

2.1 ¿Entrenamiento con alta o con baja disponibilidad de carbohidratos?

2.1.1 Introducción

Los deportistas (incluidos los jugadores de fútbol) tienen diferentes metas en diferentes días de la semana y en diferentes partes del año. Obtener una composición corporal ideal puede ser la meta de la pretemporada; recuperarse lo más rápido posible durante los períodos con cronogramas atestados de partidos puede ser otra meta. Recuperarse de un partido el domingo podría ser una meta principal durante una semana en la temporada; pero, en otros días, la meta puede ser apoyar el entrenamiento de alta intensidad o algún otro objetivo. En el último ejemplo, la recuperación de un partido puede requerir una preparación nutricional similar a la requerida para un día intenso de entrenamiento, pero, en el primer ejemplo, las estrategias nutricionales pueden ser completamente diferentes. La pérdida de peso requerirá una restricción de energía, mientras que la recuperación rápida requerirá una alta ingesta de energía y una alta ingesta de carbohidratos. Asegurarse de que la nutrición se ajuste a las metas es un aspecto importante de lo que llamamos nutrición periodizada. El segundo aspecto importante de la nutrición periodizada es que se planifica. A menudo, leemos (también en la bibliografía científica) que los deportistas periodizan de todos modos porque se alimentan de manera diferente en diferentes días. El término periodización nutricional se usa generalmente para describir los cambios en la ingesta nutricional en respuesta a ciertos períodos de entrenamiento (Impey et al., 2018; Mujika, Halson, Burke, Balague y Farrow, 2018; Mujika, Stellingwerff y Tipton, 2014; Stellingwerff, Boit, Res e International Association of Athletics, 2007). Por ejemplo, comen más en días de entrenamiento fuerte. En nuestra opinión, esto no es necesariamente nutrición periodizada, ya que nutrición periodizada significa que el plan de nutrición se usa estratégicamente y es un proceso planificado (Jeukendrup, 2017a). Esto no es muy diferente del concepto de entrenamiento periodizado. El término periodización en el contexto del entrenamiento con ejercicios se refiere a un abordaje progresivo a largo plazo diseñado para mejorar el desempeño deportivo al variar sistemáticamente el entrenamiento a lo largo del año. Es obvio que el entrenamiento fuera de temporada y en temporada es diferente y que varía en diferentes días de la semana. Sin embargo, no es entrenamiento periodizado, a menos que el entrenamiento esté planificado. Lo mismo sucede con la nutrición periodizada; necesitamos una planificación macro (por año) y micro (por semana o por día) de la nutrición para asegurarnos de que la nutrición respalde las metas del entrenamiento.

Por ejemplo, durante ciertos períodos de entrenamiento hay un foco en el control del peso y una menor ingesta de energía, mientras que en otros períodos hay un foco en la recuperación y el desempeño y una mayor ingesta de carbohidratos. Mujika y cols. (2014) llegan a la conclusión de que «la nutrición debe estar periodizada y adaptada para respaldar los cambios en las metas, los niveles de entrenamiento y los requisitos individuales a lo largo de una temporada o un ciclo de entrenamiento» (p. 12933). Hawley, Burke, Phillips, and Spriet (2011) discuten acerca de la importancia de un programa de entrenamiento-nutrición periodizado a largo plazo como una forma de mejorar el desempeño. Los autores afirman que parece prudente sugerir que los deportistas competitivos podrían querer manipular la disponibilidad de carbohidratos antes, durante o después de las sesiones de entrenamiento seleccionadas que forman parte de un plan de entrenamiento-nutrición periodizado a largo plazo para promover adaptaciones al entrenamiento metabólicas que, en teoría, deberían promover el desempeño basado en la resistencia.

En esta declaración, hay un fuerte foco en la disponibilidad de carbohidratos como un impulsor de los efectos del entrenamiento, y los efectos del entrenamiento se encuentran principalmente en el músculo y el metabolismo. Por ejemplo, entrenar la extensión de la pared del estómago como se discute en la sección sobre el entrenamiento del intestino no se incluiría en esta definición de nutrición periodizada. (Jeukendrup 2017a, <https://bit.ly/2W08dX0>)

Por lo tanto, propusimos la siguiente definición:

La nutrición periodizada se refiere al uso planificado, intencional y estratégico de intervenciones nutricionales específicas para mejorar las adaptaciones a las que apuntan las sesiones de ejercicio individuales o los planes de entrenamiento periódicos, o para obtener otros efectos que mejoren el desempeño a largo plazo (Jeukendrup, 2017a)

Esta definición de nutrición periodizada (o entrenamiento nutricional) incluye todos los métodos que utilizan la nutrición (en presencia o ausencia de entrenamiento) para mejorar el desempeño a largo plazo. Estos métodos incluyen la manipulación de la disponibilidad de nutrientes antes, durante y después del entrenamiento, pero también podrían incluir prácticas que preparen a otros órganos para la

competición a través de la manipulación nutricional (por ejemplo, mejorar la comodidad estomacal al beber grandes volúmenes regularmente [Jeukendrup, 2017b]). La definición de entrenamiento nutricional no se limita a las adaptaciones del músculo (y podría relacionarse con las adaptaciones en todos los órganos, tales como el intestino o el cerebro), pero siempre tendrá las mejoras del desempeño a largo plazo como su meta principal. (Jeukendrup 2017a, <https://bit.ly/2W08dX0>).

Recientemente, hemos visto que se está utilizando una serie de metas de entrenamiento adicionales, como «entrenamiento dos veces al día» y «entrenamiento con baja disponibilidad de carbohidratos», pero también «entrenamiento con alta disponibilidad de carbohidratos» y «entrenamiento del intestino». Estas son las herramientas nutricionales para un profesional. Luego, el profesional colabora estrechamente con el entrenador para comprender las metas, de modo que estas metas y el entrenamiento planificados para alcanzar estas metas puedan ser sostenidos de la manera más eficaz posible mediante un plan de nutrición detallado. En general, los deportistas pasan de solo comer porque tienen hambre a comer de acuerdo con un plan de nutrición periodizada que respalda de manera óptima su desempeño. Esto también significa que seguir una dieta en particular eliminará la flexibilidad para periodizar la nutrición. El ejemplo que discutiremos aquí es el ejemplo de las dietas bajas en carbohidratos, una pregunta recurrente en el fútbol.

2.1.2 Más sobre la terminología

La terminología es de suma importancia. Si tenemos una conversación sobre un tema, pero usamos una terminología diferente, se genera confusión o incluso conflicto. Muchas partes interesadas, incluidos científicos, entrenadores, deportistas y profesionales, han intentado implementar aspectos de la nutrición periodizada. Se han utilizado conceptos similares, pero debido a que estos conceptos se describieron muy mal al principio, se generó una gran confusión en toda el área de la nutrición deportiva. Por ejemplo, el término «bajo en carbohidratos» podría significar una baja ingesta de carbohidratos en gramos por minuto o podría significar que la ingesta de carbohidratos es baja en relación con otros macronutrientes. Hasta el comienzo de la década de 2000, era una práctica común expresar la ingesta de carbohidratos como un porcentaje. Pero, por ejemplo, una ingesta de carbohidratos del 70 % (normalmente considerada alta) aún así puede ser baja en términos absolutos si la ingesta de energía es baja. Una ingesta de carbohidratos del 30 % (normalmente considerada baja) aún puede ser alta en términos absolutos si la ingesta de energía es muy alta. Por lo tanto, las recomendaciones ahora suelen ser en gramos por día o en gramos por kilogramo por día. Sin embargo, especialmente en los medios de comunicación populares (incluidos muchos de los libros sobre

dietas más populares), aún hay referencias a los porcentajes. Esto significa que dos personas en las redes sociales pueden tener una discusión sobre una dieta baja en carbohidratos y cada una podría estar refiriéndose a una dieta completamente diferente. Términos como «carga de carbohidratos» también significan cosas diferentes para diferentes personas porque nunca se han definido muy bien. ¿Significa comer la mayor cantidad de carbohidratos posible? (Así es como se interpreta a menudo). ¿O significa que se están comiendo más carbohidratos de lo que se necesita, pero se mantiene el balance energético al reducir la ingesta de grasa o proteínas?

Incluso dentro del conjunto de herramientas de tales estrategias, existe una confusión sobre los nombres de las herramientas, cómo deben usarse y lo que podrían lograr en la reingeniería del músculo (Burke et al., 2018). Esto se debe a la diferente nomenclatura utilizada en los estudios originales y al ajuste tanto de los nombres como de los protocolos en investigaciones posteriores o en aplicaciones del mundo real. En algunos casos, el mismo término puede significar cosas diferentes en la misma bibliografía, pero también puede tener otro significado en un campo adyacente para entrenadores/deportistas. Por ejemplo, el término «entrenar con baja disponibilidad de carbohidratos» se ha utilizado para describir una sesión de entrenamiento única y aguda en la que la disponibilidad de CHO muscular o CHO exógeno ha sido manipulada a niveles «más bajos» antes o durante la sesión por una variedad de técnicas que tienen diferentes consecuencias metabólicas y celulares (para revisiones, consultar Bartlett, Hawley y Morton [2015]; Burke y Hawley [2018]; Hawley, Lundby, Cotter y Burke [2018]; Impey et al. [2018]). Sin embargo, el término también se ha utilizado para describir un período de entrenamiento crónico en el que tales estrategias se llevaron a cabo en diferentes combinaciones durante muchos días o semanas (Hansen et al., 2005; Yeo et al., 2008). Además de esto, para muchos científicos y entrenadores deportivos, es más probable que el «entrenamiento con baja disponibilidad de carbohidratos» esté alineado con los protocolos de exposición a la altitud/hipoxia.

A veces, se desinforma al lector a propósito (para apoyar un punto que el autor está enfatizando) y esto sucede incluso en la bibliografía científica. Los partidarios de las filosofías nutricionales de dietas bajas en carbohidratos y altas en grasas han desinformado y engañado repetidas veces al lector con respecto a que las pautas de nutrición deportiva contemporáneas promueven una ingesta de carbohidratos alta en todo momento para todos los deportistas (Brukner, 2013; Noakes, Volek y Phinney, 2014; Volek, Noakes y Phinney,

2015). Esto simplemente no es así. Ya en 2003, las recomendaciones oficiales de un panel de expertos del Comité Olímpico Internacional señalaban que las demandas de combustible diferían entre diferentes tipos de eventos o intensidades y volúmenes de entrenamiento, lo que llevó a una escala móvil de objetivos diarios de consumo de carbohidratos y la promoción de escenarios específicos, en lugar de una recomendación universal para estrategias agresivas de abastecimiento de CHO (Burke, 2004; Burke, Kiens y Ivy, 2004). También es demasiado simplista pensar que una dieta sería la mejor para todos los deportistas en todas las situaciones.

En una revisión reciente, discutimos una serie de términos que se usan con frecuencia y que requerían una definición común. Al menos explicar el origen de los términos y lo que significan a los ojos de diferentes personas es un primer paso para eliminar la confusión. Sin embargo, existe una necesidad real de ponerse de acuerdo sobre las definiciones de estos términos y comenzar a utilizar una terminología común. A continuación, discutiremos algunos de los términos más importantes (de Burke et al., 2018).

Dieta alta en carbohidratos

Carece de una definición única o clara. Normalmente se considera un objetivo estático. Diversas métricas de la ingesta de carbohidratos han incluido una proporción de ingesta de energía (por ejemplo, > 50 % o de 60 a 70 %), cantidades absolutas (por ejemplo, de 500 a 600 g/día) o cantidades relativas a la MC como un indicador aproximado para el tamaño de la musculatura en ejercicio (p. ej., de 7 a 10 g/kg).

No deben usarse objetivos absolutos (por ejemplo, de 500 a 600 g/día) o los objetivos de energía relativa (por ejemplo, > 50 % o de 60 a 70 %), ya que no se correlacionan bien con las necesidades de combustible para el entrenamiento (Burke et al., 2004).

Alta disponibilidad de carbohidratos

Plan alimentario en el que la ingesta diaria total de carbohidratos y su distribución a lo largo del día están orientadas a optimizar las reservas musculares de glucógeno y los suministros de carbohidratos exógenos adicionales para satisfacer las demandas de combustible del entrenamiento del día o los compromisos del evento. Los objetivos diarios totales varían de acuerdo con las metas y generalmente se representan como g/kg como un indicador aproximado para el tamaño de la musculatura en ejercicio; el rango diario

puede variar de 3 a 12 g/kg según la carga de entrenamiento. En jugadores de fútbol, el rango probable es de 3 a 8 g/kg.

Esto incluye la ingesta de carbohidratos antes, durante o entre sesiones clave si es necesaria para suministrar combustible.

Dieta de carbohidratos periodizada

Plan alimentario en el que la disponibilidad de carbohidratos para cada entrenamiento varía según el tipo de sesión y sus metas dentro de un ciclo de entrenamiento periodizado (Jeukendrup, 2017a). Esto puede incluir sesiones individuales de variantes de «entrenamiento con alta disponibilidad de carbohidratos» y «entrenamiento con baja disponibilidad de carbohidratos», así como secuencias de estas estrategias (como veremos en este curso).

Dieta baja en carbohidratos (dieta LCHF no cetogénica)

Por lo general, se refiere a un plan de alimentación en el cual la disponibilidad de carbohidratos se mantiene de manera crónica (días/semanas/meses) por debajo de las necesidades de carbohidratos de los músculos para promover las adaptaciones que favorecen la oxidación de la grasa, pero con los carbohidratos suficientes para evitar la cetosis sostenida. Ingesta habitual = un 15 a 20 % de energía a partir de los carbohidratos (<2,5 g/kg/día), un 15 a 20 % a partir de las proteínas, un 60 a 65 % a partir de las grasas, en combinación con un volumen de entrenamiento de resistencia moderado (>5 h/semana).

Dieta cetogénica

Plan de alimentación en el cual se logra la cetosis crónica a través de una ingesta muy restringida de carbohidratos y una ingesta moderada de proteínas. Las grasas, sobre todo las saturadas y monosaturadas, son la fuente de energía principal. Ingesta habitual = un <5 % de energía a partir de los carbohidratos (<50 g/día), un 15 a 20 % a partir de las proteínas y un 75 a 80 % a partir de las grasas.

Entrenar con alta disponibilidad de carbohidratos

Completar una sesión de entrenamiento con reservas musculares de glucógeno que pueden satisfacer las demandas del entrenamiento. Se logra con la combinación de tiempo suficiente y la ingesta de carbohidratos después de la sesión de entrenamiento anterior para almacenar los reservorios glucogénicos específicos; el objetivo de ingesta total de carbohidratos generalmente varía de 5 a 12 g/kg/día según la carga de entrenamiento. En función del agotamiento

de glucógeno en la última sesión, puede ser necesario un reabastecimiento de combustible proactivo después de la sesión anterior y un abastecimiento de combustible previo a la sesión.

Recuperarse con alta disponibilidad de carbohidratos

El reabastecimiento rápido de combustible se realiza después de una sesión de entrenamiento y, generalmente, se utiliza para promover la restauración de glucógeno para una próxima sesión con una recuperación de <8 horas. Objetivos de carbohidratos: ~1 g/kg poco después de finalizar la sesión, con una ingesta repetida cada hora hasta que se reanuden los objetivos diarios de carbohidratos.

Entrenar con baja disponibilidad de carbohidratos

Completar una sesión de entrenamiento que comenzó con reservas musculares de glucógeno subóptimas/bajas, o que alcanza dichas reservas, en comparación con las demandas de combustible. Un protocolo común para configurar este escenario implica el entrenamiento «dos veces al día», en el que la primera sesión se lleva a cabo para agotar el glucógeno muscular, y la segunda sesión se lleva a cabo después de un breve período de recuperación, en el que se consume una cantidad mínima de carbohidratos.

Entrenar en ayunas

Entrenar en ayunas significa completar una sesión de entrenamiento con reservas hepáticas de glucógeno bajas y una disponibilidad de carbohidratos exógenos baja debido a las condiciones de ayuno (ayuno nocturno o >6 horas desde la última ingesta de carbohidratos) y a la ausencia de ingesta de carbohidratos durante la sesión. Las sesiones probablemente deban durar al menos entre 45 y 60 minutos para ejercer una alteración significativa del estrés metabólico (cambios significativos en la glucosa o los AGL que alteran la oxidación del combustible muscular). Cuando se realiza de acuerdo con patrones habituales (por ejemplo, sesión matutina antes del desayuno y solo con ingesta de agua [o, en el caso de sesiones prolongadas, agua durante las primeras horas seguida de pequeñas cantidades de CHO para permitir que la sesión se complete]).

El glucógeno muscular puede ser adecuado para la sesión.

Recuperarse con baja disponibilidad de carbohidratos/dormir con baja disponibilidad de carbohidratos

Restricción deliberada de carbohidratos en las comidas después de una sesión de ejercicio para retrasar la restauración del glucógeno muscular. Puede realizarse como una restricción de carbohidratos después de la sesión de entrenamiento de la mañana, o como una restricción de carbohidratos durante la noche después de un entrenamiento por la noche. La ingesta de proteínas después del ejercicio apoya los procesos de adaptación sin atenuar los efectos de la baja disponibilidad de carbohidratos. Burke, Hawlay y cols., 2018, <https://bit.ly/2QLrD35>)

Estos diferentes métodos de entrenamiento, como el entrenamiento con baja disponibilidad de carbohidratos, el entrenamiento en ayunas, el entrenamiento dos veces al día, el entrenamiento con alta disponibilidad de carbohidratos, el entrenamiento del intestino, el sueño con baja disponibilidad de carbohidratos, etc., son las herramientas de un nutricionista del desempeño (Figura 1). Después de comprender claramente las metas, y en colaboración con el entrenador, estos instrumentos pueden usarse cuando sea apropiado para apoyar las metas del día o de la semana.

Figura 1: El conjunto de herramientas de un nutricionista deportivo. La herramienta que se debe utilizar depende del trabajo que se debe realizar

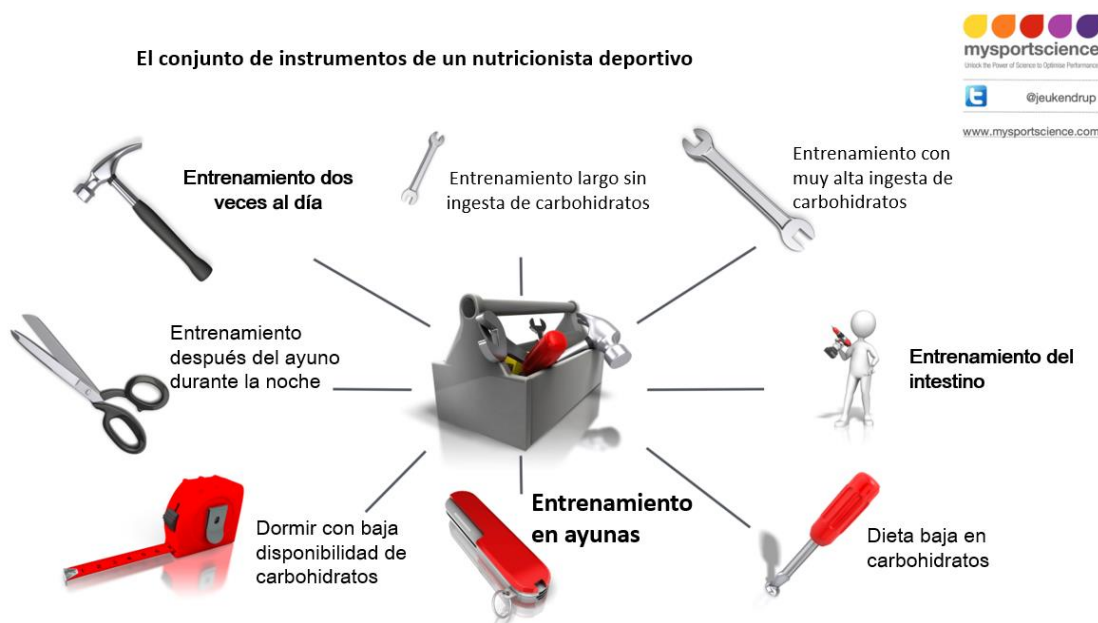


Figura de Jeukendrup, 2018, mysportscience (www.mysportscience.com).

2.1.3 Entrenar con baja disponibilidad de carbohidratos

Nuestra comprensión de los mecanismos subyacentes de la adaptación al entrenamiento se ha ampliado enormemente en los últimos años y esto brinda oportunidades para optimizar partes de los procesos de señalización o los procesos de transcripción de genes para optimizar las adaptaciones al entrenamiento. Se ha hablado mucho sobre el entrenamiento con baja disponibilidad de carbohidratos como una forma de lograr esto, pero también puede haber otras formas, incluidos algunos fitonutrientes o suplementos. También es posible atenuar las adaptaciones al proporcionar demasiado de un nutriente en los momentos equivocados (consultar la sección sobre antioxidantes). No solo es el músculo el que se adapta, sino también el cerebro, el intestino y otros tejidos, por lo que la nutrición también se puede enfocar en esas adaptaciones. Por ejemplo, se puede entrenar a un jugador que no puede tolerar muy bien las bebidas o los geles en los días de partido. El intestino se puede entrenar para absorber mejor los nutrientes, y se puede entrenar la comodidad estomacal al practicar regularmente la ingesta durante el entrenamiento. La fundamentación científica de esto se discutirá con más detalle en una de las siguientes secciones.

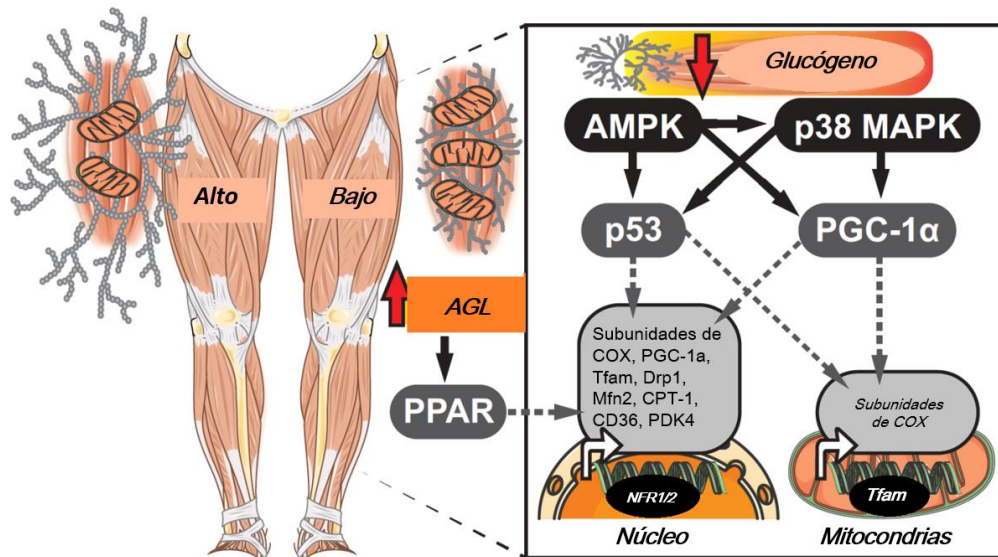
En la sección sobre adaptación al entrenamiento, discutimos en detalle cómo se produce la adaptación al entrenamiento. En resumen, la contracción muscular inicia una cascada de reacciones (señales primarias, señales secundarias, transcripción de genes) que puede generar la formación de proteínas. La acumulación de estas proteínas es responsable de la adaptación al entrenamiento y de una mejoría en la función. «En general, se cree que las adaptaciones al entrenamiento son el resultado de pequeños cambios acumulados en la síntesis de proteínas que generan un fenotipo alterado y un mejor desempeño». (Jeukendrup 2017a, <https://bit.ly/2W08dX0>)

Para que se produzca esta síntesis de proteínas, es importante que haya una señal de estrés, una transcripción o una traducción, que el ARN mensajero (ARNm) permanezca estable y que haya suficientes aminoácidos disponibles para la síntesis de proteínas. Este proceso es lento y requiere estímulos de ejercicio repetido, así como una nutrición adecuada. Sin embargo, los estudios también han demostrado que ciertas intervenciones nutricionales o la manipulación de las reservas de combustibles endógenos pueden exagerar algunas de las respuestas de señalización y aumentar la expresión génica, lo que podría generar la formación de proteínas que beneficiarán las adaptaciones a las que estamos apuntando con el entrenamiento. El entrenamiento con baja disponibilidad de carbohidratos (o entrenamiento bajo en carbohidratos) es uno de los métodos más estudiados.

«El entrenamiento bajo en carbohidratos es un término general para describir el entrenamiento con baja disponibilidad de carbohidratos. Esta baja disponibilidad de carbohidratos podría ser bajo glucógeno muscular, bajo glucógeno hepático, baja ingesta de carbohidratos durante o después del ejercicio o combinaciones de estos» (Jeukendrup, 2017a, <https://bit.ly/2QLrD35>). Los estudios iniciales observaron vínculos entre la disponibilidad de carbohidratos (glucógeno muscular) y la expresión génica (Pilegaard et al., 2002): el glucógeno muscular más bajo se asoció con una mayor expresión génica, especialmente de los genes implicados en el metabolismo de la grasa.

Por ejemplo, los cambios metabólicos que se producen como resultado de la contracción muscular, incluido el aumento de la proteína quinasa activada por AMP (AMPK), son factores importantes para regular la transcripción de genes. Una única ronda de un ejercicio de resistencia aumentará la AMPK y la transcripción o el contenido de ARNm para varios genes metabólicos y relacionados con el estrés. Por lo general, la actividad transcripcional alcanza su punto máximo en las primeras horas de recuperación y vuelve a la línea de base en 24 horas. Estos hallazgos han llevado a la hipótesis general de que las adaptaciones al entrenamiento en el músculo esquelético pueden ser generadas por los efectos acumulativos de los aumentos transitorios en la transcripción de genes durante la recuperación de rondas repetidas de ejercicio (Pilegaard, Ordway, Saltin y Neufer, 2000). Aunque está claro que la transcripción de genes por sí sola no es una garantía de que se produzca la síntesis de proteínas, es un paso necesario para que se produzca la síntesis de proteínas. Los estudios también han demostrado una relación entre el glucógeno muscular y la expresión de AMPK (Wojtaszewski et al., 2003) con menor glucógeno muscular, lo que genera una mayor expresión de AMPK (Wojtaszewski et al., 2003). Se han desarrollado teorías que sugieren que el glucógeno muscular influye directamente en la AMPK, ya que la subunidad beta de la AMPK se une a los lados específicos de unión al glucógeno, lo que evita que sea fosforilada por las quinasas corriente arriba (McBride, Ghilagaber, Nikolaev y Hardie, 2009; McBride y Hardie, 2009). (Jeukendrup 2017a, <https://bit.ly/2W08dX0>)

Figura 2: Intensificar la señal: Entrenamiento con baja disponibilidad de carbohidratos



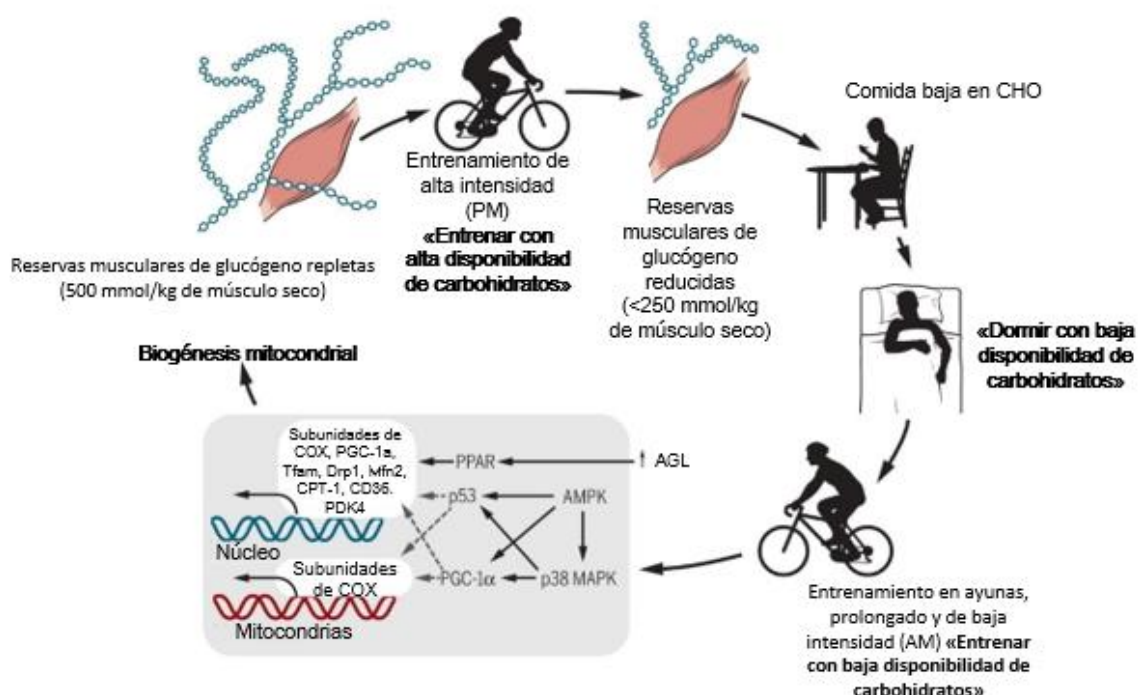
Fuente: Hawley 2018, <https://bit.ly/2FHEmgH>.

Las respuestas de señalización del músculo esquelético después de una única ronda de ejercicios de resistencia se amplifican frente a una baja disponibilidad de glucógeno. Los mecanismos precisos responsables de esta activación aumentada no están resueltos, pero probablemente involucran al coactivador 1a del receptor g activado por proliferadores de peroxisomas (PGC-1a) y las dianas corriente abajo. En este sentido, el rol clásico de la proteína quinasa activada por AMP (AMPK) es actuar como un sensor del estado energético inmediato de la célula mediante la monitorización de las concentraciones de AMP y ATP. Sin embargo, el descubrimiento y la caracterización de los sitios de unión a glucógeno dentro del dominio de unión a carbohidratos (CBD) en las subunidades beta de AMPK indican que este dominio regulador también puede permitir que AMPK actúe como un sensor de reservorios glucogénicos endógenos. En este caso, los CBM actúan como sensores que permiten a AMPK medir el estado del glucógeno celular, aumentando la actividad de AMPK cuando las reservas estén bajas y disminuyendo la actividad cuando las reservas estén repletas. Como tales, las sesiones de ejercicio repetidas durante semanas y meses frente a una baja disponibilidad de glucógeno tienen el potencial de modular numerosos procesos de adaptación en el músculo esquelético, lo que finalmente impulsa una mejor adaptación y las características específicas del fenotipo observadas en individuos altamente entrenados.

Cuando el glucógeno se descompone, esta AMPK se encuentra disponible (McBride et al., 2009; McBride y Hardie, 2009) y, por lo tanto, con concentraciones bajas de glucógeno, se observa una alta actividad de AMPK (Wojtaszewski et al., 2003; Yeo et al., 2010) (Figura 2). Otras

moléculas de señalización, como la proteína quinasa activada por mitógeno p38 (MAPK) (Cochran, Little, Tarnopolsky y Gibala, 2010) y p53 (Bartlett et al., 2012), así como la expresión del coactivador 1-alfa del receptor γ activado por proliferadores de peroxisomas (PGC-1 α) (Sanders et al., 2007) pueden potenciarse en mayor medida cuando se realiza ejercicio bajo condiciones de restricción de carbohidratos. También se ha demostrado que, en ratas, la actividad transcripcional del receptor activado gamma del proliferador de peroxisoma (PPAR- δ) es sensible al efecto combinado de las contracciones de la musculatura esquelética y el agotamiento del glucógeno (Philp et al., 2013). El glucógeno tiene un rol importante en la regulación de la transcripción de genes en el músculo. Esto a su vez puede alterar la síntesis de proteínas y, en última instancia, la adaptación y la función del entrenamiento. Por lo tanto, la manipulación de los reservorios glucogénicos puede ser una herramienta para optimizar la adaptación al entrenamiento y esto ha llevado al desarrollo de una variedad de métodos de entrenamiento con baja disponibilidad de carbohidratos (Figura 3). (Jeukendrup 2017a, <https://bit.ly/2W08dX0>)

Figura 3: Un ciclo de entrenamiento con baja y con alta disponibilidad de carbohidratos



Fuente: Burke and Hawley, 2018, <https://goo.gl/MRjqFM>

En el siguiente módulo, discutiremos un par de estos métodos más detalladamente, pero se remite al lector a varios excelentes trabajos de revisión recientes para una discusión más profunda de las estrategias de entrenamiento con baja disponibilidad de carbohidratos (Bartlett et al., 2015; Burke, Hawley, Wong y Jeukendrup, 2011; Coffey y Hawley, 2007; Cox et al., 2010; Hawley et al., 2011; Perez-Schindler, Hamilton, Moore, Baar y Philp, 2015; Philp et al., 2013).

En el fútbol, el entrenamiento con baja disponibilidad de carbohidratos puede ser un método utilizado durante la pretemporada. Puede ser una buena manera de ayudar a la capacidad aeróbica. Sin embargo, tan pronto como se requiera una alta calidad de entrenamiento, se recomienda avanzar más hacia los métodos de entrenamiento con alta disponibilidad de carbohidratos. Por lo tanto, es posible que no haya muchas semanas en un año en las que el entrenamiento con baja disponibilidad de carbohidratos sea apropiado para un jugador de fútbol. Al regresar después de una lesión, cuando todavía no es posible un entrenamiento de alta calidad, es posible que el entrenamiento con baja disponibilidad de carbohidratos sea valioso.

2.1.4 Entrenar con alta disponibilidad de carbohidratos

El entrenamiento con alta disponibilidad de carbohidratos es el abordaje opuesto del entrenamiento con baja disponibilidad de glucógeno y está cerca del abordaje tradicional del entrenamiento. Con el «entrenamiento con alta disponibilidad de carbohidratos», hay un foco en asegurar que la recuperación, especialmente de los reservorios glucogénicos, sea óptima. Claramente, evitar el agotamiento del glucógeno muscular es importante para el mantenimiento del desempeño del ejercicio de alta intensidad y, por lo tanto, para la calidad del entrenamiento del fútbol. Las restauraciones de glucógeno después del ejercicio que agota el glucógeno (partido o entrenamiento duro) son fundamentales para el desempeño posterior. La idea detrás del entrenamiento con alta disponibilidad de carbohidratos es que cada sesión de entrenamiento puede completarse a la máxima intensidad y esto, con el tiempo, debería brindar los mejores efectos del entrenamiento.

Los métodos para lograr un alto nivel de glucógeno se describen en las secciones sobre la recuperación, pero generalmente implican consumir alimentos ricos en carbohidratos antes y después del entrenamiento. Para reponer rápidamente el glucógeno, se recomienda tomar de 1 a 1,2 g/kg de carbohidratos dentro de la hora posterior al ejercicio y repetir esto durante las 4 horas posteriores al ejercicio (al menos si es posible dentro del presupuesto de energía para este día: en días con niveles más bajos de gasto energético, esta ingesta podría ser demasiado alta). Por lo general, la ingesta diaria de carbohidratos durante los días de «entrenar con alta disponibilidad de carbohidratos» es de 5 a 8 g/kg para los jugadores de fútbol.

La ventaja de un abordaje de ingesta de carbohidratos relativamente alta puede ser que mantiene un desempeño de alta intensidad en el ejercicio, mientras que, cuando se entrena con alta disponibilidad de carbohidratos, es probable que esto se vea comprometido (Hawley y Leckey, 2015). Por lo tanto, el «entrenamiento con alta disponibilidad de carbohidratos» podría ser un método que se usa en días de entrenamiento duro y días en los que la calidad del entrenamiento es crítica. El «entrenamiento con baja disponibilidad de carbohidratos» podría usarse en días en que la calidad del entrenamiento es menos importante que entrenar la capacidad mitocondrial del músculo, así como la capacidad de oxidar la grasa.

Por supuesto, el «entrenamiento con alta disponibilidad de carbohidratos» también puede significar simular el día del partido en términos de ingesta de carbohidratos. Una ingesta de carbohidratos relativamente alta antes del entrenamiento, así como la ingesta de carbohidratos justo antes y 45 minutos después de empezar una sesión de entrenamiento más dura, podría ser parte de una sesión de entrenamiento con alta disponibilidad de carbohidratos y de «entrenamiento del intestino». Acostumbrará a los

jugadores a una mayor ingesta de carbohidratos en los días de partido y ayudará a desarrollar rutinas. Se recomienda realizar este tipo de entrenamiento una vez por semana para asegurar las adaptaciones a nivel del tracto intestinal (consultar las secciones sobre el entrenamiento del intestino).

Con días repetidos de entrenamiento duro, parece preferible entrenar con alta disponibilidad de carbohidratos. Aunque no se dispone de estudios específicos del fútbol, los estudios en remeros, corredores y ciclistas han mostrado adaptaciones superiores con una mayor ingesta de carbohidratos. Por ejemplo, Simonsen y cols. (1991) mostraron que el desempeño en los remeros mejoró más cuando consumieron una dieta más alta en carbohidratos en comparación con una dieta con una cantidad normal de carbohidratos. En la sección acerca del sobreentrenamiento, analizamos varios estudios que mostraron una reducción en los síntomas de extralimitación cuando se realizaron días repetidos de entrenamiento extremadamente duro en corredores y ciclistas (Achten et al., 2004; Halson et al., 2002; Halson, Lancaster, Achten, Gleeson y Jeukendrup, 2004; Jeukendrup, Hesselink, Snyder, Kuipers y Keizer, 1992).

Esto significa que se pueden mantener mejor la calidad del sueño y el estado anímico, y que puede resultarles más fácil a los jugadores completar el entrenamiento. También hay otras ventajas del entrenamiento con glucógeno muscular alto. En la sección sobre el sistema inmune, también discutimos estudios que mostraron un mejor mantenimiento de la función inmune con una mayor ingesta de carbohidratos durante los períodos de entrenamiento intenso (Halson, Lancaster, Jeukendrup y Gleeson, 2003; Lancaster, Jentjens, Moseley, Jeukendrup y Gleeson, 2003; Svendsen et al., 2016). En la sección sobre lesiones, discutimos que es probable que una mayor ingesta de carbohidratos pueda reducir el riesgo de lesión.

En el fútbol, «entrenar con alta disponibilidad de carbohidratos» puede ser la forma más adecuada para entrenar casi todo el año. A menudo se trata de recuperarse rápidamente de los partidos o de una sesión de entrenamiento dura para asegurarse de que se mantenga la calidad de las sesiones, se minimice el riesgo de lesión o de que se produzca una extralimitación, y se apoye al sistema inmune. Sin embargo, en el mundo real, es posible que los jugadores de fútbol en verdad no alcancen las metas de nutrición necesarias para «entrenar con alta disponibilidad de carbohidratos». Varios informes han sugerido que los jugadores de fútbol ingieren menores cantidades de carbohidratos que las recomendadas (Anderson et al., 2017; Garcia-Roves, Garcia-Zapico, Patterson e Iglesias-Gutierrez, 2014).

Por lo tanto, el desafío es lograr que los jugadores «entrenen con alta disponibilidad de carbohidratos», pero hacerlo de una manera que realmente restablezca el glucógeno muscular. Si esto se logra, el

entrenamiento de acuerdo con los principios del «entrenamiento con alta disponibilidad de carbohidratos» es posible.