



SUPLEMENTACIÓN CON AMINOACIDOS DE CADENA RAMIFICADA PARA RESPALDAR EL ANABOLISMO MUSCULAR DESPUÉS DEL EJERCICIO

Kevin D. Tipton, PhD | Universidad de Stirling | Stirling, Scotland | UK

PUNTOS CLAVE

- Los aminoácidos de cadena ramificada (AACR) son aminoácidos esenciales (AAE) que cumplen varios papeles importantes en el metabolismo muscular.
- Los AACR – especialmente la leucina- son críticos para la estimulación de las señales moleculares que dirigen la síntesis y degradación de proteínas en el músculo. Sin embargo, no existen investigaciones que hayan estudiado la respuesta de la síntesis de proteínas musculares después del ejercicio a la ingesta de AACR o leucina solamente (sin ningún otro nutriente o sin ser parte de una proteína completa).
- La ingesta de AACR sin el consumo simultáneo de una fuente de otros AAE no estimulará una respuesta máxima de la síntesis de proteínas. Aunque la ingesta de AACR (principalmente leucina) estimula las vías de señalización anabólica involucradas en la síntesis de proteínas musculares, la respuesta, particularmente después del ejercicio, estará limitada sólo por los aminoácidos endógenos disponibles como sustrato.
- Existen evidencias preliminares de que la ingesta simultánea de carbohidratos y grasas con pequeñas dosis de AAE puede aumentar la síntesis de proteínas musculares después del ejercicio. Sin embargo, se necesita realizar una evaluación más sistemática de este hallazgo antes de que se puedan hacer recomendaciones sólidas.
- No existen suficientes evidencias para indicar que la ingesta de AACR es efectiva para estimular la síntesis de proteínas musculares después del ejercicio de resistencia.
- Existen evidencias de que los AACR puede inhibir la degradación de proteínas musculares en estudios de cultivos celulares, el músculo de roedores y el músculo humano en reposo. Sin embargo, no existen evidencias de que la ingesta de AACR inhiba la degradación de proteínas después del ejercicio en humanos.
- No está claro si una intervención nutricional que incluya la ingesta de AACR dirigida a inhibir la degradación de proteínas musculares después del ejercicio sea un objetivo positivo.
- Las evidencias del uso de AACR como contramedida para reducir el daño muscular después del ejercicio es, en el mejor de los casos equívoca, y no tan clara como lo pregonan muchas fuentes.

INTRODUCCIÓN

Los aminoácidos de cadena ramificada (AACR), isoleucina, leucina y valina, son aminoácidos esenciales (AAE) que recientemente han recibido mucha atención en los deportes y en las recomendaciones de nutrición y ejercicio, particularmente en el contexto de aumento de respuesta del músculo al ejercicio. En los últimos años la suplementación con AACR se ha convertido en un componente popular del apoyo nutricional para el entrenamiento y ejercicio intenso, basado en la afirmación de que los AACR aumentan la recuperación e incrementan las adaptaciones al ejercicio. Por ejemplo, una búsqueda en Google de "AACR y recuperación" arroja más de 750.000 entradas. Las afirmaciones sobre estos productos están basadas en un amplio rango de mecanismos: desde aumentar la síntesis de proteínas musculares (SPM), reducir la degradación de proteínas (DPM), proteger el sistema inmune, incrementar la oxidación de grasas y reducir los dolores musculares, entre muchos otros. Los razonamientos fisiológicos para estas afirmaciones, que carecen de evidencia sólida de estudios bien controlados realizados en humanos, con frecuencia son débiles, si no es que completamente inexistentes.

El aspecto de la recuperación más frecuentemente atribuido a la suplementación con AACR es la formación de músculo o anabolismo, del cual la SPM y la DPM son los procesos metabólicos que tienen la mayor influencia. El balance neto entre la síntesis y la degradación (BALN) de una

proteína en particular determina la cantidad de proteína en el músculo e influye en la función de esa proteína. Por ejemplo, aumentos en la fuerza y el tamaño muscular se derivan de incrementos en el BALN de las proteínas miofibrilares. La respuesta anabólica al ejercicio con frecuencia se considera sinónimo de la hipertrofia muscular. Sin embargo, el anabolismo muscular también es importante para reparar y remodelar los tejidos produciendo un aumento de la recuperación y la adaptación al entrenamiento con ejercicios de diferentes tipos. Después del ejercicio de fuerza, el anabolismo muscular origina la reparación de las células musculares dañadas, los tejidos y el crecimiento muscular. Después del ejercicio de resistencia, las reparaciones y adaptaciones musculares que conducen a una mejor potencia aeróbica y al rendimiento de resistencia, son el resultado de la mejoría de los procesos anabólicos. Ambos aspectos de la recuperación han sido investigados en el contexto de la suplementación con AACR.

Desde hace mucho tiempo se sabe que los aminoácidos de cadena ramificada influyen tanto en la SPM como en la DPM. Trabajos preclínicos iniciales (en animales y cultivos celulares) demostraron claramente que los AACR tenían un profundo efecto en ambas, SPM y DPM (Buse & Reid, 1975). Estudios posteriores en músculos de humanos en reposo demostraron que la leucina influye sobre la SPM (Louard et al., 1990). Los aminoácidos suministran sustratos para la síntesis de nuevas proteínas, pero los AACR, y especialmente la leucina, también han demostrado actuar como señales

específicas que inician el proceso de traducción – el proceso que conduce a la SPM (Kimball & Jefferson, 2006). De esta manera, la suplementación con AACR puede actuar como un estímulo para la SPM, así como para aportar sustratos cuando sea necesario. Además, la influencia de los AACR sobre la DPM (Louard et al., 1995; Nair et al., 1992) proporciona una base sólida para la suplementación después del ejercicio con el fin de mejorar el equilibrio entre la síntesis y la degradación de proteínas que son importantes para la optimización de la recuperación, una mejor adaptación al entrenamiento y/o a la hipertrofia muscular.

Parece claro que se puede fijar una posición en relación al uso de la suplementación de AACR en el ejercicio intenso. Además, muchas personas claramente creen que la suplementación de estos aminoácidos es una forma efectiva de aumentar la recuperación y adaptación al entrenamiento. El propósito de este artículo es examinar las evidencias de uso de la suplementación con AACR en el contexto del aumento del anabolismo muscular. El foco principal estará en la respuesta de la SPM y la DPM, así como en las vías de señalización molecular relacionadas con esos procesos metabólicos, a la suplementación con AACR durante y después del ejercicio.

UN COMENTARIO SOBRE LOS MODELOS DE SUPLEMENTACIÓN

Las respuestas de la SPM y la DPM a la ingesta de AACR en relación al ejercicio se han evaluado empleando varios modelos de suplementación. Los estudios han examinado la respuesta tanto de la SPM y/o la DPM a la ingesta de leucina sola o en combinación con otros AACR (valina e isoleucina), todos los otros AAE, o con proteínas enteras. La combinación de nutrientes con los que los AACR son administrados tiene implicaciones sobre cómo deben interpretarse los resultados de los estudios y fijarse las conclusiones. Como se piensa que la leucina es el más influyente de los AACR (Kimball & Jefferson, 2006), la mayoría de los estudios se han centrado en las respuestas a la ingesta de leucina. Naturalmente, las respuestas medidas también pueden variar dependiendo de las circunstancias particulares en las cuales se ingieren los AACR. Los suplementos han sido consumidos en varios estudios antes, durante y después del ejercicio. La variada naturaleza de los estudios ha complicado las interpretaciones y la habilidad de realizar conclusiones sólidas sobre este tema. Sin embargo, debido a que estos suplementos son ampliamente utilizados, vale la pena examinar la información disponible en un intento de aportar algunas recomendaciones prácticas, dadas las limitaciones metodológicas y el diseño de los estudios.

SÍNTESIS Y DEGRADACIÓN DE PROTEÍNAS

La influencia de la suplementación de AACR sobre la hipertrofia muscular se atribuye principalmente a la estimulación de las vías moleculares que originan la SPM a través de la leucina (Kimball & Jefferson, 2006). Está bien aceptado que la leucina y otros AACR estimulan la diana de rapamicina en células de mamífero -vía de señalización- (mTORC, por sus siglas en inglés) la vía molecular que produce el inicio del proceso de traducción- tanto en estudios de cultivos de células (Kimball & Jefferson, 2006) como estudios in vivo en roedores y humanos (Bolster et al., 2004). El incremento de las concentraciones en sangre de leucina y posiblemente de isoleucina y valina, debido a la ingesta de alguna fuente de AACR estimula la vía de señalización mTORC produciendo un aumento de la SPM (Wilkinson et al., 2013). La teoría del “gatillo de leucina” fue desarrollada para describir la importancia del incremento de los niveles de leucina. Esta teoría sugiere que la leucina debe alcanzar un umbral para maximizar el estímulo del proceso anabólico en el músculo. Esta teoría predice que la fuente de leucina que conduzca al “punto de disparo” más rápidamente

aportará un estímulo anabólico más potente (Breen & Phillips, 2012). Así, la suplementación con AACR ha sido defendida como un componente muy importante de cualquier dieta para maximizar la hipertrofia muscular con el ejercicio.

Suplementación con aminoácidos de cadena ramificada y señales de anabolismo molecular

El ejercicio de fuerza en sí mismo es un potente estimulador de la señalización de mTORC. Un excelente resumen de las respuestas moleculares al ejercicio de fuerza y de resistencia puede encontrarse en un artículo SSE recientemente escrito por el Dr. Keith Baar [SSE 136]. La señalización anabólica, particularmente la activación de la proteína p70s6 kinasa después del entrenamiento de fuerza, está asociada con la SPM y el crecimiento muscular tanto en ratas como en humanos (Baar & Esser, 1999). Por lo tanto, la pregunta que debemos considerar relacionada con el crecimiento muscular y los AACR es si la suplementación con AACR aumenta la respuesta de las vías de señalización mTORC además de la estimulación que esta vía recibe del entrenamiento de fuerza.

Las investigaciones que estudian las respuestas de la señalización anabólica de los músculos al ejercicio y la suplementación de AACR han demostrado que los AACR y el ejercicio de fuerza estimulan la señalización a través de la vía mTORC dirigida principalmente por la fosforilación de la p70s6 kinasa, tanto de manera independiente como combinada (Apro & Blomstrand, 2010; Karlsson et al., 2004). Al igual que en trabajos iniciales realizados en células y animales (Kimball & Jefferson, 2006), el componente más importante de los suplementos de AACR parece ser la leucina. Sin embargo, la administración de una solución de AAE, incluyendo isoleucina y valina, sin leucina, produjo una respuesta limitada a la vía de señalización mTORC en comparación a la respuesta a la ingesta de una solución que incluía leucina (Moberg et al., 2014). No obstante, debe destacarse que la vía de señalización mTORC aumentó, aunque de forma limitada, después de la ingesta de AAE sin leucina (Moberg et al., 2014). De manera que la leucina es importante, pero no absolutamente necesaria, para obtener al menos alguna respuesta de señalización anabólica en los músculos después del ejercicio, es decir, suministrar otros AAE es suficiente, aunque no sea lo óptimo. La evidencia claramente indica que la suplementación con AACR aumenta la respuesta anabólica de las vías de señalización molecular produciendo SPM después del ejercicio de fuerza.

Suplementación con aminoácidos de cadena ramificada y síntesis de proteínas musculares

A pesar de la amplia evidencia de que la suplementación con AACR tiene un impacto anabólico en el músculo esquelético, al menos a nivel molecular, la respuesta de la SPM a la suplementación con AACR después del ejercicio no es tan clara. Ciertamente la ingesta de AAE, incluyendo la leucina y otros AACR, es crítica para la respuesta de SPM después del ejercicio (Borsheim et al., 2002; Tipton et al., 1999). La ingesta de sólo leucina estimula la SPM en el músculo humano en reposo (Wilkinson et al., 2013). Además, la reducción de la SPM que ocurre en ratas después del ejercicio se restablece debido a la ingesta de leucina (Anthony et al., 1999). De manera que hay una amplia evidencia indirecta para predecir que la suplementación con AACR después del ejercicio podría incrementar la SPM. Curiosamente, a pesar de haber un gran interés a todos los niveles, la medición directa de la SPM en respuesta a la suplementación de AACR o leucina sola (sin otros AAE), después del ejercicio de fuerza en humanos aún no ha sido publicada.

El impacto de la ingesta de AACR sobre la SPM después del ejercicio se ha investigado empleando una gran variedad de métodos de ingesta de aminoácidos. Desafortunadamente, debido a que los modelos utilizados son dispares, los resultados sólo pueden ser equívocos. Varios autores han

investigado el impacto de la adición de leucina a soluciones de proteínas o AAE sobre la SPM después del ejercicio de fuerza. Está claro que los AAE son críticos para aumentar la respuesta metabólica del músculo después del ejercicio de fuerza (Tipton et al., 1999). Sin embargo, añadir leucina (o AACR) a AAE o una proteína no necesariamente aumenta la respuesta. Previamente nosotros demostramos que la adición de leucina (o AACR) a una proteína no necesariamente aumenta el BALN después del ejercicio (Tipton et al., 2009), pero la SPM no se midió directamente. De manera similar, Koopman et al. (2005) no encontraron incrementos en la SPM después del ejercicio de fuerza con la adición de leucina a la proteína. La cantidad de proteína ingerida en estos estudios puede ser crucial para las respuestas que se midieron. Los voluntarios de ambos estudios ingirieron una cantidad relativamente grande de proteínas (0.2 g/kg/h proteína hidrolizada con o sin 0.1 g/kg leucina (Koopman et al., 2005) y 16.6 g de proteína de suero de leche (Whey) con 3.4 g de leucina (Tipton et al., 2009)). Así parece probable que cuando se ingieren suficientes proteínas/AAE para aportar una óptima disponibilidad de leucina (por encima del nivel del "disparo de leucina"), la ingesta de una cantidad adicional de leucina no aumenta la respuesta. Esta interpretación es probablemente una simplificación excesiva y se requiere una investigación más sistemática de este concepto antes de que se puedan hacer recomendaciones sólidas.

Otro factor importante a considerar en relación a la suplementación con AACR es la disponibilidad de AAE como sustrato para la SPM. Aportar leucina adicional puede no ser suficiente para maximizar el estímulo a la SPM después del ejercicio cuando cantidades más bajas de AAE, en forma libre o como parte de una proteína completa se ingieren simultáneamente. Los investigadores de la Universidad de McMaster en Canadá estudiaron la importancia de la leucina para la estimulación de la SPM empleando varias cantidades de proteínas. Previamente, se había establecido que 25 g de proteína de suero de leche podría aportar una dosis óptima para la estimulación de la SPM en reposo y después del ejercicio (Churchward-Venne et al., 2012; Moore et al., 2008). Así, los científicos canadienses liderados por el profesor Stuart Phillips, compararon a la ingesta de 25 g con la ingesta de 6,25 g de proteína de suero de leche sobre la respuesta de la SPM. Sin embargo, el consumo de leucina fue igualado al agregar leucina a la dosis más baja de proteína. Ellos reportaron que en reposo, la ingesta de leucina adicional a una dosis "sub óptima" (6,25 g) de proteína de suero de leche, produjo tasas similares de SPM a las de ingerir 25 g de proteína de suero de leche (una dosis óptima) (Churchward-Venne et al., 2012). Sin embargo, después del ejercicio de fuerza, las tasas de SPM fueron superiores cuando se ingirieron 25 g de proteína de suero de leche que cuando se consumieron 6,25 g con leucina adicional. A pesar de la cantidad equivalente de leucina ingerida, la respuesta de la SPM después del ejercicio fue inferior con la dosis sub óptima de proteína de suero de leche comparada con la dosis óptima. Es posible que el aumento de la habilidad del músculo para utilizar la proteína ingerida después del ejercicio (Witard et al., 2014) significaba que la disponibilidad de AAE estaba limitada con la dosis menor de proteína de suero de leche. Estos resultados sugieren que la disponibilidad de AAE puede ser un factor crítico para una respuesta óptima de la SPM después del ejercicio.

La suplementación con AACR (leucina) puede no ser ideal si la respuesta de la SPM está limitada por la falta de disponibilidad de AAE. Incluso en presencia de un estímulo máximo de las vías de señalización anabólicas con altas dosis de leucina (Apro & Blomstrand, 2010), debe disponerse de suficientes sustratos para permitir tasas óptimas de SPM. La diferencia en la SPM entre el músculo contraído y en reposo con la ingesta baja de proteínas (6,25 g) además de la leucina y una ingesta alta de proteínas (25 g) respaldan esta interpretación (Churchward-Venne et al., 2012). Con una mayor estimulación de la maquinaria de síntesis con el ejercicio, se necesitan más sustratos para obtener las tasas máximas de SPM y estas

tasas se reducen después de un período corto, tal y como reportaron Churchward-Venne y colaboradores (2012). Así, parece claro que la ingesta de una proteína completa es preferible a la ingesta de pequeñas dosis de proteínas u otras fuentes de aminoácidos si la cantidad total de AAE no es suficiente para sostener la SPM después del ejercicio.

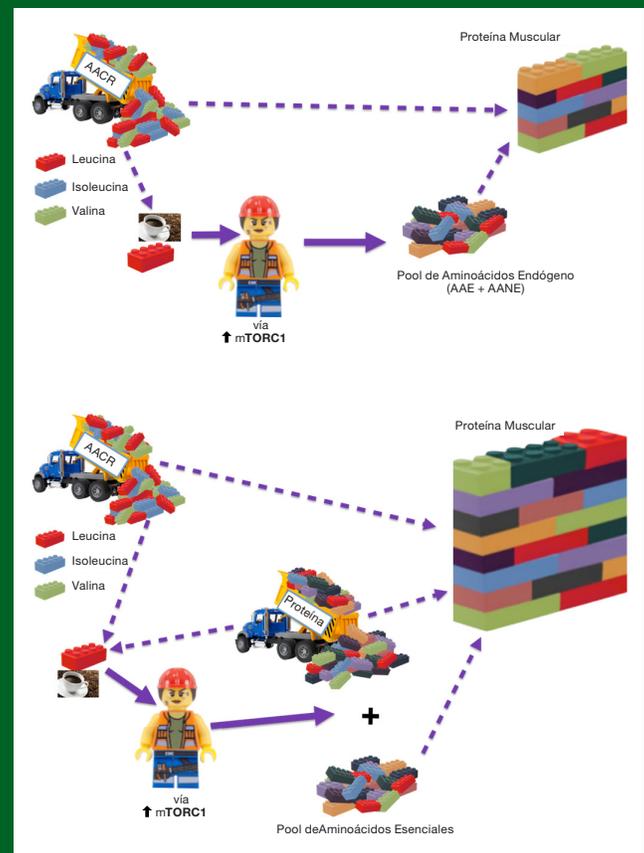


Figura 1. Una representación en dibujos animados de la importancia de la disponibilidad de suficientes aminoácidos esenciales (AAE) para respaldar la síntesis completa de las proteínas musculares después del ejercicio. El trabajador representa la vía de señalización mTORC estimulada por la leucina (ladrillo rojo). A) La ingesta de aminoácidos de cadena ramificada (AACR) solamente, sin AAE adicionales para suministrar suficiente sustrato, proporciona la estimulación máxima de la vía de señalización de mTORC por la leucina (café para el trabajador) pero origina una menor, o al menos, menos prolongada, respuesta de la síntesis de proteínas musculares. B) La ingesta de una proteína completa (u otra fuente de todos los AAE) con abundante leucina proporciona una estimulación máxima de mTORC (café para el trabajador) y suficiente sustrato para la síntesis completa de proteína muscular. AANE, aminoácidos no esenciales.

Este escenario metabólico debe considerarse como el análogo de construir una pared (Figura 1). En esta analogía, la proteína muscular sería la pared y los aminoácidos los bloques necesarios para construirla. Cada tipo de pared requiere una combinación particular de bloques. Algunos tipos de bloques (aminoácidos no esenciales) siempre están alrededor y disponibles. Sin embargo, la pared sólo puede estar completa si están disponibles otros bloques externos (AAE de las proteínas de la alimentación). Podemos imaginar la vía de señalización mTORC como el trabajador que coloca los bloques juntos en la pared. La leucina es un bloque especial: es necesario como parte de la pared, pero también viene con una jarra de café que puede estimular al trabajador para que haga una construcción de la pared más rápida y efectiva. Por lo tanto, si se ingieren los AACR, la leucina (el café) estimula al trabajador a su actividad máxima y los aminoácidos

disponibles, tanto de AAE como no esenciales, son empleados para comenzar a construir la pared. Sin embargo, a pesar de la disposición y la energía del trabajador, en algún momento, el trabajador se va a quedar sin alguno de los bloques necesarios (AAE). En consecuencia, la construcción de la pared se enlentecerá y eventualmente cesará. Por otra parte, cuando se consume una proteína completa u otra fuente de aminoácidos, todos los bloques necesarios para construir la pared están disponibles para el trabajador, los bloques de leucina mantienen al trabajador activo y se completa una pared más grande.

Suplementación con aminoácidos de cadena ramificada y síntesis de proteínas musculares con la ingesta simultánea de otros macronutrientes

La relación de la ingesta de proteínas y aminoácidos con la SPM puede modificarse por la ingesta de otros nutrientes junto con la fuente de aminoácidos. Un estudio de seguimiento realizado por el mismo grupo de investigadores canadienses previamente mencionado, también demostró que la SPM en respuesta a la ingesta de 25 g de proteína de suero de leche después del ejercicio fue mayor que la respuesta a dosis bajas de proteína de suero de leche (6,25 g) más leucina adicional, cuando se ingería como parte de una bebida con una mezcla de macronutrientes (incluyendo carbohidratos y grasas) (Churchward-Venne et al., 2014). Sin embargo, en este escenario la ingesta de dosis superiores de leucina añadida a 6,25 g de proteína de suero de leche produjo tasas similares de SPM a la ingesta de 25 g de proteína de suero de leche. Por lo tanto, las proteínas y los aminoácidos consumidos en el contexto de una comida mixta como en este estudio más reciente (Churchward-Venne et al., 2014), parecían producir una respuesta diferente en comparación a cuando se consume en forma aislada como en el estudio anterior (Churchward-Venne et al., 2012). Estos resultados son respaldados por una investigación reciente. Tanto en adultos mayores como en adultos jóvenes, agregar leucina libre a una bebida que contenga 10 g de proteína y 24 g de carbohidratos aumentó la respuesta de SPM después del ejercicio de fuerza (Atherton et al., 2016). Tomados en conjunto, estos estudios sugieren que una dosis sub óptima de proteína consumida con una dosis alta de leucina pueden "recuperar" las tasas de SPM después del ejercicio a niveles similares a una dosis óptima de proteína, pero aparentemente sólo dentro del contexto de consumo con otros macronutrientes.

Suplementación con aminoácidos de cadena ramificada y degradación de proteínas musculares

El impacto potencial de la suplementación con AACR sobre el crecimiento muscular y la recuperación del ejercicio puede estar relacionado además de la SPM, a un rol en el proceso de DPM. Así, la suplementación con AACR puede afectar ambos lados de la ecuación de BALN. Estudios iniciales demostraron que los AACR redujeron la degradación de las proteínas en todo el cuerpo (Ferrando et al., 1995), así como la DPM en reposo (Louard et al., 1995; Nair et al., 1992). El efecto de los AACR sobre la DPM puede estar mediado por el metabolito de leucina, β -hidroxi- β -metilbutirato (Wilkinson et al., 2013). Sin embargo, hasta la fecha ningún estudio ha investigado el impacto de la suplementación con BCAA sobre la DPM después del ejercicio. Así, a pesar de que hay una gran cantidad de afirmaciones en relación a la importancia de la suplementación con AACR para la reducción de la DPM con el ejercicio, la efectividad de la suplementación con AACR para aumentar el BALN después del ejercicio a través de la reducción de la DPM no tiene fundamento.

Otra consideración sobre el impacto de los AACR, o cualquier otro nutriente, sobre la DPM se refiere a si es deseable reducir la DPM durante o después del ejercicio. La respuesta inicial, y quizás incluso intuitiva es un rotundo sí con el razonamiento de que, si la DPM es limitada, entonces

el BALN aumenta y los músculos crecen y se fortalecen. Sin embargo, tal interpretación es probablemente demasiado simplista: la DPM no es solamente un componente de BALN que afecta la hipertrofia muscular. En efecto, la DPM es un componente clave del recambio de proteínas musculares que produce la remodelación y reacondicionamiento de los músculos. Así, en algunas circunstancias, una elevada DPM puede ser ventajosa, por ejemplo, para degradar y remover proteínas musculares dañadas. Además, la degradación de proteínas defectuosas y/o no usadas para suministrar aminoácidos en la síntesis de nuevas proteínas puede ser crítica durante la adaptación. Ninguno de los métodos actualmente disponibles para medir la DPM permite la identificación de proteínas que han sido degradadas. Por lo tanto, si se mide una reducción en la DPM en respuesta a los AACR, o cualquier otro nutriente, no está claro si las proteínas que han sido descompuestas son proteínas miofibrilares, reduciendo así la hipertrofia, u otras proteínas. Por lo tanto, incluso si hubiera evidencia sólida de que la suplementación con AACR reduce la DPM durante y después del ejercicio – que no la hay- todavía no estaría claro que su reducción sea un factor positivo para una óptima recuperación del ejercicio o una adaptación al entrenamiento.

Suplementación con aminoácidos de cadena ramificada para la síntesis de proteínas después del ejercicio de resistencia

Considerando que una serie de estudios se han enfocado en la influencia de la suplementación con AACR sobre la SPM después del ejercicio de fuerza, su impacto en la SPM después del ejercicio de resistencia ha recibido menos atención. Hasta la fecha, sólo existen 2 estudios que hayan investigado esta interrogante, con muchas diferencias de diseño entre ellos. En el primer trabajo, duplicar la cantidad de leucina en una solución de AAE aumentó la tasa de SPM después de pedalear (Pasiakos et al., 2011). En el estudio más reciente, mientras que la ingesta de proteínas con leucina adicional aumentó la SPM, triplicar la cantidad de proteína y leucina no produjo una mayor estimulación (Rowlands et al., 2015). Sin embargo, ambos estudios, en conjunto, son consistentes con la noción propuesta anteriormente. Es decir, si se ingiere una cantidad insuficiente de leucina, habrá una mayor estimulación de las vías moleculares cuando se ingiera leucina adicional produciendo un aumento en la SPM (Pasiakos et al., 2011). Sin embargo, cuando se ingiere suficiente leucina, una dosis adicional no mejora la SPM después del ejercicio (Rowlands et al., 2015). Se insta a tener precaución antes de que se haga cualquier recomendación sólida basada en sólo 2 estudios. Las diferencias entre los sujetos estudiados, la ingesta simultánea de otros nutrientes, las cantidades de AACR ingeridas, la ingesta de AAE libres o proteínas completas pueden afectar los resultados. Así, al menos en este momento, posiblemente sea prematuro tratar de hacer alguna recomendación sólida en relación al impacto de la ingesta de AACR sobre la SPM después del ejercicio de resistencia.

La relevancia fisiológica del aumento de la SPM en respuesta a la ingesta de AACR después del ejercicio de resistencia está menos clara que después del ejercicio de fuerza. Previamente, nosotros demostramos que la ingesta de proteínas, incluyendo cantidades relativamente altas de AACR, después del ejercicio de resistencia producía aumentos en la SPM miofibrilar (Breen et al., 2011). El incremento en la SPM después del ejercicio con frecuencia se asocia principalmente con la hipertrofia muscular – posiblemente de manera errónea en la mayoría de los casos (Mitchell et al., 2014). Sin embargo, el aumento de la SPM miofibrilar después del ejercicio de resistencia puede estar más asociado a la remodelación y al reacondicionamiento del músculo originando una mejor recuperación del ejercicio, un argumento que nosotros respaldamos en Breen et al. (2011). Por lo tanto, al menos hasta este momento, no está

claro que importancia, si es que hay alguna, puede atribuirse a la ingesta de AACR después del ejercicio de resistencia.

Suplementación con aminoácidos de cadena ramificada y daño muscular

Existen algunas evidencias que respaldan las afirmaciones de que la suplementación con AACR es un tratamiento efectivo para mejorar la recuperación del daño muscular inducido por el ejercicio (Howatson et al., 2012; Jackman et al., 2010). Sin embargo, no todos los estudios respaldan esas afirmaciones (Arecas et al., 2014; Foure et al., 2016), por lo tanto, los datos pueden considerarse equívocos en el mejor de los casos. Además, en los estudios que se demostró una disminución estadísticamente significativa en la reducción de los dolores musculares después del ejercicio con la ingesta de AACR, no se fue capaz de identificar un mecanismo (Howatson et al., 2012; Jackman et al., 2010). Con frecuencia se afirma que el aumento de la SPM es el mecanismo detrás de cualquier mejoría de daño muscular producido por el ejercicio y la ingesta de AACR. Sin embargo, debido a la baja tasa de recambio de cualquier proteína dañada que pueda estar involucrada, este mecanismo es difícil de aceptar y las afirmaciones de esta naturaleza no tienen una base fisiológica sólida. Finalmente, muchos de los modelos que se emplean para estudiar el daño muscular no son ecológicamente válidos y el nivel de cualquier mejoría observada usualmente es pequeño incluso si es estadísticamente significativo (Jackman et al., 2010). Por lo tanto, no puede respaldarse la recomendación de la suplementación con AACR para contrarrestar el daño muscular inducido por el ejercicio, al menos basados en una completa y objetiva evaluación de la evidencia.

RESUMEN Y APLICACIONES PRÁCTICAS

La suplementación con AACR tiene muchos supuestos beneficios para los atletas y otros que se ejercitan. Existe algo de evidencia para todo, desde el aumento de la SPM, la reducción de la DPM, el aumento de la oxidación de grasas (no discutido en este SSE), hasta la reducción de los dolores musculares y el aumento de la respuesta de la función inmune al ejercicio (tampoco discutida en este SSE). Sin embargo, la evidencia actual no resiste el escrutinio crítico. No hay duda de que la suplementación con AACR, debido a su contenido de leucina, estimula las vías moleculares que aumentan la SPM. Sin embargo, no está claro si los suplementos de AACR solos son efectivos para una óptima estimulación de la SPM después del ejercicio. De hecho, el consumo de AACR sin suficientes cantidades de otros AAE no producirá una respuesta completa de la SPM. La suplementación con AACR inhibe la DPM en reposo, pero aún no hay evidencia que sugiera que ellos inhiben la DPM produciendo un BALN óptimo después del ejercicio. Además, no está claro que la inhibición global de la DPM después del ejercicio sea deseable para el aumento de la hipertrofia muscular, la adaptación al entrenamiento o la recuperación del ejercicio. Finalmente, no hay suficiente información en relación a la ingesta de AACR y la SPM después del ejercicio de resistencia para realizar alguna conclusión y no hay razón para recomendar la suplementación de AACR durante o después de tal ejercicio.

- En general, basados en la evidencia disponible, la mejor recomendación nutricional para optimizar las adaptaciones al entrenamiento, incluyendo la hipertrofia muscular y la mejoría del metabolismo oxidativo, aun sería consumir suficientes proteínas de alta calidad (que incluyan los AACR, por supuesto) en el contexto de las comidas. Las comidas deben basarse, tanto como sea posible, en alimentos enteros no procesados e incluir muchas frutas frescas y vegetales.
- No existe razón para consumir suplementos de AACR para aumentar la estimulación de la SPM y/o la reducción de la DPM. Las proteínas de alta calidad de los alimentos o, si se prefiere por conveniencia, los

suplementos (incluyendo, por ejemplo, proteína de suero de leche, proteína de huevo, proteína de soja u otras proteínas lácteas) pueden consumirse para suministrar suficientes AACR y leucina, así como otros AAE.

- Existe evidencia preliminar, aunque no suficientemente fundamentada, de que consumir otros macronutrientes con suplementos de proteína o AAE puede mejorar la respuesta de la SPM después del ejercicio.
- No hay evidencias suficientes para respaldar la recomendación de consumir suplementos de AACR para reparar el daño muscular.

REFERENCIAS

- Anthony, J.C., T.G. Anthony, and D.K. Layman (1999). Leucine supplementation enhances skeletal muscle recovery in rats following exercise. *J. Nutr.* 129:1102-1106.
- Apro, W., and E. Blomstrand (2010). Influence of supplementation with branched-chain amino acids in combination with resistance exercise on p70S6 kinase phosphorylation in resting and exercising human skeletal muscle. *Acta Physiol.* 200:237-248.
- Arecas, F., J.J. Salinero, J. Abian-Vicen, C. González-Millán, C. Gallo-Salazar, D. Ruiz-Vicente, B. Lara, and J. Del Coso (2014). A 7-day oral supplementation with branched-chain amino acids was ineffective to prevent muscle damage during a marathon. *Amino Acids.* 46:1169-1176.
- Atherton, P.J., K. Kumar, A.L. Selby, D. Rankin, W. Hildebrandt, B.E. Phillips, J.P. Williams, N. Hiscock, and K. Smith (2016). Enriching a protein drink with leucine augments muscle protein synthesis after resistance exercise in young and older men. *Clin. Nutr.* E-pub ahead of print (pii: S0261-5614(16)30071-1).
- Baar, K., and K. Esser (1999). Phosphorylation of p70(S6k) correlates with increased skeletal muscle mass following resistance exercise. *Am. J. Physiol.* 276:C120-C127.
- Bolster, D.R., L.S. Jefferson, and S.R. Kimball (2004). Regulation of protein synthesis associated with skeletal muscle hypertrophy by insulin-, amino acid- and exercise-induced signalling. *Proc. Nutr. Soc.* 63:351-356.
- Borsheim, E., K.D. Tipton, S.E. Wolf, and R.R. Wolfe (2002). Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *Am. J. Physiol.* 283:E648-E657.
- Breen, L., A. Philp, O.C. Witard, S.R. Jackman, A. Selby, K. Smith, K. Baar, and K.D. Tipton (2011). The influence of carbohydrate-protein co-ingestion following endurance exercise on myofibrillar and mitochondrial protein synthesis. *J. Physiol.* 589:4011-4025.
- Breen, L., and S.M. Phillips (2012). Nutrient interaction for optimal protein anabolism in resistance exercise. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 15:226-232.
- Buse, M.G., and S.S. Reid (1975). Leucine. A possible regulator of protein turnover in muscle. *J. Clin. Invest.* 56:1250-1261.
- Churchward-Venne, T.A., N.A. Burd, C.J. Mitchell, D.W. West, A. Philp, G.R. Marcotte, S.K. Baker, K. Baar, and S.M. Phillips (2012). Supplementation of a suboptimal protein dose with leucine or essential amino acids: effects on myofibrillar protein synthesis at rest and following resistance exercise in men. *J. Physiol.* 590:2751-2765.
- Churchward-Venne, T.A., L. Breen, D.M. Di Donato, A.J. Hector, C.J. Mitchell, D.R. Moore, T. Stellingwerf, D. Breuille, E.A. Offord, S.K. Baker, and S.M. Phillips (2014). Leucine supplementation of a low-protein mixed macronutrient beverage enhances myofibrillar protein synthesis in young men: a double-blind, randomized trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 99:276-286.
- Ferrando, A.A., B.D. Williams, C.A. Stuart, H.W. Lane, and R.R. Wolfe (1995). Oral branched-chain amino acids decrease whole-body proteolysis. *J. Parenter. Enteral. Nutr.* 19:47-54.
- Foure, A., K. Nosaka, M. Gastaldi, J.-P. Matteia, H. Boudinette, M. Guye, C. Vilmena, Y. Le Fura, D. Bendahan, and J. Gondin (2016). Effects of branched-chain amino acids supplementation on both plasma amino acids concentration and muscle energetics changes resulting from muscle damage: A randomized placebo controlled trial. *Clin. Nutr.* 35:83-94.
- Howatson, G., M. Hoad, S. Goodall, J. Tallent, P.G. Bell, and D.N. French (2012). Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: a randomized, double-blind, placebo controlled study. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 8:9, 20.
- Jackman, S.R., O.C. Witard, A.E. Jeukendrup, and K.D. Tipton (2010). Branched-chain amino acid ingestion can ameliorate soreness from eccentric exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 42:962-970.

- Karlsson, H.K., P.A. Nilsson, J. Nilsson, A.V. Chibalin, J.R. Zierath, and E. Blomstrand (2004). Branched-chain amino acids increase p70S6k phosphorylation in human skeletal muscle after resistance exercise. *Am. J. Physiol.* 287:E1-E7.
- Kimball, S.R., and L.S. Jefferson (2006). Signaling pathways and molecular mechanisms through which branched-chain amino acids mediate translational control of protein synthesis. *J. Nutr.* 136:227S-2231S.
- Koopman, R., A.J. Wagenmakers, R.J. Manders, A.H. Zorenc, J.M. Senden, M. Gorselink, H.A. Keizer, and L.J. van Loon (2005). Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. *Am. J. Physiol.* 288:E645-E653.
- Louard, R.J., E.J. Barrett, and R.A. Gelfand (1990). Effect of infused branched-chain amino acids on muscle and whole-body amino acid metabolism in man. *Clin. Sci.* 79:457-466.
- Louard, R.J., E.J. Barrett, and R.A. Gelfand (1995). Overnight branched-chain amino acid infusion causes sustained suppression of muscle proteolysis. *Metabolism.* 44:424-429.
- Mitchell, C.J., T.A. Churchward-Venne, G. Parise, L. Bellamy, S.K. Baker, K. Smith, P.J. Atherton, and S.M. Phillips (2014). Acute post-exercise myofibrillar protein synthesis is not correlated with resistance training-induced muscle hypertrophy in young men. *PLoS One.* 9:e89431.
- Moberg, M., W. Apro, I. Ohlsson, M. Ponten, A. Villanueva, B. Ekblom, and E. Blomstrand (2014). Absence of leucine in an essential amino acid supplement reduces activation of mTORC1 signalling following resistance exercise in young females. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 39:183-194.
- Moore, D.R., M.J. Robinson, J.L. Fry, J.E. Tang, E.I. Glover, S.B. Wilkinson, T. Prior, M.A. Tarnopolsky, and S.M. Phillips (2008). Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am. J. Clin. Nutr.* 89:161-168.
- Nair, K.S., R.G. Schwartz, and S. Welle (1992). Leucine as a regulator of whole body and skeletal muscle protein metabolism in humans. *Am. J. Physiol.* 263:E928-E934.
- Pasiakos, S.M., H.L. McClung, J.P. McClung, L.M. Margolis, N.E. Andersen, G.J. Cloutier, M.A. Pikosky, J.C. Rood, R.A. Fielding, and A.Y. Young (2011). Leucine-enriched essential amino acid supplementation during moderate steady state exercise enhances postexercise muscle protein synthesis. *Am. J. Clin. Nutr.* 94:809-818.
- Rowlands, D.S., A.R. Nelson, S.M. Phillips, J.A. Faulkner, J. Clarke, N.A. Burd, D. Moore, and T. Stellingwerff (2015). Protein-leucine fed dose effects on muscle protein synthesis after endurance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 47:547-555.
- Tipton, K.D., A.A. Ferrando, S.M. Phillips, D. Doyle Jr., and R.R. Wolfe (1999). Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *Am. J. Physiol.* 276:E628-E634.
- Tipton, K.D., T.A. Elliott, A.A. Ferrando, A.A. Aarsland, and R.R. Wolfe (2009). Stimulation of muscle anabolism by resistance exercise and ingestion of leucine plus protein. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 34:151-161.
- Wilkinson, D.J., T. Hossain, D.S. Hill, B.E. Phillips, H. Crossland, J. Williams, P. Loughna, T. A. Churchward-Venne, L. Breen, S.M. Phillips, T. Etheridge, J.A. Rathmacher, K. Smith, N.J. Szewczyk, and P.J. Atherton (2013). Effects of leucine and its metabolite beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on human skeletal muscle protein metabolism. *J. Physiol.* 591:2911-2923.
- Witard, O.C., S.R. Jackman, L. Breen, K. Smith, A. Selby, and K.D. Tipton (2014). Myofibrillar muscle protein synthesis rates subsequent to a meal in response to increasing doses of whey protein at rest and after resistance exercise. *Am. J. Clin. Nutr.* 99:86-95.

TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: Kevin D. Tipton. Branched-chain amino acid supplementation to support muscle anabolism following exercise. *Sports Science Exchange* (2017) Vol. 28, No. 170, 1-6. por Pedro Reinaldo García M.Sc.