

2.2 Suplementos dietéticos para tener en cuenta en el fútbol

La principal razón para recurrir a un programa de suplementos dietéticos en el fútbol es mejorar el desempeño de los jugadores. Para lograr esto, el suplemento dietético debe tener un impacto directo o indirecto en el desempeño del jugador. Los suplementos dietéticos que tienen un efecto indirecto en el desempeño del jugador son aquellos relacionados con la salud (que le permiten al jugador acumular horas de entrenamiento) y la recuperación (adaptación mejorada) del jugador, mientras que otros suplementos dietéticos se pueden ingerir de manera aguda para que impacten directamente en la realización de actividades específicas del partido. En esta unidad se analizarán los suplementos que están respaldados por un nivel de pruebas de moderado a alto y que pueden considerarse para el desempeño en el fútbol. Se proporcionarán las justificaciones y las pruebas para el suplemento, seguidas de una recomendación práctica.

Prioridades de nutrición

Siempre se debería incentivar a los jugadores a que adopten una dieta saludable y balanceada utilizando un enfoque de "alimentos primero" antes de considerar suplementos dietéticos (Unidad 1). Por lo tanto, cuando se analiza el uso de suplementos dietéticos, se supone que los componentes clave de la dieta del jugador están optimizados. En primer lugar, los jugadores deberían estar consumiendo una variedad de alimentos diferentes (principalmente integrales) para satisfacer sus requerimientos de energía diarios (dieta balanceada y saludable). En segundo lugar, se deberían estar siguiendo las directrices con respecto al momento oportuno y a la cantidad de ingesta de macronutrientes (proteínas, carbohidratos, grasas) para apoyar el desempeño y la recuperación (estrategias óptimas). Una vez que estos dos componentes básicos estén implementados, se puede considerar la suplementación dietética (Figura 1).

Figura 1: Prioridades de nutrición



Fuente: elaboración propia.

Suplementación dietética: impacto indirecto

Hay períodos de la temporada en los que se intensifican las demandas físicas del fútbol, como los períodos preparatorios o de acumulación de partidos (2-3 partidos por semana). Un programa de suplementos dietéticos que ayude al jugador a entrenar más duro, maximizar su adaptación, acelerar la recuperación, reducir el dolor muscular y evitar enfermedades tiene beneficios obvios para el desempeño del jugador. A continuación se detallan los suplementos dietéticos que pueden beneficiar indirectamente el rendimiento del jugador.

Nutrientes esenciales

Los micronutrientes esenciales se analizaron en el Módulo 1. Cuando a los jugadores se les diagnostica con exactitud una deficiencia de nutrientes específica, la primera respuesta debería ser realizar modificaciones en la dieta. Sin embargo, puede haber situaciones específicas en las que la suplementación dietética podría proporcionar una respuesta rápida y eficaz. Los micronutrientes más comunes que requieren un suplemento dietético son el hierro, el calcio y la vitamina D (Tabla 3). La corrección de estos micronutrientes puede mantener la salud y maximizar las ganancias en el desempeño del entrenamiento. Además, los jugadores también pueden considerar la ingesta de un probiótico diario. Tal como se recomienda en la Unidad 1, se deberían seguir los pasos adecuados para garantizar la calidad del producto nutriente. Si se inicia la suplementación, debería estar acompañada de

un sistema de monitoreo de rutina para evaluar el impacto del programa de suplementación y debería tener la duración requerida para restituir el estado de nutrientes deseado del jugador (Maughan et al., 2018).

Es importante señalar que los jugadores que viajan con frecuencia, que tienen patrones de alimentación alterados o que participan en programas para perder grasa corporal pueden beneficiarse de un suplemento dietético de múltiples vitaminas y minerales de dosis bajas y amplio espectro (Maughan et al., 2018). Esta recomendación también debería evaluarse de manera individual jugador por jugador.

Tabla 3: Suplementos dietéticos y orientación para el uso

Suplemento dietético	Ejemplos	Uso	Dosis	Inquietudes
Nutrientes esenciales	Multivitamínico mineral Hierro Vitamina D Calcio	Prevenir o tratar la deficiencia para ayudar a mantener la salud y el desempeño	Para cumplir con la IDR Ver Módulo 1	El uso inapropiado o la ingesta sin monitorización o supervisión pueden ocasionar problemas de salud.
Probióticos	Especies de Lactobacillus y/o Bifidobacterium	Los probióticos estimulan algunos aspectos de la inmunidad y pueden reducir la incidencia de infecciones en los jugadores.	Dosis mínima de 10^{10} bacterias vivas por día	Opción costosa que puede no ser siempre necesaria. Es difícil determinar las necesidades individuales.

Fuente: elaboración propia.

Cereza ácida

Tanto las cerezas dulces como las ácidas contienen niveles altos de antioxidantes, entre ellos, la melatonina, los carotenoides, los hidroxycinamatos y varios grupos de flavonoides que incluyen las antocianinas y también el flavonol quercetina (McCune et al., 2011). Aunque actualmente se desconocen los mecanismos, los informes sugieren que tanto las cerezas Montmorency ácidas como las cerezas dulces reducen la inflamación (Kelley et al., 2006; Howatson et al., 2010), el estrés oxidativo y el dolor muscular, y mejoran la recuperación de los músculos (Connolly et al., 2006; Howatson et al., 2010; Kuehl et al., 2010;

Bowtell et al., 2011). En deportes como el fútbol, donde son comunes las acciones musculares excéntricas y las múltiples series cortas y repetidas de ejercicios de alta intensidad, el estrés mecánico es alto, lo cual genera un daño muscular primario. A este daño lo sigue una fase inflamatoria secundaria como parte del proceso de reparación durante el cual el músculo está dolorido y la función se ve afectada (Howatson & van Someren 2008). Se cree que el jugo de cereza actúa principalmente sobre esta segunda fase, reduciendo la inflamación y el dolor muscular y manteniendo mejor la función muscular.

Connolly et al. (2006) fueron los primeros en investigar la aplicación de la suplementación con jugo de cereza en un modelo de ejercicio con daño. La suplementación consistía en jugo de cereza Montmorency ácida recién preparado mezclado con jugo de manzana en una proporción patentada. Cada porción contenía aproximadamente entre 50 y 60 cerezas ácidas. En un diseño cruzado simple ciego, los participantes recibieron un suplemento compuesto de dos raciones de 237 ml por día (a. m./p. m.) 4 días antes del ejercicio, el día del ejercicio y 4 días después del ejercicio. En las 96 h siguientes a las contracciones excéntricas sesgadas de los flexores del codo, la pérdida de fuerza isométrica máxima se atenuó con la mezcla de jugo de cereza Montmorency ácida en comparación con el placebo (4 % frente a 22 %). En consecuencia, la recuperación se aceleró con la mezcla de jugo de cereza. Asimismo, una investigación más reciente respaldó estos hallazgos utilizando un diseño de estudio similar con una serie de ejercicios con daño para el extensor de la rodilla. Bowtell et al. (2011) informaron una recuperación más rápida de la fuerza isocinética del extensor de la rodilla cuando se suplementó con un concentrado de jugo de cereza Montmorency ácida en comparación con un placebo isoenergético. La creatina quinasa (CK) mostró una tendencia a aumentar en el ensayo con placebo en comparación con el que incluía cerezas, aunque esto no alcanzó relevancia estadística. En artículos de revisión y metaanálisis recientes se ha concluido que, en conjunto, la evidencia parece sugerir que hay una serie de efectos positivos en el consumo de jugo de cereza antes y después del ejercicio con daño (Bell et al., 2014; Nedelec et al., 2015).

Recomendación práctica

La suplementación con cereza ácida puede ser especialmente relevante durante los períodos de mayor actividad de la temporada competitiva (2-3 partidos por semana). El sistema de administración recomendado es un concentrado de cereza ácida que puede ingerirse para lograr un equivalente a aproximadamente 100 cerezas ácidas por día. El concentrado de cereza puede agregarse a batidos de proteínas o a la comida del desayuno. La ingesta de cerezas ácidas debería considerarse cuando la recuperación es una prioridad, pero no durante los períodos en los que el objetivo es la adaptación fisiológica (ya que la atenuación de la respuesta inflamatoria puede afectar la adaptación).

Suplementación dietética: impacto directo

El desempeño individual del jugador está bajo el escrutinio constante tanto del director técnico como de los entrenadores, los compañeros de equipo y los seguidores. Para tener éxito, el jugador individual debe superar a sus compañeros para ser seleccionado en la alineación inicial, y luego superar a sus rivales y ganar partidos. Hay muchos factores que contribuirán al desempeño exitoso en el fútbol. Desde una perspectiva nutricional, los nutrientes más investigados y potentes que pueden beneficiar el desempeño en el fútbol son los carbohidratos. Los beneficios de los carbohidratos han sido ampliamente cubiertos en cursos anteriores. Por lo tanto, en esta unidad se analizarán esos otros suplementos dietéticos que pueden dar lugar a ganancias marginales en el desempeño físico y técnico del jugador. Entre estos suplementos dietéticos se incluyen la cafeína, la creatina (en forma de monohidrato de creatina), el nitrato y la β -alanina.

Cafeína

La cafeína es un suplemento dietético único. Esto se debe a que la cafeína se encuentra en diversas bebidas y alimentos socialmente aceptados (p. ej., té, café, bebidas cola, chocolate, etc.). Además, la cafeína es una de las ayudas ergogénicas dietéticas más ampliamente investigadas y comprobadas. Se ha demostrado consistentemente que la cafeína mejora el desempeño físico y cognitivo en una variedad de deportes de resistencia, entre ellos el correr, el ciclismo, el remo y la natación (Burke 2008). Los estudios también sugieren que la cafeína mejora los elementos físicos y técnicos del desempeño que son relevantes para el fútbol. Por ejemplo, la cafeína puede mejorar el desempeño de salto y sprint repetido (Gant et al., 2010), la agilidad reactiva (Duvnjak-Zaknich et al., 2011) y la precisión de los pases (Foskett et al., 2009) durante los protocolos de ejercicio de tipo intermitente. Los efectos ergogénicos de la cafeína se logran habitualmente con la ingesta de 2 a 6 mg/kg de masa corporal (MC) (Burke 2013). Sabiendo que los niveles de cafeína en plasma alcanzan su nivel máximo aproximadamente entre 45 y 60 minutos después de la ingesta (Graham & Spriet 1995), se recomienda que los jugadores consuman bebidas, cápsulas o geles con cafeína (según su preferencia) dentro del período de entrada en calor antes del inicio del partido.

Aunque los mecanismos ergogénicos exactos aún se consideran elusivos, la mayoría de los investigadores están de acuerdo en que el mecanismo predominante es la capacidad de la cafeína para regular el sistema nervioso central (SNC) (Meeusen 2014). De hecho, la cafeína se transporta inmediatamente a través de la barrera hematoencefálica y puede actuar como un antagonista del adenosín, combatiendo así la acción de este. Así, la cafeína puede aumentar las concentraciones de importantes neurotransmisores como la dopamina (Fredholm 1995),

cuyo resultado se manifiesta como un aumento de la motivación (Maridakis et al., 2009) y el impulso motor (Davis et al., 2003). Además de su efecto sobre el SNC, datos recientes sugieren que la cafeína también puede ejercer sus influencias ergogénicas durante el ejercicio intermitente de alta intensidad a través de un mecanismo adicional relacionado con el mantenimiento de la excitabilidad del músculo. De hecho, Mohr, Nielsen y Bangsbo (2011) observaron un mejor desempeño en la prueba Yo-Yo de recuperación intermitente de nivel 2 después de la suplementación con cafeína que se asoció con una reducción de la acumulación intersticial de potasio (K^+) en los músculos durante el ejercicio intermitente intenso. La última observación concuerda con la noción de que la acumulación extracelular de K^+ es una causa que contribuye con la fatiga durante el ejercicio de muy alta intensidad (Mohr et al., 2011). En varios estudios se simuló el patrón de ejercicio de un partido de fútbol y se analizaron los efectos de la cafeína. Por ejemplo, Del Coso et al. (2012) informaron que la distancia total cubierta a velocidades superiores a 13 km/h durante el partido y el número total de sprints durante el partido mejoraron con una bebida que contenía cafeína en comparación con una bebida que no contenía cafeína (Del Coso et al., 2012).

La influencia de la ingesta de cafeína también se ha investigado en tareas específicas del fútbol. En un estudio se investigó el efecto de agregar una dosis moderada de cafeína a una solución de carbohidratos durante la actividad prolongada del fútbol (Gant et al., 2010). Se llegó a la conclusión de que la adición de cafeína a la solución de carbohidratos y electrolitos mejoró el desempeño en los sprints, los saltos con contramovimiento y las experiencias subjetivas de los jugadores. Al parecer, la cafeína compensaba la disminución debida a la fatiga en ciertos componentes del desempeño. De manera similar, Fosskett et al. (2009) informaron que la ingesta de cafeína antes de la actividad de fútbol simulada mejoró la precisión de los pases y el desempeño en los saltos de los jugadores sin ningún efecto perjudicial sobre otros parámetros de desempeño (Fosskett et al., 2009). En estudios recientes realizados por el mismo grupo de investigación se obtuvieron efectos similares en jugadoras de fútbol (Ali et al., 2016a; Ali et al., 2016b).

A diferencia de los días de competición en los que generalmente se consumen productos deportivos con cafeína especializados, los jugadores pueden lograr efectos ergogénicos en los días de entrenamiento mediante el consumo de cafeína en forma de té o café con el desayuno antes del entrenamiento (Morton 2014). De hecho, esta estrategia parece apropiada dada la evidencia reciente de que la ingesta de café antes del ejercicio produce beneficios en el desempeño similares a aquellos de la ingesta de cafeína no basada en líquidos (Hodgson et al., 2013).

Dado que existe abundante bibliografía que respalda la ingesta de cafeína para el desempeño en el fútbol, se la puede considerar para el uso de los jugadores. Sin embargo, es sumamente recomendable que los jugadores experimenten primero con la ingesta de cafeína durante las sesiones de entrenamiento. Esto se debe a que la cafeína puede dar lugar a una serie de efectos secundarios adversos que pueden limitar su utilización en algunos deportes o en individuos sensibles. Entre los posibles efectos secundarios negativos se incluyen insomnio, cefalea, molestias y hemorragias gastrointestinales y estimulación de la diuresis (Maughan et al., 2011). De hecho, no todos los individuos muestran mejoras en el desempeño después de la ingesta aguda de cafeína, y en grandes dosis (es decir, especialmente >6 mg/kg MC) a menudo puede producir síntomas negativos como aumento de la frecuencia cardíaca, irritabilidad, temblor, confusión, disminución de la concentración y falta de aliento (Graham & Spriet 1995), muchos de los cuales tendrían implicaciones negativas para el desempeño basado en habilidades. Además, el consumo de altas dosis de cafeína antes o durante la competición nocturna también puede ser problemático, ya que la calidad del sueño puede verse afectada negativamente (Drake et al., 2013).

Recomendación práctica

Los jugadores deben experimentar con la cafeína en el entrenamiento para encontrar una dosis adecuada. Los jugadores deberían apuntar a ingerir 3 mg/kg (rango de entre 2 y 5 mg/kg) para obtener los posibles beneficios de la ingesta. La cafeína debería ingerirse entre 45 y 60 minutos antes de un partido. Si se utiliza una goma de mascar con cafeína como método de administración de cafeína, los jugadores deberían usarla inmediatamente después de la entrada en calor. Los jugadores no deberían hacer ejercicio mientras mastican la goma de mascar con cafeína; esta debe retirarse de la boca antes del inicio del partido. El método elegido para suministrar cafeína se puede modificar según las preferencias personales del jugador.

Creatina

La creatina es un suplemento dietético ampliamente investigado, y pruebas sólidas apoyan su uso en el fútbol. La creatina puede ser generada endógenamente por el cuerpo o suministrada exógenamente por fuentes dietéticas. Dentro del cuerpo de los jugadores, la creatina se sintetiza en el hígado y en los riñones a partir de los aminoácidos arginina y glicina. Las principales fuentes alimentarias de creatina son el pescado y la carne roja. Por ejemplo, en 1 kg de carne fresca de res hay aproximadamente 5 g de creatina (Maughan et al., 2011). La mayor reserva de creatina en el cuerpo es el músculo esquelético (Wyss & Kaddurah-Daouk 2000). En el músculo esquelético aproximadamente entre el 60 % y el 70 % se almacena como una forma fosforilada

conocida como fosfocreatina (PCr). La suplementación con creatina para el deporte se ha asociado tradicionalmente con los deportistas de fuerza y potencia, como levantadores de pesas y velocistas, dado el papel de la hidrólisis de PCr en la regeneración de ATP durante los segundos iniciales de actividad supramáxima (Morton 2014). Sin embargo, en el contexto de los deportes intermitentes de alta intensidad, la suplementación con creatina también es de particular interés, ya que las reservas de PCr muestran disminuciones significativas durante los partidos de fútbol (Krustrup et al., 2006). Por consiguiente, la suplementación con creatina mejora el desempeño del sprint repetido durante los protocolos de ejercicios intermitentes de corta duración (Casey et al., 1996) y prolongados (Mujika et al., 2000), probablemente debido al aumento de las reservas de PCr en el músculo en reposo, así como a mejores tasas de resíntesis de PCr en los períodos de recuperación entre sprints sucesivos (Casey et al., 1996). Las mejoras en el desempeño del sprint después de la suplementación con creatina (en comparación con un placebo) estuvieron en el rango de entre el 1 % y el 4 %. Es posible que los jugadores deseen consumir creatina no solo para mejorar el desempeño del sprint repetido, sino también para otros objetivos de nutrición específicos del fútbol, como aumentar las mejoras inducidas por el entrenamiento en la masa muscular, la fuerza y la potencia (Branch 2003).

Harris y colegas completaron el primer estudio que demostró que la suplementación dietética con creatina (utilizando un protocolo de carga de 20 g/d durante 5 días) incrementó (+20 %) las reservas de creatina total y PCr en el músculo esquelético (Harris et al., 1992). Así, la estrategia convencional de dosificación de creatina es llevar a cabo un protocolo de carga (generalmente con 4 dosis de 5 g/d durante 5-7 días) seguido de una dosis diaria de mantenimiento de 3-5 g/d (Hultman et al., 1996). Sin embargo, dado que la adherencia del jugador a dicho protocolo puede ser limitada, cabe destacar que el consumo diario de una dosis más baja durante un período más largo (es decir, 3 g/d durante 30 días) aumentará la creatina muscular a un nivel similar al observado con los protocolos de carga clásicos (Hultman et al., 1996). Si se interrumpe la suplementación con creatina, los jugadores deben esperar que las reservas de creatina muscular vuelvan a los niveles basales dentro de un plazo de 5 a 8 semanas. Para facilitar el almacenamiento de creatina, se recomienda que la creatina se ingiera después del ejercicio y en combinación con alimentos con carbohidratos y/o proteínas, ya que se sabe que la contracción y la insulina elevada aumentan la captación de creatina en los músculos (Robinson et al., 1999). En un contexto práctico, esto significa asegurar la provisión de creatina antes y después de los períodos de entrenamiento en combinación con otros productos de nutrición deportiva que contengan carbohidratos (y/o proteínas) o con la provisión de alimentos integrales en las comidas principales del desayuno, almuerzo y cena (Morton 2014). La carga previa con creatina también puede mejorar las tasas de resíntesis de glucógeno muscular

después del ejercicio (Robinson et al., 1999). Puede ser difícil reponer las reservas musculares de glucógeno después del partido, incluso con ingestas suficientes de carbohidratos y proteínas. Por lo tanto, la ingesta de creatina puede ser relevante durante esos períodos de calendario ajustado en los que se juegan múltiples partidos con un tiempo de recuperación limitado.

Es importante señalar que no todos los jugadores responderán de manera similar a la suplementación con creatina en lo que respecta al aumento de las reservas de creatina muscular y a las subsiguientes mejoras en el desempeño (Morton 2014). La magnitud de elevación de la creatina muscular a una dosis dada de suplementación con creatina es muy variable y parece estar determinada en gran medida por el nivel inicial de concentración de creatina muscular antes de la suplementación, esta última probablemente determinada por la dieta habitual (Hultman et al., 1996). Con este fin, es probable que los jugadores con menos reservas de creatina muscular experimenten mayores aumentos en la creatina muscular total durante la suplementación en comparación con los jugadores que ya exhiben altas concentraciones de creatina muscular. Por lo tanto, las mejoras inducidas por la creatina en el desempeño de ejercicios intermitentes son mayores en aquellos individuos que mostraron mayores aumentos en la creatina muscular (especialmente las fibras de tipo II) y la PCr (Casey et al., 1996).

El régimen de carga de la suplementación con creatina puede inducir un aumento de 1-1,5 kg en la masa corporal, un efecto que se ha reportado como mayor en hombres que en mujeres (Mihic et al., 2000). Estos aumentos se limitan a la masa libre de grasa, y es probable que se deban a un aumento en la acumulación de agua intracelular. Por esta razón, no todos los jugadores pueden optar por suplementación con creatina, debido a la percepción de que se sienten más pesados y lentos, un efecto que puede ser especialmente relevante para aquellos que confían en la velocidad y la agilidad como atributos físicos clave, como los delanteros y los centrocampistas de banda en el fútbol (Morton 2014). Además, a menudo también se percibe que la suplementación con creatina tiene efectos negativos para la salud con respecto a la función hepática y renal. Sin embargo, cabe destacar que los estudios prospectivos demuestran la ausencia de efectos adversos para la salud en individuos sanos que usaron creatina a largo plazo (Kim et al., 2011).

En general, la evidencia disponible respalda un efecto beneficioso de la creatina en el ejercicio de alta intensidad a corto plazo y en el sprint repetido. La creatina tiene varios roles clave en el músculo esquelético como un amortiguador de energía temporal y portador de energía, y manteniendo los ratios ATP/ADP (Greenhaff 2001). Dado que las reservas de creatina tardan semanas en regresar a los niveles basales luego del cese de la suplementación (por lo tanto, aún deberían ocurrir efectos ergogénicos), quizás sea prudente que los jugadores "periodicen" la

suplementación con creatina en etapas específicas de la temporada (p. ej., antes de la temporada o durante períodos con muchos partidos) o para objetivos de entrenamiento (p. ej., objetivos de fuerza o hipertrofia) (Morton 2014)

Recomendaciones prácticas

La fase de carga para la suplementación con creatina puede ser corta (5 x 20 g por día) o gradual 3 g por día durante 30 días. Por lo tanto, los jugadores deberían desarrollar estrategias individuales y protocolos de dosificación, y deberían ser monitoreados con respecto a posibles efectos secundarios y a cambios en la masa corporal. La suplementación con creatina puede tomarse de forma continua o periodizada durante una temporada competitiva. Por ejemplo, la suplementación con creatina puede utilizarse durante la pretemporada, mantenerse durante la temporada, y luego detenerse durante la temporada baja. Idealmente, la suplementación se debería planificar teniendo en cuenta los indicadores clave de desempeño, por ejemplo, una prueba de sprint repetida independiente.

β -alanina

En las células del músculo esquelético, la β -alanina se combina con la L-histidina para formar el dipéptido β -alanil-L-histidina. Este dipéptido β -alanil-L-histidina se conoce más comúnmente como carnosina. La carnosina es de referencia particular para el desempeño de ejercicios de alta intensidad, ya que puede actuar como un amortiguador intracelular para los iones de hidrógeno (H^+) (p. ej., 10-60 mmol/kg de peso en seco) (Hobson et al., 2012). Dada la naturaleza repetida del sprint en los partidos de fútbol, el pH muscular disminuye a niveles que pueden afectar la capacidad de generar ATP a través del metabolismo glucolítico (Krustrup et al., 2006). Por lo tanto, se ha convertido en una práctica común para los jugadores de fútbol consumir suplementos diarios de β -alanina (como reguladores de la velocidad de síntesis de la carnosina) para aumentar las reservas de carnosina muscular y, por ende, mejorar potencialmente el desempeño de ejercicios de alta intensidad (Morton 2014). De hecho, en relación con lo anterior, se ha demostrado sistemáticamente que la suplementación diaria con β -alanina eleva la concentración de carnosina en el músculo esquelético en aproximadamente un 50 % en las fibras del músculo esquelético humano tipo I y tipo II (Harris & Sale 2012). Además, en metaanálisis recientes, Hobson et al. (2012) concluyeron que los posibles efectos ergogénicos de la suplementación con β -alanina en deportes de alta intensidad, como eventos de pista y campo, ciclismo, remo y natación, duran de 1 a 6 minutos.

Desafortunadamente, las investigaciones que evalúan los efectos de la suplementación con β -alanina durante los protocolos de ejercicio intermitente de alta intensidad que se aplican a deportes de campo como el fútbol son limitadas y contradictorias (Morton 2014). Por ejemplo, Saunders y colegas no observaron ningún efecto beneficioso de cuatro semanas de suplementación con β -alanina (6,4 g/d) en el desempeño del sprint durante la prueba LIST basada en el campo (Saunders et al., 2012a). Por el contrario, los mismos investigadores luego observaron una mejora en el desempeño durante la prueba Yo-Yo de recuperación intermitente de nivel 2 luego de 12 semanas de suplementación diaria con 3,2 g de β -alanina (Saunders et al., 2012b). Desafortunadamente, ninguno de los estudios midió los cambios en las reservas de carnosina muscular después de la suplementación, aunque es posible que el efecto mejorado observado en este último estudio se deba al período de suplementación más prolongado. Esta hipótesis es relevante dado que la duración de la suplementación con β -alanina determinará los aumentos en la concentración de carnosina muscular (Hill et al., 2007).

Un efecto secundario negativo de la suplementación con β -alanina cuando se administra en dosis únicas de >10 mg/kg de masa corporal (especialmente cuando está en solución o en cápsulas de gelatina) es un enrojecimiento de la piel y una sensación de hormigueo (Harris et al., 2006). Este fenómeno se conoce como parestesia. Para reducir los síntomas de la parestesia, se han desarrollado formulaciones de liberación sostenida que permiten que se ingieran dos dosis de 800 mg simultáneamente sin ningún síntoma (Decombaz et al., 2012). Aunque la estrategia óptima de dosificación y administración de la suplementación con β -alanina no se conoce actualmente, cabe destacar que existe una relación lineal significativa entre la ingesta total de β -alanina (dentro del rango de 1,6 a 6,4 g/d) y los aumentos relativos y absolutos en la carnosina muscular (Stellingwerff et al., 2012a). Con este fin, Stellingwerff y colegas (2012b) observaron que cuatro semanas de suplementación con 3,2 g diarios de β -alanina provocaron aumentos dos veces mayores en las reservas de carnosina muscular en comparación con 1,6 g diarios. Además, estos investigadores también observaron que las dosis diarias posteriores de 1,6 g/d continuaron provocando aumentos adicionales a pesar de que las reservas de carnosina ya eran altas después de las cuatro semanas de suplementación con β -alanina en dosis más elevadas (Stellingwerff et al., 2012a; Stellingwerff et al., 2012b). Se ha informado que después de 6 semanas de 3,2 g de β -alanina por día se requirió una dosis diaria adicional de mantenimiento de 1,2 g/d para mantener el contenido de carnosina muscular elevado en un 30-50 % por encima de los valores de referencia (Stegen et al., 2014). Cuando se interrumpe la suplementación con β -alanina, los jugadores pueden esperar que las reservas de carnosina muscular vuelvan a los niveles basales dentro de un plazo de 10 a 20 semanas (Baguet et al., 2009). Sobre la base de los estudios mencionados anteriormente, se recomienda que, cuando se necesite que las reservas de carnosina muscular se eleven rápidamente

(quizás durante etapas importantes de la competencia, como los períodos en que se juegan muchos partidos), se cargue con dosis mayores (p. ej., 3-6 g diarios durante 3-4 semanas), ya que puede ser inicialmente beneficioso, y se continúe con dosis diarias de mantenimiento de >1,2 g. Para minimizar los síntomas de la parestesia, los jugadores pueden beneficiarse de consumir fórmulas de liberación lenta en varias dosis distribuidas uniformemente a lo largo del día. Finalmente, se ha demostrado que la carga de carnosina a través de la suplementación con β -alanina es más pronunciada en deportistas (es decir, en músculo entrenado) que en personas desentrenadas (Bex et al., 2014). Por lo tanto, se esperaría la misma respuesta en jugadores de fútbol que participan en entrenamientos de rutina o partidos.

Recomendación práctica

Se aconseja que los jugadores ingieran 3-6 g diariamente durante 3-4 semanas; a esto puede seguirle una dosis diaria de mantenimiento de 1,2 g por día. La concentración de carnosina muscular permanecerá elevada durante un período de 4 a 8 semanas después del cese de la ingesta. No parece haber un beneficio en estrategias de una sola ingesta o de ingesta aguda. Aunque la beta-alanina se puede usar continuamente, se recomienda periodizar la suplementación. Por ejemplo, la suplementación puede utilizarse durante distintos períodos del año para respaldar el desempeño en lugar utilizarse de manera continua. Además, debido al prolongado período de "lavado" después de la suplementación, la ingesta puede detenerse aproximadamente 3 semanas antes del final de la temporada. El uso de una fórmula de liberación lenta de beta-alanina puede aliviar algunos de los efectos secundarios conocidos.

Nitratos dietéticos

Se puede considerar la suplementación con nitrato dietético inorgánico para los jugadores de fútbol. Esto se debe a que existe una gran cantidad de investigaciones que detallan los efectos del óxido nítrico en una variedad de funciones fisiológicas. Específicamente, el óxido nítrico tiene funciones bien documentadas en la regulación del flujo sanguíneo, la captación de glucosa el músculo y las propiedades contráctiles del músculo esquelético (Jones 2014; Jones 2016). La vía tradicional de producción endógena de óxido nítrico es la oxidación de la L-arginina facilitada por la enzima óxido nítrico sintasa. Sin embargo, ahora se sabe que la ingesta de nitrato inorgánico en la dieta también se puede metabolizar a nitrito y, posteriormente, a óxido nítrico, complementando así el producido por la vía de la L-arginina (Hord et al., 2011). La identificación de esta vía bioquímica ha conducido, por lo tanto, a una serie de estudios realizados en la última década que evalúan los efectos

de la ingesta de nitrato inorgánico para el desempeño del ejercicio (Morton 2014).

En la dieta, los nitratos están presentes especialmente en los vegetales de hojas verdes como la remolacha, la lechuga y la espinaca. El contenido exacto de nitratos en estos alimentos variará considerablemente según las condiciones del suelo y la época del año. Para proporcionar una ingesta estandarizada de nitrato, los investigadores han utilizado dosis estándar de jugo de remolacha (0,5 l es equivalente a aproximadamente 5 mmol de nitrato) para elevar la disponibilidad de nitrato y nitrito (Jones 2016). Al usar tanto la ingesta crónica (0,5 l de jugo de remolacha por día durante 3-15 días) como la ingesta aguda 2,5 h antes del ejercicio, se demostró que la ingesta de nitrato reduce la presión arterial, disminuye el consumo de oxígeno para una determinada carga de trabajo o la velocidad durante el ejercicio de estado estable, y también mejora la capacidad de ejercicio durante el ciclismo o la carrera de alta intensidad y corta duración (Bailey et al., 2009; Vanhatalo et al., 2010; Lansley et al., 2011a). Estos estudios iniciales fueron posteriormente respaldados por experimentos que demostraron que la ingesta aguda (Lansley et al., 2011b) y crónica (Cermak et al., 2012) de jugo de remolacha en deportistas entrenados pero de subélite también mejoró el desempeño en la prueba de contrarreloj de ciclismo en distancias que oscilaron entre 4 km y 16,1 km (es decir, aproximadamente entre 5 y 30 minutos de ejercicio). Sin embargo, cabe destacar que los efectos del nitrato que mejoran el desempeño no son fácilmente evidentes en los deportistas de resistencia de élite (Wilkerson et al., 2012). Aunque la razón exacta de estos hallazgos aún no se ha establecido, puede deberse a una combinación de diferencias subyacentes entre la fisiología de los deportistas de élite y la de los de subélite. Específicamente, un deportista entrenado puede ser menos sensible a la disponibilidad adicional de óxido nítrico, por ejemplo, mayor actividad de óxido nítrico sintasa, valores mayores de nitrito en plasma, mayor capilarización muscular y más fibras de tipo I (Jones 2014). Aún no se ha establecido si esto se aplica a los futbolistas de "élite" o a los de "subélite".

Actualmente, se cree que los mecanismos que sustentan el costo reducido de oxígeno del ejercicio y la mejora en la capacidad o el desempeño del ejercicio implican una mejora en la eficiencia muscular y en el metabolismo energético (Jones, 2014). Por ejemplo, Bailey y colegas observaron que la reducción en la captación de oxígeno durante el ejercicio (posterior a la ingesta de 0,5 l de jugo de remolacha por día durante seis días) se asociaba con una reducción en la degradación de PCr y en la acumulación de ADP y Pi, lo que implica un costo de contracción de ATP reducido para una determinada salida de potencia y, por lo tanto, señales reducidas para estimular la respiración (Bailey et al., 2010). Larsen et al. (2011) sugirieron que la eficiencia mitocondrial podría mejorarse en el músculo esquelético humano luego de tres días de ingesta de nitrato de sodio (0,1 mmol/kg de MC) (Larsen et al., 2011).

Haider y Folland (2014) observaron que siete días de carga de nitrato en forma de jugo de remolacha concentrado (9,7 mmol/d) también mejoraron las propiedades contráctiles in vivo del músculo esquelético humano, como lo demuestra la mejora del acoplamiento de excitación a bajas frecuencias de estimulación, así como la fuerza explosiva producida por la estimulación supramáxima (Haider & Folland 2014).

Figura 2: Volumen de jugo de remolacha concentrado y contenido asociado de nitrato

70 ml (~4.2 mmol of NO₃⁻)

140 ml (~8.4 mmol of NO₃⁻)

280 ml (~16.8 mmol of NO₃⁻)

Fuente: elaboración propia.

La dosis de carga óptima para facilitar los efectos ergogénicos del nitrato no está bien establecida, especialmente con respecto a si se requieren protocolos de carga aguda (es decir, 2,5 h antes del ejercicio) o crónica (es decir, varios días). Sin embargo, en el contexto de carga aguda, Wylie y colegas (2013) observaron que la mejor tolerancia al ejercicio (en relación con el placebo) no fue diferente cuando se ingirieron 8,4 o 16,8 mmol de nitrato 2,5 h antes del ejercicio, pero que ambas dosis fueron más eficaces que 4,2 mmol (Wylie et al., 2016). Sin embargo, cabe destacar que la reducción en el gasto de oxígeno durante el ejercicio asociada con la ingesta de nitrato fue mayor con la dosis más alta (Wylie et al., 2013). Estos datos sugieren que la incapacidad para detectar los efectos fisiológicos del nitrato en escenarios agudos (sobre todo con deportistas de élite) se puede superar mediante el uso de estrategias de dosificación más alta antes del ejercicio y/o protocolos de dosificación de duración más larga (>3 días).

¿SABÍA QUE...?

Los aumentos máximos en las concentraciones de nitrito en plasma ocurren entre 2 y 4 horas después de la ingesta. Se ha informado que 140 ml son beneficiosos para el ejercicio intenso, mientras que 280 ml no proporcionan ningún beneficio adicional.

Aunque los estudios iniciales se realizaron durante el ejercicio continuo de alta intensidad, más recientemente, los estudios han comenzado a

investigar los efectos potenciales del jugo de remolacha en el ejercicio intermitente de alta intensidad. Al utilizar una dosis de carga más agresiva de jugo de remolacha concentrado (aproximadamente 30 mmol en un período de 36 h), Wylie y colegas (2013) observaron mejoras significativas en la distancia recorrida en la prueba Yo-Yo de recuperación intermitente de nivel 1 en comparación con la suplementación con placebo. El desempeño mejorado puede haberse debido a la excitabilidad mantenida de la membrana muscular, dado que el K^+ en plasma fue menor durante el ejercicio luego de la suplementación con jugo de remolacha. El mismo grupo de investigación ha informado recientemente que una dosis de carga similar repartida durante un período más largo (6,4 mmol durante 5 días) también mejora el sprint máximo y el desempeño en la carrera intermitente de alta intensidad en jugadores de deportes de equipo competitivos (Thompson et al., 2016). Desde una perspectiva práctica, es probable que el uso de un intenso protocolo de carga de nitrato de 36 h reciba mayor aceptación entre los jugadores de fútbol que el enfoque de carga convencional de 3-6 días.

Es altamente recomendable que los jugadores experimenten con la suplementación con nitrato (quizás incluso más que con los suplementos analizados anteriormente) antes de implementarla en la competencia de alto nivel (Morton 2014). Además, y para promover los potenciales efectos beneficiosos de la suplementación con nitrato, también se recomienda que los jugadores eviten el enjuague bucal antibacteriano y la goma de mascar, ya que estos productos disminuyen la conversión de nitrato en nitrito (Jones 2014; Jones 2016).

Consideraciones prácticas

Se recomienda que los jugadores ingieran nitrato dietético durante 3 o 4 días antes de la competición. Por lo general, esto se logra al ingerir un concentrado de remolacha con las comidas de la mañana y la noche. La ingesta aguda de nitrato (5-8 mmol) con la comida previa al partido, 3 h antes del inicio, también puede ser beneficiosa para el jugador. Al igual que con todas las recomendaciones de suplementos dietéticos, los jugadores deben practicar la carga y las estrategias agudas primero en el entrenamiento. Hasta la fecha, las formas de suministro de nitrato dietético concentrado (típicamente remolacha) no tienen un sabor atractivo para el jugador. Los jugadores también deben ser informados de que el potencial efecto secundario de la ingesta de jugo de remolacha concentrado es un cambio en el color de la orina. Específicamente, la orina puede tener tonos "rosados". El cambio de color de la orina es completamente inofensivo. Sin embargo, los jugadores pueden preocuparse si no están informados de este cambio. Además, es importante tener en cuenta que el cambio en el color de la orina puede dificultar el autocontrol del estadio de hidratación para el jugador (evaluado por el color de la orina). Finalmente, para facilitar el

mecanismo por el cual el nitrato tiene un efecto en el cuerpo, se recomienda que los jugadores eviten el enjuague bucal antibacteriano y la goma de mascar cuando adopten este régimen dietético.

La Tabla 4 enumera los suplementos dietéticos que deben considerarse en situaciones específicas del fútbol usando protocolos basados en pruebas. Deberían ser utilizados por algunos jugadores para contribuir directamente con un desempeño óptimo. Los suplementos deberían utilizarse en protocolos individualizados bajo la dirección y la monitorización de un profesional competente de nutrición, medicina o ciencia deportiva. Si bien hay una base general de evidencia para estos productos, a menudo se requieren investigaciones adicionales a fin de retocar los protocolos para el uso individualizado del jugador y para el uso en un evento específico (entrenamiento/partido). Existen programas de garantía de calidad para productos de nutrición deportiva, proveedores de la industria de nutrición deportiva y plantas de producción de suplementos. Estos programas ayudarán a garantizar que los suplementos sean seguros y reducirán el riesgo de que el producto contenga sustancias prohibidas.

Tabla 4: Resumen de los suplementos dietéticos que deben considerarse en situaciones específicas del fútbol usando protocolos basados en pruebas

Indirecto: salud del jugador	Suplemento
Los suplementos médicos se utilizan para tratar problemas clínicos, incluidas las deficiencias de nutrientes diagnosticadas. Requiere administración y supervisión individual por parte de un dietista deportivo o profesional médico.	Hierro
	Multivitamínico / mineral
	Vitamina D
Recuperación del jugador	
Polifenoles de los alimentos: sustancias químicas de los alimentos que han significado bioactividad, incluida actividad antioxidante y antiinflamatoria. Pueden consumirse en forma de alimento o como un concentrado.	Jugo de cereza ácido
Directo: desempeño	
Los suplementos para el desempeño se utilizan únicamente para contribuir con un desempeño óptimo. Debería utilizarse en protocolos individualizados bajo la dirección de un profesional competente de medicina o ciencia deportiva. Si bien hay una base general de evidencia para estos productos, a menudo se requieren investigaciones adicionales a fin de retocar los protocolos para el uso individualizado y específico para un evento.	Cafeína
	Creatina
	B-alanina
	Nitrato dietético

Fuente: elaboración propia.

Consideraciones sobre los suplementos

Muy pocos suplementos dietéticos han sido analizados usando pruebas específicas de fútbol que simulen el partido. En general, las recomendaciones de suplementos dietéticos se basan en aquellos estudios que han informado que un suplemento es eficaz para mejorar el rendimiento específico del ejercicio. Además, la mayoría de los participantes de estos estudios han sido jugadores recreativos o incluso no futbolistas. Por lo tanto, la evidencia de que los futbolistas profesionales se beneficiarán de estos suplementos es muy limitada.

Aunque muchos suplementos se pueden utilizar de manera continua, por experiencia, se recomienda periodizar su uso. Esto se debe a que, posiblemente, la adherencia a los programas de suplementos dietéticos mejore cuando se adopta un enfoque "dirigido". Durante los períodos de temporada baja, los jugadores se pueden beneficiar de "desconectarse" psicológicamente del fútbol, y esto puede incluir estrategias de nutrición adicionales.

Finalmente, aunque no se analiza en este módulo, no se debe subestimar el posible efecto placebo en el desempeño del jugador al utilizar suplementos dietéticos (Clark et al., 2000). Estratégicamente, la introducción de la suplementación adecuada también ayuda a proporcionar a los jugadores el "impulso" requerido en períodos específicos de la temporada, tales como períodos de partidos numerosos o de finales.

Resumen

- La dieta diaria, el estilo de vida y el entrenamiento del jugador deberían optimizarse antes de considerar la suplementación dietética.
- Los suplementos dietéticos pueden beneficiar indirectamente el desempeño al mantener la salud del jugador.
- Los suplementos dietéticos pueden beneficiar directamente el desempeño al mejorar las capacidades físicas o de habilidad a lo largo de la duración de la competencia.
- Entre los suplementos dietéticos "indirectos" clave se incluyen los micronutrientes, los probióticos y las cerezas ácidas.
- Entre los suplementos dietéticos "directos" clave se incluyen la cafeína, la creatina, la beta-alanina y el nitrato dietético.
- La posible suplementación dietética se debería proporcionar según los programas de garantía de calidad (Unidad 1), la compensación de riesgo/beneficio, y las necesidades y preferencias del jugador individual.

Exención de responsabilidad: Ian Rollo trabaja en el Gatorade Sports Science Institute, una división de PepsiCo, Inc. Las perspectivas que se expresan en este curso corresponden a los autores y no necesariamente reflejan la postura ni la política de PepsiCo, Inc.

Referencias

- Ali, A., J. O'Donnell, A. Foskett y K. Rutherford-Markwick (2016a). The influence of caffeine ingestion on strength and power performance in female team-sport players. *J Int Soc Sports Nutr* 13: 46.
- Ali, A., J. O'Donnell, P. Von Hurst, A. Foskett, S. Holland, C. Starck y K. Rutherford-Markwick (2016b). Caffeine ingestion enhances perceptual responses during intermittent exercise in female team-game players. *J Sports Sci* 34(4): 330-341.
- Baguet, A., H. Reyngoudt, A. Pottier, I. Everaert, S. Callens, E. Achten y W. Derave (2009). Carnosine loading and washout in human skeletal muscles. *J Appl Physiol* (1985) 106(3): 837-842.
- Bailey, S. J., J. Fulford, A. Vanhatalo, P. G. Winyard, J. R. Blackwell, F. J. DiMenna, D. P. Wilkerson, N. Benjamin y A. M. Jones (2010). Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. *J Appl Physiol* (1985) 109(1): 135-148.
- Bailey, S. J., P. Winyard, A. Vanhatalo, J. R. Blackwell, F. J. Dimenna, D. P. Wilkerson, J. Tarr, N. Benjamin y A. M. Jones (2009). Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *J Appl Physiol* (1985) 107(4): 1144-1155.
- Bell, P. G., M. P. McHugh, E. Stevenson y G. Howatson (2014). The role of cherries in exercise and health. *Scand J Med Sci Sports* 24(3): 477-490.
- Bex, T., W. Chung, A. Baguet, S. Stegen, J. Stautemas, E. Achten y W. Derave (2014). Muscle carnosine loading by beta-alanine supplementation is more pronounced in trained vs. untrained muscles. *J Appl Physiol* (1985) 116(2): 204-209.
- Bishop, D. (2010). Dietary supplements and team-sport performance. *Sports Med* 40(12): 995-1017.
- Bowtell, J. L., D. P. Sumners, A. Dyer, P. Fox y K. N. Mileva (2011). Montmorency cherry juice reduces muscle damage caused by intensive strength exercise. *Med Sci Sports Exerc* 43(8): 1544-1551.
- Branch, J. D. (2003). Effect of creatine supplementation on body composition and performance: a meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 13(2): 198-226.
- Burke, L. (2019). Practical issues in evidence-based use of performance supplements: supplement interactions and repeated uses. *Sports Science Exchange Article* 29(185): 1-6.
- Burke, L.; Desbrow, B.; Spriet, L. (2013). Caffeine for Sports Performance. *Human Kinetics: Champaign, IL*.
- Burke, L. M. (2008). Caffeine and sports performance. *Appl Physiol Nutr Metab* 33(6): 1319-1334.
- Casey, A., D. Constantin-Teodosiu, S. Howell, E. Hultman y P. L. Greenhaff (1996). Creatine ingestion favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *Am J Physiol* 271(1 Pt 1): E31-37.

Cermak, N. M., M. J. Gibala y L. J. van Loon (2012). Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 22(1): 64-71.

Clark, V. R., W. G. Hopkins, J. A. Hawley y L. M. Burke (2000). Placebo effect of carbohydrate feedings during a 40-km cycling time trial. *Med Sci Sports Exerc* 32(9): 1642-1647.

Cohen, P. A., J. C. Travis y B. J. Venhuis (2014). A methamphetamine analog (N,alpha-diethyl-phenylethylamine) identified in a mainstream dietary supplement. *Drug Test Anal* 6(7-8): 805-807.

Connolly, D. A., M. P. McHugh, O. I. Padilla-Zakour, L. Carlson y S. P. Sayers (2006). Efficacy of a tart cherry juice blend in preventing the symptoms of muscle damage. *Br J Sports Med* 40(8): 679-683; discussion 683.

Davis, J. M., Z. Zhao, H. S. Stock, K. A. Mehl, J. Buggy y G. A. Hand (2003). Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 284(2): R399-404.

Decombaz, J., M. Beaumont, J. Vuichoud, F. Bouisset y T. Stellingwerff (2012). Effect of slow-release beta-alanine tablets on absorption kinetics and paresthesia. *Amino Acids* 43(1): 67-76.

Del Coso, J., V. E. Muñoz-Fernández, G. Muñoz, V. E. Fernández-Elías, J. F. Ortega, N. Hamouti, J. C. Barbero y J. Muñoz-Guerra (2012). Effects of a caffeine-containing energy drink on simulated soccer performance. *PLoS One* 7(2): e31380.

Drake, C., T. Roehrs, J. Shambroom y T. Roth (2013). Caffeine effects on sleep taken 0, 3, or 6 hours before going to bed. *J Clin Sleep Med* 9(11): 1195-1200.

Duvnjak-Zaknich, D. M., B. T. Dawson, K. E. Wallman y G. Henry (2011). Effect of caffeine on reactive agility time when fresh and fatigued. *Med Sci Sports Exerc* 43(8): 1523-1530.

Finley, J. W., J. W. Finley, K. Ellwood y J. Hoadley (2013). Launching a New Food Product or Dietary Supplement in the United States: Industrial, Regulatory, and Nutritional Considerations. *Annu Rev Nutr*.

Foskett, A., A. Ali y N. Gant (2009). Caffeine enhances cognitive function and skill performance during simulated soccer activity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 19(4): 410-423.

Fredholm, B. B. (1995). [Should coffee be classified as a doping agent? Caffeine is definitely effective when it comes to performance capacity]. *Lakartidningen* 92(44): 4079-4080.

Gant, N., A. Ali y A. Foskett (2010). The influence of caffeine and carbohydrate coingestion on simulated soccer performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 20(3): 191-197.

Geyer, H., M. K. Parr, K. Koehler, U. Mareck, W. Schanzer y M. Thevis (2008). Nutritional supplements cross-contaminated and faked with doping substances. *J Mass Spectrom* 43(7): 892-902.

Graham, T. E. y L. L. Spriet (1995). Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. *J Appl Physiol* (1985) 78(3): 867-874.

Greenhaff, P. L. (2001). The creatine-phosphocreatine system: there's more than one song in its repertoire. *J Physiol* 537(Pt 3): 657.

Haider, G. y J. P. Folland (2014). Nitrate Supplementation Enhances the Contractile Properties of Human Skeletal Muscle. *Med Sci Sports Exerc.*

Harris, R. C. y C. Sale (2012). Beta-alanine supplementation in high-intensity exercise. *Med Sport Sci* 59: 1-17.

Harris, R. C., K. Soderlund y E. Hultman (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clin Sci (Lond)* 83(3): 367-374.

Harris, R. C., M. J. Tallon, M. Dunnett, L. Boobis, J. Coakley, H. J. Kim, J. L. Fallowfield, C. A. Hill, C. Sale y J. A. Wise (2006). The absorption of orally supplied beta-alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids* 30(3): 279-289.

Hill, C. A., R. C. Harris, H. J. Kim, B. D. Harris, C. Sale, L. H. Boobis, C. K. Kim y J. A. Wise (2007). Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino Acids* 32(2): 225-233.

Hobson, R. M., B. Saunders, G. Ball, R. C. Harris y C. Sale (2012). Effects of beta-alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. *Amino Acids* 43(1): 25-37.

Hodgson, A. B., R. K. Randell y A. E. Jeukendrup (2013). The metabolic and performance effects of caffeine compared to coffee during endurance exercise. *PLoS One* 8(4): e59561.

Hord, N. G., J. S. Ghannam, H. K. Garg, P. D. Berens y N. S. Bryan (2011). Nitrate and nitrite content of human, formula, bovine, and soy milks: implications for dietary nitrite and nitrate recommendations. *Breastfeed Med* 6(6): 393-399.

Howatson, G., M. P. McHugh, J. A. Hill, J. Brouner, A. P. Jewell, K. A. van Someren, R. E. Shave y S. A. Howatson (2010). Influence of tart cherry juice on indices of recovery following marathon running. *Scand J Med Sci Sports* 20(6): 843-852.

Howatson, G. y K. A. van Someren (2008). The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports Med* 38(6): 483-503.

Hultman, E., K. Soderlund, J. A. Timmons, G. Cederblad y P. L. Greenhaff (1996). Muscle creatine loading in men. *J Appl Physiol* (1985) 81(1): 232-237.

Jones, A. M. (2014). Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sports Med* 44 Suppl 1: S35-45.

Jones, A. M. (2016). Dietary nitric oxide precursors and exercise performance. *Sports Science Exchange* 2016(156): 1-6.

Kelley, D. S., R. Rasooly, R. A. Jacob, A. A. Kader y B. E. Mackey (2006). Consumption of Bing sweet cherries lowers circulating concentrations of inflammation markers in healthy men and women. *J Nutr* 136(4): 981-986.

Kim, H. J., C. K. Kim, A. Carpentier y J. R. Poortmans (2011). Studies on the safety of creatine supplementation. *Amino Acids* 40(5): 1409-1418.

Knapik, J. J., R. A. Steelman, S. S. Hoedebecke, K. G. Austin, E. K. Farina y H. R. Lieberman (2016). Prevalence of Dietary Supplement Use by Athletes: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* 46(1): 103-123.

Krustrup, P., M. Mohr, A. Steensberg, J. Bencke, M. Kjaer y J. Bangsbo (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 38(6): 1165-1174.

Kuehl, K. S., E. T. Perrier, D. L. Elliot y J. C. Chesnutt (2010). Efficacy of tart cherry juice in reducing muscle pain during running: a randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr* 7: 17.

Lansley, K. E., P. G. Winyard, S. J. Bailey, A. Vanhatalo, D. P. Wilkerson, J. R. Blackwell, M. Gilchrist, N. Benjamin y A. M. Jones (2011a). Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. *Med Sci Sports Exerc* 43(6): 1125-1131.

Lansley, K. E., P. G. Winyard, J. Fulford, A. Vanhatalo, S. J. Bailey, J. R. Blackwell, F. J. DiMenna, M. Gilchrist, N. Benjamin y A. M. Jones (2011b). Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of walking and running: a placebo-controlled study. *J Appl Physiol* (1985) 110(3): 591-600.

Larsen, F. J., T. A. Schiffer, S. Borniquel, K. Sahlin, B. Ekblom, J. O. Lundberg y E. Weitzberg (2011). Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. *Cell Metab* 13(2): 149-159.

Maridakis, V., M. P. Herring y P. J. O'Connor (2009). Sensitivity to change in cognitive performance and mood measures of energy and fatigue in response to differing doses of caffeine or breakfast. *Int J Neurosci* 119(7): 975-994.

Maughan, R. (2013). Quality assurance issues in the use of dietary supplements, with special reference to protein supplements. *The Journal of Nutrition* 143(11): 1843S-1847S.

Maughan, R. J. (2005). Contamination of dietary supplements and positive drug tests in sport. *J Sports Sci* 23(9): 883-889.

Maughan, R. J., L. M. Burke, J. Dvorak, D. E. Larson-Meyer, P. Peeling, S. M. Phillips, E. S. Rawson, N. P. Walsh, I. Garthe, H. Geyer, R. Meeusen, L. van Loon, S. M. Shirreffs, L. L. Spriet, M. Stuart, A. Vernec, K. Currell, V. M. Ali, R. G. M. Budgett, A. Ljungqvist, M. Mountjoy, Y. Pitsiladis, T. Soligard, U. Erdener y L. Engebretsen (2018). IOC Consensus Statement: Dietary Supplements and the High-Performance Athlete. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 28(2): 104-125.

Maughan, R. J., P. L. Greenhaff y P. Hespel (2011). Dietary supplements for athletes: emerging trends and recurring themes. *J Sports Sci* 29 Suppl 1: S57-66.

McCune, L. M., C. Kubota, N. R. Stendell-Hollis y C. A. Thomson (2011). Cherries and health: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 51(1): 1-12.

Meeusen, R. (2014). Exercise, nutrition and the brain. *Sports Med* 44 Suppl 1: S47-56.

Mihic, S., J. R. MacDonald, S. McKenzie y M. A. Tarnopolsky (2000). Acute creatine loading increases fat-free mass, but does not affect blood pressure, plasma creatinine, or CK activity in men and women. *Med Sci Sports Exerc* 32(2): 291-296.

Mohr, M., J. J. Nielsen y J. Bangsbo (2011). Caffeine intake improves intense intermittent exercise performance and reduces muscle

interstitial potassium accumulation. *J Appl Physiol* (1985) 111(5): 1372-1379.

Morton, J. P. (2014). Supplements for consideration in football. *Sports Science Exchange* 27(130): 1-8.

Mujika, I., S. Padilla, J. Ibañez, M. Izquierdo y E. Gorostiaga (2000). Creatine supplementation and sprint performance in soccer players. *Med Sci Sports Exerc* 32(2): 518-525.

Nedelec, M., S. Halson, B. Delecroix, A. E. Abaidia, S. Ahmaidi y G. Dupont (2015). Sleep Hygiene and Recovery Strategies in Elite Soccer Players. *Sports Med* 45(11): 1547-1559.

Rizvi, R. F., T. J. Adam, E. A. Lindemann, J. Vasilakes, S. V. Pakhomov, J. R. Bishop, G. B. Melton y R. Zhang (2018). Comparing Existing Resources to Represent Dietary Supplements. *AMIA Jt Summits Transl Sci Proc* 2017: 207-216.

Robinson, T. M., D. A. Sewell, E. Hultman y P. L. Greenhaff (1999). Role of submaximal exercise in promoting creatine and glycogen accumulation in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* (1985) 87(2): 598-604.

Saunders, B., C. Sale, R. C. Harris y C. Sunderland (2012a). Effect of beta-alanine supplementation on repeated sprint performance during the Loughborough Intermittent Shuttle Test. *Amino Acids* 43(1): 39-47.

Saunders, B., C. Sunderland, R. C. Harris y C. Sale (2012b). beta-alanine supplementation improves YoYo intermittent recovery test performance. *J Int Soc Sports Nutr* 9(1): 39.

Stegen, S., T. Bex, C. Vervaet, L. Vanhee, E. Achten y W. Derave (2014). beta-Alanine Dose for Maintaining Moderately Elevated Muscle Carnosine Levels. *Med Sci Sports Exerc* 46(7): 1426-1432.

Stellingwerff, T., H. Anwender, A. Egger, T. Buehler, R. Kreis, J. Decombaz y C. Boesch (2012a). Effect of two beta-alanine dosing protocols on muscle carnosine synthesis and washout. *Amino Acids* 42(6): 2461-2472.

Stellingwerff, T., J. Decombaz, R. C. Harris y C. Boesch (2012b). Optimizing human in vivo dosing and delivery of beta-alanine supplements for muscle carnosine synthesis. *Amino Acids* 43(1): 57-65.

Thompson, C., A. Vanhatalo, H. Jell, J. Fulford, J. Carter, L. Nyman, S. J. Bailey y A. M. Jones (2016). Dietary nitrate supplementation improves sprint and high-intensity intermittent running performance. *Nitric Oxide* 61: 55-61.

Tscholl, P., A. Junge y J. Dvorak (2008). The use of medication and nutritional supplements during FIFA World Cups 2002 and 2006. *Br J Sports Med* 42(9): 725-730.

Vanhatalo, A., S. J. Bailey, J. R. Blackwell, F. J. DiMenna, T. G. Pavey, D. P. Wilkerson, N. Benjamin, P. G. Winyard y A. M. Jones (2010). Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to moderate-intensity and incremental exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 299(4): R1121-1131.

Wilkerson, D. P., G. M. Hayward, S. J. Bailey, A. Vanhatalo, J. R. Blackwell y A. M. Jones (2012). Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol* 112(12): 4127-4134.

Wylie, L. J., M. Mohr, P. Krstrup, S. R. Jackman, G. Ermiotadis, J. Kelly, M. I. Black, S. J. Bailey, A. Vanhatalo y A. M. Jones (2013). Dietary nitrate supplementation improves team sport-specific intense intermittent exercise performance. *Eur J Appl Physiol* 113(7): 1673-1684.

Wylie, L. J., J. Ortiz de Zevallos, T. Isidore, L. Nyman, A. Vanhatalo, S. J. Bailey y A. M. Jones (2016). Dose-dependent effects of dietary nitrate on the oxygen cost of moderate-intensity exercise: Acute vs. chronic supplementation. *Nitric Oxide* 57: 30-39.

Wyss, M. y R. Kaddurah-Daouk (2000). Creatine and creatinine metabolism. *Physiol Rev* 80(3): 1107-1213.