



NUTRICIÓN CON CARBOHIDRATOS Y RENDIMIENTO EN DEPORTES DE EQUIPO

Clyde Williams | Escuela de Deporte, Ciencias del Ejercicio y la Salud | Universidad de Loughborough | Reino Unido
Ian Rollo | Gatorade Sports Science Institute | Reino Unido

PUNTOS CLAVE

- Para tener éxito en los deportes de equipo, los jugadores deben tener resistencia, fuerza, velocidad y potencia, así como una serie de habilidades específicas del deporte que pueden ejecutarse con precisión y rapidez durante la competencia.
- Los jugadores de deportes de equipo pasan cerca de la mitad del tiempo realizando carrera de baja a moderada velocidad desde la que son capaces de llevar a cabo múltiples sprints para apoyar oportunidades de anotar o para evitar que anote el equipo contrario.
- A diferencia de los deportes de resistencia tradicionales en los que los atletas corren, pedalean o nadan en una sola dirección, los jugadores de deportes de equipo tienen que cambiar constantemente de dirección así como realizar cambios rápidos de ritmo. Las distancias recorridas y el número y frecuencia de los cambios direccionales en gran parte son impredecibles y pueden variar entre deportes de equipo e incluso entre posiciones de juego dentro del mismo deporte.
- En los deportes de equipo que implican el contacto con todo el cuerpo como el fútbol Americano, el rugby y el fútbol Australiano, los jugadores tienen que ser lo suficientemente fuertes para taclear así como para luchar con sus oponentes por la posesión del balón. Para hacer frente a las demandas del entrenamiento y de la competencia, la nutrición de los jugadores tiene que ser diseñada para cubrir sus gastos energéticos así como para mantener una buena salud. En la planificación nutricional para los jugadores de deportes de equipo es fundamental considerar la cantidad y el tipo de carbohidratos en sus dietas por la contribución esencial de estos macronutrientes en el metabolismo energético durante el ejercicio de alta intensidad.
- Generalmente cada sprint realizado no dura más de 2-4 s y depende de la fosfocreatina (PCr) y de los almacenes de glucógeno en los músculos esqueléticos. La recuperación entre cada sprint puede variar desde unos cuantos segundos hasta varios minutos cuando hay una pausa durante el juego.
- Sprints frecuentes con una recuperación inadecuada, drenan las concentraciones de PCr y glucógeno muscular, especialmente en los deportes de equipo de contacto completo.
- La reposición de los almacenes de glucógeno en hígado y en músculo antes del entrenamiento y de la competencia tiene un impacto positivo en el rendimiento mientras que la falla para llevar a cabo esta preparación dietética resultará en un bajo rendimiento.
- El consumo de carbohidratos durante el ejercicio no solamente ayuda en el rendimiento, sino que también ayuda a mantener las habilidades deportivas en mayor medida que al beber solo agua.
- La recuperación exitosa de los entrenamientos y competencias de los deportes de equipo requiere que los jugadores consuman una cantidad adecuada de carbohidratos de alto índice glicémico (~9 g/kg de peso corporal). También hay evidencia relacionada con las mezclas de carbohidratos-proteína que podrían reducir el dolor muscular de aparición tardía comúnmente experimentado por los jugadores de deportes de equipo.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento exitoso en deportes de equipo como el fútbol americano, el fútbol, el rugby, el hockey en hielo y en pasto y el basquetbol, depende de la cooperación mutua de los jugadores para anotar más goles/puntos que el equipo contrario. Aunque cada uno de estos deportes tiene diferentes reglas para la duración del juego, el equipamiento y las sustituciones, comparten un patrón común de juego. Todos estos deportes de equipo implican breves periodos de alta intensidad intercalados con actividades de menor intensidad que apoyan el juego, y que también proporcionan breves oportunidades de recuperación.

Los cambios en el ritmo y la dirección - y en algunos deportes, la competencia física por la posesión del balón- representan grandes demandas en las reservas de energía de los jugadores, especialmente del glucógeno del músculo esquelético (Balsom et al., 1999b; Nicholas et al., 1999). Estas múltiples exigencias físicas precipitan el inicio de la fatiga que es evidente no solo como una disminución en la velocidad de carrera, sino también como una disminución en el desempeño de las habilidades.

Por lo tanto, con el fin de hacer frente a las demandas del entrenamiento y de la competencia, la nutrición de los jugadores tiene que ser diseñada para cubrir sus gastos energéticos y mantener una buena salud. Lo principal en la planeación nutricional de los jugadores de deportes de equipo es la cantidad y el tipo de carbohidratos en sus dietas, debido a la contribución esencial de este macronutriente en el metabolismo energético durante el ejercicio

de alta intensidad (Burke, et al., 2011). Por lo tanto, el objetivo de este artículo es explorar los vínculos entre la nutrición de los carbohidratos y el rendimiento en deportes de equipo mediante la revisión de las publicaciones científicas disponibles sobre este tema.

DEMANDAS FÍSICAS DE LOS DEPORTES DE EQUIPO

La característica común de los deportes de equipo es el patrón de juego intermitente, en el que los jugadores realizan series repetidas de ejercicio breve de alta intensidad intercaladas con periodos de actividades de menor intensidad. Sin embargo, existe una variación considerable entre los deportes de equipo e incluso dentro de un deporte, en el tipo, la intensidad y la duración de las actividades entre los periodos de carrera de alta velocidad. Actualmente están disponibles descripciones cuantitativas de los patrones de actividad de varios deportes de equipo como resultado de los estudios que utilizan GPS y análisis de video. Por ejemplo, los análisis de los patrones de actividad de jugadoras elite de hockey sobre pasto durante partidos internacionales mostraron que las actividades de bajo nivel (caminar y estar de pie) ascendieron a 55%, trotar y correr ocuparon alrededor del 38%, mientras que la proporción de carrera rápida y de sprint fueron 5% y 1.5% del tiempo de juego (Macutkiewicz y Sunderland, 2011). Las jugadoras realizaron, en promedio, 17 sprints con una frecuencia cardiaca promedio de 172 lpm y cubrieron 5,541 m. Un análisis similar en jugadoras elite de fútbol demostró que la distancia media recorrida fue de 10.3 km de los cuales 1.31 fueron de carrera de alta velocidad (Krustrup et al., 2005). Estar de pie

y caminado ocuparon el 50% y la carrera de baja velocidad representó el 34% del tiempo del partido. El resto del tiempo fue utilizado en carrera de alta velocidad durante la cual hubo un promedio de 25 sprints, variando de acuerdo a la posición de cada jugadora.

En los deportes de contacto como el rugby, 85% y 15% del juego se utiliza en actividades de baja y de alta intensidad, respectivamente (Duthie et al., 2003). Las actividades de alta intensidad incluyen alrededor del 6% en carrera y 9% en tacleo y la lucha por la posesión del balón. La distancia total cubierta en un partido de rugby es alrededor de 6 km, que es menos que los 10-11 km recorridos en cada partido por los jugadores elite de futbol soccer (Mohr et al., 2003), pero el gasto energético total es probablemente mayor debido a las frecuentes tacleadas en todo el cuerpo. En el futbol americano cada equipo se compone de dos escuadrones, uno para la defensa y otro para la ofensiva, por lo que hay sustituciones frecuentes que se dictan por cual equipo tiene la posesión del balón. Aunque cada escuadrón pasa menos tiempo en el campo que en el rugby, los gastos energéticos durante las tacleadas de alta intensidad y las disputas por la posesión del balón son subestimados por los análisis de los patrones de actividad por sí solos (Hoffman et al., 2002). Estos estudios también demuestran que hay diferencias significativas entre posiciones en la cantidad de carrera y de tacleadas completadas por jugador durante los partidos. Las diferencias de gastos energéticos en general también dependen de la estatura, masa corporal y condición física del jugador.

La duración de cada sprint en deportes de equipo rara vez es más larga que 2-4 s y la recuperación es a menudo tan pequeña como varios segundos y solamente se extiende a varios minutos durante los descansos en el juego (Spencer et al., 2005). Durante las actividades de bajo nivel, los jugadores intentan recuperarse del último pase del juego mientras se mueven en espacios para buscar oportunidades de gol o para defender en las oportunidades de anotación de sus oponentes.

En los deportes sin contacto como el hockey sobre pasto, el futbol y el baloncesto, ganar la posesión del balón implica rutinariamente colisiones de todo el cuerpo. Por el contrario, el tacleo de todo el cuerpo, las colisiones y las luchas con el oponente por el disco (puck) o por el balón son el método aceptado para obtener la posesión en los deportes de contacto completo como el hockey sobre hielo, el futbol americano y en todas las clases de rugby.

Una de las características comunes en la práctica de deportes de equipo es la ocurrencia del dolor muscular post-ejercicio, y en los deportes de contacto de todo el cuerpo, el alto riesgo de lesiones. Por lo tanto, la recuperación de la competencia y del entrenamiento incluye lidiar con el dolor muscular excesivo y con lesiones (Bailey et al., 2007; Thompson et al., 1999).

Con el fin de hacer frente a los grandes gastos energéticos demandados en el entrenamiento y en la competencia, los aportes de energía de los jugadores de deportes de equipo deben coincidir con estas demandas. Debido a la gran y esencial contribución del metabolismo de los carbohidratos (CHO) en la producción de energía durante las carreras de alta velocidad, así como en los contactos de todo el cuerpo, se presta especial atención a este macronutriente esencial en las dietas de los jugadores (Burke et al., 2011).

METABOLISMO ENERGÉTICO DURANTE EL EJERCICIO DE ALTA INTENSIDAD

Nuestra capacidad para hacer ejercicio a alta intensidad depende de la capacidad de nuestros músculos esqueléticos para reponer rápidamente el adenosín trifosfato (ATP) que se utiliza para apoyar todos los procesos que demandan energía durante el ejercicio. Los dos sistemas metabólicos que

generan ATP en el músculo esquelético se describen como “anaeróbico” y “aeróbico”. Con el fin de evitar malentender la función de estos dos sistemas energéticos, es importante reconocer que trabajan en conjunto, no de manera aislada. Por ejemplo, durante un sprint corto, la alta tasa de producción de ATP en el músculo esquelético es proporcionada por el metabolismo energético anaeróbico mientras que, al mismo tiempo, el metabolismo aeróbico continúa suministrando ATP a, por ejemplo, el corazón y otros órganos para apoyar sus funciones fisiológicas.

La producción anaeróbica de ATP es alimentada por la degradación de fosfocreatina intramuscular (PCr) y glucógeno, un polímero de glucosa. La PCr es una molécula de alta energía que convierte rápidamente el producto de la degradación de ATP, es decir, adenosín difosfato (ADP), de vuelta a ATP. El músculo contiene aproximadamente 4-5 veces más PCr que su concentración más pequeña de ATP. Por ejemplo, en un sprint de 6s, la PCr y el glucógeno contribuyen casi en cantidades iguales en el recambio de ATP (Gaitanos et al., 1993) (Figura 1).

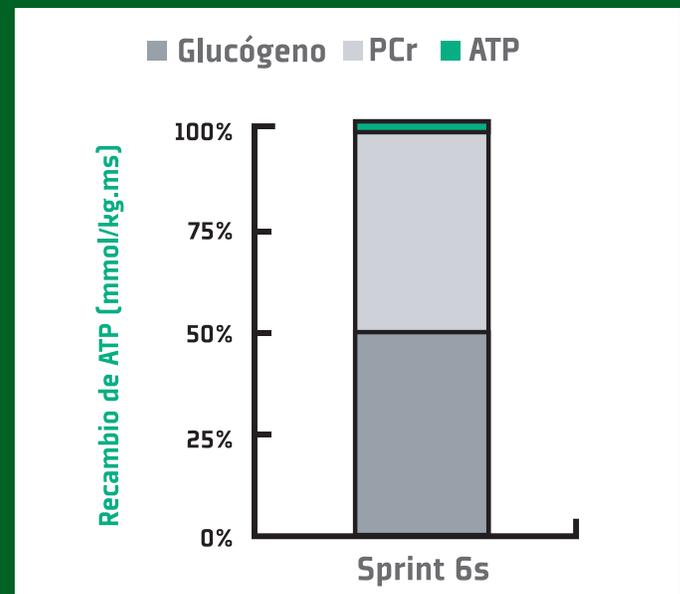


Figura 1: Contribuciones a la producción de ATP durante un sprint de 6 s en una banda sin fin no motorizada. PCr, fosfocreatina; ms, músculo seco. Adaptado de Gaitanos et al. J. Appl. Physiol. 1993.

Aunque la degradación aeróbica de glucógeno es un proceso lento, produce alrededor de 12 veces más ATP por molécula de glucosa (~36 mmol) que durante su degradación anaeróbica. Incluso se produce más ATP por la oxidación de ácidos grasos (~140 mmol). Sin embargo, mientras que el metabolismo aeróbico es demasiado lento para apoyar en la alta tasa de recambio de ATP requerido durante sprints cortos, proporciona a los jugadores la energía necesaria para llevar a cabo toda la gama de actividades de menor intensidad que ocurren entre los sprints. Además, el metabolismo aeróbico de glucógeno y de ácidos grasos, durante la recuperación entre sprints, es el responsable de la resíntesis de PCr. A medida que el juego progresa y el número de sprints aumenta, hay una contribución aún mayor del metabolismo aeróbico, especialmente durante las actividades de menor intensidad entre sprints (Balson et al., 1999b; Parolin et al., 1999). La mayoría de los programas de entrenamiento para jugadores de deportes de equipo complementan su trabajo de sprint con sesiones que están diseñadas para mejorar la capacidad aeróbica. Mientras que la nutrición adecuada con carbohidratos garantiza un rendimiento óptimo durante el entrenamiento y la competencia, el entrenamiento

periódico previo al ejercicio en estados de ayuno proporciona un medio adicional de "estresar" los sistemas mitocondriales oxidativos para mejorar su capacidad de producción de ATP (Barlett et al., 2014).

PROTOCOLOS PARA ESTUDIAR DEPORTES DE EQUIPO

Aunque los estudios tradicionales de laboratorio siguen dando una idea de la importancia de las intervenciones dietéticas sobre el rendimiento en el ejercicio, estos no reproducen las demandas de los deportes intermitentes que incluyen aceleración, desaceleración y correr en una amplia gama de velocidades. Varios estudios de carrera intermitente de velocidad variable han basado sus métodos en carreras de ida y vuelta sobre un tramo de 20 metros (Leger & Lambert, 1982). Uno de estos métodos es la prueba de carrera intermitente de ida y vuelta de Loughborough (Loughborough Intermittent Shuttle Running Test, LIST) que fue diseñado para simular el patrón de actividad característico del fútbol y de otros deportes intermitentes ("detente-corre") (Nicholas et al., 2000). El protocolo consta de dos partes: Parte A es un periodo fijo de carrera de ida y vuelta de velocidad variable sobre una distancia de 20 m; Parte B consiste en carrera continua, alternando cada 20 m entre 95% y 55% del consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) hasta la fatiga volitiva. La parte A consta de 5 bloques de 15 minutos de actividad con una recuperación de 3 minutos entre cada bloque. En cada bloque de 15 minutos, los corredores completan el siguiente ciclo de actividades; una caminata, un sprint, un trote (55% $VO_{2\text{máx}}$) y una carrera (95% $VO_{2\text{máx}}$), y cada ciclo se repite 11-12 veces. Una señal audible generada por la computadora ("silbido") ayuda a los participantes a mantener su ritmo predeterminado con excepción de los sprints. Los tiempos para los 15 m de los sprints de 20 m se registran por la computadora utilizando barreras de temporización fotoeléctricas. Las respuestas fisiológicas y las distancias cubiertas durante LIST de 90 minutos se comparan bien con las registradas durante los partidos de fútbol profesional.

El protocolo LIST también ha sido modificado para simular actividades que son comunes en el baloncesto y también se han incluido varias pruebas de cognición (Welsh et al., 2002; Winninck et al., 2005). Bangsbo y sus colegas (2006) extendieron el protocolo de carrera de ida y vuelta para incluir una amplia gama de actividades relacionadas con el fútbol, además de sprint, carreras y caminata. La prueba de fútbol Copenhague (Copenhagen Soccer Test= CST) incluye una amplia cobertura de las actividades relacionadas con el fútbol que se compara muy bien con las demandas fisiológicas y metabólicas de un partido de fútbol (Bendiksen et al., 2012). Por ejemplo, demostraron que la finalización de la CST redujo el contenido de glucógeno muscular a valores similares a los registrados durante los partidos de fútbol competitivos. El contenido de glucógeno muscular posterior a un partido competitivo se reduce en un 50-60% en comparación con los valores previos al partido. Ellos y otros autores señalaron que la pérdida de glucógeno durante la carrera intermitente de velocidad variable no es igual en las fibras tipo 1 y tipo 2 (Bendiksen et al., 2012; Nicholas et al., 1999). En general, la disminución de la concentración de glucógeno muscular está acompañada por, y probablemente es la responsable de, una caída en paralelo en el rendimiento de múltiples sprints (Gaitanos et al., 1993).

Es importante reconocer que en estos estudios la intensidad del ejercicio se prescribe solo con las velocidades de sprint auto-seleccionadas, mientras que en los partidos competitivos, los jugadores se regulan así mismos para evitar el agotamiento. Esta limitación para el protocolo LIST se ha abordado recientemente con la adición de secciones "a su propio ritmo" (Ali et al., 2014). Esto mejora la validez ecológica de la prueba y también permite que el rendimiento de los jugadores sea monitoreado más de cerca durante el inicio gradual de la fatiga.

NUTRICIÓN CON CARBOHIDRATOS Y RENDIMIENTO EN EL DEPORTE DE EQUIPO

De todos los deportes de equipo, el rendimiento de los jugadores de fútbol y sus cambios fisiológicos y metabólicos, han sido los que se han estudiado más ampliamente. Los primeros estudios sobre el glucógeno muscular y patrones de actividad de los jugadores durante los partidos de fútbol mostraron que aquellos con bajos contenidos cubrieron menos cancha que aquellos con altos valores (Bangsbo et al., 2006; Rollo, 2014). Estas observaciones dieron lugar a la recomendación para jugadores de deportes de equipo para reponer sus almacenes de CHO antes de la competencia, así como durante la recuperación entre sesiones de entrenamiento. Cuando hay varios días entre partidos, el entrenamiento reducido (tapering) y el aumento en la ingesta de CHO en los días previos a la competencia es un método bien aceptado para restaurar el contenido de glucógeno en los músculos y en el hígado (Burke et al., 2011; Sherman et al., 1981). Aunque hay varios estudios de carrera y ciclismo relevantes que muestran los beneficios de la realización de ejercicio con las reservas de glucógeno bien abastecidas, hay menos estudios sobre el rendimiento de deportes de equipo.

Alimentación con carbohidratos previa al ejercicio

Reconociendo que la fatiga durante el ejercicio prolongado de alta intensidad está estrechamente relacionada con el agotamiento de glucógeno del músculo esquelético, no es de extrañar que hayan recibido mucha atención los beneficios en el rendimiento al aumentar los carbohidratos de la dieta, sobretudo en la preparación para el ejercicio de resistencia. Sin embargo, las intervenciones dietéticas previas al entrenamiento y a la competencia en los deportes de equipo, han recibido menos atención.

Abordando esta cuestión para el hockey sobre hielo, Akermark y sus colegas (1996) examinaron el impacto de una dieta enriquecida con CHO (60%) y una dieta mixta (40%) en dos grupos de jugadores durante los 3 días entre dos partidos. Ellos encontraron que el grupo con la dieta alta en CHO patinó significativamente por más tiempo (30%) y cubrieron una distancia mayor (~5 km vs. ~3.5 km) durante el segundo partido que los jugadores con la dieta baja en CHO. En un estudio de campo similar, Balsom y colaboradores (1999a) examinaron el impacto de una carga de CHO sobre el rendimiento durante un partido de 90 minutos de fútbol cuatro (4 jugadores por equipo). Los investigadores redujeron las reservas de glucógeno de los jugadores 48 h antes con carreras de ida y vuelta de velocidad variable y luego cambiaron el contenido de CHO de su dieta a 65% o 30% de la ingesta energética diaria. El análisis de patrones de movimiento durante el partido de fútbol mostró que los jugadores rindieron 30% más en las carreras de alta intensidad después de la dieta previa al partido alta en CHO vs. la dieta baja en CHO.

Ingerir una comida alta en CHO previa al ejercicio, ~2-3 h antes del entrenamiento y la competencia ayuda a restaurar el glucógeno del hígado, que se reduce después del ayuno nocturno, así como la producción de un pequeño aumento en el contenido del glucógeno muscular. Las comidas altas en CHO que aportan alrededor de 2.5 g/kg de peso corporal (PC) consumidas 3 h antes del ejercicio incrementan el contenido de glucógeno muscular en un ~11% (Chryssanthopoulos et al., 2004). Este aumento relativamente pequeño en el glucógeno muscular es una consecuencia de la asimilación de la glucosa por el hígado y algo de retraso en la absorción y digestión, especialmente cuando la comida se ingiere solamente 2 h antes del ejercicio.

¿El tipo de CHO que se consume en la comida previa al ejercicio tiene una influencia en el rendimiento del ejercicio posterior? Ha habido varios estudios que comparan las ventajas potenciales de alimentos previos al ejercicio con CHO de alto índice glicémico (AIG) y de bajo índice glicémico (BIG). Un estudio sugirió que una comida con carbohidratos BIG previa al

ejercicio consumida 3 h antes mejoró la capacidad de resistencia durante la carrera submáxima en la banda sin fin (Wu y Williams, 2006). En este estudio, el metabolismo de las grasas fue mayor después de la comida BIG que de la comida AIG. Sin embargo, esta ventaja potencial no se traduce en mejoras en el rendimiento durante periodos breves de sprints (Erith et al., 2006) porque el metabolismo de las grasas no puede proporcionar ATP lo suficientemente rápido como para apoyar el ejercicio de alta intensidad. Por otra parte, al consumir comidas pareadas en cuanto al aporte energético con carbohidratos AIG o BIG (2.5 g/kg PC) después de una noche de ayuno, solo el desayuno AIG aumenta el glucógeno muscular (11-15%) 3 h después (Wee et al., 2005).

Alimentación con carbohidratos durante el ejercicio

Aunque los beneficios de la ingesta de una solución de carbohidratos y electrolitos (CHO-E) durante la carrera de resistencia están bien establecidos, se ha prestado menos atención al ejercicio intermitente prolongado. Por lo tanto, Nicholas y colegas (1995) suministraron a jugadores de deportes de equipo ya sea con una solución al 6.5% CHO-E o una solución placebo (P) con el mismo sabor y color entre cada bloque de 15 min de LIST. Después de realizar los 5 bloques de LIST, los jugadores completaron la parte B, es decir, alternaron sprints de 20 m con trote de recuperación hasta la fatiga. El consumo de la solución CHO-E dio como resultado un 33% más de tiempo de carrera, es decir, más allá de los 75 min utilizados para completar los 5 bloques de LIST en comparación a cuando los jugadores ingirieron la solución P. Davis y colaboradores (2000) obtuvieron un resultado similar utilizando una forma modificada de LIST para examinar las influencias de la ingestión de una solución al 6% CHO-E con y sin suplementación de cromo sobre el rendimiento de carreras intermitentes de resistencia. El consumo de la solución al 6% CHO-E mejoró el tiempo en la carrera de ida y vuelta en un 32% en comparación al consumo del placebo, pero no hubo beneficio añadido por la inclusión de cromo. Se han reportado mejoras similares en el rendimiento cuando los jugadores de deportes de equipo ingirieron geles de CHO. Los dos estudios publicados sobre el impacto de la ingestión de geles de CHO sobre el rendimiento de la carrera de ida y vuelta a velocidad variable reportaron una mejoría en la capacidad de carrera de resistencia (Patterson & Gray, 2007; Phillips et al., 2012).

En muchos juegos de equipo, se añaden varios minutos en el tiempo de juego a causa de paros debido a una lesión. Por ejemplo, en los partidos de fútbol internacional se juegan 30 minutos adicionales cuando las puntuaciones son iguales al terminar el tiempo reglamentario. Este "tiempo extra" presenta una serie de desafíos que incluyen la aparición de la fatiga que se asocia con el agotamiento de glucógeno muscular. Reabastecer el combustible durante el breve descanso antes de jugar el "tiempo extra" tiene solo un efecto modesto sobre la recuperación de los jugadores. Una estrategia adicional es asegurar que el contenido de glucógeno del hígado y de los músculos estén restaurados, después del entrenamiento y antes de la competencia, mediante carga de CHO. Para probar esta hipótesis, jugadores de fútbol de nivel universitario completaron 6 bloques de LIST (90 min) y luego consumieron una dieta alta en CHO por 48 h antes de repetir LIST hasta la fatiga (Foskett et al., 2008). La carga de carbohidratos aumenta el contenido de glucógeno muscular en un 50% más que los valores normales para estos jugadores. Durante la posterior ejecución de LIST, los jugadores ingirieron ya sea la solución al 6.5% CHO-E o el placebo con el mismo color y sabor a lo largo del ejercicio. Al final de 90 minutos, los jugadores que estuvieron corriendo con un compañero "con el mismo nivel de condición física" continuaron para completar los bloques estándar de 15 min hasta el punto de fatiga. El tiempo total de ejercicio durante la prueba CHO-E fue significativamente más largo (158 minutos) que durante el placebo (131 min).

En ambientes cálidos, el rápido aumento de la temperatura corporal,

más que la depleción de glucógeno, es la causa de una reducción en el rendimiento durante la carrera prolongada intermitente de velocidad variable (Mohr et al., 2010; Morris et al., 2005). Evitar la deshidratación severa mediante la adopción de una estrategia adecuada para beber, es el enfoque aceptado para entrenar y competir en el calor. Por lo tanto, ¿hay algún beneficio al beber una solución de CHO-E en lugar de agua durante la práctica de deportes de equipo en el calor? Abordando esta pregunta, Morris y colaboradores (2003) no encontraron beneficios de rendimiento cuando los jugadores no aclimatados llevaron a cabo el protocolo LIST en una temperatura ambiente de 30°C mientras bebieron ya sea una solución al 6.5% CHO-E o un placebo con el mismo color y sabor. Sin embargo es importante señalar que en este estudio, el ritmo de los jugadores fue dictado para todos, pero la sección de sprint del protocolo – cuando sus temperaturas centrales alcanzaron valores críticamente altos, los jugadores simplemente dejaron de correr. En el mundo real del deporte competitivo, estos jugadores hubieran decidido el ritmo por sí mismos para evitar la aparición temprana de la fatiga y/o para evitar ser sustituidos. Bajo estas condiciones, es razonable especular que la ingesta de una solución CHO-E tendría ventajas sobre la ingesta de agua sola. Esto incluye el mantenimiento de la concentración de glucosa en la sangre, lo que retrasa el agotamiento de glucógeno, la conservación de los niveles de habilidad y sin olvidar el impacto potencial sobre el metabolismo cerebral y el vínculo con la motivación (Rollo & Williams, 2011).

ALIMENTACIÓN CON CARBOHIDRATOS Y RENDIMIENTO EN HABILIDADES

Un componente esencial del rendimiento en los deportes de equipo es la ejecución de un alto nivel de habilidad. La variedad y la complejidad de habilidad varía significativamente entre los deportes de equipo y entre los jugadores. Sin embargo, a medida que el partido progresa y que los jugadores se fatigan, hay una disminución en los niveles de habilidad (Sunderland y Nevill, 2005). Sin embargo, el nivel de competencia de habilidades que un jugador puede alcanzar, especialmente cuando lleva a cabo velocidad, es un factor distintivo entre el jugador recreativo y el profesional. No es sorprendente que los estudios de observación de deportes de equipo profesionales, han encontrado que los equipos que mantienen mejor las habilidades de rendimiento durante un partido son aquellos que terminan la temporada en una posición más alta en su liga (Rampinini et al., 2009). Desafortunadamente, hay muy poca información sobre las habilidades de rendimiento en muchos deportes de equipo intermitentes ("detente-corre") en gran parte debido a la dificultad en el establecimiento de pruebas que sean fiables y ecológicamente válidas (Ali et al., 2009). La mayoría de los estudios sobre las habilidades específicas al deporte son los de baloncesto y fútbol.

Por ejemplo, en un estudio de habilidades de soccer, la ingestión de soluciones de CHO al 6.0-7.5%, aportando ~30-60 g CHO/h se asoció con habilidades de rendimiento superiores en las últimas etapas del juego después de la ingestión de una solución placebo (Ali et al., 2007; 2009; Russell & Kingsley, 2014). Currell y sus colegas (2009) también reportaron una mejoría significativa en el manejo del balón en jugadores de fútbol cuando ingirieron 55 g CHO/h en comparación a un placebo con el mismo sabor. Los estudios que examinan el rendimiento en el tiro a gol y en los pases después de completar 90 min de LIST mostraron que la ingesta de una solución CHO-E (~52 g/h) tendía a preservar las habilidades de rendimiento en mayor medida que cuando se ingirió un placebo con el mismo sabor (Ali et al., 2007).

En un intento de examinar las influencias del consumo de una solución de CHO-E sobre los cambios en habilidades y cambios de humor, Welsh y sus colegas (2002) modificaron el protocolo LIST para parecerse más a los periodos de actividad en el baloncesto. Se incluyeron cuatro bloques de 15

minutos (cuartos) de correr, caminar y saltos verticales con un descanso "medio tiempo" de 20 minutos entre el segundo y tercer cuarto. Al final del 4º cuarto, los jugadores completaron carreras de ida y vuelta de 20 m, alternando entre 120% $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ y 55% $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ hasta la fatiga voluntaria. En los periodos breves de descanso entre cada bloque de 15 minutos, los jugadores también completaron una serie de pruebas físicas y mentales: saltos verticales, una prueba modificada de rayuela para evaluar la habilidad motora de todo el cuerpo y pruebas de función mental, es decir, la Prueba Stroop de colores y palabras así como completar un cuestionario de estado de ánimo (POMS). Los jugadores ingirieron una solución al 6% de CHO-E o un placebo con el mismo color y sabor inmediatamente antes y durante el ejercicio. El tiempo de carrera de ida y vuelta hasta la fatiga fue 37% mayor cuando los jugadores ingirieron la solución de CHO-E y los tiempos de sprint se mantuvieron mejor durante el último cuarto que con el placebo. Este estudio se extendió con un mayor número de jugadores, hombres y mujeres, para examinar el impacto de ingerir una solución al 6% de CHO-E sobre la función del sistema nervioso central (SNC) y periférico.

Ellos encontraron nuevamente tiempos más rápidos para sprints de 20 m, mejoras en las habilidades motoras y un mejor estado de ánimo durante el último cuarto cuando los jugadores ingirieron la solución CHO-E (Winnick et al., 2005). En un estudio de baloncesto se reportaron mejorías similares en la habilidad de tirar de jugadores jóvenes después de consumir una solución CHO-E (6% solución: 70-73 g/h) durante un partido simulado de 4 cuartos (Dougherty et al., 2006).

Es importante tener en cuenta que a diferencia de los estudios de laboratorio sobre las habilidades de rendimiento donde se controla cuidadosamente la frecuencia y cantidad ingerida de CHO-E, hay pocas oportunidades de beber durante los partidos de fútbol. En el baloncesto, las oportunidades para beber durante los descansos en el partido son mayores. Sin embargo, la evidencia disponible sugiere que los jugadores deben buscar oportunidades para ingerir soluciones de CHO-E durante los descansos en el juego cuando se presentan a lo largo de los partidos.

ALIMENTACIÓN CON CARBOHIDRATOS Y RECUPERACIÓN DE RENDIMIENTO

El consumo de carbohidratos inmediatamente después del ejercicio aumenta la tasa de reposición de glucógeno muscular y hepático (Casey et al., 2000; Ivy, 1998). Sin embargo, la restauración de glucógeno parecer ser más lenta después de los deportes intermitentes posiblemente debido a que incluyen un gran número de contracciones excéntricas perjudiciales en los músculos esqueléticos (Asp et al., 1998). La evidencia más reciente confirma que la resíntesis de glucógeno es más lenta tanto después de un juego simulado de fútbol de 60 min como después de un partido de 90 min, pero pone en duda el vínculo con el ejercicio excéntrico (Gunnarsson et al., 2013).

Aunque los mecanismos subyacentes a la restauración del glucógeno muscular después de la participación en deportes intermitentes no han sido explicados todavía, la cuestión pragmática es si las dietas de recuperación altas en CHO restauran o no el rendimiento durante la siguiente sesión de ejercicio. Para abordar esta pregunta, Nicholas y colaboradores (1997) reclutaron jugadores que realizaron los 5 bloques de LIST (75 min) seguido de sprints de 20 m alternados con trote de recuperación hasta la fatiga y después repitieron su ejecución 22 h más tarde. Durante la recuperación, consumieron su dieta normal, ya sea con CHO adicionales para lograr una ingesta total de 9 g/kg MC o su ingesta normal CHO (5 g/kg MC) más proteína adicional con el fin de que coincida con la ingesta de energía de la dieta de CHO. Después de la dieta de recuperación alta en CHO, los

jugadores fueron capaces de igualar el rendimiento del día anterior. Por el contrario, cuando consumieron la cantidad normal de CHO y un consumo energético equivalente, los jugadores no lograron reproducir el rendimiento del día anterior.

Se ha sugerido que la adición de proteína a CHO durante la recuperación aumenta la tasa de síntesis de glucógeno y así mejora la capacidad del ejercicio subsecuente. Sin embargo, no todos los estudios apoyan estos hallazgos ya sea después de carrera en banda sin fin (Betts & Williams, 2010) o después de un partido de fútbol competitivo (Gunnarsson et al., 2013). Sin embargo, puede haber un caso para el consumo de mezclas de CHO-proteína después del ejercicio. Por ejemplo, con el fin de lograr la velocidad óptima de la síntesis de glucógeno después del ejercicio, los jugadores deben consumir una gran cantidad de CHO (~1.2 g/kg de masa corporal) que podrían encontrar intolerable. Las mezclas de CHO-proteína emparejados en cuanto al aporte energético, contienen menos CHO y todavía resulta en una tasa similar de resíntesis de glucógeno que con solo CHO.

Por lo tanto, la información disponible muestra que el éxito en la recuperación se logra mediante el inicio de la resíntesis de glucógeno inmediatamente después del ejercicio. Además, el consumo de carbohidratos AIG después del ejercicio aprovecha la bioquímica celular que está regulada para reponer rápidamente las reservas hepáticas y musculares de glucógeno en mayor medida que el consumo de carbohidratos BIG. (Burke et al., 1993). El consumo post ejercicio de soluciones de CHO-electrolitos tiene la ventaja de no solo contribuir a la resíntesis de glucógeno, sino también de contribuir a la rehidratación. Por otra parte, aunque una mezcla de CHO-proteína post ejercicio puede no resultar en un mayor almacenamiento de glucógeno, hay sugerencias de que puede ayudar a reducir el retraso en la aparición del dolor muscular experimentado por jugadores en muchos de los deportes de equipo (Cockburn et al., 2010) aunque ésta no es una opinión consensada (Pasiakos et al., 2014). Sin embargo, existe un acuerdo general de que el consumo de proteínas después del ejercicio ofrece un sustrato para un aumento en la síntesis de proteínas (Pasiakos et al., 2014; Phillips, 2011).

RECOMENDACIONES PRÁCTICAS

- Durante la carrera intermitente, breve de alta intensidad, hay una reducción gradual en el rendimiento a medida que el partido progresa, que es en gran parte el resultado de una disminución en el contenido de glucógeno en los músculos esqueléticos.
- El consumo de soluciones de carbohidratos y electrolitos (60-90 g/h) durante el ejercicio prolongado tiene varias ventajas de rendimiento
 - Se extiende el tiempo de carrera más allá de lo que se lograría al beber solo agua.
 - Conserva la velocidad del sprint más que con ingerir solamente agua.
 - Se tiende a preservar más las habilidades específicas del deporte que cuando solo se toma agua.
- El consumo de carbohidratos después de practicar un deporte de equipo es esencial para la recuperación exitosa.
 - El consumo de carbohidratos inmediatamente después del ejercicio aprovecha la sobre-regulación de la síntesis de glucógeno en el músculo esquelético.
 - Las dietas de recuperación y antes del ejercicio se fusionan cuando los jugadores entrenan dos veces al día y la planificación nutricional es esencial para lograr un óptimo rendimiento.
 - Las preferencias alimentarias individuales deben ser incluidas en la planificación de la dieta para los jugadores con el reconocimiento de sus gastos energéticos totales durante el entrenamiento y la competencia.

- Cuando los jugadores llevan a cabo entrenamientos pesados diariamente, requieren de una dieta de recuperación que incluya 9-10 g CHO/kg MC para restaurar el rendimiento.
- Las mezclas de carbohidratos-proteínas consumidas durante la recuperación pueden ayudar a reducir el dolor muscular de inicio retardado posterior al ejercicio.

RESUMEN

En resumen, es necesario un enfoque útil para asegurarse de que la ingesta de carbohidratos de los jugadores coincide adecuadamente con las demandas de entrenamiento y competencia. Ante la falta de información fiable sobre el gasto de energía de los jugadores, la atención debe centrarse en tres elementos: (1) la dieta de los jugadores, garantizando la ingesta suficiente de carbohidratos y de proteína, (2) monitoreo de las variaciones del peso y composición corporal para asegurarse de que los jugadores no están perdiendo o ganando peso y (3) su habilidad para hacer frente al entrenamiento y a la competencia como se refleja en su propia percepción y la de su coach respecto a su rendimiento. La combinación de estas observaciones con el monitoreo dietético rutinario permite que las dietas de los jugadores se ajusten de manera que sean capaces de afrontar las demandas del entrenamiento y de la competencia así como mantener una buena salud. Este enfoque es un paso positivo hacia la personalización de las necesidades de carbohidratos en los jugadores de los deportes de equipo (Jeukendrup, 2014).

REFERENCIAS

- Akermark, C., I. Jacobs, M. Rasmusson, and J. Karlsson (1996). Diet and muscle glycogen concentration in relation to physical performance in Swedish elite ice hockey players. *Int. J. Sport Nutr.* 6:272-284.
- Ali, A., C. Williams, C. Nicholas, and A. Fosskett (2007). The influence of carbohydrate-electrolyte ingestion on soccer skill performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 39:1969-1976.
- Ali, A., C. Williams, M. Hulse, A. Strudwick, J. Reddin, L. Howarth, J. Eldred, M. Hirst, and S. McGregor (2009). Reliability and validity of two tests of soccer skill. *J. Sports Sci.* 25:1461-1470.
- Ali, A., A. Fosskett, and N. Gant (2014). Measuring intermittent exercise performance using shuttle running. *J. Sports Sci.* 32:601-609.
- Asp, S., J. Dugaard, S. Kristiansen, B. Kiens, and E. Richter (1998). Exercise metabolism in human skeletal muscle exposed to prior eccentric exercise. *J. Physiol.* 509:305-313.
- Bailey, D., S. Erith, J. Griffin, T. Dowson, D. Brewer, N. Gant, and C. Williams (2007). Influence of cryotherapy on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle-running exercise. *J. Sports Sci.* 25:1163-1170.
- Balsom, P., K. Wood, P. Olsson, and B. Ekblom (1999a). Carbohydrate intake and multiple sprint sports: with special reference to football (soccer). *Int. J. Sports Med.* 20:48-52.
- Balsom, P., G. Gaitanos, K. Soderlund, and B. Ekblom (1999b). High intensity exercise and muscle glycogen availability in humans. *Acta Physiol. Scand.* 165:337-345.
- Bangsbo, J., M. Mohr, and P. Krstrup (2006). Physical and metabolic demands of training and match play in the elite player. *J. Sports Sci.* 24:665-674.
- Bartlett, J.D., J.A. Hawley, and J.P. Morton (2014). Carbohydrate availability and exercise training adaptation: Too much of a good thing? *Eur. J. Sport Sci.* 19:1-10.
- Bendiksen, M., R. Bischoff, M. Randers, M. Mohr, I. Rollo, C. Suetta, J. Bangsbo, and P. Krstrup (2012). The Copenhagen soccer test: Physiological response and fatigue development. *Med. Sci. Sports Exerc.* 44: 1595-1603.
- Betts, J., 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.* 40:941-959.
- Burke, L.M., G.R. Collier, and M. Hargreaves (1993). Muscle glycogen storage after prolonged exercise: effect of the glycemic index of carbohydrate feedings. *J. Appl. Physiol.* 75:1019-1023.
- Burke, L., J. Hawley, S. Wong, and A. Jeukendrup (2011). Carbohydrates for training and competition. *J. Sports Sci.* 29:S17-S27.
- Casey, A., R. Mann, K. Banister, J. Fox, P.G. Morris, I. Macdonald, and P.L. Greenhaff (2000). Effect of carbohydrate ingestion on glycogen resynthesis in human liver and skeletal muscle, measured by ¹³C MRS. *Am. J. Physiol.* 278:E65-E75.
- Cockburn, E., E. Stevenson, P. Hayes, P. Robson-Ansley, and G. Howatson (2010). Effect of milk-based carbohydrate-protein supplement timing on the attenuation of exercise-induced muscle damage. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 35:270-277.
- Chryssanthopoulos, C., C. Williams, A. Nowitz, and G. Bogdanis (2004). Skeletal muscle glycogen concentration and metabolic responses following a high glycaemic carbohydrate breakfast. *J. Sports Sci.* 22:1065-1071.
- Currell, K., S. Conway, and A. Jeukendrup (2009). Carbohydrate ingestion improves performance of a new reliable test of soccer performance. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 19:34-46.
- Davis, J., R. Welsh, and N. Alderson (2000). Effects of carbohydrate and chromium ingestion during intermittent high-intensity exercise to fatigue. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 10:476-485.
- Dougherty, K., L. Baker, M. Chow, and L. Kenney (2006). Two percent dehydration impairs and six percent carbohydrate drink improves boys basketball skills. *Med. Sci. Sports Exerc.* 38:1650-1658.
- Duthie, G., D. Pyne, and S. Hooper (2003). Applied physiology and game analysis of rugby union. *Sports Med.* 33:973-991.
- Erith, S., C. Williams, E. Stevenson, S. Chamberlain, P. Crews, and I. Rushbury (2006). The effect of high carbohydrate meals with different glycemic indices on recovery of performance during prolonged intermittent high-intensity shuttle running. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 16:393-404.
- Fosskett, A., C. Williams, L. Boobis, and K. Tsintzas (2008). Carbohydrate availability and muscle energy metabolism during intermittent running. *Med. Sci. Sports Exerc.* 40:96-103.
- Gaitanos, G.C., C. Williams, L.H. Boobis, and S. Brooks (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 75:712-719.
- Gunnarsson, T., M. Bendiksen, R. Bischoff, P. 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.* 23:508-515.
- Hoffman, J., C. Maresch, R. Newton, M. Ruben, D. French, J.S. Volek, J. Sutherland, N. Robertson, A.L. Gomez, N.A. Ratamess, J. Kang, and W.J. Kraemer (2002). Performance, biochemical and endocrine changes during a competitive football game. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34:1845-1853.
- Ivy, J. (1998). Glycogen resynthesis after exercise: effect of carbohydrate intake. *Int. J. Sports Med.* 19:S142-S145.
- Jeukendrup, A. (2014). A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. *Sports Med.* 44:S25-S33.
- Krstrup, P., M. Mohr, H. Ellingsgaard, and J. Bangsbo (2005). Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37:1242-1248.
- Leger, L., and J. Lambert (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict V_{O2}max. *Eur. J. Appl. Physiol.* 49:1-12.
- Macutkiewicz, D., and C. Sunderland (2011). The use of GPS to evaluate activity profiles of elite women hockey players during match play. *J. Sports Sci.* 29:967-973.
- Mohr, M., P. Krstrup, and J. Bangsbo (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J. Sports Sci.* 21:519-528.
- Mohr, M., I. Mujika, J. Santisteban, M. Randers, R. Bischoff, R. Solano, A. Hewitt, A. Zubillaga, E. Peltola, and P. Krstrup (2010). Examination of fatigue development in elite soccer in a hot environment: a multi-experimental approach. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 20:S125-S132.
- Morris, J., M. Nevill, D. Thompson, J. Collie, and C. Williams (2003). The influence of a 6.5% carbohydrate-electrolyte solution on performance of prolonged intermittent high intensity running at 30°C. *J. Sports Sci.* 31:371-381.
- Morris, J., M. Nevill, L. Boobis, I. Macdonald, and C. Williams (2005). Muscle metabolism, temperature, and function during prolonged intermittent high intensity running in air temperatures of 33 °C and 17°C. *Int. J. Sport Med.* 26:805-814.
- Nicholas, C., C. Williams, H. Lakomy, G. Phillips, and A. Nowitz (1995). Influence of ingesting a carbohydrate-electrolyte solution on endurance capacity during intermittent, high intensity shuttle running. *J. Sports Sci.* 13:283-290.

- Nicholas, C., P. Green, R. Hawkins, and C. Williams (1997). Carbohydrate intake and recovery of intermittent running capacity. *Int. J. Sport Nutr.* 7:251-260.
- Nicholas, C., C. Williams, L. Boobis, and N. Little (1999). Effect of ingesting a carbohydrate-electrolyte beverage on muscle glycogen utilisation during high intensity, intermittent shuttle running. *Med. Sci. Sport Exec.* 31:1280-1286.
- Nicholas, C., F. Nuttall, and C. Williams (2000). The Loughborough Intermittent Shuttle Test: A field test that simulates the activity pattern of soccer. *J. Sports Sci.* 18:97-104.
- Parolin, M., A. Chesley, M. Matsos, L. Spriet, N. Jones, and G. Heigenhauser (1999). Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. *Am. J. Physiol.* 277:E890-E900.
- Pasiakos, S., H. Lieberman, and T. McLellan (2014). Effects of protein supplements on muscle damage, soreness and recovery of muscle function and physical performance: a systematic review. *Sports Med.* 44:665-670.
- Patterson, S., and S. Gray (2007). Carbohydrate-Gel supplementation and endurance performance during intermittent high-intensity shuttle running. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 17:445-455.
- Phillips, S. (2011). Exercise and protein nutrition: The science of muscle hypertrophy: making dietary protein count. *Proc. Nutr. Soc.* 70:100-103.
- Phillips, S.M., A.P. Turner, M.F. Sanderson, and J. Sproule (2012). Carbohydrate gel ingestion significantly improves the intermittent endurance capacity, but not sprint performance, of adolescent team games players during a simulated team games protocol. *Eur. J. Appl. Physiol.* 112:1133-1141.
- Rampinini, E., F. Impellizzeri, A. Castagna, J. Coutt, and U. Wisloff (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league effect of fatigue and competitive level. *J. Sci. Med. Sport.* 120:227-233.
- Rollo, I., and C. Williams (2011). Effect of mouth-rinsing carbohydrate solutions on endurance performance. *Sports Med.* 41:449-461.
- Rollo, I. (2014). Carbohydrate: The football fuel. *Sports Sci. Exchange.* 27(127):1-8.
- Russell, M., and M. Kingsley (2014). The efficacy of nutritional interventions on soccer skill performance. *Sports Med.* 44:957-970.
- Sherman, W., D. Costill, W. Fink, and J. Miller (1981). Effect of exercise-diet manipulation on muscle glycogen and its subsequent utilization during performance. *Int. J. Sports Med.* 2:114-118.
- Spencer, M., D. Bishop, B. Dawson, and C. Goodman (2005). Physiology and etabolic responses of repeated-sprint activities. *Sports Med.* 35:1025-1044.
- Sunderland, C., and M.E. Nevill (2005). High intensity intermittent running and field hockey skill performance in the heat. *J. Sports Sci.* 23:531-540.
- Thompson, D., C. Nicholas, and C. Williams (1999). Muscle soreness following prolonged intermittent high intensity shuttle running. *J. Sports Sci.* 17:387-395.
- Wee, S., C. Williams, K. Tsintzas, and L. Boobis (2005). Ingestion of a high-glycemic index meal increases muscle glycogen storage at rest but aguments its utilization during subsequent exercise. *J. Appl. Physiol.* 99:707-714.
- Welsh, R., M. Davis, J. Burke, and H. Williams (2002). Carbohydrates and physical/ mental performance during intermittent exercise to fatigue. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34:723-731.
- Winnick, J., J. Davis, R. Welsh, and M. Carmichael (2005). Carbohydrate feedings during team sport exercise preserve physical and CNS function. *Med. Sci. Sports Exerc.* 37:306-315.
- Wu, C.-L., and C. Williams (2006). A low glycemic index meal before exercise improves running capacity in man. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 16:510-527.

TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: Hawley, J. (2014). Manipulating Carbohydrate availability to Promote Training Adaptation. *Sports Science Exchange* 134, Vol. 27, No. 134, 1-7, por Nidia Rodríguez Sánchez Ph.D.