportivas, cuyo objetivo es provocar fundamentalmente un ambiente anabólico, deberán inducir un aumento de la glucemia y, en consecuencia de la insulina, potenciando así el efecto de las distintas hormonas anabólicas (insulina, testosterona, hormona del crecimiento) para estimular la síntesis de glucógeno hepático y muscular. Por este motivo, es cada vez más frecuente la adición de proteínas hidrolizadas y aminoácidos (glutamina, leucina, fenilalanina)

a las bebidas carbohidratadas, resultando en mayores índices de reinstauración de glucógeno hepático y muscular (6,81,82). Sin embargo, estudios recientes no muestran diferencias significativas en la síntesis de glucógeno hepático y muscular con la adición de proteínas o aminoácidos a la bebida carbohidratada (83,84).

En lo referente al Na⁺, debido a su implicación en el mecanismo de co-transporte (absorción) intestinal de la

molécula de glucosa y la palatabilidad que confiere, se hace imprescindible su presencia en las bebidas postejercicio, recomendándose la ingesta de 50-60 mmol/L, pudiéndose aumentar hasta 100 mmol/L (59, 65). Se han descrito pocos casos de hipokalemia inducida por el ejercicio (54); en consecuencia, la función de K⁺ presente en la bebidas de rehidratación es la de ayudar a retener una mayor cantidad de agua intracelular, recomendándose dosis de 10 mmol/L. Esto garantiza que, aunque la pérdida hídrica sea elevada, no se compense la hipovolemia con una deshidratación intracelular que puede dar lugar a importantes trastornos neurológicos.

Por lo tanto, se recomienda la ingesta de fluido *ad libitum* a razón de 1.5-2g/kg/h de carbohidratos (glucosa, sacarosa, polímeros de glucosa) al que se añadirán 50-60 mmol/L de Na⁺, o incluso 100 mmol/L (~24g/L) en situaciones de grandes pérdidas de fluido por sudor, y 1-2 g/L de K⁺. La adición de proteínas hidrolizadas o aminoácidos es prescindible.

En conclusión, tanto el deportista como el equipo técnico en el que se apoya deben ser conscientes de la importancia de una alimentación correcta sobre el rendimiento físico-deportivo y la salud del deportista. Adaptar la dieta a las fases de entrenamiento y competición, y buscar consejo profesional del nutricionista, médico o dietista, en especial en lo referente a una posible suplementación, pueden ser de capital importancia. Es preciso prestar particular atención al nivel de hidratación así como al suficiente aporte de carbohidratos antes, durante y después de la competición.

A los que luchan por conseguir un mundo más honesto, tolerante y solidario, apreciando en el deporte un buen camino para llegar a tal fin.

REFERENCIAS

- Clark N. Nancy Clarks Sport Nutrition Guidebook. Champaign: Human Kinetics Publishers, 1997.
- American College of Sports Medicine. Joint Position Statement: nutrition and athletic performance. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. Med Sci Sports Exerc 2000;32(12):2130-2145.
- Paquot N. L'alimentation du sportif. Rev Med Liege 2001;56(4):200-3.
- Balsom PD, Wood K, Olsson P, Ekblom B. Carbohydrate intake and multiple sprint sports: With special reference to football (soccer). Int J Sports Med 1999; 20, pp. 48-52.
- Delgado M, Gutiérrez A, Castillo M. Entrenamiento físico-deportivo y alimentación. De la infancia a la edad adulta. 2ª ed. Barcelona: Paidotribo, 1999.
- van Loon LJ, Saris WH, Kruijshoop M, Wagenmakers AJ. Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysed mixtures. Am J Clin Nutr 2000; 72(1): 106-111.
- Wagner L. A recipe for nutrition and hydration. Provider 2001; 27(1), 20-28, 30-31.
- Barr SI. Effects of dehydration on exercise performance. Can J Appl Physiol 1999; 24(2): 164-172.
- Smith-Rockwell M, Nickols-Richardson SM, Thye FW. Nutrition knowledge, opinions, and practices of coaches and athletic trainers at a division I university. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2001; 11(2): 174-185.
- Burke LM, Cox GR, Culmings NK, Desbrow B. Guidelines for daily carbohydrate intake: do athletes achieve them?. Sports Med 2001; 31(4): 267-299.
- Naghii MR. The significance of water in sport and weight control. Nutr Health 2000; 14(2): 127-132.
- Febbraio M. Alterations in energy metabolism during exercise and heat stress. Sport Med 2001; 31(1): 47-59.
- Economos DE, Bortz SS, Nelson ME. Nutritional practices of elite athletes. Practical Recommendations. Sports Med 1993; 16: 381-399.
- Coyle EF. Timing and method in increased carbohydrate intake to cope with heavy training competition and recovery. J Sports Sci 1991; 9: 29-52.
- Cupisti A, D'Alessandro C, Castrogiovanni S, Barale A, Morelli E. Nutrition survey in elite rhythmic gymnasts. J Sports Med Phys Fitness 2000; 40(4): 350-355.
- Ziegler P, Nelson JA, Barratt-Fornell A, Fiveash L, Drewnowski A. Energy and macronutrient intakes of elite figure skaters. J Am Diet Assoc 2001; 101(3):319-325.
- Jonnalagadda SS, Benardot D, Dill MN. Assessment of under-reporting of energy intake by elite female gymnast. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2000; 10(3): 315-325.
- Sugiura K, Suzuki I, Kobayashi K. Nutritional intake of elite Japanese track-and-field athletes. Int J Sport Nutr 1999; 9(2): 202-212.
- Lopez-Varela S, Montero A, Chandra RK, Marcos A. Nutritional status of young female elite gymnasts. Int J Vitam Nutr Res 2000; 70(4): 185-190.
- Cavadini C, Decarli B, Grin J, Narring F, Michaud PA. Food habits and sport activity during adolescence: differences between athletic and non-athletic teenagers in Switzerland. Eur J Clin Nutr 2000; 54 Suppl 1: S16-20.
- Jequier E. Response to and range of acceptable fat intake in adults. Eur J Clin Nutr 1999; 53 Suppl 1: S84-93.
- Chevront SN. The zone diet and athletic performance. Sports Med 1999; 27(4), 213-228.
- Sears B. The Zone Diet and athletic performance. Sports Med 2000; 29(4): 289-294.
- Tsintzas K, Williams C. Human muscle glycogen metabolism during exercise. Effect of carbohydrate supplementation. Sports Med 1998; 25(1): 7-23.
- Jeukendrup AE, Jentjens R. Oxidation of carbohydrate feedings during prolonged exercise. Current thoughts guidelines and directions for future research. Sports Med. 2000; 29(6): 407-424.
- Villa Vicente JG, González Gallego J. Papel de la suplementación energética en el rendimiento deportivo. En: Culebras J, García de Lorenzo A. y González Gallego J.

- Nutrición por vía enteral. Madrid: Aula Médica, 1994.
27. Williams MH. Ayudas ergogénicas nutricionales. Actas del Simposium sobre Metabolismo y Nutrición en el Deporte. Barcelona, 1992
 28. Ivy JL. Role of carbohydrate in physical activity. *Clin Sports Med* 1999; 18(3): 469-484.
 29. DACH. Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE). Frankfurt am Main: Umschau/Braus, 2000.
 30. Sidossis LS, Gastaldelli A, Klein S, Wolfe RR. Regulation of plasma fatty acid oxidation during low- and high-intensity exercise. *Am J Physiol* 1997; 272(6 Pt 1): E1065-1070.
 31. Dean D, Daugaard JR, Young ME, Saha A, Vavvas D, Asp S et al. Exercise diminishes the activity of acetyl-CoA carboxylase in human muscle. *Diabetes* 2000; 49(8): 1295-1300.
 32. Weltan SM, Bosch AN, Dennis SC, Noakes TD. Influence of muscle glycogen content on metabolic regulation. *Am J Physiol* 1998; 274(1 Pt 1), E72-82.
 33. Coggan AR, Raguso CA, Gastaldelli A, Sidossis LS, Yeckel CW. Fat metabolism during high-intensity exercise in endurance-trained and untrained men. *Metabolism* 2000; 49(1): 122-128.
 34. Schrauwen P, Wagenmakers AJ, van Marken-Lichtenbelt WD, Saris WH, Westerterp KR. Increase in fat oxidation on a high-fat diet is accompanied by an increase in triglyceride derived fatty acid oxidation. *Diabetes* 2000; 49(4): 640-646.
 35. Coyle EF, Jeukendrup AE, Wagenmakers AJ, Saris WH. Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise. *Am J Physiol* 1997; 273: 238-275.
 36. Sidossis LS, Wolfe RR, Coggan AR. Regulation of fatty acid oxidation in untrained vs. trained men during exercise. *Am J Physiol* 1998; 274(3 Pt 1): E510-515.
 37. Lemon PW. Beyond the zone: protein needs of active individuals. *J Am Coll Nutr* 2000; 19(5 Suppl): S13S-S21S
 38. Kreider RB. Dietary supplements and the promotion of muscle growth with resistance exercise. *Sports Med* 1999; 27(2), 97-110.
 39. Lemon PWR. Effect of exercise on protein requirements. *J Sports Sci* 1991; 9: 53-70.
 40. Dolny DG, Lemon PWR. Effect of ambient temperature on protein breakdown during prolonged exercise. *J Appl Physiol* 1988; 64: 550-555.
 41. González-Ruano E. Alimentación del deportista. Madrid: Marban, 1986.
 42. Takanami Y, Iwane H, Kawai Y, Shimomitsu T. Vitamin E supplementation and endurance exercise. Are there benefits?. *Sports Med* 2000; 29: 73-83.
 43. Ji LL. Antioxidants and oxidative stress in exercise. *Proc Soc Exp Biol Med* 1999; 222(3). 283-292.
 44. Maughan RJ. Role of micronutrients in sport and physical activity. *Br Med Bull* 1999; 55(3): 683-690.
 45. Kaikkonen J, Kosonen L, Nyssonen K, Porkkala-Sarataho E, Salonen R, Korpela H, Salonen JT. Effect of combined coenzyme Q10 and d-alpha-tocopheryl acetate supplementation on exercise-induced lipid peroxidation and muscular damage: a placebo-controlled double-blind study in marathon runners. *Free Radic Res* 1998; 29(1): 85-92.
 46. Clarkson PM. Minerals: exercise performance and supplementation in athletes. *J Sports Sci* 1991; 9: 91-116.
 47. Williford HN, Scharff M, Keith R et al. Iron status in women aerobic dance instructors. *Int J Sports Nutrition* 1993; 3: 387-397.
 48. Chatard JC, Mujika I, Guy C, Lacour JR. Anaemia and iron deficiency in athletes. Practical recommendations for treatment. *Sports Med* 1999; 27(4): 229-240.
 49. Constantini NW, Eliakim A, Zigel L, Yaaron M, Falk B. Iron status of highly active adolescents: evidence of depleted iron stores in gymnasts. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2000; 10(1): 62-70.
 50. O'Toole ML, Douglas W, Hiller B, Roalstad MS, Douglas PS. Hemolysis during triathlon races: Its relation to race distance. *Med Sci Sports Exerc* 1988; 20: 272-275.
 51. Gastmann U, Dimeo F, Huonker M, Bocker J, Steinacker JM, Petersen KG, Wieland H, Keul J, Lehmann M. Ultra-triathlon-related blood-chemical and endocrinological responses in nine athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1998; 38(1): 18-23.
 52. Schwellnus MP, Penfold GK, Cilliers JF, Kuyf JF, van den Heever DP. Intravascular hemolysis in aerobic dancing: The role of the floor surface and type of routine. *Phys Sportsmed* 1989; 17(8): 55-67.
 53. Hinton PS, Giordano C, Brownlie T, Haas JD. Iron supplementation improves endurance after training in iron-depleted, nonanemic women. *J Appl Physiol* 2000; 88(3), 1103-1111.
 54. Marins JC, Dantas EH, Navarro SZ. Variaciones del sodio y potasio plasmáticos durante el ejercicio físico: Factores asociados. *Apunts, Educación Física y Deportes* 2001; 62: 48-55.
 55. Micheletti A, Rossi R, Rufini S. Zinc status in athletes: relation to diet and exercise. *Sports Med* 2001; 31(8): 577-582.
 56. González Alonso J, Calbet JAL, Nielsen B. Muscle blood flow is reduced with dehydration during prolonged exercise in humans. *J Physiol* 1998; 513, 895-905.
 57. González Alonso J, Calbet JAL, Nielsen B. Metabolic and thermodynamic responses to dehydration-induced reductions in muscle blood flow in exercising humans. *J Physiol* 1999; 520, 577-589.
 58. Kovacs EM, Senden JM, Brouns F. Urine colour, osmolality and specific electrical conductance are not accurate measures of hydration status during postexercise rehydration. *J Sports Med Phys Fitness* 1999; 39(1): 47-53.
 59. Armstrong LE, Epstein Y. Fluid-Electrolyte Balance During Labor and Exercise: Concepts and Misconceptions. *Int J Sport Nutr* 1999; 9(1): 1-12.
 60. Downey D, Seagrave RC. Mathematical modelling of the human body during water replacement and dehydration: body water changes. *Ann Biomed Eng* 2000; 28(3): 278-290.
 61. Institute of European Food Studies (IEFS). Food-based dietary guidelines. A staged approach. *Brit J Nutr* 1999; 81 (suppl 2): S29-S153.
 62. Coggan AR, Swanson SC. Nutritional Manipulation Before and During Endurance Exercise. Effects on Performance. *Med Sci Sports/Exerc* 1992; 24:9(Suppl): S331-S335.
 63. Maffucci DM, McMurray RG. Towards optimizing the timing of the pre-exercise meal. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*

- 2000; 10(2): 103-13.
64. Sawka MN, Montain SJ. Fluid and Electrolyte Supplementation for Exercise Heat Stress. *Am J Clin Nutr* 2000; 72 Part 2(2): 564S-572S.
 65. Ruiz JR, Mesa JLM, Mula FJ, Castillo MJ, Gutiérrez A. Hidratación y rendimiento: pautas para una elusión efectiva de la deshidratación por ejercicio. *Apunts: Educación Física y deportes* (submitted 2001).
 66. Tarnopolsky MA, Dyson K, Atkinson SA. Mixed carbohydrate supplementation increases carbohydrate oxidation and endurance exercise performance and attenuates potassium accumulation. *Int J Sports Nutr* 1996; 4: 323-336.
 67. Gutiérrez A, Mesa JLM, Ruiz JR, Chiroso JL, Castillo MJ. Use of sauna to induce a rapid weight loss in young healthy athletes competing in weight class events. *Int J Sport Nutr & Exerc Metab* (submitted 2001).
 68. Ventura JL, Estruch A, Rodas G. Effect of prior ingestion of glucose or fructose on the performance of exercise of intermediate duration. *Eur J Appl Physiol* 1994; 68: 345-349.
 69. El-Sayed MS, Balmer J, Rattu AJ. Carbohydrate ingestion improves endurance performance during 1 hour simulated cycling time trial. *J Sports Sci* 1997; 15(2): 223-230.
 70. Coombes JS, Hamilton KL. The Effectiveness of Commercially Available Sports Drinks. *Sports Med* 2000; 29(3): 181-209.
 71. Gutiérrez A, González-Gross M, Delgado M, Castillo MJ. Three days fast in sportsmen decrease physical work capacity but not strength or perception-reaction time. *Int J Sport Nutr & Exerc Metab* 2001; 11: 415-424.
 72. Latzka WA, Montain SJ. Water and electrolyte requirements for exercise. *Clin Sports Med* 1999; 18(3): 513-524.
 73. Gisolfi CV, Summers RW, Scheld HP. Intestinal water absorption from select carbohydrate solutions in humans. *J Appl Physiol* 1992; 73(5): 2142-2150.
 74. Reuss L. One-hundred years of inquiry: The mechanism of glucose absorption in the intestine. *Annu Rev Physiol* 2000; 62: 939-946.
 75. Fordtran JS, Saltin B. Gastric emptying and intestinal absorption during prolonged severe exercise. *J Appl Physiol* 1967; 23:331-35.
 76. Maughan RJ, Leiper JB. Limitations to fluid replacement during exercise. *Can J Appl Physiol* 1999; 24(2), 173-187.
 77. Murray R, Bartoli W, Stofan J, Horn M, Eddy D. A comparison of the gastric emptying characteristics of selected sports drinks. *Int J Sport Nutr* 1999; 9(3), 263-274.
 78. Shi X, Bartoli W, Horn M, Murra YR. Gastric emptying of cold beverages in humans: effect of transportable carbohydrates. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2000; 10(4): 394-403.
 79. Cheung SS, Mclellan TM, Tenaglia S. The thermophysiology of uncompensable heat stress. Physiological manipulations and individual characteristics. *Sports Med* 2000; 29(5): 329-359.
 80. Walton P, Rhodes EC. Glycaemic index and optimal performance. *Sports Med* 1997; 23(3), 164-172.
 81. Calbet JA. Papel de la alimentación como alternativa al dopaje. Conferencia nacional sobre el dopaje, Pamplona 21-22 de Enero, 1999: 58-63.
 82. Bowtell JL, Gelly K, Jackman ML, Patel A, Simeoni M, Rennie MJ. Effect of oral glutamine on whole body carbohydrate storage during recovery from exhaustive exercise. *J Appl Physiol* 1999; 86(6): 1770-1777.
 83. van Hall G, Shirreffs SM, Calbet JA. Muscle glycogen resynthesis during recovery from cycle exercise: no effect of additional protein ingestion. *J Appl Physiol* 2000; 88(5): 1631-1636.
 84. Carrithers JA, Williamson DL, Gallagher PM, Godard MP, Schulze KE, Trappe SW. Effects of postexercise carbohydrate-protein feedings on muscle glycogen restoration. *J Appl Physiol* 2000; 88(6): 1976-82.

Recibido: 15-02-2001

Aceptado: 07-09-2001