

3. Nutrición deportiva aplicada

3.1 Nutrición en competencia

La meta de los deportistas durante la competencia es poder rendir al máximo de su potencial. Son varios los factores que pueden llegar a disminuir su capacidad de rendimiento; y sin lugar a dudas, la nutrición es uno de ellos.

La nutrición de competencia se basa en intentar desarrollar un plan nutricional que permita reducir o demorar la aparición de aquellos factores que causen fatiga o disminuyan el rendimiento. Por supuesto que esta estrategia de nutrición competitiva debe ser lo más individualizada posible, ser ensayada previamente y tener en cuenta los aspectos prácticos que permitan llevarla adelante, todo esto sin ocasionar malestares gastrointestinales que puedan afectar negativamente el rendimiento del deportista.

Idealmente el plan de nutrición para la competencia se debería organizar teniendo en cuenta las estrategias nutricionales que se van a aplicar antes, durante y después del evento.

3.1.1 Precompetencia

Una variedad de factores relacionados a la nutrición pueden hacer que el atleta no llegue a dar el máximo de sus posibilidades durante la competencia. Entre ellos se destacan (Burke, 2006):

- La depleción de las reservas de glucógeno muscular.
- Hipoglucemia.
- Deshidratación.
- Malestares gastrointestinales.
- Hiponatremia.
- Mecanismos de la fatiga central relacionados con neurotransmisores.

Es importante tener presente que el riesgo de desarrollar algún problema durante la competencia, así como la severidad del mismo, va a estar influenciado por otros factores, como por ejemplo: la duración e

intensidad del esfuerzo, las condiciones ambientales en las que se compita, el estado de entrenamiento, las características individuales, y el éxito del plan nutricional para antes y durante la competencia.

La intervención nutricional que planifiquemos para la competencia debería comenzar por identificar en primer lugar los factores limitantes del rendimiento, y especialmente cuáles de ellos son susceptibles de ser afectados favorablemente por un adecuado plan nutricional. Si bien es mucho más fácil reconocer estos factores en actividades más simples, como por ejemplo la carrera o el ciclismo, puede no serlo cuando se trata de esfuerzo más complejos, como por ejemplo, los deportes colectivos. Una vez identificados estos factores, el paso siguiente sería establecer los objetivos nutricionales que permitan modularlos favorablemente. Por último, se debería desarrollar el plan o las estrategias nutricionales puntuales que permitirían lograr cumplir con los objetivos planteados.

Las estrategias nutricionales precompetencia pueden incluir una gran variedad de intervenciones que pueden implementarse la semana previa a la competencia, o solo abarcar las horas previas. Más allá del período temporal que abarquen, siempre deberían dirigirse a impactar positivamente en los desafíos fisiológicos que impone cada disciplina deportiva. En función de las características del evento deportivo, estas estrategias pueden apuntar a minimizar el déficit de fluidos, asegurar la disponibilidad de sustratos energéticos o prevenir el malestar gastrointestinal (Burke, 2006).

Idealmente el plan de nutrición para la competencia debería basarse en una combinación de estrategias que abarcan el antes, durante y postcompetencia. Pero en la práctica, en varias ocasiones, el deportista no es capaz de aprovechar todos los momentos u oportunidades disponibles para una intervención nutricional. Cuando se pierde una oportunidad o es infrutilizada, se debería de poner más énfasis en las estrategias de otros momentos para tratar de compensar.

La principal meta de la alimentación precompetitiva es optimizar las reservas musculares y hepáticas de glucógeno, debido a que la depleción de los depósitos corporales de CHO es uno de los principales factores causantes de fatiga durante el ejercicio, no solo de resistencia, sino también para deportes de naturaleza intermitente, así como para otros esfuerzos de alta intensidad. Además, debido a que la glucosa es el principal combustible para el sistema nervioso central, la disponibilidad de CHO también podría afectar a los deportes dependientes de habilidades motoras o coordinativas complejas.

Otras metas que persigue la alimentación en esta etapa son: asegurar un óptimo estado de hidratación y prevenir el hambre que puede ocurrir durante la competencia, especialmente cuando es de larga

duración, pero al mismo tiempo evitando molestias gastrointestinales que puedan perjudicar el rendimiento.

Las *recomendaciones generales* que se suelen dar con respecto a los alimentos a ingerir en este momento son: que tengan un contenido elevado de CHO, moderado de proteínas, y bajo en grasas y fibras para que facilite el vaciado gástrico; que aporte una suficiente cantidad de líquidos; y por último, que los alimentos le resulten familiares y agradables al deportista (American College of Sports Medicine, 2000).

El tamaño y el momento de ingesta están inversamente relacionados, es decir, que cuanto más cerca se esté del comienzo de la competencia, menor debe ser la cantidad de alimentos a ingerir. La mayoría de los estudios que demostraron un efecto positivo sobre la performance han utilizado cantidades de CHO comprendidas entre 200 y 300 g, consumidas 3 o 4 horas antes de la competencia (American College of Sports Medicine, 2000). Si quisiéramos realizar esta recomendación teniendo en cuenta el tamaño corporal del atleta, podríamos sugerir una ingesta de 4 a 5 g de CHO/kg unas 4 horas antes de la competencia, mientras que esta cantidad debería disminuir a 1-2 g de CHO/kg cuando la comida se realiza 1 hora antes de la competencia.

3.1.2 Durante la competencia

Durante el ejercicio o la competencia, los deportistas pueden beneficiarse con la ingesta de líquidos y alimentos. Los beneficios pueden expresarse a través de una mejora en el rendimiento y un menor estrés fisiológico, especialmente sobre el sistema cardiovascular, nervioso y muscular.

A pesar de la numerosa evidencia científica que apoya la teoría de consumir líquidos y CHO durante el ejercicio, en algunas circunstancias resulta complicado trasladar estas recomendaciones en pautas prácticas que puedan ser seguidas por los atletas en la situación real de competencia.

Los principales nutrientes a consumir durante el ejercicio o la competencia son CHO, fluidos y sodio. No se recomienda durante el ejercicio el consumo de otras sustancias, como por ejemplo, glicerol, grasas, proteínas y aminoácidos (AA) precursores de neurotransmisores (Coyle, 2004).

Los **CHO** son los nutrientes más importantes en la alimentación del deportista debido a que son el **principal sustrato energético** en ejercicios intensos, y porque la fatiga, durante un esfuerzo intenso y prolongado, comúnmente se debe al agotamiento del glucógeno muscular y hepático, ya que las reservas corporales de CHO son

limitadas. La ingestión de CHO durante el ejercicio permite mantener los niveles de glucosa sanguínea, sustrato que se vuelve predominante en las últimas etapas de las competencias de larga duración. Por lo tanto, el consumo de CHO durante el ejercicio prolongado puede demorar la aparición de la fatiga.

Consumir CHO durante el ejercicio se vuelve aún más importante en ciertas circunstancias, como por ejemplo, cuando el deportista no tuvo oportunidad de efectuar una *carga de CHO*, cuando no fue posible realizar una comida antes de la competencia, o bien cuando se encuentra realizando una plan de alimentación hipocalórico para perder peso (American College of Sports Medicine, 2000).

La mayoría de carbohidratos (glucosa, sacarosa, maltosa, maltodextrinas, amilopectina) son oxidados hasta niveles relativamente altos mientras que otros carbohidratos (como la fructosa, la galactosa, la trehalosa) son oxidados a unos niveles ligeramente más bajos (Leijssen et al., 1995). Los carbohidratos consumidos durante el ejercicio se oxidan en cantidades pequeñas durante la primera hora de ejercicio (~ 20 g) y después alcanza un nivel de hasta ~60 g/h. Aún la ingesta de grandes cantidades de carbohidratos no alcanzan altos niveles de oxidación (Jeukendrup & Jentjens 2000; Jeukendrup 2004).

En general, y para el ejercicio de 2-3h de duración, se recomienda una ingesta de carbohidratos de 60g/h antes de la fatiga o agotamiento de las reservas de hidratos de carbono del cuerpo. La ingestión de más de 60g/h no tendrá un efecto aditivo e incluso podría llegar a causar malestar gastrointestinal, mientras que para el ejercicio de entre 1-2h puede ser más apropiado una ingesta de carbohidratos de 30g/h (Jeukendrup & McLaughlin 2011).

El consumo de CHO en eventos que duran alrededor de 1 hora ha sido un hecho controversial durante mucho tiempo; sin embargo, las recomendaciones actuales sustentan el beneficio de esta práctica, especialmente en deportistas que ejercitan durante la mañana (American College of Sports Medicine, 2000).

La ingesta de CHO durante el ejercicio puede tener un efecto positivo sobre el rendimiento. Sin embargo, para que esto ocurra es necesario consumir la dosis óptima; demasiada cantidad o el tipo equivocado puede producir diversos problemas que empeorarán el rendimiento, mientras que muy poco no tendrá un efecto real sobre el rendimiento. En la Tabla 1 se resumen las recomendaciones acerca de las cantidades y tipos óptimos de CHO a consumir según el tipo de esfuerzo.

Tabla 1: Recomendaciones sobre la cantidad y tipo de carbohidratos necesarios para un óptimo rendimiento en diferentes tipos de ejercicios

Evento	Cantidad de CHO recomendada para un óptimo rendimiento	Tipo de CHO
Ejercicio máximo, duración <45'. Ciclismo de velocidad. La mayoría de las pruebas de natación. La mayoría de las carreras atléticas, incluidos los 10 km.	No son necesarios	
Ejercicio máximo, 45' a 60' duración. Ciclismo: 1 km contra-reloj. Partido de básquetbol. Fútbol: un tiempo.	Menos de 30 g/hora	Glucosa, sacarosa, maltosa, maltodextrinas, amilopectina, fructosa, galactosa, isomaltulosa, trehalosa, amilosa.
Deportes de equipo, duración de ~90'. Partido de Fútbol, Rugby, etc.	Hasta 50 g/hora	Glucosa, sacarosa, maltosa, maltodextrinas, amilopectina, fructosa, galactosa, isomaltulosa, trehalosa, amilosa.
Ejercicio submáximo, duración mayor a 2 horas. Partido de tenis recreacional. Ciclismo recreacional. Excursionismo.	Hasta 60 g/hora	Glucosa, sacarosa, maltosa, maltodextrinas, amilopectina, fructosa, galactosa, isomaltulosa, trehalosa, amilosa.
Ejercicio máximo y casi máximo, duración mayor a 2 horas. Maratón. Ciclismo: persecución individual. Partido de tenis competitivo. Carrera de ski, 50 km.	50-70 g/hora	Glucosa, sacarosa, maltosa, maltodextrinas, amilopectina.
Triatlón Ironman, Tour de France	60-90 g/hora	Probablemente sólo se logre con la ingesta de diferentes tipos de CHO: glucosa, fructosa, sacarosa, maltodextrinas, amilopectina, etc.

Fuente: Adaptada de Jeukendrup, 2007.

En el mundo del deporte, los atletas consumen carbohidratos durante el ejercicio utilizando una variedad de alimentos y bebidas, y una variedad de horarios de comer. Los carbohidratos efectivamente se oxidan, si se ofrecen en sólido como en barritas, chicles, geles semi-sólidos, o en bebidas (Pfeiffer et al., 2010). Por lo tanto, las estrategias para proporcionar aproximadamente 30-60-90 g de carbohidratos / h

(dependiendo de la duración del ejercicio) puede ser modificada de acuerdo con la preferencia del jugador y en el contexto de otros requisitos nutricionales tales como las necesidades de líquidos del jugador. Las bebidas deportivas (líquidos comerciales que llevan entre un 4 y un 8% de carbohidratos – 4-8g de carbohidratos /100 ml, electrolitos y sabores agradables) son particularmente importantes ya que estas permiten que el atleta pueda reemplazar sus necesidades de carbohidratos y de líquidos de manera simultánea. Para deportes de más de 60 min de duración en los que pueda aparecer fatiga, los atletas son animados a desarrollar planes nutricionales personalizados para combinar sus necesidades con sus preferencias (Burke et al., 2011).

Una recomendación habitual es que, cuando sea posible, los deportistas consuman fluidos en cantidad suficiente como para equilibrar la tasa de sudoración (Coyle, 2004). Esto se basa en el hecho de que la deshidratación reduce la disipación del calor corporal, resultando generalmente en un aumento de la temperatura corporal. Además, la deshidratación puede inducir un mayor estrés cardiovascular durante el ejercicio, evidenciado en una disminución del volumen sistólico, lo que puede afectar negativamente el rendimiento en ejercicios de resistencia. Cuando no es posible o práctico ingerir suficiente cantidad de líquidos, es posible que los deportistas toleren niveles de deshidratación equivalentes al 2-3% de su peso corporal sin ver afectado su rendimiento o su salud de manera significativa, especialmente en condiciones ambientales frías a moderadas. Sin embargo, cuando se realiza algún esfuerzo en condiciones ambientales de mucho calor (>30°C), incluso niveles de deshidratación tan bajos como del 2% disminuyen el rendimiento y predisponen a sufrir algunas complicaciones como el golpe de calor.

La sugerencia de ingerir sodio durante el ejercicio se basa en que el cloruro de sodio es la principal sal perdida a través del sudor, y que el sodio es el principal electrolito del cuerpo. Si bien las pérdidas de sodio con el sudor pueden variar enormemente entre los individuos, se sugiere consumir fluidos que contengan sodio durante ejercicios que duran más de 2 hs o que se realizan en condiciones ambientales que estimulan pérdidas de sudor muy profusas.

Finalmente, cada deporte o actividad ofrece oportunidades particulares para que los líquidos y los carbohidratos se consuman durante toda la sesión, ya sea de los puestos de socorro, suministros realizados por el mismo atleta, o en las paradas oficiales durante el juego, como los tiempos muertos o los descansos de entretiempo. El atleta, el entrenador y el equipo médico deberían recordar a los atletas de hacer uso de las estrategias nutricionales durante estos momentos.

3.1.3 Postcompetencia

La recuperación posterior al ejercicio es un proceso complejo que requiere que se repletan los depósitos corporales de sustratos energéticos, que se repare el tejido muscular dañado y que se comiencen las adaptaciones al entrenamiento. (Ivy, 2004). Para lograrlo, es necesario que el organismo pase de un estado predominantemente catabólico a otro predominantemente anabólico. Por ello, se necesita no sólo que se consuman los nutrientes apropiados, sino que también estos sean aportados en cantidad suficiente y en el momento (timing) adecuado.

La recuperación de los depósitos de glucógeno muscular es un componente central en el proceso de recuperación. Este proceso es lento, por lo que se requiere que sean tenidos en cuenta una serie de factores, especialmente cuando existe poco tiempo entre las sesiones de entrenamiento o las competencias. Cuando el tiempo entre sesiones o eventos es muy limitado (horas o menos) tiene sentido convertir cada minuto en tiempo eficiente de recuperación y por tanto, consumir carbohidratos inmediatamente después del ejercicio no es necesario y el atleta puede permitirse el lujo de seguir sus horarios de comidas deseados siempre y cuando se cumplan los objetivos de ingesta total de carbohidratos al día. Bajo estas circunstancias el glucógeno muscular puede ser restaurado a los niveles de descanso, 24h después del ejercicio (Parkin et al., 1997), aunque también es cierto que el almacenamiento de glucógeno puede alcanzar un rápido aumento si los mismos se consumen durante las dos primeras horas post-ejercicio (Ivy, 2001). Además, hay alguna evidencia de que alimentos y bebidas ricos en carbohidratos con un alto o moderado IG pueden ser más favorables para las reservas de glucógeno que aquellos con menor IG (Jentjens & Jeukendrup 2003). Sobre este punto centraremos la discusión de la alimentación en el período de recuperación.

Curiosamente, estudios recientes sugieren que el nivel de resíntesis del glucógeno muscular puede ser más lento luego de ejercicios de alta intensidad y carácter intermitentemente, como por ejemplo un partido de fútbol. Se observó que las reservas de glucógeno tendían a ser más bajas luego de una competencia que en las concentraciones 48 hs previas al partido, a pesar de la ingestión de una dieta alta en carbohidratos. (Bangsbo et al., 2006; Krstrup et al., 2011).

No obstante, otro punto a tener muy presente durante esta etapa es que la mayoría de los deportistas no ingieren suficiente líquido durante el ejercicio para compensar las pérdidas por sudoración, y por lo general terminan con cierto grado de deshidratación (American College of Sports Medicine, 2000). Es por eso que otro punto central de la alimentación en esta etapa es la reposición de fluidos y electrolitos para recuperar un óptimo estado de **euhidratación**.

Por último, el tercer elemento a considerar en la recuperación de los deportistas es el aporte de proteínas luego del esfuerzo. Quizás este sea uno de los aspectos más descuidados por los deportistas, especialmente los de resistencia. Actividades específicas del fútbol, así como frecuentes cambios de dirección y desaceleraciones de sprints, tienen un alto componente excéntrico y las contracciones excéntricas en combinación con el contacto entre jugadores produce daño muscular, lo que se lleva a un deterioro de la capacidad de síntesis del glucógeno (Krustrup et al., 2011). Este fenómeno no se alivia con una dieta alta en carbohidratos y en proteína láctea (Gunnarsson et al., 2013), aunque ciertos aminoácidos tienen un efecto potente en la secreción de la insulina, que es el estimulador de la re-síntesis del glucógeno (van Loon et al., 2000). Por este motivo los efectos de añadir aminoácidos y proteínas a las soluciones con carbohidratos están siendo investigadas.

Los objetivos de recuperación también incluyen atención al sistema inmune, al conjunto del músculo y a la reparación en lesiones. Por tanto, puede ser útil consumir carbohidratos ricos en nutrientes y bebidas durante el periodo de recuperación para así ofrecer una gama de nutrientes importantes (Betts & Williams 2010).

En un intento de acelerar la recuperación del jugador y reducir el dolor muscular, cada vez más la crioterapia (o baños helados) se está adoptando como estrategia en muchos deportes. Debido a las consecuencias vasoconstrictoras de la crioterapia, las preocupaciones han aumentado en cuanto a si la resíntesis del glucógeno se deteriora debido a la menor disponibilidad de sustrato como consecuencia de una reducción del flujo de sangre al músculo. Sin embargo, un estudio investigó el efecto que tenía el sumergir los miembros inferiores en agua fría (8 ° C), a raíz de un ejercicio exhaustivo, y no encontró ninguna alteración en la restauración del glucógeno, en comparación con estar en reposo, cuando se ingieren cantidades apropiadas de carbohidratos (Gregson et al., 2013).

Proteínas en la recuperación

El ejercicio incrementa tanto la descomposición de la proteína del músculo como su síntesis. Por tanto, en ausencia de proteínas en la dieta, el equilibrio proteico neto se mantendrá negativo. Es por esto que la proteína es un ingrediente clave después de partidos y sesiones de entrenamiento, para así alcanzar un equilibrio proteico neto positivo. Además de los efectos generales del ejercicio, la mayoría de los deportes de "parada y marcha" implican muchas desaceleraciones (contracciones excéntricas) y contacto entre los atletas, lo que puede derivar en daño muscular. La ingesta de proteínas es, por lo tanto,

aconsejable para aportar a la reparación del tejido muscular y otras lesiones potenciales (Res 2014).

Después del ejercicio de resistencia, la síntesis de la proteína del músculo en respuesta a una comida ha demostrado elevarse a un máximo en 24h (Burd et al., 2011). Sin embargo, la ingesta de proteínas debería iniciarse mejor inmediatamente después del ejercicio para una recuperación óptima, sobre todo si el tiempo es limitado hasta el próximo partido o evento importante. La síntesis de la proteína del músculo disminuye con el tiempo por más de que los aminoácidos en la sangre continúen siendo altos. Por esto, para una recuperación óptima, las comidas con proteínas deberían ser tomadas aproximadamente cada 3 horas, con el consumo de un último snack que contenga proteínas justo antes de ir a la cama (Res et al., 2012; Areta et al., 2013).

Después del ejercicio, la ingesta de diferentes cantidades de alimentos puede aportar una cantidad similar del total de aminoácidos requeridos. Sin embargo, la velocidad a la que los aminoácidos son aportados y el perfil de AA de cadena ramificada (BCAA) y la leucina en particular variarán (Burke et al., 2012). La dosis óptima de proteínas para estimular al máximo la síntesis de la proteína del músculo tiene que rondar sobre los 20-25g, o sobre los 0,3g/kg MC (Moore et al., 2009; Witard et al., 2014). La proteína animal contiene más del aminoácido leucina, que se cree, es el desencadenante principal para aumentar la síntesis de la proteína del músculo (van Loon, 2012). Por su parte, la proteína del suero de la leche puede ser rápidamente digerida y absorbida y contiene una alta proporción en leucina. Por ejemplo, aproximadamente 2,5g de leucina se encuentra en 20g de proteína de la leche. La proteína de la leche parece ser superior en lo que respecta a la síntesis de proteínas del músculo comparada con la soja o la caseína, cuando se toma en cantidades isocalóricas (Tang et al., 2009). Las proteínas de origen vegetal contienen menos leucina en comparación con las de la leche, por lo tanto, puede que tengan que ser ingeridas en mayores cantidades para maximizar la síntesis de la proteína muscular. La proteína de la leche (o buenas fuentes de esta) es, por lo tanto, considerada la proteína preferencial para ingerir directamente después del ejercicio.

Después de la ingesta inicial de proteína posterior al ejercicio, los jugadores deberían continuar aumentando su síntesis de proteína muscular. Durante el día, los jugadores deberían animarse a ingerir proteínas provenientes de diferentes alimentos como el pescado, la carne, las aves y los lácteos, pero también de origen vegetal como legumbres, frutos secos, arroz, maíz o trigo. La caseína es beneficiosa para los snacks antes de acostarse, ya que es una proteína de digestión lenta que puede estar disponible durante una mayor parte de la noche (Res et al., 2012).

Se recomienda a los atletas que la ingesta diaria de proteínas esté en los niveles de 1,3-1,8 g/kg MC (Phillips & Van Loon, 2011).

A pesar de estos estudios que apuestan por los beneficios de las tomas con altos niveles de proteínas, las recomendaciones actuales para la ingesta diaria de proteínas para un jugador de unos 70kg son las de consumir unos 120 gramos de proteínas divididos en 6 comidas, intercaladas cada 3h, en las que cada una de estas comidas contenga aproximadamente 20g de proteínas (Phillips and Van Loon 2011). Sin embargo, es importante tener en cuenta que en casos de extrema demanda física o de déficit de energía, las necesidades proteicas pueden ser mayores.

3.1.4 Ciclos de entrenamiento

La periodización del entrenamiento implica la variación de los componentes de la carga de entrenamiento (principalmente el volumen y la intensidad) a lo largo del año para el logro del máximo rendimiento. Si bien existen numerosos modelos de periodización, que dividen la temporada deportiva en diferentes ciclos, los tres ciclos más comúnmente usados por los entrenadores y deportistas son:

- **Período preparatorio (o pretemporada).** Las metas más comunes para los deportistas en esta etapa son el desarrollo de la resistencia cardiovascular, la fuerza general, la técnica y táctica, la flexibilidad, entre otras. En algunos casos, también puede buscarse la modificación de la composición corporal.
- **Período competitivo.** Las metas más comunes en esta etapa suelen ser la potencia, fuerza específica, y la táctica, entre otras.
- **Período de transición (o fuera de temporada).** Durante esta etapa los atletas suelen realizar ejercicio no estructurado o practicar otros deportes para mantener su nivel de aptitud física, llevar adelante procesos de rehabilitación, así como de modificación de la composición corporal.

En general, todo plan de periodización debería contemplar además otros factores que podrían afectar el entrenamiento y la recuperación. Entre ellos sin dudas se destaca la nutrición, aunque en numerosas oportunidades no es tenida en cuenta o pensada a largo plazo (p. ej., dentro del plan anual de entrenamiento). Lo ideal sería que los deportistas también lleven adelante un **plan de periodización nutricional (PN)**, para respaldar los cambios en la carga de entrenamiento, y así estar en condiciones óptimas de realizar entrenamientos de alta calidad y recuperarse más rápido.

Antes de realizar una recomendación sobre las necesidades de nutrientes y el *timing* óptimo durante cada ciclo de entrenamiento, es de gran importancia tener una idea lo más clara posible de las metas buscadas y la carga de entrenamiento que se llevará adelante. Esto incluye información relativa a la frecuencia de entrenamiento, el foco de las sesiones, la duración e intensidad, etcétera.

Las necesidades diarias de macronutrientes para los deportistas suelen cubrir un rango bastante amplio; por un lado, por las diferencias que existen entre los diferentes deportes, e incluso dentro de un mismo deporte (i.e., entre diferentes especialidades o entre diferentes puestos); y por otro lado, debido a la individualidad propia de cada deportista y los diferentes objetivos que cada uno puede tener en cada ciclo de entrenamiento. De todos modos, es importante tener presente que estos rangos solo proveen un punto de partida, es decir que son la base a partir de la cual se debería adaptar el plan nutricional al programa de entrenamiento.

3.2 Nutrición aplicada a diferentes especialidades deportivas

3.2.1 Deportes de resistencia

En general, se considera que la nutrición es un determinante fundamental de los esfuerzos de resistencia, en particular los que superan los 90 minutos, aproximadamente.

La fatiga durante el ejercicio prolongado está a menudo asociada con la depleción del glucógeno muscular y la disminución de la glucosa sanguínea. De ahí que elevadas concentraciones de glucógeno muscular y hepático previo al esfuerzo sean consideradas como esenciales para un óptimo rendimiento; aunque es poco probable que cualquiera de estos factores por sí mismo en forma aislada limite el rendimiento en esfuerzos prolongados (Jeukendrup, 2011).

Además de la depleción de las reservas corporales de CHO, la deshidratación también afecta negativamente el rendimiento de resistencia (Sawka et al., 2007).

La alimentación en los días previos a la competencia

El objetivo de la ingesta de CHO en los días previos a la competencia es lograr repletar al máximo los depósitos corporales de glucógeno.

La concentración de glucógeno en el músculo esquelético de personas sedentarias suele ser entre 12 y 16 g/kg w.w.¹ (65 mmol a 90 mmol/kg w.w.), lo que equivale a una cantidad total aproximada de 300 a 400 g de CHO. En lo que respecta a sujetos entrenados, las concentraciones de glucógeno suelen ser más altas, rondando los 100-120 mmol/kg w.w. (Jeukendrup & Gleeson, 2004).

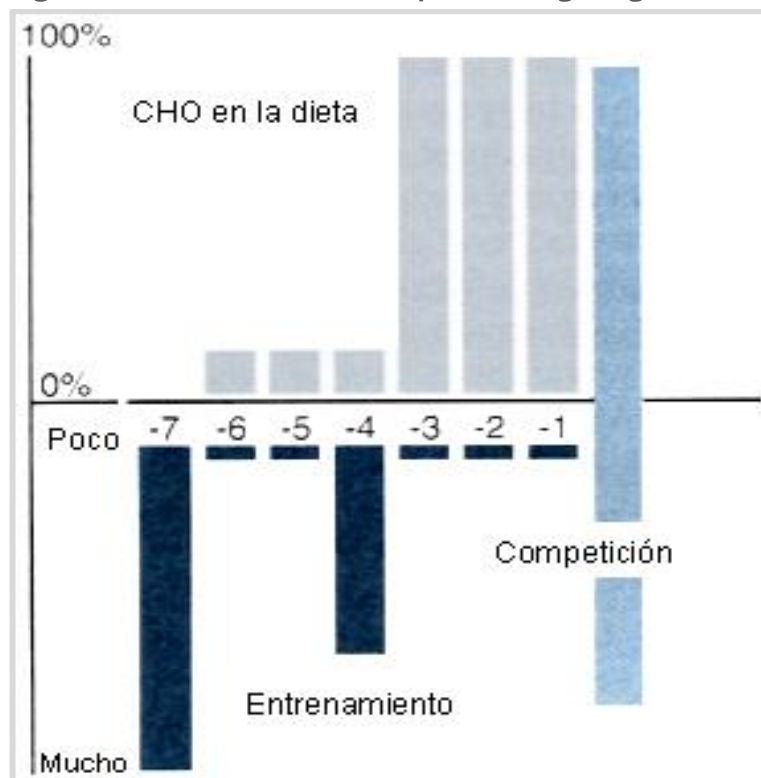
Investigadores escandinavos durante la década del sesenta descubrieron que los depósitos musculares podían aumentarse muy por encima de los niveles normales a través de la manipulación de la dieta y el entrenamiento durante los días previos a la competencia. Ellos desarrollaron la metodología de lo que se conoce como **sobrecarga glucogénica o supercompensación de glucógeno**. Este protocolo tiene

¹ En la literatura se puede encontrar expresada la concentración del glucógeno muscular de diferentes maneras. Las formas más comunes son mmol de unidades de glucosa/kg de peso húmedo (w.w. por sus siglas en inglés) o mmol de unidades de glucosa/kg de peso seco (d.w. por sus siglas en inglés). Para convertir los valores expresados en w.w. a d.w. se debe multiplicar la concentración de glucógeno por 4,28 (Jeukendrup & Gleeson, 2004).

una duración aproximada de una semana y comienza con un ejercicio intenso que depleta las reservas corporales de glucógeno (Figura 1). Luego se sigue una dieta baja en CHO durante 3 días. Otro esfuerzo exhaustivo es realizado el cuarto día antes de la competencia, luego del cual se cambia el tipo de dieta, y se pasa a una con un elevado contenido en CHO durante 3 días. Este protocolo se conoce como **protocolo clásico**, y en los estudios originales se ha reportado que permitió alcanzar concentraciones de glucógeno muscular de ~210 mmol/kg w.w., aunque podría presentar también una serie de desventajas (Jeukendrup & Gleeson, 2004):

- Desarrollo de hipoglucemia en la dieta baja en CHO.
- Problemas prácticos para poder llevar a cabo dietas tan extremas.
- Problemas gastrointestinales, principalmente durante la dieta baja en CHO (diarrea suele ser el más reportado).
- Escasa recuperación durante la fase pobre en CHO.
- Los deportistas no se sienten muy cómodos al estar tantos días sin entrenar.
- Mayor riesgo de lesión.
- Alteraciones en el estado de ánimo durante la dieta baja en CHO.

Figura 1. Protocolo de sobrecompensación glucogénica clásico



Fuente: Adaptado de Jeukendrup & Gleeson, 2004.

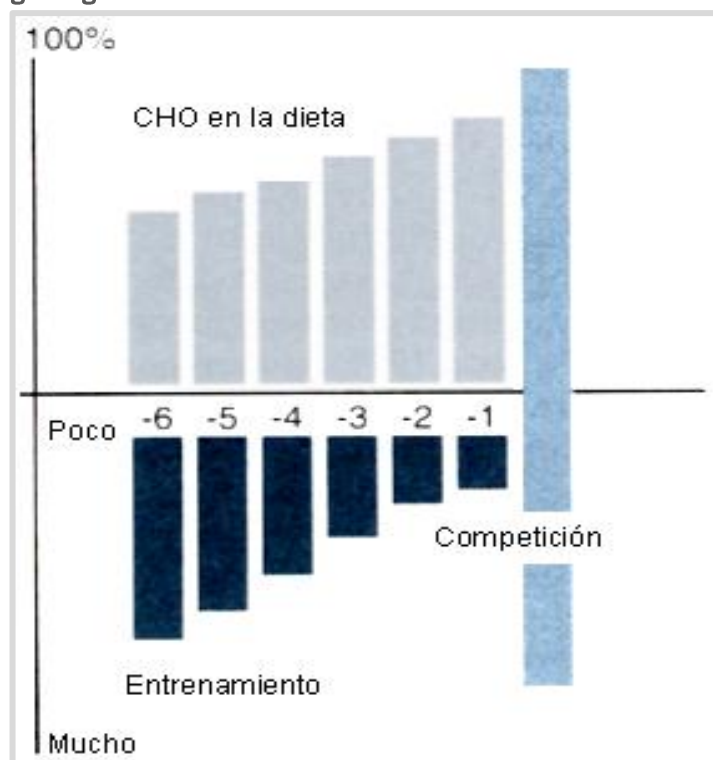
Debido a los problemas que presentaba el protocolo clásico, y basándose en datos que mostraban que los atletas entrenados no necesitan de la fase de depleción para producir una sobrecompensación en el glucógeno muscular, a comienzos de los '80s se propone un **protocolo modificado** (Sherman, Costill, Fink, & Miller, 1981). Con esta estrategia, mucho menos radical y más fácil de llevar a la práctica que el protocolo clásico, se alcanzó una concentración de glucógeno muscular de 203 mmol/kg w.w.

De todos modos, la estrategia global que se intenta proponer con la versión modificada del protocolo de sobrecarga es que en los días previos a la competencia se disminuya notoriamente el esfuerzo de entrenamiento (fase de *tapering* o puesta a punto) y al mismo tiempo se aumente significativamente el contenido de CHO de la dieta, especialmente en los últimos 3 días antes de la competencia (Figura 2). Este protocolo modificado presenta la ventaja de ser más práctico para la preparación para una competencia, debido que evita la fatiga asociada a bajos niveles de glucógeno muscular que se registra en la fase de depleción, además de ser una estrategia de entrenamiento y alimentación más simple de llevar a cabo.

Si bien los protocolos de sobrecarga glucogénica mencionados son efectivos para aumentar las reservas musculares de glucógeno hasta niveles muy elevados, todos comparten una limitación, y es que se requieren de varios días para ser llevados a cabo. Esto es importante

para aquellos deportistas que no desean interrumpir o alterar su programa de entrenamiento durante tanto tiempo antes de la competencia. Es por ello que ha surgido la necesidad de desarrollar protocolos de sobrecarga glucogénica de menor duración.

Figura 2. Estrategia general del protocolo modificado de sobrecompensación glucogénica



Fuente: Adaptado de Jeukendrup & Gleeson, 2004.

En este sentido, uno de los protocolos más breves reportados en la literatura es el propuesto por Fairchild et al. (2002). Basándose en que se han reportado tasas de resíntesis de glucógeno más elevadas luego de ejercicios de breve duración e intensidad casi máxima, comparadas con las registradas luego de ejercicios prolongados de moderada intensidad, propusieron un protocolo que solo requiere 1 día. En este estudio 7 varones entrenados en resistencia llevaron a cabo un esfuerzo en cicloergómetro de 3 minutos (150 segundos al 130% del VO₂ pico, seguido de un esprint máximo de 30 segundos), luego del cual consumieron una dieta elevada en CHO (10,3 g/kg de peso corporal) durante 24 hs; en la misma se minimizó la ingesta de alimentos pobres en energía (e.g., vegetales), así como alimentos con alto contenido de proteínas y grasas, para facilitar el consumo de alimentos fuente de CHO, principalmente de alto índice glucémico (IG). Esta estrategia mostró ser muy efectiva, ya que aumentó los niveles de glucógeno muscular, desde valores iniciales de $109,1 \pm 8,2$ mmol/kg w.w., hasta $198,2 \pm 13,1$ mmol/kg w.w. registrados 24h después.

En conclusión, a través de los diferentes protocolos de sobrecarga de glucógeno (aquí sólo hemos mencionado algunas de las estrategias más populares, pero se han reportado algunas variantes de las mismas) es factible llevar los depósitos de glucógeno muscular hasta niveles que rondan entre los 150-200 mmol/kg w.w., lo que representaría una ventaja a la hora de competir en esfuerzos de resistencia prolongados.

Sobrecarga de CHO y rendimiento en esfuerzos de resistencia

Es importante tener presente que el beneficio de llevar a cabo una sobrecarga glucogénica sólo se observará en esfuerzos que puedan ver resentido su rendimiento por una depleción glucogénica, es decir, cuando la duración es de 90 minutos o más. Esta estrategia nutricional se ha relacionado con mejoras en el tiempo de resistencia de hasta un 20%, y con reducciones del tiempo necesario para desarrollar un determinado esfuerzo (p. ej., una prueba contrarreloj) de un 2-3% (Hawley, Schabort, Noakes, & Dennis, 1997). Es decir que este tipo de intervenciones podrían ser de gran ayuda en muchas de las competencias de resistencia, como por ejemplo, en maratón, triatlón o pruebas de ciclismo prolongado.

Sin embargo, en eventos con una duración de entre 45 y 90 minutos generalmente no se observan mejoras significativas en el rendimiento luego de llevar a cabo una sobrecarga glucogénica (Burke, 2006).

Por último, es importante destacar que esta técnica, que a simple vista parece simple, es difícil de llevar a la práctica por lo que sería útil para el atleta contar con la supervisión de un nutricionista especializado, además de probar llevarla a cabo durante el entrenamiento o competencias menores, antes de ponerla en práctica en competencias importantes.

Alimentación para otros deportes

Aquellos deportistas que no compiten en eventos de resistencia, es decir, que participan en competencias con una duración menor a 90 minutos puede que no encuentren ningún beneficio en aplicar esta estrategia previo a una competencia, ya que depósitos sobrecompensados de glucógeno muscular no ofrecen ninguna ventaja desde el punto de vista energético en eventos con una duración de 60 a 90 minutos.

Para el caso del fútbol y deportes de dinámica intermitente, el BFC sugiere que la ingesta diaria de carbohidratos debería ser proporcional a la energía estimada que se gasta en una sesión de entrenamiento o en un partido. La contribución relativa de los carbohidratos y grasas durante el ejercicio depende de numerosos factores, incluyendo los carbohidratos almacenados en el preejercicio (glucógeno muscular y

del hígado), la intensidad y la duración del ejercicio, así como el estado de entrenamiento del jugador (Jeukendrup 2003). Desafortunadamente, y tal como se mencionó anteriormente, el total de carbohidratos almacenados por el cuerpo son limitados y a menudo son substancialmente menores que la energía que se necesita en las sesiones de entrenamiento y competiciones a las que los atletas se someten. También se debe considerar que la disminución de los carbohidratos almacenados por el cuerpo es la causa de la fatiga o de la deficiencia del rendimiento durante el ejercicio, particularmente durante sesiones prolongadas (90 min o más) de intensidad submáxima o de alta intensidad intermitente. Esta fatiga puede ser vista tanto en el sistema muscular (fatiga periférica) como en el sistema nervioso central (fatiga central) (Noakes 2000; Nybo 2003). Por consiguiente, entre las estrategias de los atletas se encuentra el consumir carbohidratos antes, durante y en el periodo de recuperación entre los episodios de ejercicios.

Las directrices actuales recomiendan que para una intensidad baja de entrenamiento, los jugadores consuman de 3 a 5 g de carbohidratos/ kg MC/ día. Cuando la intensidad o la duración del entrenamiento se incrementa, es decir cuando los jugadores completan entrenamientos moderados, aproximadamente 1h al día, la ingesta de carbohidratos tendría que ser de 5 a 7 g/ kg MC/ día (Burke et al., 2011). Los requisitos de ingesta sobre esta cantidad, son menos común en atletas de deportes de equipo; sin embargo, durante la pretemporada, cuando es muy importante la condición física del atleta, los carbohidratos diarios deberían oscilar entre 6-10 g/kg MC/ día para soportar de 1 a 3 horas de entrenamiento (Burke et al., 2011). De todos modos, estas tomas tendrían que estar sujetas a los cambios en la composición corporal de cada atleta, que normalmente se aprecian en la pretemporada. La provisión de carbohidratos para distintas situaciones es ilustrado en la tabla 2.

Tabla 2. Carbohidratos diarios necesarios para la provisión de energía y la recuperación

	Situación	Objetivos Carbohidratos g/kg / MC/ día	Tipo y tiempo de ingesta
Suave	Intensidad baja, recuperación o actividades de habilidad específica.	3-5	El tiempo de la ingesta debe promover una rápida reposición de glucógeno, o para proporcionar la ingesta de carbohidratos en torno a las sesiones de entrenamiento del día. Mientras se proporcionen las necesidades de carbohidratos, el patrón de consumo puede ser llevado a cabo según la

Moderado	Programa de ejercicio moderado 1 h al día	5-7	conveniencia y la elección individual. Los alimentos y menús combinados ricos en proteínas y otros nutrientes permitirán al atleta cumplir otros objetivos o crónicas de nutrición deportiva.
Alto	Programa de resistencia o de ejercicio de intensidad moderada a alta 1-3 h al día	6-10	Los atletas pueden escoger fuentes ricas en carbohidratos compactos que sean bajos en fibra y fácilmente consumidos para asegurar que el objetivo de la energía necesaria se cumpla. El atleta debería practicar para encontrar un plan en hidratos de carbono que mejor le vaya a sus objetivos individuales incluyendo necesidades de hidratación y el reposo de los intestinos.
Muy alto	Encuentro extremo de ejercicio de intensidad moderada a alta >3 h al día	8-12	Los productos provenientes de varios carbohidratos transportables (mezcla de glucosa y fructosa) alcanzaran altos niveles de oxidación de los carbohidratos consumidos durante el ejercicio.

Fuente: Adaptado de Burke et al., 2011.

Nota: Estas recomendaciones deberían ser redefinidas con las consideraciones individuales de la energía total que se necesita, y las necesidades específicas de entrenamiento y el feedback en el entrenamiento /competición.

Los carbohidratos almacenados en los músculos y en el hígado tendrían que ser bien administrados antes del ejercicio. Esto resulta particularmente importante cuando los atletas quieren rendir al máximo. Los factores clave en el almacenaje de glucógeno son la ingesta diaria de carbohidratos, y en el caso del almacenaje en los músculos, los ejercicios ajustados o el descanso. En ausencia de daño muscular, los depósitos de glucógeno muscular pueden ser restaurados en ~24 hs de descanso, si se acompaña de una ingesta adecuada de CHO (7-10 g/kg/día) (Burke et al., 1995), aunque cantidades cercanas a los 10g/kg/día pueden ser un poco excesivas para deportes como el fútbol, pero no así para el rugby por ejemplo. De todas maneras, lo más práctico sería programar un día de descanso o entrenamiento liviano previo a la competencia, y al mismo tiempo seguir una alimentación rica en CHO (Burke, 2006).

Hay un número importante de investigaciones que reportan beneficios del rendimiento cuando los carbohidratos se consumen antes y durante el ejercicio de alta intensidad de ~1 hora (Anantaraman et al., 1995; Below et al., 1995; Jeukendrup et al., 1997; Carter et al., 2003; Carter et al., 2005; Rollo & Williams 2009). En realidad, en este tipo de esfuerzos, el cuerpo del atleta tiene la capacidad de almacenar una cantidad de carbohidratos que tendrían que ser suficientes para soportar el partido sin necesidad de un aporte extra. Por esto, no está claro la causa por la cual los carbohidratos adicionales tendrían que suponer una ventaja. Es posible que la toma de carbohidratos mejore la función del cerebro y del sistema nervioso central, reduciendo la percepción de esfuerzo durante el ejercicio. En sintonía con esto, la toma de glucosa no afecta al rendimiento (Carter et al., 2004), aunque un enjuague bucal con una solución con carbohidratos (sin tragar el líquido) mejora el rendimiento en la carrera (Rollo et al., 2010) y en el ciclismo (Carter et al., 2004). La activación potencial de las áreas del cerebro involucradas con la recompensa, a través de la estimulación de los receptores en la boca, se ha citado como el mecanismo potencial, destacando los beneficios metabólicos y centrales de carbohidratos.

La ingesta de carbohidratos durante y después del ejercicio también parece ayudar a la respuesta inmune del ejercicio (Gleeson 2000; Gleeson 2006; Nieman & Bishop 2006; Nieman 2007). Los parámetros inmunes celulares a menudo se reducen o ceden después de un entrenamiento prolongado. Es razonable suponer que la mejora del estado inmunitario, a través de la ingestión de carbohidratos, puede resultar en que el atleta esté menos días enfermo.

La alimentación en las horas previas a la competencia

Resulta claro, por lo comentado en la sección anterior, que un aumento en la ingesta de CHO en combinación con una reducción en la intensidad y/o volumen del entrenamiento en los días previos a la competición, pueden aumentar significativamente los depósitos intramusculares de glucógeno. Sin embargo, cuando la preparación nutricional previa a la competencia no ha sido óptima, si ha habido un período moderado de ayuno (8-12 hs), o si el acceso a CHO durante la competencia se encuentra disminuido o es imposible, entonces la ingesta de CHO en las horas previas a la competencia puede tener un efecto beneficioso sobre la performance.

Es de suma importancia que los jugadores practiquen cualquier estrategia nutritiva previa al ejercicio en los meses previos a la competición, para de este modo poder detectar posibles tolerancias y minimizar los efectos adversos.

En general, las investigaciones sobre la ingesta de CHO pre-competencia se han centrado en dos períodos de tiempo: las 3-4 hs previas a la competencia, o bien los 30'-60' (minutos) antes del comienzo del esfuerzo. En ambos casos, la meta es aumentar la disponibilidad de glucosa para el músculo esquelético, al mismo tiempo que se trata de minimizar el malestar gastrointestinal y los potenciales efectos metabólicos adversos que la hiperinsulinemia puede ocasionar en sujetos susceptibles.

Ingesta de carbohidratos 3 a 4 horas antes del ejercicio

El consumir alimentos y líquidos ricos en hidratos de carbono en las comidas previas al ejercicio es muy importante en aquellas situaciones en las que las reservas de carbohidratos del cuerpo no han sido de todo restauradas y/o cuando el evento deportivo es de una duración e intensidad mayor para agotar las reservas.

Para este caso, la importancia del glucógeno en el fútbol ha dado lugar a la estrategia ampliamente recurrente de la **comida previa al partido**. La ingestión de una comida rica en CHO (aproximadamente entre 140-330 g de CHO) permite incrementar los depósitos de glucógeno muscular (y presumiblemente también el hepático) y mejora la performance (Hargreaves, 2001).

En un partido, los beneficios que se consiguen en las reservas de glucógeno endógeno con el aporte de carbohidratos son relativos a la cantidad que había en un principio y al estado de entrenamiento del músculo. Además, debido a que las reservas hepáticas de glucógeno pueden verse significativamente reducidas luego de una noche de ayuno, la ingesta de CHO posiblemente aumente estas reservas y contribuya, junto con la continua absorción de los CHO ingeridos desde el tubo digestivo, al mantenimiento de la glucosa sanguínea durante el ejercicio. Es interesante destacar que, después de un ayuno durante la noche, la ingesta de una comida que contiene 2,5g de hidratos de carbono por kg de la MC del jugador aumenta el glucógeno muscular hasta un 11-15% y el del hígado en un 33%, 3h después de la ingestión (Taylor et al., 1996; Wu & Williams 2006).

El consumo de CHO en las horas previas al ejercicio a menudo resulta en una transitoria disminución de la glucosa sanguínea al comienzo del ejercicio, un aumento en la oxidación de CHO y una disminución en la movilización de ácidos grasos libres (AGL) (Hargreaves, 2001). Estas perturbaciones metabólicas, si bien pueden persistir durante varias horas luego del consumo de los CHO, no parecen tener un efecto negativo sobre el rendimiento durante el ejercicio, siempre que una mayor disponibilidad de CHO compense la mayor utilización de CHO.

Un estudio que ejemplifica las ventajas de consumir CHO antes de un esfuerzo de resistencia es el realizado por Sherman et al. (1989). Se

evaluó en 10 sujetos el efecto de ingerir un suplemento líquido que aportó 312 g de CHO vs. un placebo 4 hs antes de un esfuerzo intermitente en cicloergómetro (duración total: 95 min.) seguido, luego una pausa de 5 minutos, de una prueba contrareloj en donde los sujetos debían completar una cantidad de trabajo preestablecida lo más rápido posible. El placebo no aportó CHO, mientras que los 312 g de CHO del suplemento representaban una cantidad equivalente a 4,5 g de CHO/kg. Luego de consumir la bebida con CHO se observó una elevación de la insulinemia al comienzo y durante el ejercicio, así como una disminución en la glucemia en los primeros 15 minutos del esfuerzo (la cual luego aumentó y se mantuvo constante). Sin embargo, los sujetos redujeron el tiempo en la prueba contrareloj en 8,3 min., lo que representa una mejora del rendimiento del 15% ($p < 0,05$).

En un sentido práctico, si el acceso a CHO durante el ejercicio va a ser limitado o imposible, consumir 200–300 g CHO entre 3 a 4 h antes del esfuerzo puede ser una estrategia efectiva para buscar mejorar la performance de resistencia.

Ingesta de carbohidratos 30' a 60' (minutos) antes del ejercicio

La ingesta de CHO en la hora previa al ejercicio resulta en un marcado aumento de la glucosa plasmática y la insulina. Por ello, inmediatamente antes del calentamiento o del partido (dependiendo de las preferencias individuales) los jugadores deben ingerir carbohidratos (25-30g) para disminuir la liberación de glucosa del hígado (Howlett et al., 1998). El papel que juega el glucógeno del hígado es el de regular las concentraciones de glucosa en la sangre (euglucemia: 4-5,5 mmol · l⁻¹).

Al comienzo del ejercicio hay una rápida caída de la glucemia, a pesar de que se continúan absorbiendo desde el intestino los CHO ingeridos. Esto se debe a un efecto estimulador combinado, provocado por la hiperinsulinemia y la actividad contráctil sobre el consumo de glucosa por parte del músculo esquelético y por la inhibición del aumento normalmente inducido por la actividad muscular en la producción de glucosa hepática (Hargreaves, 2001). Es interesante como la glucosa en la sangre se aprecia elevada durante actividades repetitivas de sprint y raramente se observa una disminución de las concentraciones que pueden tener impacto en el rendimiento (Krustrup et al., 2006). Estos datos sugieren que el nivel de glucosa que se libera del hígado es suficiente para compensar el uso de glucosa sanguínea durante los 90 min. de actividad futbolística, en jugadores bien alimentados.

Es importante tener en cuenta que si el partido se alarga, es decir, el tiempo extra que se añade, las concentraciones de glucosa en sangre disminuyen y si no se reponen podría provocar hipoglucemia (Foskett et al., 2008). Los síntomas de la hipoglucemia incluyen un funcionamiento subóptimo del sistema nervioso central, lo que podría tener

implicaciones en el rendimiento físico y técnico (Vergauwen et al., 1998; Nybo 2003; McRae & Galloway 2012)

Un aumento en el consumo y la oxidación de glucosa plasmática por parte del músculo esquelético parecería ser el fenómeno que explica la mayor oxidación de CHO observada generalmente cuando se ingieren CHO antes del ejercicio (Costill et al., 1977; Horowitz, Mora-Rodriguez, Byerley, & Coyle, 1997).

La ingesta de CHO pre-ejercicio produce una atenuación en el aumento de los ácidos grasos libres plasmáticos (AGL) que normalmente se observa con el ejercicio, como consecuencia de la atenuación de la lipólisis producida por un aumento en la insulina (Horowitz et al., 1997). Esta menor oxidación de grasas cuando se ingiere una comida rica en CHO antes del ejercicio se debe a una menor disponibilidad de AGL plasmáticos, pero también debido a una inhibición de la oxidación de los triglicéridos intramusculares (TGIM) (Coyle, 1998; Coyle, Jeukendrup, Wagenmakers, & Saris, 1997).

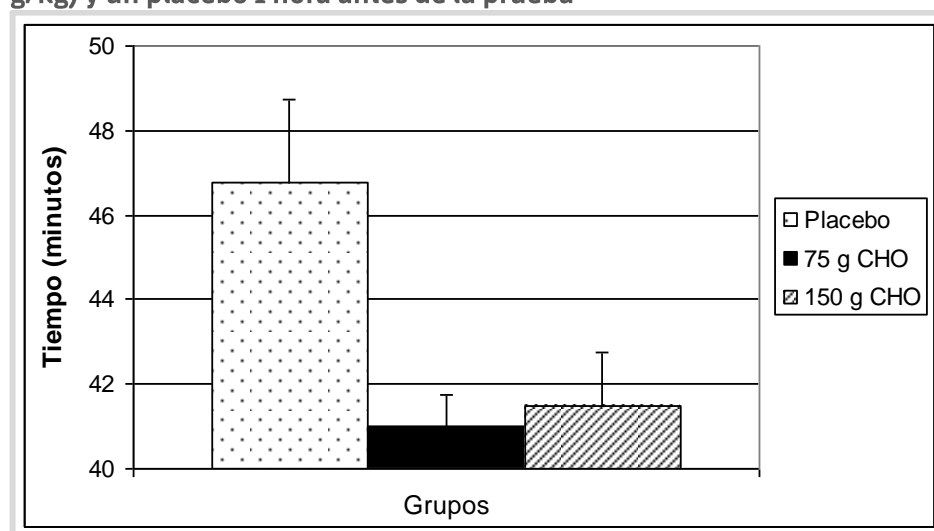
Debido a que todos los efectos metabólicos de la ingesta de CHO pre-ejercicio son consecuencia de la hiperglucemia e hiperinsulinemia resultante, se han investigado numerosas alternativas para minimizar los cambios en la concentración de glucosa e insulina sanguínea antes del ejercicio. Algunos de ellos han sido: a) la ingesta de fructosa u otro tipo de CHO que no sea glucosa con un valor diferente de IG; b) modificar la cantidad de CHO y el horario de consumo; c) la adición de grasas a la comida pre-ejercicio; y d) la inclusión de una entrada en calor antes del ejercicio. En general, si bien estas intervenciones modifican la respuesta metabólica al ejercicio, parece no producir ninguna ventaja significativa sobre la performance física al atenuar la respuesta glucémica e insulinémica pre-ejercicio (Hargreaves, 2001). Además, cuando se ingieren CHO durante el ejercicio prolongado, el IG de la comida pre-ejercicio no tiene un efecto significativo sobre las respuestas metabólicas y la performance (Burke, Claassen, Hawley, & Noakes, 1998).

Las alteraciones metabólicas asociadas a la ingesta de CHO en la hora previa al esfuerzo podrían afectar la performance física. Se ha sugerido que el aumento en la glucogenólisis muscular observado en algunos estudios (Costill et al., 1977) podría resultar en una aparición más temprana de la fatiga durante el ejercicio. Sin embargo, desde la publicación de estos estudios, otros, o bien no han encontrado cambios (Febbraio, Keenan, Angus, Campbell, & Garnham, 2000; Sparks, Selig, & Febbraio, 1998), o han reportado una mejora en la performance física (Kirwan, O'Gorman, & Evans, 1998; Sherman et al., 1991).

A modo de ejemplo comentaremos brevemente los resultados del estudio de Sherman et al. (1991). En este estudio se comparó el efecto de

consumir 2 suplementos líquidos de CHO 1 hora antes de un ejercicio en cicloergómetro. Participaron 9 sujetos que consumieron una bebida que aportó 75 g de CHO (1,1 g CHO/kg), otra que aportó 150 g de CHO (2,2 g CHO/kg) o un placebo no calórico. Los sujetos pedalearon al 70% del VO₂máx. durante 90 min., y luego realizaron una prueba contrareloj (similar a la realizada en el trabajo de Sherman et al. (1989)). El resultado de la prueba contrareloj se observa en la Figura 3. Un dato importante para destacar es que todos los sujetos completaron la prueba de rendimiento en un menor tiempo luego de consumir los CHO. El rendimiento promedio en la prueba contrareloj mejoró un 12,5% cuando se consumió la bebida con 75 g de CHO (1,1 g/kg). Es de resaltar también que el rendimiento no mejoró ni empeoró cuando se consumió el doble de CHO (2,2 g/kg). Es decir que, a pesar de presentar concentraciones plasmáticas de insulina significativamente elevadas, y una caída inicial en la glucemia al comienzo del ejercicio, la ingesta de CHO 60 min. antes del esfuerzo mejoró el rendimiento.

Figura 3. Rendimiento en una prueba contra-reloj en cicloergómetro luego de consumir dos bebidas que aportaron 75 g (1,1 g/kg) o 150 g de CHO (2,2 g/kg) y un placebo 1 hora antes de la prueba



Fuente: Adaptado de Sherman, Peden, & Wright, 1991.

Por lo tanto, a pesar de que la ingesta de CHO en la hora previa al ejercicio tiene efectos metabólicos notorios, que podrían tener consecuencias negativas en personas susceptibles, parece haber muy poca evidencia científica para recomendar la práctica de no consumir CHO durante la hora previa al esfuerzo (Coyle, 1997; Hargreaves, 2001). Además, debe tenerse en cuenta que la ingesta de CHO durante el ejercicio reduce los potenciales efectos negativos que acompañan a la ingesta en la hora previa al esfuerzo.

Es importante resaltar que el desarrollo de una estrategia de alimentación pre-competencia debe ser llevado a cabo de manera individual para cada deportista, y debe someterse a prueba en entrenamiento o en competencias de menor importancia, para así

poder comparar diferentes protocolos de ingesta y ver cuál es el que permite obtener los mejores resultados. Cada deportista debe juzgar los beneficios y las cuestiones prácticas asociadas con la alimentación pre-esfuerzo en su situación particular. En general, la alimentación pre-competencia debe balancear una serie de factores que incluyen también cuestiones como las preferencias individuales, la disponibilidad de alimentos y bebidas, y el confort gastrointestinal.

En el BFC, el tipo, la duración y la cantidad de comidas previas a los eventos son acordadas según las circunstancias individuales de cada atleta, de su experiencia y sus preferencias. Alimentos bajos en grasa, bajos en fibra y con contenido proteico bajo-moderado son los preferidos para las comidas previas a los eventos ya que son menos probables de causar problemas gastrointestinales (Jeukendrup & Killer 2010).

Las estrategias de ingesta aguda de carbohidratos para competencias de diversa duración están referidas en la tabla 3.

Tabla 3. Estrategias de ingesta de carbohidratos agudos. Estas directrices están diseñadas para promover la alta disponibilidad de carbohidratos para promover un rendimiento óptimo en las sesiones clave de entrenamiento y competición

	Situación	Objetivos de Carbohidratos g • kg-1 masa corporal por día	Tipo y duración de la ingesta
Preparación general	Preparación para eventos de hasta 90 min de duración	7-12	Los atletas pueden escoger fuentes ricas en carbohidratos compactos que sean bajos en fibra y fácilmente consumidos para asegurar que el objetivo de la energía necesaria se cumpla y alcanzar objetivos para el reposo de los intestinos o para carreras más ligeras. Puede haber beneficios si se consumen pequeños tentempiés de forma regular.
Carga de carbohidratos	Preparación para eventos de ejercicio superior a 90 min continua / intermitentemente	36-48 h de 10-12	Se puede alcanzar comiendo aumentando las porciones de carbohidratos y comiendo tentempiés entre comidas ricas en carbohidratos.
Comidas previas al evento	Antes del ejercicio >60 min	1-4 g 1-4 h antes del ejercicio	El tiempo, la cantidad y el tipo de alimentos y bebidas con carbohidratos deben ser elegidas para satisfacer las necesidades prácticas del evento y según la experiencia o las preferencias individuales. Se debe evitar escoger alimentos altos en grasa/proteínas/fibra

			<p>para reducir el riesgo de malestares gastrointestinales durante el evento.</p> <p>Escoger un bajo IG puede ocasionar una fuente de energía más sustancial para situaciones en las que los carbohidratos no pueden ser consumidos durante el ejercicio.</p>
Durante el ejercicio de duración corta	<45 min	No se requiere enjuague bucal	Los atletas pueden beneficiarse de mojar la boca con soluciones con carbohidratos.
Durante el ejercicio de alta intensidad continuada	45-60 min	Se requiere poca cantidad / enjuague bucal	
Durante el ejercicio de resistencia que incluye deportes de parada y marcha	1,0-2,5 h	30-60 g • h-1	<p>Las oportunidades para consumir alimentos y bebidas varían según las normas y la naturaleza de cada deporte.</p> <p>Una gama de bebidas y de productos deportivos pueden ofrecer carbohidratos de fácil consumo.</p> <p>Pueden ser útiles diferentes opciones dietéticas diarias y de productos especializados en deporte desde líquidos a sólidos.</p> <p>El atleta debe practicar la ingesta de carbohidratos durante el entrenamiento antes que adoptarlo en la competición. Esto ayudará a determinar</p>

			sus objetivos individuales y las preferencias teniendo en consideración las necesidades de hidratación y el reposo de los intestinos.
Durante ejercicios de ultrarresistencia	>2,5-3 h	Hasta 90 g • h-1	Grandes tomas de carbohidratos se asocian a un mejor rendimiento. Productos que ofrecen múltiples carbohidratos transportables (mezcla de glucosa y fructosa) alcanzan mayores niveles de oxidación de carbohidratos consumidos durante el ejercicio.
Rápida restauración	< 8 h recuperación entre 2 sesiones fuertes o jugando 2 partidos competitivos a la semana.	1,0-1,2 g en las 4 h posteriores al ejercicio, luego reanudar las necesidades de carbohidratos diarios.	El atleta debe practicar para encontrar el mejor plan que satisface sus objetivos individuales incluyendo las necesidades de hidratación y el reposo de los intestinos.

Fuente: Adaptado de Burke et al., 2011.

La hidratación pre-competencia

La deshidratación es probablemente uno de los problemas nutricionales más comunes en el deporte. En la mayoría de las situaciones es factible que la posibilidad de consumir fluidos durante el esfuerzo no sea suficiente para igualar las pérdidas producidas por la sudoración. Por lo tanto, es fundamental que los atletas comiencen la competencia y entrenamientos bien hidratados. Esto cobra aún más relevancia cuando existe la posibilidad de que los sujetos no hayan logrado recuperar su balance de fluidos corporales luego de esfuerzos previos.

Una recomendación general que podría resultar útil para la mayoría de los deportistas es consumir un volumen equivalente a 5 mL de fluido por kg de peso corporal antes de que comience el evento. Un plan un poco más detallado podría ser consumir 300-600 mL en la comida pre-competencia y luego 300-450 mL unos 15-20 min. antes de que

comience el evento (Burke, 2006). Otra recomendación para la pre-hidratación es consumir ~5-7 mL/kg al menos 4 hs antes de comenzar. Si el sujeto no orina o la orina es oscura, debería consumir más fluido (~3-5 mL/kg) cerca de 2 hs antes de que empiece la competencia (Sawka et al., 2007). Comenzar la pre-hidratación varias horas antes, permite tener tiempo suficiente para orinar por si hiciera eliminar algún potencial exceso de fluido.

Aunque el agua podría ser una opción adecuada para la pre-hidratación, el uso de bebidas deportivas (i.e., soluciones de CHO y electrolitos) podría ser una buena idea, especialmente para antes de eventos de mayor duración, ya que permite aportar tanto fluidos como CHO.

3.2.2 Deportes de fuerza, velocidad y/o potencia

La fuerza y la potencia son factores importantes en el rendimiento de numerosos deportes. Esto es quizás más evidente en deportes donde los atletas deben manifestar altos niveles de estas capacidades en un esfuerzo individual (p. ej., levantamiento olímpico o lanzamientos atléticos), pero la capacidad de producir fuerza, y en especial potencia, también juega un rol clave en el rendimiento de muchas otras disciplinas deportivas.

Debido al gran número y variedad de disciplinas deportivas que podríamos abarcar al abordar aquellas que dependen, en alguna medida, de la fuerza y la potencia, en este material no haremos un abordaje profundo de cada una de ellas, sino que describiremos los aspectos nutricionales generales aplicados al entrenamiento de la fuerza.

Para maximizar los resultados del entrenamiento, el deportista debería seguir un plan de alimentación que permita soportar un plan de entrenamiento exigente, que genere un ambiente hormonal que favorezca las reacciones anabólicas y reduzca el catabolismo, y que aporte todos los nutrientes necesarios, en tiempo y forma, para el logro de las adaptaciones buscadas.

Los principales factores nutricionales de interés en este plan de alimentación son el logro de un balance energético positivo, una ingesta proteica adecuada y el óptimo aporte de nutrientes (en cuanto a tipo, cantidad y momento) en relación a los entrenamientos de fuerza. El último punto mencionado se podría resumir bajo el concepto de "timing", es decir, el aporte oportuno y coordinado de los nutrientes claves, en función del estímulo (sesión de entrenamiento) para lograr una optimización en las adaptaciones, y de esta manera llevar a cabo

un entrenamiento más eficiente que, en última instancia, permita una mejora en el rendimiento.

Ingesta de energía

Lo primero que debemos tener en cuenta es que para la modificación del peso corporal debemos alterar el balance energético², ya sea produciendo un balance energético negativo si nuestro objetivo es bajar de peso, o bien un balance energético positivo si lo que buscamos es aumentar de peso. Si bien esto da la sensación de que manipular el balance energético es algo simple, lo cierto es que varios factores pueden afectar la habilidad de un sujeto para lograrlo. Estos factores pueden ser inherentes a la modificación de los componentes de la ecuación del balance energético, aunque también influyen otros factores que son propios de cada sujeto, y que necesitan ser tenidos en cuenta. Estos factores pueden estar relacionados a la herencia genética, el estilo de vida, las condiciones sociales y aspectos conductuales, la etapa evolutiva que atraviesa, así como los hábitos alimentarios y la práctica de actividad física (Manore & Thompson, 2007).

El aumento de peso del deportista, entonces, da la impresión de ser algo simple: bastaría con aumentar la ingesta energética un poco. Sin embargo no lo es, y muchos atletas encuentran problemas a la hora de lograr un balance energético positivo. Además, se busca un aumento de peso a expensas del tejido magro y no un simple aumento de peso, que puede ser consecuencia de un aumento de tejido graso, por lo que la calidad de esa energía extra que permite lograr un balance energético positivo es un aspecto importante.

El programa destinado al aumento de peso de un atleta debería comenzar por el desarrollo de un plan de fuerza con las características adecuadas para el aumento de la masa muscular, conjuntamente con una alimentación energéticamente densa, que lo sitúe en un balance energético positivo. También se debería prestar atención al descanso y la recuperación, ya que esto es fundamental para la síntesis de nuevos tejidos. Se debería de manejar una meta de aumento de peso lógica y realista, por ejemplo, un aumento de peso de entre 0,25 y 0,5 kg/semana suele ser apropiado (aunque esto dependerá mucho de las características de cada sujeto, en particular de su genética y la historia de entrenamiento de fuerza que posea). Si el aumento es demasiado o se produce muy rápido, entonces es posible que se esté aumentando también la masa grasa.

Un balance energético positivo va a promover un aumento en el peso corporal, generalmente a expensas tanto del aumento de la masa magra como de la masa grasa. Sin embargo, existe una gran

² Revisar los temas relacionados en el material de la unidad 2 del curso.

variabilidad en la respuesta de cada sujeto en cuanto a la cantidad y la distribución del peso ganado (Bouchard et al., 1990).

La magnitud en el aumento de las necesidades energéticas y el grado de balance energético positivo que es necesario para maximizar los aumentos de masa muscular y minimizar los aumentos de masa grasa no han sido estudiados en profundidad entre los deportistas. En parte, esto se debe a la complejidad y las intrincadas relaciones que existen entre el metabolismo energético y el de las proteínas.

Al revisar las recomendaciones hechas por diferentes autores sobre este punto, la literatura no es muy vasta, pero la mayoría coincide en recomendar aumentos modestos en la ingesta energética para maximizar la ganancia de tejido magro y minimizar los aumentos de masa grasa. La recomendación es estimar el gasto energético diario del sujeto y a esto sumarle un pequeño "plus" de energía, para facilitar el logro de un balance energético positivo. Algunos autores sugieren aumentos tan discretos como 200 kcal/día, o de 3 kcal/kg de peso (Butterfield, 1991). Otros proponen un aumento de entre 300-500 kcal/día sobre el gasto energético estimado, manteniendo una distribución normal entre los macronutrientes en la dieta (Manore & Thompson, 2007).

Al igual que lo que sucede con la disminución del peso corporal, debido a lo complejo que es manejar esta situación, se le suele recomendar a los atletas que utilicen el período de receso competitivo (fuera de temporada) para llevar a cabo este plan.

Ingesta de carbohidratos

Muchos atletas de deportes de fuerza y potencia no le encuentran importancia al consumo de CHO de sus dietas. De hecho, las necesidades de CHO en esta población deportiva han sido mucho menos investigadas que las de otras especialidades deportivas. Sin embargo, la ingesta de CHO puede jugar un rol importante en optimizar las adaptaciones producidas por el plan de entrenamiento de fuerza. Esto puede darse a través de dos vías diferentes. En primer lugar, un adecuado aporte de CHO a los deportistas de fuerza y potencia les permitiría entrenar más intensamente, es decir que tendría un **efecto ergogénico directo**, optimizando de esta manera las adaptaciones al entrenamiento. En segundo lugar, la ingesta de CHO podría promover un **ambiente hormonal celular favorable** para un balance energético neto positivo (i.e., síntesis de proteínas > degradación de proteínas) de proteínas musculares, o para la mejora de otros aspectos de la recuperación y adaptación al entrenamiento.

No se han reportado en la literatura estudios longitudinales que hayan evaluado la ingesta diaria total de CHO en los resultados asociados al

entrenamiento de la fuerza. Sin embargo, se han realizado algunos estudios donde se evaluó el efecto de la suplementación aguda con CHO antes y/o durante una sesión de fuerza sobre diferentes aspectos del rendimiento en dichas sesiones. Los resultados son un tanto conflictivos, ya que si bien algunas investigaciones reportaron efectos favorables con el consumo de CHO, otras no encontraron los mismos efectos. Varios factores pueden explicar estas diferencias, pero en general se cree que el principal tiene que ver con la cantidad de glucógeno utilizado durante la sesión. Por lo tanto, es más probable que la ingesta de CHO tenga un efecto ergogénico cuando se trata de sesiones prolongadas (~60 min. o más), que involucren un elevado volumen de trabajo, es decir, similar a los trabajos realizados en las fases de hipertrofia cuando se llevan a cabo entrenamientos periodizados de la fuerza (Haff, Lehmkuhl, McCoy, & Stone, 2003).

En conclusión, si bien los datos disponibles parecen mostrar un efecto positivo del consumo de CHO sobre diferentes aspectos de las respuestas metabólicas al entrenamiento de fuerza, estos son insuficientes para proponer recomendaciones precisas. Sin embargo, parece razonable recomendar a los atletas la ingesta de CHO de manera estratégica en relación a las sesiones de entrenamiento. El consumo de CHO antes y durante las sesiones permitirá mantener una disponibilidad de glucosa más adecuada durante esfuerzos prolongados. El consumo de CHO posterior a la sesión, si bien parece tener un efecto menor sobre el balance neto de proteínas musculares (i.e., síntesis menos degradación de proteínas), tendrá un efecto favorable sobre la resíntesis de glucógeno, lo cual será positivo para llevar a cabo la siguiente sesión de entrenamiento.

Si bien es cierto que la dieta de los deportistas de fuerza y potencia no requiere cantidades significativas de CHO, comparada con otras especialidades deportivas (p. ej., resistencia), esto no es razón para recomendar una restricción deliberada de CHO, ni el uso de dietas de muy bajo contenido de CHO como muchas dietas de moda (p. ej., Atkins). Por lo tanto, se debería aportar una cantidad normal de CHO (i.e., 5 a 6 g/kg/día), aunque esto debería ajustarse según el nivel de exigencia del plan de entrenamiento.

Requerimientos de proteínas

Debido a que el cuerpo no es capaz de sintetizar todos los AA necesarios para la síntesis de proteínas (i.e., AA esenciales), y que la reutilización de los AA provenientes del catabolismo de las proteínas corporales no es 100% eficiente, es necesario aportar diariamente a través de la alimentación una cierta cantidad de proteínas (Phillips, 2002).

La controversia acerca de los requerimientos de proteínas de las personas físicamente activas, y de las que entrenan la fuerza en particular, parecería estar centrada en el concepto de “adecuado” (i.e., cuál es la cantidad de proteínas necesarias para hacer frente al estrés que impone el ejercicio físico). Con respecto a esto, se observó que ocurre un aumento en la síntesis de proteínas cuando la cantidad ingerida es suficiente (1,4 g/kg/día) para cubrir las demandas del entrenamiento versus una dieta insuficiente (0,85 g/kg/día). Sin embargo, cuando se aporta una cantidad excesiva de proteínas no se tendrá un “efecto anabólico extra”, sino que inducirá a un aumento en la oxidación de AA (dieta 1,4 vs. 2,4 g/kg/día). (Tarnopolsky et al., 1992).

Otro aspecto importante es que la cantidad de proteínas requeridas en la dieta, tanto para mantener como para aumentar los depósitos de proteínas corporales, está estrecha e inexorablemente relacionada con la cantidad de energía que nos aporta nuestra dieta (Butterfield, 1991; Phillips, 2002; Tarnopolsky, 2006). Si consumimos suficiente energía nuestros requerimientos de proteínas serán menores que si llevamos a cabo una alimentación hipocalórica.

De todos modos, parecería ser que los deportistas presentan requerimientos de proteínas un poco más elevados que los sujetos sedentarios (especialmente cuando esto ha sido estimado a partir de estudios que han utilizado el balance de nitrógeno). En términos generales, se sugiere una ingesta de proteínas que oscile entre 1,2 y 2 g/kg de peso corporal/día. Una recomendación más detallada, que contempla diferentes situaciones, puede observarse en la Tabla 4. Sin embargo, se debería tener presente que estos valores son sólo una guía, y que, para establecer el requerimiento óptimo de proteínas se deberían tener en cuenta otros factores; no sólo el deporte que se practica, sino situaciones particulares propias de cada deportista, como las metas que se haya fijado (p. ej., bajar de peso) o las características particulares de su programa de entrenamiento.

Es importante destacar que si bien el valor máximo usualmente recomendado (2 g/kg/día) supera en más del doble el valor correspondiente a las personas sedentarias (0,8 g/kg/día), esta cantidad de proteínas es relativamente fácil de cubrir con una alimentación natural y variada, no siendo imprescindible el consumo de suplementos de proteínas, especialmente cuando los deportistas consumen suficiente energía en su dieta e incluyen alimentos fuentes de proteínas de alto valor biológico (Tarnopolsky, 2006; Tipton & Witard, 2007).

Tabla 4. Requerimientos estimados de proteínas para diferentes poblaciones deportivas y sujetos sedentarios

Grupo	Requerimiento de Proteínas (g/kg/día)
Hombres y mujeres sedentarios	0,8 - 1
Atletas de resistencia recreacionales	0,8 - 1
Atletas de resistencia, entrenamiento	1,2
Atletas de resistencia (elite)	1,6
Deportes de fuerza-potenciación	1,4 - 1,7
Deportes de fuerza: comienzo del programa de entrenamiento	1,5 - 1,7
Deportes de fuerza: mantenimiento	1 - 1,2
Atletas adolescentes	1,5 - 2
Atletas mujeres	~15% menos que los varones

Fuente: Adaptado de Tarnopolsky, 2006.

Nota: (a): entrenamiento equivalente a 4-5 veces x semana, durante 30', a menos del 55% VO₂máx.; (b): entrenando aproximadamente 4-5 veces x semana, entre 45' y 60'; (c): entrenamientos que demandan tanto el entrenamiento de sobrecarga, con entrenamientos aeróbicos y de potencia (por ej., rugby o fútbol americano).

Efecto del tipo de nutrientes y el momento de la ingesta en el metabolismo de las proteínas musculares

Hasta no hace mucho tiempo la discusión sobre los requerimientos de proteínas de los deportistas parecía girar exclusivamente alrededor de la cantidad total diaria de proteínas que era necesario consumir. Sin embargo, en los últimos años se ha acumulado abundante evidencia de que las necesidades de proteínas no solo pasan por un valor total diario a alcanzar, sino que otros factores pueden ser tan o más importantes, como por ejemplo, el tipo de proteínas o AA a consumir, el momento en que se los consume, y si el consumir simultáneamente algún otro nutriente (p. ej., CHO) tiene algún beneficio extra. Por lo tanto, más allá de establecer un requerimiento proteico dado, cosa que para algunos autores (dada la complejidad del tema) es casi imposible (Tipton & Wolfe, 2004), otros factores importantes que deberían ser tenidos en cuenta por el deportista son el qué consume y cuándo lo hace.

El ejercicio de fuerza provoca un aumento en la tasa de **síntesis de proteínas musculares (SPM)** en el período de recuperación post-esfuerzo, pero conjuntamente con este aumento, se produce también un incremento en la tasa de degradación. Por lo tanto, el balance neto de proteínas continúa siendo negativo hasta tanto no se aporten AA al músculo (Tipton, Ferrando, Phillips, Doyle, & Wolfe, 1999). También parece ser que la composición de los AA suministrados en la recuperación puede influenciar la respuesta del balance neto de

proteínas musculares, ya que con sólo administrar AA esenciales (AAE) se logra estimular la síntesis de proteínas, lo que hace suponer que el aporte de AA no esenciales no es necesario (Borsheim, Tipton, Wolf, & Wolfe, 2002; Tipton et al., 1999).

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la dosis de AA que se aporta. La dosis mínima efectiva de AA necesaria para incrementar la SPM por encima de valores basales o post-entrenamiento de fuerza en situación de ayuno es de ~3-6 g de AAE (Borsheim et al., 2002; Cuthbertson et al., 2005; Miller, Tipton, Chinkes, Wolf, & Wolfe, 2003), mientras que la dosis que estimularía la SPM a nivel máximo, tanto en reposo (Cuthbertson et al., 2005), como luego del entrenamiento de fuerza (Moore et al., 2009), ronda los 8-10 g de AAE.

Estudios recientes han puesto en duda el papel de la ingesta de CHO, y la concomitante hiperinsulinemia, para el logro de una óptima respuesta en el recambio de proteínas musculares. Por ejemplo, el estudio realizado por Koopman et al. (2007) tuvo por objetivo evaluar el efecto de diferentes cantidades de CHO consumidos conjuntamente con una cantidad suficiente de proteínas, en la SPM luego del ejercicio de fuerza. Diez hombres jóvenes participaron en 3 experimentos. En cada uno de ellos realizaron una sesión de fuerza (~1 h de duración) y fueron estudiados durante 6 hs de recuperación, donde cada 30 min., consumieron una de las siguientes 3 bebidas: a) PRO, contenía solo proteínas (0,3 g/kg/hora), b) PRO + LCHO, proteínas con una baja dosis de CHO (0,3 g PRO/kg/hora + 0,15 g CHO/kg/hora), c) PRO + HCHO, proteínas con una alta dosis de CHO (0,3 g PRO/kg/hora + 0,6 g CHO/kg/hora). No se registraron diferencias en la tasa de síntesis fraccional (FSR) de proteína muscular entre las diferentes bebidas. En resumen, parece ser que cuando la dosis de proteínas consumida es adecuada, el consumo de CHO durante la fase de recuperación del ejercicio de fuerza no es necesario para maximizar la SPM (Koopman et al., 2007; Phillips, 2011, Phillips, 2014).

Las proteínas en general, según su tasa de digestión, se pueden diferenciar en proteínas “rápidas” (e.g., proteínas de suero de leche [whey] o de soja) o “lentas” (e.g., la caseína de la leche) según la velocidad a la que sus AA son absorbidos y aparecen en la circulación (Burd, Tang, Moore, & Phillips, 2009; Phillips, 2011).

Otro factor importante que puede modular el efecto anabólico de la ingesta de diferentes proteínas, además de su tasa de digestión, es el contenido de AA de la proteína específica. Esto significa que diferentes proteínas consideradas nutricionalmente completas (i.e. de “alta calidad”) pueden dar origen a una diferente amplitud y duración en la elevación en plasma de los AA esenciales, y de leucina en particular, lo que terminará afectando el grado en el que se estimulará la síntesis de proteínas, especialmente a nivel muscular (Phillips, 2009; Phillips, 2011).

Tang, Moore, Kujbida, Tarnopolsky, & Phillips (2009) llevaron a cabo un estudio en el que comparó la respuesta de la SPM a la ingesta de 3 proteínas de alta calidad, pero de diferentes tasas de digestión, tanto en reposo como luego de un entrenamiento de fuerza. Participaron del estudio 18 varones jóvenes, separados en 3 grupos. Cada grupo consumió una cantidad equivalente (~21 g) de un tipo de proteína (whey, caseína o soja), luego de la sesión de fuerza. En la condición de reposo, la ingesta de whey y soja produjo una FSR significativamente mayor que la ingesta de caseína. Luego del ejercicio de fuerza, la FSR fue significativamente mayor que la registrada en reposo en los 3 grupos, y si bien nuevamente los valores obtenidos con whey y soja fueron significativamente mayores que los de caseína, también se observó que la respuesta inducida por la ingesta de whey fue significativamente más elevada que soja.

Debemos preguntarnos también, si es que existe una relación dosis-respuesta entre la cantidad de proteína ingerida y la estimulación de la SPM luego del ejercicio de fuerza. No hay muchos estudios publicados al respecto. Recientemente Moore et al. (2009) llevaron a cabo un estudio que examinó la respuesta de la SPM a diferentes dosis de proteína de huevo (0, 5, 10, 20 y 40 g) luego del ejercicio de fuerza. El principal resultado fue que aumentar la dosis de proteína ingerida estimula la SPM en una relación dosis-respuesta hasta los 20 g de proteína consumida (equivalente a ~8,5 g de AAE); cantidad a partir de la cual no se observa una mayor SPM, pero sí una mayor oxidación de AA. Cuando esta dosis óptima se expresa en función del peso corporal, equivaldría a 0,25 g/kg aproximadamente (Phillips, 2014).

Algunas investigaciones han abordado este tema en el contexto de los alimentos completos, aunque son menos abundantes. Han sido publicados algunos estudios otros que señalan el efecto positivo del consumo de leche en la fase de recuperación luego de una sesión de fuerza. Por ejemplo, Wilkinson et al. (2007) examinaron el efecto de cantidades isonitrogenadas e isoenergéticas de bebidas a base de proteínas de soja y leche (745 kJ; 18,2 g de proteínas; 23 g CHO; 1,5 g grasas) sobre el balance neto y la FSR de las proteínas musculares luego de una sesión de fuerza. Las diferentes tasas de digestión de las proteínas, probablemente junto con su diferente composición de AA, dieron respuestas diferentes, a pesar de ser ambas proteínas completas de alta calidad. El resultado principal fue que, si bien ambas bebidas permitían lograr un balance neto positivo de proteínas y un aumento en la FSR de proteína muscular luego de la sesión de fuerza, el efecto observado con el consumo de la bebida a base de leche fue mayor.

Si bien existe gran evidencia que apoya el efecto benéfico de la ingesta de diferentes combinaciones de nutrientes en el período posterior a un entrenamiento de fuerza, un aspecto que aún genera cierta polémica es

cuál es el momento más indicado para hacerlo. Más allá de ciertas discrepancias entre los diferentes estudios que han abordado este tema, la información disponible parece sugerir que el aumento en la disponibilidad de AA en el período temporal próximo a la sesión de fuerza (ya sea antes, durante o después) es beneficioso para garantizar las adaptaciones al entrenamiento de fuerza. Al respecto algunos autores proponen que la **“ventana anabólica”** en la que se deberían de consumir los AA o proteínas para lograr los mayores aumentos de masa muscular es probablemente el período de los 30-45 min. previos y/o dentro de las 2 horas post-sesión (Phillips, Tang & Moore, 2009).

3.2.3 Deportes intermitentes

El ejercicio intermitente se caracteriza por estar compuesto por esfuerzos de alta intensidad que se alternan con períodos donde se realizan esfuerzos de menor intensidad o incluso a veces de descanso. Esta característica distintiva de este tipo de esfuerzos trae aparejada una serie de demandas fisiológicas muy diferentes de las que caracterizan a los esfuerzos de resistencia prolongados que analizamos en la sección anterior.

Este tipo de actividad suelen abarcar una enorme gama de deportes (la mayoría de los deportes de equipo y también muchos deportes individuales), y si bien suelen presentar algunas características en común, para facilitar su análisis se los suele agrupar, en tres grandes grupos:

- 1) Deportes colectivos de campo (p. ej., fútbol, rugby, hockey sobre césped, etc.).
- 2) Deportes colectivos de cancha (p. ej., básquetbol, voleibol, etc.).
- 3) Deportes de raqueta.

En esta sección del material nos centraremos en el primero de estos grupos, por ser los más estudiados dentro del área de la ND aplicada a los esfuerzos intermitentes.

Características generales de los deportes de equipo

La mayoría de los deportes de equipo de campo pueden ser considerados, en función de su duración, como esfuerzos prolongados o incluso de resistencia, ya que suelen durar entre 60 y 90 min.. Sin embargo, sería un error considerarlos de las mismas características que un esfuerzo continuo y prolongado, como los analizados en la sección anterior, sólo por el hecho de que en algunos casos poseen duraciones similares. Algunas de las características distintivas de este tipo de actividades se resumen a continuación:

- Se alternan pasajes de juego de elevada intensidad, con actividades de menor intensidad (caminata, trote), o incluso a veces de pausa.
- El juego incorpora interrupciones en su dinámica. Estas pueden ser pausas formales (“entre-tiempos”), o informales (por sustitución de jugadores, lesiones, violación del reglamento, etc.).
- La dinámica de juego de los diferentes puestos dentro de un equipo, o incluso en los estilos de juego entre los equipos, puede variar en gran medida. Esto hace que en un mismo deporte pueda haber diferentes demandas (tanto físicas como fisiológicas) sobre los jugadores, que traigan aparejadas diferentes necesidades desde el punto de vista nutricional.
- Una de las características principales en estos deportes es que el régimen de trabajo en la competencia no es predecible. A priori, es muy poco lo que se puede adelantar acerca de lo que sucederá en un encuentro, por lo que se hace complicado hacer una evaluación precisa de cuáles serán los desafíos nutricionales que deberán afrontar los jugadores en cada competencia.
- Si bien en algunos deportes se han realizado estimaciones del patrón de actividades que llevan a cabo los jugadores (p. ej., distancia total recorrida, tiempo o distancia cubierta a diferentes velocidades, etc.), estos cálculos generalmente subestiman el gasto energético durante el juego, ya que las aceleraciones, desaceleraciones, los cambios de dirección, el manejo del balón, etcétera, aumentan el costo energético.
- Existen diferentes modelos de competición. Pueden haber varias alternativas, pero las más comunes suelen ser: a) una liga o temporada regular; b) “play-offs”, donde se juegan fases previas antes de la fase final; c) un torneo (varios partidos jugados en un breve período de tiempo). Cada uno impone estrategias diferentes a la hora de planificar el entrenamiento y los períodos de recuperación. También suele variar la cantidad de competencias que tienen que realizar los deportistas e incluso se suelen superponer distintas competencias. Todo esto impone un verdadero desafío a la planificación de las estrategias nutricionales (tanto de entrenamiento como de competición) que deben utilizar los deportistas para el logro de sus metas nutricionales.
- Por último, otra característica distintiva en este tipo de deportes es que el rendimiento suele estar determinado por una compleja combinación de determinantes físicos/fisiológicos así como de habilidades coordinativas.

Cuestiones nutricionales comunes a los deportes de equipo

Las necesidades nutricionales que imponen los deportes de equipo de campo son complejas y variadas. En algunos casos, intentar dar cuenta de ellas representa todo un desafío para los deportistas. Estas necesidades incluso pueden ir cambiando a lo largo de la temporada, de acuerdo a la fase de la temporada que se esté transitando. Si bien resulta claro que hay diferencias en las necesidades nutricionales entre los diferentes deportes, a veces también existen diferencias incluso dentro de un mismo equipo.

A continuación resumiremos algunos puntos comunes que deben ser tenidos en cuenta por los deportistas de equipo de campo, diferenciándolos según se traten de la competencia o del entrenamiento:

Entrenamiento:

- Lograr cubrir requerimientos de energía elevados, especialmente en períodos muy exigentes de entrenamiento (pretemporada; “doble turnos”, etc.), durante fases de entrenamiento de fuerza destinados al desarrollo de la masa muscular, o durante períodos de crecimiento como la adolescencia.
- Alcanzar elevadas ingestas de CHO para permitir una óptima repleción de los depósitos corporales de glucógeno.
- Consumir una adecuada cantidad de proteínas que permita hacer frente al entrenamiento exigente, los procesos de recuperación y la adaptación al entrenamiento.
- Prestar atención a la ingesta de CHO y fluidos durante sesiones prologadas de entrenamiento.
- Llevar a cabo programas de educación nutricional alimentaria que mejoren los conocimientos de los deportistas en cuestiones claves relacionadas a la nutrición.

Competencia:

- Consumir una comida pre-competencia.
- Administrar la ingesta de fluidos y CHO durante el partido.
- Reponer las reservas de combustibles y rehidratarse adecuadamente entre las competencias, especialmente durante los torneos.
- Planificar la nutrición óptima cuando los atletas deben viajar para competir.
- Reducir o controlar al mínimo la ingesta de alcohol, especialmente luego de la competencia, para no entorpecer el proceso de recuperación.

A continuación desarrollaremos brevemente dos aspectos básicos de la alimentación en deportes de equipo: la ingesta de CHO y el consumo de fluidos para mantener un óptimo estado de hidratación.

Consumo de carbohidratos en deportes de equipo

La poca disponibilidad de datos hace difícil desarrollar guías precisas en cuanto a la ingesta de CHO para este tipo de eventos. De todos modos, parece lógico pensar que en aquellos deportes donde haya un patrón de juego más exigente, o incluso en un mismo deporte o equipo, los jugadores que suelen tener mayores exigencias durante los entrenamientos o partidos deberían de prestar más atención a una adecuada ingesta de CHO.

Un estudio en jugadores de fútbol reportó que una dieta alta en CHO (~8 g/kg/día) aumentó en mayor medida los depósitos musculares de glucógeno y le permitió a los jugadores completar una mayor cantidad de trabajo (~33%) a elevada intensidad durante la simulación de un partido 4 vs. 4 de 90 min. de duración, comparado con el consumo de una dieta baja en CHO (Balsom, Wood, Olsson, & Ekblom, 1999).

Si bien hacen falta más estudios para poder proporcionar recomendaciones más claras a los jugadores de deportes colectivos, parece razonable establecer como meta 5 a 7 g CHO/kg/día para aquellos deportes que no tienen una dinámica de juego muy exigente, para situaciones de entrenamiento o competencia no muy demandantes, o para jugadores con bajos requerimientos de energía. En el caso de jugadores que tienen demandas más importantes y desean maximizar sus reservas de glucógeno muscular entre las sesiones o partidos sería necesario subir ingesta a 7-10 g CHO/kg/día.

Balance de fluidos y rendimiento en deportes de conjunto

El efecto de la deshidratación sobre el rendimiento en esfuerzos continuos y prolongados ha sido ampliamente estudiado. En este tipo de esfuerzos, la deshidratación se ha asociado con una disminución en la capacidad y el rendimiento de resistencia, así como con una menor capacidad de termorregulación, especialmente en ambientes calurosos. También se ha observado que reduce el vaciado gástrico y aumenta el riesgo de sufrir malestares gastrointestinales; estos dos factores de una gran importancia, ya que dificultan aún más la reposición de líquidos y CHO.

Sin embargo, en esfuerzos de tipo intermitente, como los que caracterizan a los deportes de equipo, el impacto de la hipohidratación ha sido mucho menos estudiado. A pesar de esto, es esperable que tanto la capacidad de resistencia, como el rendimiento se vean negativamente afectados por estados de hipohidratación. Inclusive,

debido al hecho de que los deportes de equipo no se caracterizan sólo por representar esfuerzos de naturaleza intermitente, sino también por depender de habilidades coordinativas y funciones mentales (relacionadas a la lectura de juego y la toma de decisiones), es probable que la hipohidratación tenga un efecto mayor en este tipo de deportes, que en aquellos que se caracterizan más por un rendimiento de tipo locomotor (como la carrera o el ciclismo). Se ha observado que niveles de hipohidratación tan bajos como la pérdida del 2% del peso corporal pueden afectar negativamente el funcionamiento mental.

Por todo esto, a continuación resumiremos una serie de recomendaciones para el mantenimiento del balance de fluidos corporales y la minimización del efecto de la hipohidratación (Burke, 1997):

- 1)** En condiciones ambientales moderadas, es decir donde no hay un gran estrés térmico, tratar de mantener un déficit que se ubique debajo del 1 - 1,5% del peso corporal previo al entrenamiento. En condiciones de calor, sería más práctico flexibilizar un poco esta meta, y tratar de mantener un déficit menor al 2%.
- 2)** En ambientes cálidos (p. ej., cuando se superan los 25°C, y el 60% HR), revisar las vías por las que se puede acumular un calor excesivo. En algunos casos es posible modificar alguna de ellas para reducir el estrés térmico (especialmente en los entrenamientos). Por ejemplo, se podría tener en cuenta la hora del día, la duración de la sesión, el tiempo de trabajo sin pausa para tomar fluidos, y la vestimenta que se utiliza, entre otras cosas.
- 3)** Los jugadores pueden conocer sus típicas pérdidas de sudor, y en diferentes condiciones ambientales, con la simple costumbre de pesarse antes y después de un entrenamiento o partido. Esto no solo permitiría monitorear el éxito de las estrategias de reposición de fluidos, sino también identificar a los jugadores que son susceptibles de sufrir grandes pérdidas de sudor.
- 4)** Lo ideal sería que los jugadores empezaran la sesión o el partido en un estado de euhidratación. En caso de que no lo estén completamente, consumir 500 mL 2 horas antes del partido puede ser de utilidad.
- 5)** Las oportunidades para consumir bebidas deberían de ser identificadas y optimizadas. Esto es más fácil de manejar en el entrenamiento que en los partidos. De todos modos, durante la competencia, el entretiempo, las detenciones formales del juego (por una lesión, sustituciones, o cuando se marca un gol),

pueden ser algunos momentos útiles para la reposición de fluidos.

- 6) Un plan de hidratación debería de compensar al menos el 80% de las pérdidas por sudor, aunque en algunas ocasiones esto puede no ser práctico o posible (especialmente cuando se trata de jugadores que presentan elevadas tasas de sudoración).
- 7) El acceso a las bebidas durante los partidos debería ser organizado previamente. Este es un factor clave, debido a que a pesar de que el jugador sepa que debe beber, si luego no resulta fácil hacerlo, entonces no tiene mucho sentido ese conocimiento. Entre los puntos a considerar se debería tener en cuenta:
 - Que haya un adecuado abastecimiento de bebidas para permitirle a los jugadores cubrir sus necesidades de fluidos antes, durante y después del entrenamiento o partido;
 - Utilizar botellas individuales suele ser útil para llevar un control de cada jugador;
 - Organizar el cuerpo técnico para que puedan acercarle bebidas a los jugadores cuando la situación de juego lo permita;
 - Alentar a los jugadores para que consuman fluidos cuando tengan la oportunidad de hacerlo.
- 8) Otro punto importante a tener en cuenta es la palatabilidad y la temperatura de las bebidas, ya que estos factores son claves para estimular su consumo.
- 9) Las bebidas deportivas ofrecen una “doble ventaja” con respecto al agua: a) ayudan a reponer no solo fluidos, sino también electrolitos; y b) también aportan CHO.
- 10) Teniendo en cuenta que se va a producir algún grado de hipohidratación (especialmente durante los partidos), la rehidratación post-esfuerzo es una parte fundamental del plan de recuperación. Se debería reponer el 150% del peso perdido, debido a que parte del fluido que se consume se pierde por orina. En la medida de las posibilidades se deberían priorizar bebidas con CHO y electrolitos.
- 11) Por último, destacar un principio clave de la nutrición deportiva aplicable a cualquier manipulación nutricional, incluidas las relacionadas a la reposición de fluidos: el “plan de hidratación” para los partidos se debe practicar y poner a prueba en entrenamiento, para observar los inconvenientes que se pueden presentar y la respuesta individual de cada jugador, y hacer los ajustes que se consideren necesarios.

3.2.4 Deportes por categoría de peso

Una característica distintiva de estos deportes es que forma parte de su cultura el tener que **“dar el peso”** de su categoría. Dar el peso refiere a los procesos utilizados por los deportistas para perder peso a fines de calificar en una categoría que está por debajo del peso natural del sujeto (Wright & Garthe, 2014).

Si bien se han hecho algunos cambios en las reglas de pesaje en algunos deportes y varias organizaciones médicas relacionadas al deporte han alertado sobre los potenciales riesgos que estas prácticas implican, aún hay deportistas que utilizan prácticas riesgosas para dar el peso.

Es muy común que los sujetos que compiten en estos deportes realicen **ciclos de peso**, es decir, etapas donde se alternan la pérdida con la ganancia de peso, lo cual se puede llegar a repetir entre 1 y 15 veces en una temporada competitiva. Durante estos ciclos, los atletas intentarán dar el peso esforzándose por mantener su masa magra, capacidad de rendimiento físico y salud, procurando luego del pesaje, recuperar su peso previo y capacidad de rendimiento por medio del consumo de una gran cantidad de alimentos y bebidas (Wright & Garthe, 2014).

Las estrategias para la pérdida de peso incluyen la restricción del consumo de alimentos y/o bebidas y/o un aumento en el ejercicio. Entre las técnicas más comúnmente utilizadas para restringir la ingesta de alimentos se destacan: el ayuno, el saltarse algunas comidas e inducir vómitos o purgas. Como técnicas de deshidratación se suelen usar saunas, baños calientes, salas de entrenamiento calefaccionadas, ropa de plástico o goma para estimular la sudoración, laxantes, y/o diuréticos (Wright & Garthe, 2014). En general los deportistas para dar el peso, suelen usar combinaciones de diferentes técnicas.

Hay varias preocupaciones potenciales relacionadas a la nutrición, el rendimiento y la salud de los deportistas cuando intentan dar el peso de competencia. El alcance y severidad de cada una dependerá de cuán extrema sea la estrategia utilizada, la frecuencia con la que se aplica, el tiempo por el cual ese peso bajo es sostenido, así como cuál es la respuesta individual del deportista.

En relación al aspecto nutricional, se debería intentar individualizar las necesidades nutricionales de cada deportista, y adaptarlas al momento de la temporada y los objetivos de pérdida de peso buscados. En general, a los deportistas que participan en estos deportes se les recomienda mantener un peso que esté no más de un 3% por encima del peso de competencia deseado (Wright & Garthe, 2014). Si se desean

hacer modificaciones en la composición corporal, el período de fuera de temporada (i.e., receso entre temporadas) sería el momento ideal para realizarlo.

Se recomienda aplicar una técnica de disminución de peso gradual (≤ 1 kg/semana) durante el período de pre-competencia para promover principalmente la pérdida de masa grasa y el mantenimiento de masa magra, y de esa manera minimizar el potencial efecto negativo que tendría una pérdida rápida de peso sobre el rendimiento (Wright & Garthe, 2014).

Según la necesidad de cada deportista, se puede programar que los últimos 1-2 kg sean perdidos el último día previo al pesaje, a través de **técnicas de disminución rápida del peso (DRP)**, y de esa manera minimizar la pérdida de masa magra y fuerza muscular.

Cuando se tiene que dar el peso previo al pesaje, se recomienda limitar la DRP a menos del 3-4% del peso corporal. Esto ayudaría a minimizar la disminución en el rendimiento, así como los síntomas asociados a las estrategias de DRP (e.g., mareos, náuseas, dolores de cabeza, etc.). Las estrategias de DRP (disminución >1 kg/día) a menudo son implementadas desde 7 días a 1 día antes del pesaje (Wright & Garthe, 2014).

Referencias

American College of Sports Medicine. (2000). Joint Position Statement: Nutrition and athletic performance. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada (Traducción propia). *Med Sci Sports Exerc*, 32(12), 2130-2145.

Anantaraman, R., A. A. Carmines, G. A. Gaesser and A. Weltman (1995). Effects of carbohydrate supplementation on performance during 1 h of high intensity exercise. *Int J Sports Med* 16(7): 461-465.

Areta, J. L., L. M. Burke, M. L. Ross, D. M. Camera, D. W. West, E. M. Broad, N. A. Jeacocke, D. R. Moore, T. Stellingwerff, S. M. Phillips, J. A. Hawley and V. G. Coffey (2013). Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *J Physiol* 591(Pt 9): 2319-2331.

Balsom, P. D., Wood, K., Olsson, P., & Ekblom, B. (1999). Carbohydrate intake and multiple sprint sports: with special reference to football (soccer) (Traducción propia). *Int J Sports Med*, 20(1), 48-52.

Below, P. R., R. Mora-Rodríguez, J. Gonzáles Alonso and E. F. Coyle (1995). Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Med Sci Sports Exerc* 27(2): 200-210.

Betts, J. A. and C. Williams (2010). Short-term recovery from prolonged exercise: exploring the potential for protein ingestion to accentuate the benefits of carbohydrate supplements. *Sports Med* 40(11): 941-959.

Borsheim, E., Tipton, K. D., Wolf, S. E., & Wolfe, R. R. (2002). Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise (Traducción propia). *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 283(4), E648-657.

Bouchard, C., Tremblay, A., Despres, J. P., Nadeau, A., Lupien, P. J., Theriault, G., Fournier, G. (1990). The response to long-term overfeeding in identical twins (Traducción propia). *N Engl J Med*, 322(21), 1477-1482.

Burd, N. A., Tang, J. E., Moore, D. R., & Phillips, S. M. (2009). Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences (Traducción propia). *J Appl Physiol*, 106(5), 1692-1701.

Burd, N. A., D. W. West, D. R. Moore, P. J. Atherton, A. W. Staples, T. Prior, J. E. Tang, M. J. Rennie, S. K. Baker and S. M. Phillips (2011). Enhanced amino acid sensitivity of myofibrillar protein synthesis persists for up to 24 h after resistance exercise in young men. *J Nutr* 141(4): 568-573.

Burke, L. (2007). Practical sports nutrition (Traducción propia). Leeds: Human Kinetics.

Burke, L. M. (2006). Preparation for Competition (Traducción propia). In L. M. Burke & V. Deakin (Eds.), *Clinical Sports Nutrition* (3rd ed., pp. 355-384). Sydney: McGraw-Hill.

Burke, L. M., J. A. Hawley, S. H. Wong and A. E. Jeukendrup (2011). Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci* 29 Suppl 1: S17-27.

Burke, L. M., J. A. Winter, D. Cameron-Smith, M. Enslin, M. Farnfield and J. Decombaz (2012). Effect of intake of different dietary protein sources on plasma amino Acid profiles at rest and after exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 22(6): 452-462.

Burke, L. M., Claassen, A., Hawley, J. A., & Noakes, T. D. (1998). Carbohydrate intake during prolonged cycling minimizes effect of glycemic index of preexercise meal (Traducción propia). *J Appl Physiol*, 85(6), 2220-2226.

Burke, L. M., Collier, G. R., Beasley, S. K., Davis, P. G., Fricker, P. A., Heeley, P., . . . Hargreaves, M. (1995). Effect of coingestion of fat and protein with carbohydrate feedings on muscle glycogen storage (Traducción propia). *J Appl Physiol*, 78(6), 2187-2192.

Butterfield, G. E. (1991). Amino acids and high protein diets (Traducción propia). In D. R. Lamb, M. H. Williams, & W. C. Brown (Eds.), *Perspectives in Exercise Science & Sports Medicine. Vol. 4, Enhancement of Performance in Exercise & Sport* (pp. 87-122). Indianapolis: Benchmark Press.

Carter, J., A. E. Jeukendrup, T. Mundel and D. A. Jones (2003). Carbohydrate supplementation improves moderate and high-intensity exercise in the heat. *Pflugers Arch* 446(2): 211-219.

Carter, J. M., A. E. Jeukendrup and D. A. Jones (2004). The effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance. *Med Sci Sports Exerc* 36(12): 2107-2111.

Carter, J. M., A. E. Jeukendrup, C. H. Mann and D. A. Jones (2004). The effect of glucose infusion on glucose kinetics during a 1-h time trial. *Med Sci Sports Exerc* 36(9): 1543-1550.

Costill, D. L., Coyle, E., Dalsky, G., Evans, W., Fink, W., & Hoopes, D. (1977). Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage

during exercise (Traducción propia). *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 43(4), 695-699.

Coyle, E. F. (1997). Fuels for sport performance (Traducción propia). In D. R. Lamb & R. Murray (Eds.), *Perspectives in Exercise Science & Sport Medicine*, Vol. 10, Optimizing Sport Performance. (pp. 95-138). Carmel: Benchmark Press.

Coyle, E. F. (1998). Oxidación de las grasas durante el ejercicio: rol de la lipólisis, la disponibilidad de ácidos grasos y el flujo glucolítico. In Biosystem Servicio Educativo (Ed.), *Resúmenes del VI Simposio Internacional de Actualización en Ciencias Aplicadas al Deporte*. (pp. 145-153). Rosario.

Coyle, E. F. (2004). Fluid and fuel intake during exercise (Traducción propia). *J Sports Sci*, 22(1), 39-55.

Coyle, E. F., Jeukendrup, A. E., Wagenmakers, A. J., & Saris, W. H. (1997). Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise (Traducción propia). *Am J Physiol*, 273(2 Pt 1), E268-275.

Cuthbertson, D., Smith, K., Babraj, J., Leese, G., Waddell, T., Atherton, P., Rennie, M. J. (2005). Anabolic signaling deficits underlie amino acid resistance of wasting, aging muscle (Traducción propia). *FASEB J*, 19(3), 422-424.

Fairchild, T. J., Fletcher, S., Steele, P., Goodman, C., Dawson, B., & Fournier, P. A. (2002). Rapid carbohydrate loading after a short bout of near maximal-intensity exercise (Traducción propia). *Med Sci Sports Exerc*, 34(6), 980-986.

Febbraio, M. A., Keenan, J., Angus, D. J., Campbell, S. E., & Garnham, A. P. (2000). Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index (Traducción propia). *J Appl Physiol*, 89(5), 1845-1851.

Foskett, A., C. Williams, L. Boobis and K. Tsintzas (2008). Carbohydrate availability and muscle energy metabolism during intermittent running. *Med Sci Sports Exerc* 40(1): 96-103.

Gleeson, M. (2000). The scientific basis of practical strategies to maintain immunocompetence in elite athletes. *Exerc Immunol Rev* 6: 75-101.

Gleeson, M. (2006). Can nutrition limit exercise-induced immunodepression? *Nutr Rev* 64(3): 119-131.

Gunnarsson, T. P., M. Bendiksen, R. Bischoff, P. M. Christensen, B. Lesivig, K. Madsen, F. Stephens, P. Greenhaff, P. Krstrup and J. Bangsbo (2013). Effect of whey protein- and carbohydrate-enriched diet on glycogen resynthesis during the first 48 h after a soccer game. *Scand J Med Sci Sports* 23(4): 508-515.

Gregson, W., R. Allan, S. Holden, P. Phibbs, D. Doran, I. Campbell, S. Waldron, C. H. Joo and J. P. Morton (2013). Postexercise cold-water immersion does not attenuate muscle glycogen resynthesis. *Med Sci Sports Exerc* 45(6): 1174-1181.

Haff, G. G., Lehmkuhl, M. J., McCoy, L. B., & Stone, M. H. (2003). Carbohydrate supplementation and resistance training (Traducción propia). *J Strength Cond Res*, 17(1), 187-196.

Hargreaves, M. (2001). Pre-exercise nutritional strategies: effects on metabolism and performance (Traducción propia). *Can J Appl Physiol*, 26 Suppl, S64-70.

Hawley, J. A., Schabort, E. J., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (1997). Carbohydrate-loading and exercise performance. An update (Traducción propia). *Sports Med*, 24(2), 73-81.

Horowitz, J. F., Mora-Rodriguez, R., Byerley, L. O., & Coyle, E. F. (1997). Lipolytic suppression following carbohydrate ingestion limits fat oxidation during exercise (Traducción propia). *Am J Physiol*, 273(4 Pt 1), E768-775.

Howlett, K., D. Angus, J. Proietto and M. Hargreaves (1998). Effect of increased blood glucose availability on glucose kinetics during exercise. *J Appl Physiol* (1985) 84(4): 1413-1417.

Ivy, J. L. (2001). Dietary strategies to promote glycogen synthesis after exercise. *Can J Appl Physiol* 26 Suppl: S236-245.

Ivy, J. L. (2004). Regulation of muscle glycogen repletion, muscle protein synthesis and repair following exercise (Traducción propia). *J Sports Sci Med*, 3(3), 131-138.

Jentjens, R. and A. Jeukendrup (2003). Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Med* 33(2): 117-144.

Jeukendrup, A. E., F. Brouns, A. J. M. Wagenmakers and W. H. M. Saris (1997). Carbohydrate feedings improve 1 h time trial cycling performance. *Int J Sports Med* 18(2.): 125-129.

Jeukendrup, A. E. and R. Jentjens (2000). Oxidation of carbohydrate feedings during prolonged exercise: current thoughts, guidelines and directions for future research. *Sports Med* 29(6): 407-424.

Jeukendrup, A. E. (2003). Modulation of carbohydrate and fat utilization by diet, exercise and environment. *Biochem Soc Trans* 31(Pt 6): 1270-1273.

Jeukendrup, A. E. (2004). Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition* 20(7-8): 669-677.

Jeukendrup, A. E. (2007). Carbohydrate supplementation during exercise: Does it help? How much is too much? (Traducción propia). *Sports Science Exchange* #106: Gatorade Sports Science Institute.

Jeukendrup, A. E. (2011). Nutrition for endurance sports: marathon, triathlon, and road cycling (Traducción propia). *J Sports Sci*, 29 Suppl 1, S91-99.

Jeukendrup, A. E. and J. McLaughlin (2011). Carbohydrate ingestion during exercise: effects on performance, training adaptations and trainability of the gut. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser* 69: 1-12; discussion 13-17.

Jeukendrup, A. E. and S. C. Killer (2010). The myths surrounding pre-exercise carbohydrate feeding. *Ann Nutr Metab* 57 Suppl 2: 18-25.

Jeukendrup, A. E. & Gleeson, M. (2004). *Sport Nutrition* (Traducción propia). USA: Human Kinetics.

Kirwan, J. P., O'Gorman, D., & Evans, W. J. (1998). A moderate glycemic meal before endurance exercise can enhance performance (Traducción propia). *J Appl Physiol*, 84(1), 53-59.

Koopman, R., Beelen, M., Stellingwerff, T., Pennings, B., Saris, W. H., Kies, A. K., van Loon, L. J. (2007). Coingestion of carbohydrate with protein does not further augment postexercise muscle protein synthesis (Traducción propia). *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 293(3), E833-842.

Krustrup, P., N. Ortenblad, J. Nielsen, L. Nybo, T. P. Gunnarsson, F. M. Iaiá, K. Madsen, F. Stephens, P. Greenhaff and J. Bangsbo (2011). Maximal voluntary contraction force, SR function and glycogen resynthesis during the first 72 h after a high-level competitive soccer game. *Eur J Appl Physiol* 111(12): 2987-2995.

Leijssen, D. P., W. H. Saris, A. E. Jeukendrup and A. J. Wagenmakers (1995). Oxidation of exogenous [¹³C]galactose and [¹³C]glucose during exercise. *J Appl Physiol* 79(3): 720-725.

McRae, K. A. and S. D. Galloway (2012). Carbohydrate-electrolyte drink ingestion and skill performance during and after 2 hr of indoor tennis match play. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 22(1): 38-46.

Manore, M. M. & Thompson, J. L. (2007). Body Weight Regulation and Energy Needs (Traducción propia). In I. Wolinsky & J. Driskell (Eds.), *Sports Nutrition: Energy Metabolism and Exercise*. (pp. 241-260): CRC Press.

Miller, S. L., Tipton, K. D., Chinkes, D. L., Wolf, S. E., & Wolfe, R. R. (2003). Independent and combined effects of amino acids and glucose after resistance exercise (Traducción propia). *Med Sci Sports Exerc*, 35(3), 449-455.

Moore, D. R., Robinson, M. J., Fry, J. L., Tang, J. E., Glover, E. I., Wilkinson, S. B., Phillips, S. M. (2009). Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men (Traducción propia). *Am J Clin Nutr*, 89(1), 161-168.

Nieman, D. C. (2007). Marathon training and immune function. *Sports Med* 37(4-5): 412-415.

Nieman, D. C. and N. C. Bishop (2006). Nutritional strategies to counter stress to the immune system in athletes, with special reference to football. *J Sports Sci* 24(7): 763-772.

Noakes, T. D. (2000). Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scand J Med Sci Sports* 10(3): 123-145.

Nybo, L. (2003). CNS fatigue and prolonged exercise: effect of glucose supplementation. *Med Sci Sports Exerc* 35(4): 589-594.

Parkin, J. A., M. F. Carey, I. K. Martin, L. Stojanovska and M. A. Febbraio (1997). Muscle glycogen storage following prolonged exercise: effect of timing of ingestion of high glycemic index food. *Med Sci Sports Exerc* 29(2): 220-224.

Pfeiffer, B., T. Stellingwerff, E. Zaltas and A. E. Jeukendrup (2010). CHO oxidation from a CHO gel compared with a drink during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 42(11): 2038-2045.

Phillips, S. M. (2002). Assessment of protein status in athletes (Traducción propia). In J. A. Driskell & I. Wolinsky (Eds.), *Nutritional Assessment of Athletes*. (pp. 283-316): CRC Press.

Phillips, S. M. (2009). Physiologic and molecular bases of muscle hypertrophy and atrophy: impact of resistance exercise on human skeletal muscle (protein and exercise dose effects) (Traducción propia). *Appl Physiol Nutr Metab*, 34(3), 403-410.

Phillips, S. M. (2011). The science of muscle hypertrophy: making dietary protein count (Traducción propia). *Proc Nutr Soc*, 70(1), 100-103.

Phillips, S. M. (2014). A brief review of critical processes in exercise-induced muscular hypertrophy (Traducción propia). *Sports Med*, 44 Suppl 1, S71-77.

Phillips, S. M. and L. J. Van Loon (2011). Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *J Sports Sci 29 Suppl 1*: S29-38.

Phillips, S. M., Tang, J. E., & Moore, D. R. (2009). The role of milk- and soy-based protein in support of muscle protein synthesis and muscle protein accretion in young and elderly persons (Traducción propia). *J Am Coll Nutr*, 28(4), 343-354.

Res, P. T., B. Groen, B. Pennings, M. Beelen, G. A. Wallis, A. P. Gijzen, J. M. Senden and V. A. N. L. LJ (2012). Protein ingestion before sleep improves postexercise overnight recovery. *Med Sci Sports Exerc* 44(8): 1560-1569.

Res, P. (2014). RECOVERY NUTRITION FOR FOOTBALL PLAYERS. *Sports Science Exchange* 27 (129): 1-5.

Rollo, I. and C. Williams (2009). *Influence of Ingesting a Carbohydrate-Electrolyte Solution Before and During a 1-hr Running Performance Test. International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism* 19(6): 645-658.

Rollo, I., M. Cole, R. Miller and C. Williams (2010). *The Influence of Mouth-Rinsing A Carbohydrate Solution on 1 Hour Running Performance. Medicine & Science in Sports & Exercise* 42(4): 798-804.

Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and fluid replacement (Traducción propia). *Med Sci Sports Exerc*, 39(2), 377-390.

Sherman, W. M., Brodowicz, G., Wright, D. A., Allen, W. K., Simonsen, J., & Dernbach, A. (1989). Effects of 4 h preexercise carbohydrate feedings on cycling performance (Traducción propia). *Med Sci Sports Exerc*, 21(5), 598-604.

Sherman, W. M., Costill, D. L., Fink, W. J., & Miller, J. M. (1981). Effect of exercise-diet manipulation on muscle glycogen and its subsequent utilization during performance (Traducción propia). *Int J Sports Med*, 2(2), 114-118.

Sherman, W. M., Peden, M. C., & Wright, D. A. (1991). Carbohydrate feedings 1 h before exercise improves cycling performance (Traducción propia). *Am J Clin Nutr*, 54(5), 866-870.

Sparks, M. J., Selig, S. S., & Febbraio, M. A. (1998). Pre-exercise carbohydrate ingestion: effect of the glycemic index on endurance exercise performance (Traducción propia). *Med Sci Sports Exerc*, 30(6), 844-849.

Tang, J. E., Moore, D. R., Kujbida, G. W., Tarnopolsky, M. A., & Phillips, S. M. (2009). Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men (Traducción propia). *J Appl Physiol*, 107(3), 987-992.

Tarnopolsky, M. A. (2006). Protein and amino acid needs for training and bulking up (Traducción propia). In L. M. Burke & V. Deakin (Eds.), *Clinical Sports Nutrition* (3rd ed., pp. 73-111): Mc Graw-Hill.

Tarnopolsky, M. A., Atkinson, S. A., MacDougall, J. D., Chesley, A., Phillips, S., & Schwarcz, H. P. (1992). Evaluation of protein requirements for trained strength athletes (Traducción propia). *J Appl Physiol*, 73(5), 1986-1995.

Taylor, R., I. Magnusson, D. L. Rothman, G. W. Cline, A. Caumo, C. Cobelli and G. I. Shulman (1996). Direct assessment of liver glycogen storage by ¹³C nuclear magnetic resonance spectroscopy and regulation of glucose homeostasis after a mixed meal in normal subjects. *The Journal of Clinical Investigation* 97(1): 126-132.

Tipton, K. D., Ferrando, A. A., Phillips, S. M., Doyle, D., Jr., & Wolfe, R. R. (1999). Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids (Traducción propia). *Am J Physiol*, 276(4 Pt 1), E628-634.

Tipton, K. D. & Witard, O. C. (2007). Protein requirements and recommendations for athletes: relevance of ivory tower arguments for practical recommendations (Traducción propia). *Clin Sports Med*, 26(1), 17-36.

Tipton, K. D. & Wolfe, R. R. (2004). Protein and amino acids for athletes (Traducción propia). *J Sports Sci*, 22(1), 65-79.

Van Loon, L. J. (2012). Leucine as a pharmacological nutrient in health and disease. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 15(1): 71-77.

Vergauwen, L., F. Brouns and P. Hespel (1998). Carbohydrate supplementation improves stroke performance in tennis. *Med Sci Sports Exerc* 30(8): 1289-1295.

Wilkinson, S. B., Tarnopolsky, M. A., Macdonald, M. J., Macdonald, J. R., Armstrong, D., & Phillips, S. M. (2007). Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage (Traducción propia). *Am J Clin Nutr*, 85(4), 1031-1040.

Witard, O. C., S. R. Jackman, L. Breen, K. Smith, A. Selby and K. D. Tipton (2014). Myofibrillar muscle protein synthesis rates subsequent to a meal in response to increasing doses of whey protein at rest and after resistance exercise. *Am J Clin Nutr* 99(1): 86-95.

Wu, C. L. and C. Williams (2006). A low glycemic index meal before exercise improves endurance running capacity in men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 16(5): 510-527.

Wright, H. H. & Garthe, I. (2014). Weight-Category Sports (Traducción propia). In R. J. Maughan (Ed.), *Sports nutrition*. Chichester, West Sussex: Wiley Blackwell.