

ALIMENTACIÓN Y DEPORTE

R. Segura Cardona

INTRODUCCIÓN

El éxito en el deporte o la capacidad para realizar ejercicio físico no son fruto de la casualidad, sino del adecuado aprovechamiento y utilización de factores determinados por varios aspectos:

1. La constitución, o genética, de la persona, que limita las posibilidades de cada individuo.
2. La técnica adecuada a cada especialidad deportiva o la táctica seguida en la realización de un determinado esfuerzo, aspectos que se aprenden y desarrollan con la experiencia y el entrenamiento.
3. La alimentación seguida habitualmente y/o adaptada a la época o período de competición, que condiciona la respuesta metabólica, así como el tipo y cuantía de sustrato que puede ser utilizado, en cada momento, como fuente de energía.

La nutrición y el entrenamiento son factores esenciales para conseguir un buen rendimiento deportivo. Lamentablemente, este concepto no siempre es comprendido ni se le concede la importancia que se merece. De hecho, cuanto más elevado es el nivel del atleta y más duro el tipo de competición en la que participa, mayor importancia cobra su estado nutritivo. Una nutrición adecuada puede marcar las diferencias entre dos sujetos, o en el mismo individuo en dos ocasiones distintas, o en el ritmo y la capacidad de esfuerzo durante los últimos segundos de una carrera, de un partido, etc.

El nivel óptimo de estado físico no se alcanza con regímenes mágicos ni con alimentos especiales, ni mucho menos con la dieta seguida el día de la competición, sino que es el resultado de los hábitos alimentarios seguidos durante mucho tiempo y, de manera especial, durante el período de entrenamiento. No está de más recordar, por otra parte, que dichos hábitos alimenticios coinciden con aquellos más pertinentes para alcanzar un buen nivel de salud y conseguir la máxima longevidad.

Una buena dieta o, en términos utópicos, una dieta ideal, es aquella que suministra la energía necesaria en can-

tidades adecuadas y aporta al organismo los distintos nutrientes (proteínas, ácidos grasos, hidratos de carbono, vitaminas, minerales y oligoelementos, agua, etc.) en las cantidades y proporciones más idóneas para cada sujeto.

COSTE ENERGÉTICO DEL EJERCICIO FÍSICO

Durante la realización de un ejercicio físico se incrementa de forma notable el gasto de energía. Dicho gasto energético solamente puede ser satisfecho utilizando nutrientes dotados de un contenido energético aprovechable por el organismo: glucosa, ácidos grasos y cetoácidos derivados de los aminoácidos o, eventualmente, de los propios ácidos grasos. Sin embargo, estos tres tipos de sustrato energético no son equivalentes ni desde el punto de vista de su disponibilidad global, ni desde su capacidad y ritmo de movilización, ni desde su dinámica de utilización por parte de los distintos músculos.

El coste energético de un determinado deporte o actividad física guarda relación con la intensidad del esfuerzo realizado, su duración, la frecuencia con que se realiza, el tiempo total de participación o volumen de trabajo, las condiciones ambientales, el peso del sujeto, las características personales, la destreza individual, el grado de entrenamiento, entre otros. Es evidente que el consumo de energía por unidad de tiempo es muy superior durante una carrera de velocidad (se estima que el gasto energético en una carrera de 100 metros lisos es del orden de las 9.000-10.000 kcal/h [37,6-41,8 MJ/h] que en una maratón (con un consumo de energía del orden de 1.000-1.200 kcal/h [4,18-5,02 MJ/h]) o un partido de fútbol jugado a un ritmo moderado (con un gasto energético medio de unas 500-700 kcal/h [2,1-2,9 MJ/h]). Por otra parte, un individuo de 60 kg de peso consume, para la realización del mismo tipo de actividad, una cantidad significativamente menor de energía que la que gasta un individuo de 90 kg de peso (por ejemplo, en un partido de tenis, jugado a intensidad elevada, el primero gasta energía a un ritmo de unas 470 kcal/h (1,97 MJ/h), mientras que el segundo lo hace a un ritmo de unas 800 kcal/h (3,34 MJ/h). En la tabla 11.1 se observa el coste energético, según el

peso corporal, para diferentes tipos de ejercicio. Además, el tipo de sustrato utilizado es totalmente distinto en función de la intensidad del esfuerzo (ejercicios de tipo «explosivo» o de alta velocidad frente a ejercicios de intensidad moderada), de la duración (ejercicios de corta duración frente a carreras de larga distancia), o del grado de «recuperación» del sujeto después del partido o competición precedente.

COSTE ENERGÉTICO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE EJERCICIO Y APOORTE DE ENERGÍA

Un individuo adulto sedentario tiene un gasto energético del orden de 2.000 a 2.500 Kcal (8-10 MJ) al día. El esfuer-

zo asociado a la práctica deportiva incrementa el gasto energético a razón de 500 a 1.000 kcal (2 a 4 MJ) por hora de ejercicio, en función del tipo de deporte practicado, intensidad y grado de entrenamiento, peso corporal, etc. Esto determina que, por término medio, la ingesta calórica media de un atleta o deportista que entrena regularmente se sitúe alrededor de las 3.500 kcal/kg de peso, es decir, para un sujeto de 70 kg, unas 3.500 kcal/día.

No obstante, cada deportista debe adaptar su ingesta calórica total al tipo o especialidad deportiva que practica, a la intensidad del esfuerzo realizado y al volumen de entrenamiento llevado a cabo. A título orientativo, podemos indicar los requerimientos energéticos globales para los practicantes de algunas actividades deportivas. En las acti-

TABLA 11.1. Coste energético de distintos tipos de ejercicio físico

Actividad	kcal/hora aprox.		Actividad	kcal/hora aprox.	
	Deportista de 60 kg	Deportista de 90 kg		Deportista de 60 kg	Deportista de 90 kg
Marcha			Carrera		
Caminar a 3 km/h	175	285	7,5 km/h, terreno llano	535	890
Caminar a 5 km/h	260	425	9,5 km/h, terreno llano	650	1.140
Subir escaleras	870	1.420	12,5 km/h, terreno llano	780	1.270
Bajar escaleras	335	545	12,5 km/h, pendiente del 2,5%	910	1.480
			12,5 km/h, pendiente del 4,5%	960	1.565
			16,5 km/h, terreno llano	985	1.610
Baloncesto			Patinaje		
Intensidad moderada	350	575	Intensidad moderada	285	465
Intensidad elevada	495	810	Intensidad elevada	510	835
			Esqui		
Ciclismo			Alpino	485	790
8 km/h	250	410	Fondo, 7 km/h	585	956
18 km/h	535	875			
Piragüismo			Squash	520	850
5,5 km/h	350	565			
Rugby	415	680	Natación		
			Braza, 18 m/min	240	390
Balonmano			Braza, 36 m/min	480	785
Intensidad elevada	490	800	Mariposa	585	955
			Crawl, 18 m/min	240	390
Montar a caballo			Crawl, 45 m/min	532	870
Al paso	165	270	Espalda, 18 m/min	195	315
Al trote	340	550			
Alpinismo	500	820	Tenis		
			Intensidad moderada	345	565
Fútbol	450	730	Intensidad elevada	470	800
			Balonvolea		
Remo			Intensidad moderada	285	465
Recreo	250	410	Intensidad elevada	490	800
Competición	685	1.115			
			Lucha libre, judo, karate	645	1.050

vidades de corta duración, entre las que se incluyen lanzamientos (de disco, martillo, jabalina, bola), saltos (de altura, trampolín ya sea en piscina o de esquí, de longitud, triple salto, con pértiga), carreras de velocidad (100 a 400 m), y natación (distancia corta, p. ej.: 50 m), se recomienda una ingesta de 3.000-3.500 kcal/día. El porcentaje de incremento, en función del volumen de entrenamiento, será el siguiente: < 1 hora: 5%; entre 1 y 2 horas: 10%; > 2 horas: 15%. En las actividades de mediana duración, entre las que se incluyen carreras de medio fondo (800 a 3.000 m), esquí alpino, natación, actividades gimnásticas o lucha, se recomienda una ingesta de entre 3.000 y 5.000 kcal/día. El porcentaje de incremento en relación con el volumen de entrenamiento será el siguiente: < 1 hora: 10%; entre 1 y 2 horas: 20%; > 2 horas: 30%. En las actividades de larga duración con esfuerzos intensos y repetidos como el baloncesto, balonmano, balonvolea, fútbol americano, hockey sobre hielo o sobre ruedas, tenis, esgrima, actividades gimnásticas o carrera de 5.000 m, se recomienda una dieta de entre 3.000 y 4.000 kcal/día. El porcentaje de incremento en relación con el volumen de entrenamiento será el siguiente: < 1 hora: 10%; entre 1 y 2 horas: 20%; > 2 horas: 30%. En las actividades de larga duración con esfuerzos intensos y prolongados como las carreras campo a través, de 10.000 m, maratón, ultramaratón, esquí de fondo, remo, triatlón, pentatlón, fútbol europeo, waterpolo o ciclismo en ruta, se recomienda una ingesta de entre 4.000 y 6.000 kcal/día. El porcentaje de incremento en relación con el volumen de entrenamiento será el siguiente: < 1 hora: 15%; entre 1 y 2 horas: 25%; > 2 horas: 40%.

Los valores mencionados permiten deducir fácilmente que las necesidades energéticas de los deportistas son muy variables en función de la especialidad practicada, el ritmo de carrera o de partido seguidos, el peso corporal, las condiciones ambientales, entre otros. Así, un ciclista profesional, que participa en un Tour de Francia o en una Vuelta a España, viene a consumir, por término medio, unas 80 kcal/kg de peso corporal y día. La ingesta de esta cantidad total de calorías no se puede, ni se debe hacer, a lo largo de las comidas habituales de una persona sedentaria o que lleva a cabo un grado moderado de actividad física, sino que debe repartirse a lo largo del día, con un número de ingestas superior, algunas de ellas en ruta, es decir, en pleno esfuerzo físico. Los ciclistas profesionales acostumbran ingerir la mitad de las calorías y de los nutrientes necesarios para su buen funcionamiento a lo largo de la carrera y la otra mitad durante el período de recuperación en el hotel o lugar de descanso.

Por otra parte, la proporción de los distintos nutrientes en los alimentos ingeridos debe ajustarse a lo que resulta más adecuado para el tipo y la duración del esfuerzo que se ha de realizar. En las personas que practican ejercicios de larga duración, los hidratos de carbono deben representar el 50% (o idealmente entre el 60 y el 70%) de las calorías ingeridas, lo que representa un aporte de 500 a 600 g de hidratos de carbono (2.000 a 2.400 kcal/día); el resto de las calorías deben ser aportadas por los lípidos (alrededor

del 20 al 25%) y por las proteínas (14-15% de las calorías totales). Muchos deportistas conocen la importancia que tienen los hidratos de carbono para su propia actividad. Sin embargo, suelen ingerir cantidades inferiores a las recomendadas (menos de 300 o 400 g, lo que aporta tan sólo un 40% de la energía requerida). Una consecuencia de esta menor ingesta de hidratos de carbono es la incapacidad de rendir al nivel que deberían, y se fatigan con mayor facilidad.

UTILIZACIÓN DE NUTRIENTES DURANTE EL EJERCICIO FÍSICO

La energía consumida por los músculos está suministrada por el trifosfato de adenosina (ATP). En reposo el músculo consume ATP a un ritmo de 0,02 mM/kg/s; durante la realización de un ejercicio intenso, el gasto de ATP por las células musculares puede llegar a ser del orden de 6-7 mM/kg/s, 300 veces superior al de reposo.

A pesar de su papel crucial en el proceso contráctil, los músculos disponen de una cantidad casi insignificante de ATP. La concentración de ATP en los músculos es de 4,5 a 5 mM/kg. Esta cantidad equivale a la cantidad de energía consumida por los músculos en un segundo de actividad intensa. Dado que la actividad contráctil se mantiene durante un tiempo mucho más prolongado y que la concentración de ATP apenas disminuye durante la realización de un ejercicio físico, es obvio que el ATP se regenera de manera continuada. Así, existe un perfecto ajuste entre la cantidad de ATP consumido y la cantidad de ATP sintetizado de nuevo.

La dieta que sigue el deportista intenta influir en la composición de la fuente de ATP y, a su vez, influir también sobre el estado nutricional, el grado de entrenamiento, la intensidad y la duración de éste, etc.

Tipo de sustrato utilizado en función de la intensidad del esfuerzo realizado

El ritmo con que se regenera y se consume el ATP es totalmente distinto en función de la vía metabólica implicada y del tipo de sustrato utilizado para conseguir la incorporación de fosfato al difosfato de adenosina (ADP) con el fin de resintetizar el compuesto útil, ATP. De forma esquemática, podemos distinguir cuatro grados o niveles de intensidad de esfuerzo para cada uno de los cuales se utiliza, de manera casi exclusiva, un sistema distinto para regenerar el ATP.

Ejercicios de máxima intensidad

Regeneración del ATP a partir de la fosforilcreatina

Durante la realización de un esfuerzo de máxima intensidad, como en una carrera de velocidad o en actividades

de tipo «explosivo» (como las relacionadas con la halterofilia), el músculo obtiene la energía necesaria para regenerar el ATP a partir del fosfato de creatina (fosforilcreatina o FC), que constituye una forma de reserva de energía equivalente a la del compuesto que utiliza directamente el músculo (el ATP).¹

Para regenerar ATP a partir de la FC se requiere, solamente, una reacción consistente en transferir el grupo fosfato desde la FC al ADP. Por esta razón, cuando se utiliza este tipo de proceso, la cantidad de ATP regenerado por segundo es muy elevada, y la fuerza desarrollada es máxima. Como la concentración intracelular de FC es pequeña entre 15 y 20 mM/kg, de tres a cuatro veces la de ATP, la cantidad de ATP que puede ser regenerada a partir de fosforilcolina también es reducida, y se consume en un espacio de tiempo muy breve (entre 20 y 60 s, para esfuerzos de elevada intensidad).

Suplementación de la dieta con creatina y rendimiento deportivo

Desde el punto de vista dietético, la administración de ATP o de fosforilcreatina no influye sobre las concentraciones endógenas de estas moléculas. Sin embargo, en los últimos años en el mundo deportivo ha surgido el concepto que si el músculo dispone de mayor cantidad de creatina, podrá sintetizar a su vez mayor cantidad de FC y, por tanto, disponer de mayor fuerza o potencia en los momentos críticos. Poco después de los Juegos Olímpicos de Barcelona aparecieron algunos trabajos en los cuales se indicaba que, tras la ingesta de 20 a 25 g de hidrato de creatina, repartidos en cuatro o cinco tomas al día, era posible incrementar la concentración de FC en el músculo.

La cantidad total de creatina presente en el organismo es del orden de unos 120 g, para una persona de 70 kg de peso. El 95% de la creatina corporal se halla en los músculos, en los que el 60% está en forma de FC y el 40% restante en forma de creatina libre, no esterificada. La concentración de la primera es, como se ha dicho anteriormente, del orden de 18 a 20 mM/kg, mientras que la segunda se halla a una concentración de 12 a 14 mM/kg de masa muscular. En cualquier caso, estos valores varían de un individuo a otro y dependen de distintos factores; entre los que se cuentan el tipo de fibra que predomina en cada grupo muscular, la edad del sujeto, el estado nutricional o la dieta seguida por el sujeto.

En condiciones normales un individuo normal pierde diariamente un 1,5% de la creatina total por vía urinaria. Esto representa, en un individuo de 70 kg, una pérdida de unos 2 g diarios. Para restituir esta cantidad, el organismo absorbe la creatina presente en algunos de los alimentos (carne, pescado, productos lácteos, etc.), y el resto lo sintetiza a partir de determinados aminoácidos (arginina, glicina y metionina). En un individuo que sigue una dieta mixta, la mitad de la creatina necesaria se obtiene de la dieta y la otra mitad de la síntesis endógena. Los vegetarianos obtienen la mayor parte de creatina a partir de la síntesis endógena.

De acuerdo con estudios llevados a cabo hace más de 60 años, recientemente se ha podido comprobar que la administración de 20 g de hidrato de creatina puede incrementar en un 20% el contenido de creatina del músculo vasto lateral del cuádriceps. Este incremento tiene lugar durante los primeros 5-6 días de suplementación y luego se estabiliza a pesar de continuar la suplementación. Por otra parte, el aumento de creatina se produce cuando se ejercitan los grupos musculares correspondientes y, además, es menor cuanto mayor es el contenido en creatina total del músculo antes de empezar la suplementación.

Los efectos de la suplementación con creatina sobre el rendimiento deportivo parecen bastante inconsistentes, a tenor de los resultados obtenidos en los escasos estudios que, con un buen diseño, se han publicado hasta la fecha. Algunos autores, como Balsom et al han demostrado que en ejercicios de carácter dinámico, de alta intensidad (una carrera de 6 km campo a través), los individuos que ingirieron 20 g diarios durante 6 días de hidrato de creatina realizaron peores tiempos que aquellos que ingirieron un placebo. Otros autores tampoco han observado diferencias en pruebas de esfuerzo submáximo, realizadas a intensidades progresivas, entre los resultados obtenidos antes y después de cinco días de suplementación con creatina. Nosotros hemos investigado el rendimiento de un grupo de 12 velocistas, de categoría nacional, que corrieron una distancia de 150 m en dos ocasiones; en la primera sin suplementación y, en la segunda, habiendo ingerido 25 g de hidrato de creatina durante los 3 días previos a la prueba. Los resultados obtenidos muestran que los tiempos de carrera fueron prácticamente iguales antes y después de la suplementación y casi idénticos a los obtenidos por el grupo que sirvió como control (a los que se administró placebo, no diferenciable organolépticamente de la sustancia activa, también durante los 3 días previos a la prueba). Por el contrario, los resultados obtenidos por otros autores sugieren que el rendimiento deportivo en pruebas de corta duración y de muy alta intensidad puede mejorar tras la ingesta de creatina durante los 5 o 6 días previos a la prueba. En alguno de estos trabajos se ha observado que, tras la suplementación con creatina, la concentración de lactato en los músculos involucrados en el esfuerzo es significativamente más baja que la mostrada en ausencia de suplementación.

En resumen y a falta de investigaciones más amplias y completas, se puede decir que la capacidad del músculo para captar creatina muestra un techo, relativamente limitado, que no puede superarse por más creatina que se ingiera. Esto significa que aquellos atletas o deportistas que poseen ya unas buenas concentraciones de creatina y de FC (ya sea por sus características personales o por su grado de entrenamiento) son, probablemente, los que menos se pueden beneficiar de dicha suplementación. Por el contrario, los vegetarianos, que poseen unas concentraciones relativamente bajas de creatina, representan uno de los grupos que se podría beneficiar de dicho aporte. En cualquier caso, hoy por hoy, se desconoce cuál es la dosis más

adecuada, el tipo de deportes en los que estaría más indicada y cuáles pueden ser, a la larga, sus efectos secundarios (en algunos casos, se ha observado incremento de peso debido a una mayor retención de agua).

Glucólisis anaeróbica

Una vez agotada la transferencia de energía a partir de la FC, el músculo recurre a la degradación de glucosa en condiciones anaeróbicas, dada la incapacidad de los sistemas oxidativos (las mitocondrias) para generar ATP al ritmo que requiere la elevada intensidad del esfuerzo.

Por cada molécula de glucosa que se degrada en condiciones anaeróbicas se generan dos moléculas de ácido láctico y se obtienen, de forma neta, dos moléculas de ATP. Es una cantidad mínima si se compara con las 38 moléculas de ATP que se pueden generar por la vía aeróbica a partir de la misma molécula de glucosa. A pesar de la considerable diferencia en el rendimiento de ambos procesos, la degradación anaeróbica de la glucosa desempeña un papel esencial, debido a que, por una parte, tiene lugar con independencia de la disponibilidad de oxígeno y, por otra, implica la participación de un número de etapas enzimáticas considerablemente menor. Por tanto, el número de moléculas de ATP generadas por unidad de tiempo será muy elevado.

El rendimiento del proceso de degradación anaeróbica de la glucosa mejora sustancialmente (en un 50%) cuando la glucosa no procede de la sangre, sino que es aportada por el glucógeno de la propia célula muscular. En este caso, se obtiene un balance neto de 3 ATP por cada molécula de glucosa metabolizada a ácido láctico (y no dos, como ocurre cuando la glucosa proviene directamente de la sangre). En cualquier caso, la degradación anaeróbica de la glucosa permite generar ATP a un ritmo de 3 mM/kg/s, como máximo, e implica la utilización del glucógeno muscular a un ritmo veinte veces más rápido que cuando se oxida completamente la glucosa hasta carbónico y agua. Dado que, por cada molécula de glucosa sólo se obtienen tres de ATP, es necesario degradar varios miles de moléculas de azúcar a partir del glucógeno en un espacio de tiempo muy corto. Es por ello que la cantidad de glucógeno se reduce muy rápidamente cuando se realizan esfuerzos de elevada intensidad.

Actualmente no existen pruebas suficientes que indiquen que cuanto más alta sea la concentración de glucógeno muscular, mayor será la potencia desarrollada por un músculo. Sin embargo, los resultados obtenidos por algunos autores sugieren que unas concentraciones elevadas de glucógeno también podrían contribuir a mejorar el rendimiento en los ejercicios de elevada intensidad. La razón de esta mejora estaría en el hecho de que la enzima responsable de movilizar glucosa, a partir del glucógeno muscular, muestra la máxima efectividad cuando los gránulos de glucógeno son de gran tamaño (existe una abundante reserva de dicho polímero), pero va disminuyendo a medida que el tamaño de éstos se reduce.

En cualquier caso, este tipo de proceso, muy eficaz cuando las demandas de ATP son elevadas, presenta una limitación importante: por cada molécula de glucosa degra-

dada en condiciones anaeróbicas se generan dos moléculas de ácido láctico que interfieren y perturban el normal desarrollo de los procesos implicados en la generación y utilización de la energía química, así como los relacionados con la secuencia de excitación y activación de la célula muscular.

La concentración de ácido láctico en el músculo en reposo es de 1-2 mM/kg. En estas condiciones, el pH intracelular es aproximadamente de 7,1. Después de un ejercicio realizado a la máxima intensidad, la concentración de ácido láctico se incrementa hasta valores de 25-30 mM/kg, al tiempo que los valores del pH se reducen significativamente. Gran parte de los iones de hidrógeno, liberados a partir del ácido láctico, son captados inicialmente por los sistemas de taponamiento de la propia célula, principalmente por el bicarbonato. Así, la concentración de bicarbonato que, en reposo, es de unos 10-11 mM/l, se reduce hasta valores inferiores a 3 mM/l después de un esfuerzo de intensidad máxima.

A pesar de este efecto amortiguador inicial, el pH del medio intracelular experimenta una caída desde los valores de reposo hasta valores de 6,4-6,5. El incremento en la concentración de iones de hidrógeno que tiene lugar en estas circunstancias comporta una reducción en la fuerza generada por el sistema contráctil al bloquear la cadena glucolítica, fuente de energía y, de manera concomitante, al inhibir también el sistema de transformación del ATP en energía mecánica. La progresiva reducción en la actividad mecánica, como resultado de la acumulación de los residuos de carácter ácido, actúa como mecanismo de autoprotección para evitar que el músculo llegue a agotar las reservas de ATP y entre en una situación de rigidez permanente.

Ingesta de bicarbonato y rendimiento deportivo

Cualquier procedimiento capaz de incrementar la capacidad taponadora de la célula muscular o el flujo de ácido láctico hacia el espacio extracelular permitirá retardar la caída en los valores del pH intracelular y mantener el esfuerzo desarrollado, demorando la aparición de la fatiga, principalmente en aquellas situaciones en las cuales la acidosis metabólica es el factor limitante. Uno de los procedimientos utilizados para este fin consiste en modificar el equilibrio ácido-base administrando sustancias alcalinizantes, como bicarbonato sódico o citrato sódico.

Dado que la membrana celular es impermeable a la mayoría de los aniones que forman parte de estas sales (citrato, bicarbonato, etc.) es difícil imaginar, en principio, que la ingestión de bebidas o sustancias alcalinizantes pueda influir en el rendimiento deportivo. No obstante, el incremento en la concentración de dicho tipo de compuestos en el plasma, y en el espacio intersticial, facilita la salida de protones y de lactato de la fibra muscular, limitando el grado de acidificación intracelular. En cualquier caso, para que esto sea efectivo, deben ingerirse cantidades importantes de bicarbonato sódico con la antelación adecuada a la realización del ejercicio físico. Así, se recomienda la ingestión de 0,3 a 0,6 g de bicarbonato sódico por kilogramo de peso

corporal (disuelto en una abundante cantidad de agua), como mínimo, 3 horas antes la competición o práctica deportiva. Conviene tener presente que la ingestión de estas cantidades de bicarbonato puede provocar náuseas, molestias gastrointestinales o diarrea. El citrato sódico no produce efectos secundarios tan marcados.

La diversidad y, en algunos casos, disparidad de resultados obtenidos con la ingestión de agentes alcalinizantes obedece, probablemente, a diferencias en la cantidad de sustancia ingerida, al intervalo de tiempo transcurrido entre el tiempo de administración y el inicio del ejercicio y a la intensidad y duración del ejercicio. Así mismo, conviene que la dieta habitual contenga una proporción abundante de productos de origen vegetal, poco refinados o manipulados, para que el metabolismo general se incline más hacia la alcalosis que no a la acidosis, que es lo que favorecen los productos de origen animal.

Ejercicios de intensidad moderada-alta

Cuando la intensidad del esfuerzo es menor, el ATP requerido por la célula muscular puede obtenerse al ritmo adecuado por medio de la oxidación completa de la glucosa. En estas circunstancias, como se ha indicado anteriormente, por cada molécula de glucosa degradada se pueden generar 38 de ATP, cuando aquélla procede de la sangre, o 39 moléculas de ATP, cuando se obtiene a partir del glucógeno almacenado en la propia célula muscular. La principal ventaja de este sistema es que no es autolimitante. Sus inconvenientes radican en el bajo ritmo de síntesis de ATP y en la limitada capacidad del sistema (la máxima velocidad o intensidad que se puede obtener cuando se recurre a la oxidación completa de la glucosa es, aproximadamente, la mitad de la que permite la degradación de ésta en condiciones anaeróbicas).

La fatiga asociada a los ejercicios de resistencia, de larga duración y de carácter aeróbico, no parece estar relacionada con la acumulación de ácido láctico, como en los de muy alta intensidad y corta duración. En estas circunstancias, el factor limitante es la disponibilidad por parte de las fibras musculares de sustratos metabólicos en concentraciones adecuadas, y la reducción en el contenido hidrosalino del espacio extracelular, secundaria al efecto de los procesos destinados a disipar el calor generado, que comporta, a su vez, modificaciones en el aporte y distribución de la sangre por el sistema cardiovascular.

El organismo dispone de reservas de energía química muy grandes que le deberían permitir, en principio, la realización de ejercicio físico durante un período de tiempo espectacularmente prolongado. Sin embargo, aun con abundantes reservas de energía potencial, no es posible conseguir nada si no se captan los correspondientes sustratos metabólicos y no se utilizan por el músculo en actividad, para liberar y aprovechar la energía química contenida en aquéllos. En cualquier caso, la capacidad para realizar un determinado tipo de ejercicio y para resistir a la fatiga guarda relación con la flexibilidad y el grado de adaptación de los sistemas que aseguran la transferencia de energía a las estructuras contractiles.

La fuente de energía más importante de que dispone el músculo, desde el punto de vista cuantitativo, es la contenida en los ácidos grasos almacenados en el tejido adiposo. Un individuo normal posee de 10 a 14 kg de tejido adiposo, en el que se almacenan, en conjunto, entre 85.000 y 115.000 kcal, cantidad más que suficiente para estar corriendo durante 4 días, sin parar, recorriendo en total más de 2.000 km. No obstante, para que dicho tipo de «combustible» pueda ser de utilidad para el músculo, es preciso que sea liberado de sus órganos de reserva y transportando hasta su lugar de destino, la fibra muscular, donde los correspondientes ácidos grasos se oxidan hasta carbónico y agua.

Debido al peculiar diseño y capacidad de los sistemas de transporte, de los sistemas de captación por la célula muscular y de transferencia al interior de las mitocondrias, los ácidos grasos, a pesar de su importancia como fuente de energía, no aportan más que una fracción del total de la energía requerida, tanto menor cuanto mayor es la intensidad del esfuerzo realizado. Por otra parte, la fatiga sobreviene mucho antes de que se agoten las reservas de triacilglicéridos (triglicéridos) y, por tanto, de ácidos grasos disponibles por el organismo.

Cuando un deportista desea mantener un esfuerzo de elevada intensidad o aumentar el ritmo de carrera, debe recurrir a la glucosa, almacenada en forma de glucógeno en los propios músculos y en el hígado. Un individuo que sigue una dieta mixta convencional tiene una concentración de glucógeno en los músculos del orden de 15 a 18 g/kg de tejido (80 a 100 mmol/kg). Esto supone unas reservas totales de glucógeno muscular de 350 a 550 gramos. Durante una carrera de maratón disputada, por ejemplo, a una velocidad aceptablemente alta (18 km/h), se consume energía a un ritmo de 20-24 kcal/min de las que la mitad (según el grado de entrenamiento del sujeto), aproximadamente, son aportadas por los ácidos grasos. En estas condiciones, la cantidad de energía obtenida por los músculos a partir de la glucosa debe ser, por término medio, de 10 a 12 kcal/min, lo que significa un consumo de 2,5 a 3 g de glucosa por minuto. Si las reservas de glucógeno son elevadas, el atleta tendrá una mayor resistencia, lo que le permitirá mantener el ritmo de carrera, sin fatigarse, e incluso la posibilidad de incrementarlo en los últimos tramos. Por el contrario, una concentración de glucógeno reducida comportará el agotamiento prematuro, obligando al individuo a adoptar un régimen o velocidad considerablemente inferior a lo deseado, ya que depende en mayor proporción de los ácidos grasos cuyo techo de utilización es notablemente inferior al de la glucosa.

HIDRATOS DE CARBONO DE LA DIETA, RESERVAS DE GLUCÓGENO Y RESISTENCIA FÍSICA

Cuanto más elevada es la cantidad de glucógeno almacenado en los propios músculos, mayor es la intensidad del

esfuerzo que puede realizarse y mayor su duración. Números estudios han demostrado que el rendimiento deportivo y la resistencia a la fatiga guardan relación con la disponibilidad de glucosa por parte del músculo y, por tanto, con las reservas de glucosa en forma de glucógeno. A su vez, la cantidad de glucógeno almacenado en el músculo (en menor cantidad, en el hígado) está condicionada por las características de la dieta seguida por el deportista y por el volumen y tipo de actividad física que desarrolla durante los días previos a una competición.

Con una dieta rica en hidratos de carbono, el organismo utiliza una mayor proporción de glucosa como sustrato energético, siendo capaz de mantener un ritmo de esfuerzo elevado durante un tiempo más prolongado que cuando la dieta contiene la proporción habitual de hidratos de carbono (dieta mixta) y, de manera mucho más evidente, que cuando la dieta es relativamente pobre en este tipo de nutrientes y es, en cambio, rica en grasa y en proteínas.

Con la introducción de la biopsia muscular se ha podido comprobar que las manipulaciones dietéticas pueden modificar las reservas de glucógeno muscular e influir significativamente sobre el rendimiento deportivo y la resistencia a la fatiga. Se ha observado que a los 3 días de seguir una dieta rica en grasa y en proteínas, un grupo de atletas mostró una concentración media de glucógeno en el vasto lateral externo de 6,3 g/kg de tejido muscular. En estas condiciones, los integrantes del grupo estudiado aguantaron menos de una hora de ejercicio en bicicleta antes de abandonar por agotamiento. Después de seguir una dieta mixta, la concentración de glucógeno aumentó hasta un valor medio 17,5 g/kg, y el tiempo de resistencia en el cicloergómetro se prolongó hasta casi 2 horas. Finalmente, cuando los individuos siguieron

una dieta especialmente rica en hidratos de carbono, el tiempo medio de resistencia en el cicloergómetro fue, prácticamente, de 2 horas y 50 minutos y la concentración media de glucógeno en el vasto lateral fue de 33,1 g/kg (llegando, en algún caso, a superar los 45 g/kg de músculo).

Otros muchos estudios confirman que las concentraciones elevadas de glucógeno muscular permiten alcanzar un mejor rendimiento deportivo. Así, se ha podido comprobar que los jugadores de fútbol a los que se induce o provoca una depleción en las reservas de glucógeno antes del partido cubren menos terreno y muestran una velocidad media de desplazamiento inferior a la de sus compañeros de equipo dotados de unas reservas normales de glucógeno muscular.

La depleción o merma en las reservas de glucógeno no se produce solamente en los casos en que se realizan ejercicios de larga duración, como una maratón o una carrera de 10.000 metros, también puede tener lugar como consecuencia de ejercicios repetidos, de entrenamientos intensos o de competiciones o partidos muy seguidos. En estos casos el glucógeno muscular se utiliza en proporción superior a la del ritmo con que se sintetiza o regenera. Cuando esto ocurre, la concentración de glucógeno se reduce a medida que pasan los días (fig. 11.1), de forma que el trabajo físico se hace progresivamente más duro, menos soportable y menos eficiente. Una señal clara de que las reservas de glucógeno se hallan por debajo de los valores recomendables es que resulta difícil realizar los ejercicios habituales a la intensidad normalmente tolerada y aceptada; el rendimiento y la capacidad de trabajo se deterioran gradualmente; incluso, ejercicios de intensidad moderada provocan la rápida aparición de fatiga.

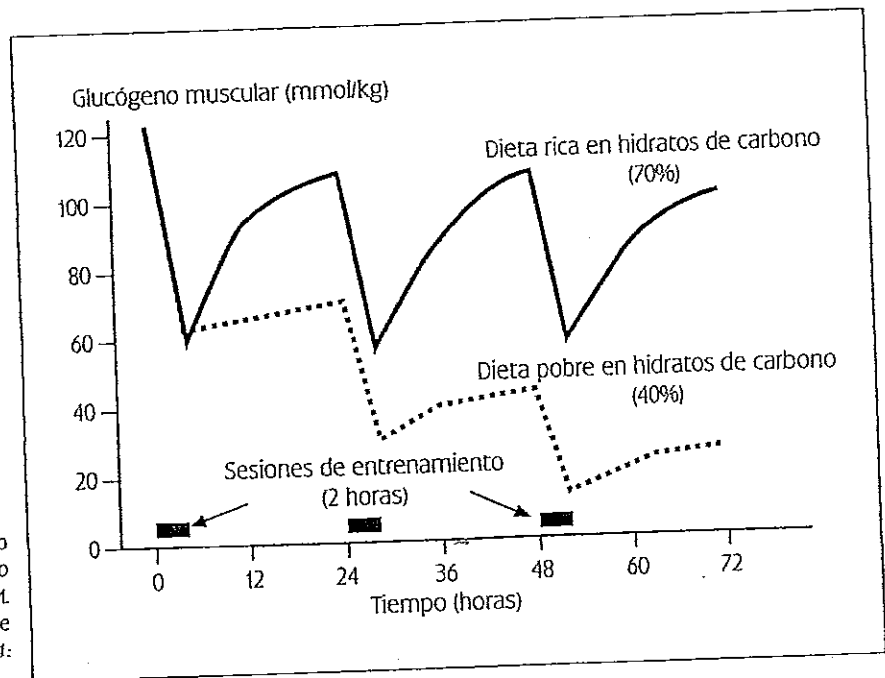


Figura 11.1. Aporte de hidratos de carbono con la dieta y concentración de glucógeno muscular. Tomada de Costill DL, Miller JM. Nutrition for endurance sport: carbohydrate and fluid balance. Int J Sports Med 1980; 1: 2-14.

Procedimientos para aumentar las reservas de glucógeno y mejorar el rendimiento deportivo

Existen varios procedimientos para aumentar las reservas intracelulares de glucógeno por medio de la dieta. Sin embargo, dichas medidas sólo son efectivas cuando se ajustan a una secuencia o plan de ejercicio físico y a unas normas o principios dietéticos mínimos.

Las dietas propuestas originariamente para conseguir la máxima acumulación de energía en forma de glucógeno son difíciles de seguir, debido a las extremas desviaciones de la normalidad en la ingesta de los distintos principios energéticos a que obligaba dicho régimen. Una versión actualizada de este tipo de dieta, más fácil de seguir, propone la pauta que se describe a continuación para los atletas que se están preparando para una competición:

1. Seis días antes de la fecha prevista para la competición se ejercitan intensamente los músculos implicados específicamente en la prueba durante 90-100 minutos. Durante este día se sigue una dieta normal (los hidratos de carbono suponen un 50% de las calorías de la dieta).

2. Durante el quinto y cuarto día antes de la competición se sigue con la misma dieta, pero se reduce el tiempo de ejercicio a la mitad.

3. Durante el tercer y segundo día antes de la prueba se reduce la duración del entrenamiento a 20 minutos, y se incrementa la proporción de hidratos de carbono ingeridos con la dieta, de manera que éstos aporten el 70% de las calorías totales.

4. Por último, el día previo a la competición se descansa, siguiendo con la dieta rica en hidratos de carbono.

En una dieta normal con un contenido energético total de unas 2800 kcal, los hidratos de carbono aportan el 50% (en muchos casos, incluso menos) de las calorías, es decir, suponen la ingesta de unos 350 g de hidratos de carbono en forma de féculas o azúcares. Para conseguir que los hidratos de carbono suministren el 70% de las calorías consumidas en un individuo que tiene un gasto energético superior, es preciso ingerir de 600 a 700 g de hidratos de carbono; por encima de estas proporciones no parece que se puedan obtener mayores concentraciones de glucógeno. Con esta pauta se pueden aumentar las reservas de glucógeno muscular hasta un 30-40% por encima de lo normal, consiguiendo lo que se conoce con el nombre de «supercompensación».

Un modelo para conseguir que los hidratos de carbono representen el 50% de las calorías sería la combinación de las siguientes porciones:

1. Dos raciones de productos lácteos.
2. Dos raciones de proteínas.
3. Cuatro raciones de frutas y vegetales.
4. Cuatro raciones de cereales.

Esta sería la base de la dieta seguida durante los primeros 3 días del programa o régimen destinado a aumentar los depósitos de glucógeno.

Para que los hidratos de carbono representen el 70% del aporte calórico, objetivo del programa durante los 3 días previos a la competición, se recomienda utilizar el siguiente modelo diario:

1. Dos raciones de productos lácteos.
2. Dos raciones de proteínas.
3. Ocho raciones de frutas y vegetales.
4. Doce raciones de cereales.

Como fuentes de hidratos de carbono son preferibles los cereales, pan integral, tallarines, macarrones, fideos, espaguetis, arroz, e incluso las lentejas, garbanzos, etc., a los azúcares, mermeladas, miel, o tartas, ya que en esta etapa suministran hidratos de carbono que no favorecen la síntesis de glucógeno, debido a que se digieren y absorben rápidamente. Por otra parte, la ingesta en proporciones elevadas de hidratos de carbono refinados o simples no aporta otros nutrientes (sales, vitaminas, etc.), que son esenciales para el estado general del sujeto y son útiles para alcanzar el máximo rendimiento deportivo.

A título orientativo, en la tabla 11.2 se recoge un ejemplo de menú que ha de seguir un atleta, varón, que desea asegurar las máximas concentraciones de glucógeno antes de una prueba de larga distancia.

Factores a tener en cuenta en la supercompensación del glucógeno

Es importante tener en cuenta que, para reponer las reservas de glucógeno, los músculos deben ejercitarse a elevada intensidad durante un período de tiempo lo suficientemente prolongado para provocar una depleción significativa de glucógeno. Por otra parte, los grupos musculares cuyo contenido en glucógeno se desea llevar al nivel óptimo, deben ser los mismos que van a participar en la prueba o en la competición prevista. Así, un ciclista debe reducir, y luego sobrecompensar, sus reservas de glucógeno ejercitando los músculos que utiliza durante la carrera en bicicleta, y no aquellos que emplearía un corredor de maratón.

La importancia del ejercicio previo se pone claramente de manifiesto cuando se estudia la evolución de las concentraciones de glucógeno muscular durante una prueba de esfuerzo en una bicicleta ergométrica de un solo pedal, con el esfuerzo limitado a una de las dos piernas, solamente se gasta el glucógeno de dicha pierna. Si, a partir de este momento, se inicia una dieta especialmente rica en hidratos de carbono, se comprueba cómo, al cabo de 3 o 4 días, las reservas de glucógeno apenas han variado en la pierna que ha permanecido relativamente inactiva mientras que, prácticamente, se duplican, en relación con esta última, en los músculos de la pierna sometidos a un esfuerzo intenso y prolongado. La cantidad de glucosa disponible por ambas piernas es la misma, y está condicionada por la cantidad y el tipo de hidrato de carbono ingerido, pero la cuantía del incremento en las reservas de glucógeno está condicionada por el estímulo que supone la realización previa de un ejercicio de larga duración.

TABLA 11.2. Ejemplo de menú para asegurar concentraciones máximas de glucógeno en un atleta de larga distancia

<p>Desayuno 1 vaso de zumo de naranja natural (250 ml) 1 ración de cereales (40 g) con un vaso de leche desnatada (200 ml) 1 plátano (200 g) 2 tostadas (15 g) con mantequilla (10 g) y mermelada (30 g)</p> <p>Comida 1 ensalada de lechuga o escarola con tomate, cebolla, pepino, etc. (250 g) 1 cucharada de mahonesa (10 g) Pollo, pavo o conejo (150 g) 2 rebanadas de pan (60 g) 1 vaso de zumo de naranja natural (250 ml) 1 manzana (200 g) Queso tipo mozzarella (50 g) 1 sorbete de limón (100 g)</p> <p>Merienda 1 manzana, naranja, melocotón, etc. (200 g) 1 vaso de leche desnatada (200 ml) 8 galletas (60 g)</p> <p>Cena 150 g de verdura fresca (brécol, coliflor, etc.) con patatas (200 g) 2 cucharadas de postre de mantequilla o cantidad equivalente de aceite (20 g) 4 rebanadas de pan (120 g) 1 plato de espaguetis (100 g) a la boloñesa (60 g de carne, 60 g de tomate frito) 1 helado (100 g) con fresas naturales (100 g)</p> <p>Complementos alternativos* Cereales (en barritas, copos, etc.)</p>
<p>Aporte Este menú aporta, aproximadamente, 3.300 kcal, de las que el 62% son suministradas por los hidratos de carbono, el 21,5% por los lípidos y el 16,5% por las proteínas.</p>

Los pesos se expresan en crudo sin cocinar. *Los complementos alternativos no están contemplados en el cómputo total. Su inclusión incrementará el aporte de hidratos de carbono y, por tanto, la energía.

Conviene tener en cuenta que cuando se almacena glucógeno se retiene también un cierto volumen de agua. Por cada gramo de glucógeno presente en la célula muscular se retienen alrededor de 4 g de agua, lo que repercute sobre el volumen y el peso de los granulos de glucógeno. Por esta razón, algunos deportistas pueden notar una sensación de pesadez o rigidez en los músculos en los que se ha inducido la concentración de una gran cantidad de glucógeno. Sin embargo, estas molestias suelen desaparecer una vez iniciado el esfuerzo o la prueba.

Por otra parte, el agua asociada al glucógeno puede tener implicaciones sobre el coste energético del esfuerzo al incrementar en uno o 2 kg el peso corporal. No obstante, el incremento de masa líquida corporal parece ser muy variable de un individuo a otro, y también está afectado por diversos factores de tipo nutricional y funcional.

La supercompensación, en sentido estricto, parece ser menos efectiva a medida que se va repitiendo. Por este motivo se aconseja no realizarla más de dos o tres veces por temporada. Por otra parte, en muchos tipos de deportes y de pruebas, el deportista se ve obligado a competir con una frecuencia tal que hace imposible seguir la pauta descrita para una prueba aislada, preparada con tiempo. De hecho, no es necesario conseguir la depleción total del

glucógeno para conseguir una rápida y completa reposición de éste con la aportación de la adecuada cantidad de hidratos de carbono con la dieta.

Utilidad de las dietas ricas en hidratos de carbono

La utilidad de las dietas ricas en hidratos de carbono, con la consiguiente disponibilidad de glucosa en el momento oportuno y la adecuada dinámica en el conjunto de los sustratos metabólicos utilizados, tiene especial significado para ejercicios de duración superior a una hora. En un estudio llevado a cabo en 10 atletas que corrieron 30 km en plan competitivo, en dos ocasiones distintas, después de seguir dietas diferentes, se pudo comprobar que con una dieta normal de tipo mixto la concentración media de glucógeno en los músculos de las piernas fue de 17 g/kg de tejido, y el tiempo medio de carrera de 2 horas y 33 minutos. Después de seguir una dieta rica en hidratos de carbono, la concentración media fue de 35 g de glucógeno por kilogramo de músculo y el tiempo medio de carrera de 2 horas y 15 minutos, lo que representa una mejora del 13% en relación con el tiempo alcanzado por los mismos indivi-

duos cuando siguieron una dieta mixta. Un análisis detallado de los tiempos empleados en recorrer los distintos tramos y de la evolución de la velocidad media alcanzada en cada punto del recorrido pone de manifiesto que la cuantía o magnitud de las reservas de glucógeno no afectaron apenas a la velocidad de desplazamiento durante la parte inicial de la carrera pero que, en cambio, fue determinante en relación con la velocidad alcanzada durante la segunda mitad de la prueba. En ambas situaciones, la velocidad media fue la misma durante los primeros 12-16 km del recorrido, pero posteriormente la velocidad se fue reduciendo de manera creciente a partir de los 16-18 km durante la prueba disputada bajo la dieta normal. A partir del análisis de las curvas de velocidad se desprende que en el momento en que el organismo es incapaz de seguir el ritmo óptimo y empieza a retrasarse, las reservas de glucógeno se hallan ya muy reducidas.

Intentar incrementar al máximo las reservas de glucógeno puede ser útil, por tanto, en aquellas especialidades deportivas que impliquen la realización de esfuerzos de elevada intensidad y de duración superior a los 60-80 minutos. Así, los tipos de actividad en los cuales el deportista puede beneficiarse de manera especial de los procedimientos para disponer de las máximas reservas de glucógeno serían: maratón, esquí de fondo, natación de larga distancia, carreras de 30 km, ciclismo en ruta, fútbol, triatlón, pentatlón y competiciones de remo de larga distancia. En cambio, las modificaciones de la dieta encaminadas a conseguir unos grandes depósitos de glucógeno tienen poca utilidad en actividades como el esquí alpino, el fútbol americano, las carreras de 10.000 metros o menos, la mayoría de las pruebas de natación, el baloncesto, la halterofilia, o la mayoría de competiciones en pista.

LA COMIDA PREVIA A LA COMPETICIÓN

El tipo y la cantidad de alimentos ingeridos durante el período previo a una competición tiene, para muchos deportistas, un significado especial teñido, a veces, de un cierto grado de superstición y, en la mayoría de los casos, asociado a un particular ceremonial. No obstante, la comida previa a la competición poco puede aportar si la dieta seguida durante los entrenamientos o la fase de preparación física no ha sido correctamente realizada por el deportista. Los efectos sobre el rendimiento deportivo pueden oscilar entre positivos (cuando el jugador o el atleta no hubiera conseguido recuperarse todavía del partido o prueba anterior), neutros (con un efecto más bien psicológico, cuando el jugador llega a esta etapa con unas buenas reservas de hidratos de carbono); o negativos (cuando el sujeto ingiera alimentos no recomendables, en cantidad o en calidad, p. ej.: demasiado ricos en grasa o en fibra, y llegue a la prueba con sensación de pesadez o con molestias gastrointestinales). Durante las horas previas a una competición, los efectos de la comida afectan más al área psicofísica que a la estrictamente funcional, siendo fundamental que el jugador consiga una

sensación de tranquilidad y bienestar. En este sentido, la ingesta de una comida que contenga una cierta cantidad de grasa y de proteína puede ayudar a controlar el apetito, lo que contribuye a sentirse más cómodo y confortable.

En cualquier caso, la comida previa a la competición pretende conseguir los siguientes objetivos:

1. Incrementar las reservas de glucógeno muscular, cuando éstas no hayan alcanzado sus valores óptimos antes de esta fase.

2. Reponer, hasta sus máximos valores, las reservas de glucógeno hepático, dado que el hígado, responsable de mantener las concentraciones de glucosa en sangre dentro de los valores adecuados, depende de la ingesta de hidratos de carbono que le sirvan para mantener sus pequeñas reservas de glucógeno (de 70 a 90 g). Los jugadores o atletas que se mantienen en ayunas entre las 6 y 12 horas previas a una prueba, y que no ingieren glucosa u otro tipo de hidrato de carbono durante la competición, pueden sufrir una hipoglucemia mucho antes de finalizar el esfuerzo. Incluso contando con unas buenas reservas de glucógeno muscular, es aconsejable ingerir una comida que aporte de 100 a 150 g de hidratos de carbono 3 o 4 horas antes de iniciar el esfuerzo.

3. Aprovechar la comida para conseguir el máximo grado de hidratación posible, ingiriendo el volumen adecuado de líquido, especialmente en aquellos casos y situaciones en los cuales la deshidratación pueda comportar una reducción en el rendimiento deportivo.

4. Contribuir a la sensación de bienestar, de seguridad y de confianza en uno mismo y en la capacidad para realizar un buen papel en la competición.

A título de ejemplo, el menú (o posibles combinaciones para un menú) previsto para antes de un partido de fútbol o una competición de duración prolongada podría contener combinaciones del tipo siguiente:

1. Zumo de fruta (naranja, manzana, etc.).
2. Sopa vegetal, consomé, crema de lentejas.
3. Espaguetis a la boloñesa, a la napolitana, arroz pilaff.
4. Bistec de ternera, pollo, entre otros, con patatas.
5. Ensalada variada, con lechuga, tomate, entre otros, salteada con atún.
6. Compota de fruta, pastel de manzana, fresas, helado de vainilla.
7. Pan, galletas, pastas.

En cualquier caso, lo que se pretende es que los hidratos de carbono provoquen una respuesta glucémica relativamente suave, es decir, que muestren, en conjunto, un índice glucémico bajo (tabla 11.3). De esta forma, la secreción de insulina será relativamente reducida, y sus concentraciones estarán de nuevo en sus valores basales a la hora de empezar la prueba. Conviene recordar que los efectos provocados por el aumento en las concentraciones de insulina persisten durante algún tiempo después de haber vuelto a sus valores iniciales (incluso varias horas), lo que puede interferir en el grado de movilización de los ácidos grasos y en la propia dinámica de distribución de la glucosa por los distintos tejidos.

TABLA 11.3. Índice glucémico de diferentes alimentos ricos en hidratos de carbono

Alimentos ricos en hidratos de carbono que muestran un índice glucémico alto (> 85)	Cantidad necesaria para suministrar 50 g	Alimentos ricos en hidratos de carbono que muestran un índice glucémico moderado (60-85)	Cantidad necesaria para suministrar 50 g	Alimentos ricos en hidratos de carbono que muestran un índice glucémico bajo (< 60)	Cantidad necesaria para suministrar 50 g
Cereales		Cereales		Frutas	
Pan blanco	90 g	Macarrones	200 g	Manzanas	400 g
Pan integral	105 g	Espaguetis	200 g	Puré manzana	290 g
Pastelería	90 g	Tallarines	370 g	Cerezas	420 g
Arroz integral	195 g			Dátiles (secos)	80 g
Arroz blanco	170 g	Biscotes/pastelería		Higos (frescos)	525 g
Copos de maíz	60 g	Biscotes avena	80 g	Zumo de pomelo	300 g
Muesli	75 g	Pastel	95 g	Melocotones	400-550 g
				Ciruelas	400-550 g
Pastelería		Vegetales		Legumbres	
Biscotes	75 g	Uva, negra	200 g	Lentejas	295 g
Crackers	65 g	Uva, blanca	100 g	Garbanzos	305 g
Barrita de chocolate (con glucosa y sacarosa)	75 g	Naranja	450-600 g	Habichuelas	300 g
Bollo, briox, ensaimada	130 g				
				Azúcares	
Vegetales				Fructosa	50 g
Mazorcas de maíz	220 g			Productos lácteos	
Puré de patata	310 g			Helado	200 g
Patata hervida	250 g			Leche entera	1.100 g
Patata al horno	200 g			Leche desnatada	1.000 g
				Yogur semidesnatado	800 g
Frutas				Sopas	
Pasas	80 g			Sopa de tomate	735 g
Plátano	260 g				
Azúcares					
Glucosa	50 g				
Maltosa	50 g				
Sacarosa	50 g				
Miel	70 g				
Molasses	115 g				

Ingesta de hidratos de carbono inmediatamente antes y durante el ejercicio

Diversos estudios han puesto de manifiesto que la ingesta de una cantidad importante de hidratos de carbono (50-80 g de glucosa) poco antes de una prueba de cierta duración (30 o 40 minutos antes de su inicio) puede dar lugar, paradójicamente, a una mayor utilización del glucógeno muscular, lo que comportaría una disminución en el rendimiento deportivo. En estas condiciones, se observa que al comienzo del ejercicio la glucemia es casi un 50% superior a la de reposo, y las concentraciones de insulina en el plasma son tres o cuatro veces mayores a las que muestran los sujetos antes de la ingesta de azúcar. Durante la realización del ejercicio las concentraciones de glucosa se reducen rápidamente, y alcanzan, en algunos casos, valores sensiblemente inferiores a los de reposo

(con una caída de más de 80 o 90 mg/dl, desde valores iniciales de 140-150 mg/dl hasta valores de 60-65 mg/dl). Esto conlleva pasar por una fase de hipoglucemia reactiva que, si bien no parece incidir directamente sobre los músculos en actividad, puede influir sobre el sistema nervioso central y afectar al grado de coordinación y a la velocidad de reacción.

Conviene tener en cuenta que unos sujetos son más sensibles que otros a la respuesta hipoglucémica tras la ingesta de glucosa antes de la competición. La probabilidad de que esto ocurra es mayor cuando el sujeto lleva varias horas sin haber ingerido alimento alguno. Este tipo de reacción no ocurre, en cambio, cuando se ingiere fructosa en lugar de glucosa. Ello se debe a que la fructosa incrementa mucho menos las concentraciones de glucosa, y de insulina, en el plasma (aproximadamente, un 20-25% del inducido por una cantidad equivalente de glucosa). Por otra parte, el menor grado de insulinemia asociado a la ingesta

de fructosa da lugar a una reducción mucho menor en el ritmo de lipólisis y, por tanto, de movilización de ácidos grasos, lo que permite al músculo ahorrar glucógeno siempre que la intensidad del esfuerzo no sobrepase un cierto valor. Algunos autores han podido comprobar que la ingesta de fructosa, a razón de un gramo por kilogramo de peso corporal, 45 minutos antes de una carrera, originó una depleción mucho menor del glucógeno muscular del que se produjo cuando la misma prueba se llevó a cabo tras la ingesta de la misma cantidad de glucosa o tras la ingesta de una sustancia placebo. De hecho, la reducción en la concentración del glucógeno muscular fue inferior a la mitad de la observada en las otras dos situaciones.

TERMORREGULACIÓN, DESHIDRATACIÓN/REHIDRATACIÓN Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

Se sabe que por cada litro de agua que se evapora a través del sudor o de las mucosas del sistema respiratorio se pierden alrededor de 600 kcal, lo que representa la tercera parte del calor generado diariamente por un individuo en reposo. Cuando aumenta la temperatura del entorno y/o se incrementa la actividad metabólica, como ocurre durante un ejercicio físico, se estimula la secreción de sudor. La cantidad de agua perdida, valorada mediante la reducción de masa corporal experimentada por un adulto de unos 70 kg de peso, en el transcurso de distintos tipos de actividad deportiva, varía entre los 0,15 kg en una carrera de 100 metros lisos y los 4 kg en una maratón. El volumen de agua perdido también está relacionado con la temperatura y grado de humedad del medio. Así, la pérdida de peso experimentada durante la realización de un ejercicio de 90 minutos de duración a 15 °C, y una humedad relativa del 40-60% oscila entre 0,0 y 0,9 kg. A la misma temperatura, pero a una humedad del 80-100%, la pérdida será de 0,5-1,4 kg. A 30 °C, y una humedad del 40-60%, la pérdida será de 2,3 a 2,5 kg. A 30 °C, y una humedad del 80-100%, la pérdida será de 2,8 a 3,0 kg.

Para que la piel desempeñe su papel refrigerante con la máxima eficacia posible, es necesario que reciba la adecuada cantidad de sangre y de calor por unidad de tiempo, sin menoscabo del flujo dirigido hacia el eje cerebro-córax-pulmones-músculos sobre el que descansa fundamentalmente la actividad del organismo durante la realización de un ejercicio físico. Es, precisamente, la mayor o menor incapacidad para satisfacer las demandas de estos órganos, provocada por la pérdida de líquido con el sudor, lo que determina, en gran medida, la progresiva reducción del rendimiento deportivo y la instauración de una fatiga creciente cuando no se procede a la adecuada rehidratación o se parte de un estado de hidratación insuficiente.

La reducción en el rendimiento deportivo se observa cuando la pérdida de agua es de tan sólo un 2% del peso corporal (alrededor de un litro y medio); con una pérdida

del 5% (unos 3,5 litros) la merma en el rendimiento es ya de un 25-35%. Una pérdida del 10% del agua corporal comporta un elevado riesgo de colapso cardiovascular. A pesar de todo, cuando la pérdida es rápida basta que sea del orden del 1% para que afecte a la capacidad de trabajo o a la resistencia del sujeto. Si dicha pérdida se produce lentamente, el organismo llega a tolerar relativamente bien reducciones en el contenido de agua de hasta el 3-4% del peso corporal. Esto significa que en un ambiente cálido, donde es necesario disipar en poco tiempo una gran cantidad de calor por medio de la evaporación del agua para mantener la temperatura corporal, una reducción menor o igual al 1% del peso corporal puede dar lugar a un importante deterioro del rendimiento deportivo; en cambio, en un ambiente frío, donde la pérdida de agua se produce más lentamente, el rendimiento deportivo resulta menos perjudicado.

El agua es el nutriente al que habitualmente se presta menos atención de todos. Sorprende comprobar cómo, muy a menudo, los atletas y los deportistas en general, así como los propios entrenadores, parecen ignorar o infravalorar la importancia que tiene la adecuada reposición de los líquidos corporales para la propia práctica deportiva. La hidratación inadecuada puede malograr el resultado de un entrenamiento metódico y bien programado y, en algunos casos, incluso puede llegar a tener consecuencias negativas para la propia salud del deportista. Dado que la sed no constituye un estímulo adecuado para inducir la ingesta de la cantidad de agua que precisa el deportista, es necesario que éste ingiera agua o líquidos refrescantes de una forma programada, consciente, de acuerdo con el plan adaptado a la dinámica del esfuerzo que ha de realizar. Es necesario habituarse a la ingesta de líquido durante los entrenamientos.

Cantidad y tipo de bebida que se debe ingerir

Antes de iniciar cualquier actividad deportiva se debe intentar conseguir el máximo grado de hidratación posible. Para ello, es necesario que el deportista ingiera entre 300 y 600 ml de bebida refrescante (en función de la temperatura ambiente, grado de humedad relativa, etc.), unos 20 o 30 minutos antes de realizar una prueba; es la llamada «hiperhidratación». De esta manera se puede conseguir reducir el incremento de temperatura corporal inducido por el esfuerzo físico y mitigar la sobrecarga que el estrés térmico provocaría sobre el sistema cardiovascular.

Durante la realización de un ejercicio, o en el transcurso de un partido o una prueba atlética, es necesario ingerir entre 100 y 150 ml de líquido cada 10 o 15 minutos, en función de la intensidad del esfuerzo. La bebida (agua o disoluciones glucosalinas) debe estar a una temperatura fresca (alrededor de 15 °C), sin llegar a fría. De esta forma, no existe peligro de sobrehidratación ni de interferencias con la dinámica del esfuerzo. No hay que incurrir en el error, co-

metido a menudo, de ingerir grandes cantidades de líquido en un corto espacio de tiempo. El sistema gastrointestinal absorbe el agua a un ritmo máximo de un litro por hora, aproximadamente (un poco más para bebidas que contienen una pequeña cantidad de hidratos de carbono y de sales). Cuando se beben cantidades excesivas de líquido, el agua ingerida permanece durante largo tiempo en el estómago, absorbiéndose luego lentamente. Es el agua que se absorbe y no toda la que se bebe la que será útil para conseguir la adecuada reposición de líquido y alcanzar el óptimo rendimiento deportivo.

Una vez finalizado el ejercicio hay que valorar la cantidad total de líquido perdido, que será equivalente a la diferencia entre el peso registrado antes y después de realizar el esfuerzo. Como regla general, se recomienda ingerir 1,5 l de agua o de bebida reconstituyente por cada kilogramo de peso perdido. Es necesario informar al entrenador sobre aquellos atletas o deportistas que han experimentado una reducción de su peso superior al 2%, ya que significa que dichos atletas no han bebido lo suficiente antes y/o durante la prueba o sesión de entrenamiento.

(La bebida que se utilice para conseguir la reposición hídrica puede contener hasta un 6-8% de hidratos de carbono, si se desea aprovechar la ocasión para ayudar energéticamente al sujeto, y además, una pequeña cantidad de sales y vitaminas. La ingestión de bebidas muy concentradas, con un contenido en hidratos de carbono del orden del 10-12% o más, puede dar lugar a molestias de tipo gastrointestinal (como náuseas, vómitos, flatulencia, diarrea o espasmos) y, paradójicamente, perturbar el normal funcionamiento muscular y el aporte de sustratos energéticos al músculo. Investigaciones recientes, en las que se han comparado los resultados obtenidos después de ingerir únicamente agua, una bebida que contiene un 2,5% de azúcar y una bebida con un contenido en azúcar del 6% han puesto de manifiesto que sólo tras la ingesta de la bebida con un contenido en azúcar de un 6% mejoraron los resultados o tiempos obtenidos cuando la prueba se llevó a cabo en un ambiente caluroso.

BIBLIOGRAFÍA

- Balsom PD, Ekblom B, Söderlund K, Sjodin B, Hultman E. Creatine supplementation and dynamic high intensity intermittent exercise. *Scand J Med Sci Sports* 1993; 3: 143-149.
- Balsom PD, Harridge SDR, Söderlund K, Sjodin B, Ekblom B. Creatine supplementation per se does enhance endurance exercise performance. *Acta Physiol Scand* 1993; 149: 521-523.
- Bergstrom J, Hermansen L, Saltin B. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol Scand* 1967; 71: 140-150.
- Bjorkman O, Sahlin K, Hagenfeldt L, Wahren J. Influence of glucose and fructose ingestion on the capacity for long-term exercise in well-trained men. *Clin Physiol* 1984; 4: 483-494.
- Brien D, McKenzie D. The effect of induced alkalosis and acidosis on plasma lactate and work output in elite oarsmen. *Eur J Appl Physiol* 1989; 58: 797-802.
- Burke LM, Collier GR, Hargreaves M. Muscle glycogen storage and prolonged exercise: effect of the glycemic index of carbohydrate feedings. *J Appl Physiol* 1993; 75: 1019-1023.
- Coyle EF, Coggan AR, Hemmert MK, Lowe RC, Walters TJ. Substrate usage during prolonged exercise following a pre-exercise meal. *J Appl Physiol* 1985; 59: 429-433.
- Foster C, Thompson N, Dean J, Kirkendall D. Carbohydrate supplementation and performance in soccer players. *Med Sci Sports Exerc* 1986; 18: S12.
- Goldfinch J, McNaughton L, Davies P. Induced metabolic alkalosis and its effects on 400-m racing time. *Eur J Appl Physiol* 1988; 57: 45-48.
- González-Alonso J, Mora-Rodríguez R, Below PR, Coyle EF. Reductions in cardiac output, mean blood pressure and skin vascular conductance with dehydration are reversed when venous return is increased. *Med Sci Sports Exerc* 1994; 26: S163.
- Greenhaff PL, Casey A, Short AH, Harris R, Söderlund K, Hultman E. Influence of oral creatine supplementation on muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man. *Clin Sci* 1993; 84: 565-571.
- Harris R, Söderlund K, Hultman E. Elevation of creatine in resting and exercise muscles of normal subjects by creatine supplementation. *Clin Sci* 1992; 83: 367-374.
- Ivy JL, Katz AL, Cutler CL, Sherman WM, Coyle EF. Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion. *J Appl Physiol* 1988; 64: 1480-1485.
- Javierre C, Lizarraga MA, Ventura JL, Garrido F, Segura R. Creatine supplementation does not improve physical performance in a 150 m race. *J Physiol Biochem* 1997; 53: 343-348.
- Kiens B, Richter EA. Types of carbohydrate in an ordinary diet affect insulin action and muscle substrates in humans. *Am J Clin Nutr* 1996; 63: 47-53.
- Kindermann W, Keul J, Huber G. Physical exercise after induced alkalosis (bicarbonate or tris buffer). *Eur J Appl Physiol* 1977; 37: 197-204.
- Kochan EG, Lamb DR, Lutz SA, Perrill CV, Reimann EM, Schlender KK. Glycogen synthase activation in human skeletal muscle. Effects of diet and exercise. *Am J Physiol* 1979; 236: E660-E666.
- Kowalchuk J, Maltais S, Yamaji K, Hughson R. The effect of citrate loading on exercise performance. *Eur J Appl Physiol* 1989; 58: 858-864.
- Maughan RJ. Fluid and electrolyte loss and replacement in exercise. *J Sports Sci* 1991; 117-142.
- Maughan RJ, Owen JH, Shirreffs SM, Leiper JP. Post-exercise rehydration in man: effects of food and fluid intake. *Eur J Appl Physiol* 1994; 69: 209-215.
- Mountain SJ, Coyle EF. Influence of timing of fluid ingestion on temperature regulation during exercise. *J Appl Physiol* 1993; 75: 688-695.
- Noakes TD. Fluid replacement during exercise. *Exerc Sports Sci Rev* 1993; 21: 297-330.
- Parry-Billings M, MacLaren D. The effect of sodium bicarbonate and sodium citrate ingestion on anaerobic power during intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol* 1986; 55: 524-529.
- Reed MJ, Brozinick Jr, Lee MC, Ivy JL. Muscle glycogen storage post-exercise. Effect of mode of carbohydrate administration. *J Appl Physiol* 1989; 66: 720-726.
- Robergs RA. Nutrition and exercise determinants of post-exercise glycogen synthesis. *Int J Sports Nutr* 1991; 1: 307-337.
- Segura R. Ejercicio físico y fatiga. *Monografía Médica Jano* 1989; 3: 39-52.
- Sherman WM, Costill DL, Fink WJ, Miller JM. The effect of exercise and diet manipulation on muscle glycogen and its subsequent use during performance. *Int J Sports Med* 1981; 2: 114-118.
- Thomas DE, Brotherhood JR, Brand Miller J. Plasma glucose levels after prolonged strenuous exercise correlate inversely with glycemic response to food consumed before exercise. *Int J Sports Nutr* 1994; 4: 361-373.
- Ventura JL, Estruch A, Rodas G, Segura R. Effect of prior ingestion of glucose or fructose on the performance of exercises of intermittent duration. *Eur J Appl Physiol* 1994; 68: 345-348.