

Cepero González, M.; Padial Ruz, R.; Rojas Ruiz, F.J.; Romero Sánchez, D. y De la Cruz Márquez, J.C. (2016). Efectos de bebidas carbohidratadas y proteicas sobre la recuperación del esfuerzo / Effects of Carbohydrate–Protein Beverages on Recovery of the Exercise. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 16 (62) pp.373-401 [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista62/artefectos701.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista62/artefectos701.htm)

## REVISIÓN / REVIEW

# EFFECTS OF BEBIDAS CARBOHIDRATADAS Y PROTEICAS SOBRE LA RECUPERACIÓN DEL ESFUERZO

## EFFECTS OF CARBOHYDRATE–PROTEIN BEVERAGES ON RECOVERY FROM EXERCISE

Cepero González, M.<sup>1</sup>; Padial Ruz, R.<sup>2</sup>; Rojas Ruiz, F.J.<sup>3</sup>; Romero Sánchez, D.<sup>4</sup> y De la Cruz Márquez, J.C.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Doctora en Ciencias de la actividad física y el deporte. Profesora Titular del Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal de la FCCE de la Universidad de Granada. España. [mcepero@ugr.es](mailto:mcepero@ugr.es)

<sup>2</sup> Doctora en Ciencias de la actividad física y el deporte. Profesora Ayudante Doctora del Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal de la FCCE de la Universidad de Granada. España. [rpadial@ugr.es](mailto:rpadial@ugr.es)

<sup>3</sup> Doctor en Ciencias de la actividad física y el deporte. Catedrático del Departamento de Educación Física y deportiva de la Universidad de Granada. España. [frojas@ugr.es](mailto:frojas@ugr.es)

<sup>4</sup> Doctor en Ciencias de la actividad física y el deporte. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Granada. [danielromero74@hotmail.com](mailto:danielromero74@hotmail.com)

<sup>5</sup> Doctor en Medicina. Profesor titular del Departamento de Educación Física de la Universidad de Granada. España. [dlcruz@ugr.es](mailto:dlcruz@ugr.es)

**Código UNESCO / UNESCO Code:** 2411.06 Fisiología del Ejercicio / Exercise Physiology, 3206.02 Metabolismo Energético / Energy Metabolism.

**Clasificación Consejo de Europa / Council of Europe Classification:** 2: Bioquímica del deporte / Biochemistry Sport, 6: Fisiología del ejercicio / Exercise Physiology, y 11: Medicina del Deporte / Sports Medicine.

**Recibido** 14 de abril de 2013 **Received** April 14, 2013

**Aceptado** 5 de enero de 2014 **Accepted** January 5, 2014

### RESUMEN

Este artículo aporta una revisión del efecto de la coingesta de la proteína de suero de leche y proteína caseína administradas en bebidas carbohidratadas, sobre la recuperación y los parámetros del daño muscular en ejercicios de larga duración. La búsqueda se ha realizado en abril de 2013 en las bases de datos del ISI Web of Knowledge, SCOPUS, Sport Discuss, PubMed, Medline,

Sportdiscus, y en las bases de datos CINDOC en las redes CTI-CSIC, RESH, DICE y DIALNET cruzando los descriptores "Exercise", "Resistance training" y "Recovery" con los términos "Ergogenic beverage", "Casein Protein" y "Whey Protein". La estrategia nutricional más respaldada es la ingesta de un preparado líquido carbohidratado en donde se combinan proteínas de diferentes fuentes sobre pruebas de esfuerzos prolongados similares a la competición tanto en deportes individuales como en colectivos, con resultados discrepantes.

**PALABRAS CLAVES:** Bebida ergogénica, recuperación, proteína caseína, proteína de suero de leche.

## **ABSTRACT**

This manuscript shows a review about the effects of the whey and casein protein on recovery and parameters of muscle damage in long-term exercise. The search was conducted in April 2013 in the databases of ISI Web of Knowledge, SCOPUS, PubMed, Medline, SportDiscus, and databases on Spanish networks CINDOC CTI-CSIC, RESH, DICE, and DIALNET crossing the descriptors "Exercise", "Resistance training" and "Recovery" with the terms "Ergogenic Beverage", "Casein Protein" and "Whey Protein". The most used nutritional strategies are based in a carbohydrate beverage which combines different protein sources on prolonged exercise tests similar to sports competition, in both individual and collective sports, with discrepant results.

**KEY WORDS:** Ergogenic Beverage, Recovery, Casein Protein, Whey Protein.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Durante el ejercicio prolongado y en todas aquellas situaciones en que los depósitos de glucógeno están muy disminuidos, existe un aumento de los niveles plasmáticos de ácidos grasos libres, puesto que en estas situaciones son las grasas las que deben proporcionar la mayor parte de energía, así como un aumento en la utilización de los aminoácidos de cadena ramificada como fuentes de energía por los músculos, de tal forma que su concentración en el torrente sanguíneo disminuye.

La administración de nutrientes tras una sesión de ejercicio intenso afecta a los procesos anabólicos, con independencia del modo de ejercicio. De particular importancia son las proteínas y los hidratos de carbono, ya que estos dos macronutrientes representan distintas funciones como agentes anabólicos. Se ha confirmado que la proteína y la captación de aminoácidos provenientes de la ingestión son necesarias para alcanzar un balance positivo de proteína/nitrógeno, mientras que la ingesta de carbohidratos durante la recuperación es la consideración más importante para reponer las reservas de glucógeno tras un ejercicio exhaustivo (Jeukendrup y Jentjens, 2000; Saunders, Kane y Todd, 2004; Van Loon, y cols. 2000ab).

Son varios los factores que juegan un papel importante en la eficacia de la proteína y de los carbohidratos sobre la síntesis de glucógeno después del ejercicio, por lo que la ingestión inadecuada de estos factores puede limitar la capacidad para alcanzar un estado anabólico. Las pruebas aportadas de ingesta durante y post ejercicio denotan claramente la importancia que estos dos macronutrientes tienen en lo que respecta a la nutrición y el anabolismo después del ejercicio (Betts, y cols. 2007; Poole, y cols. 2010).

Aunque la mayoría de los deportistas pueden satisfacer sus necesidades nutricionales antes y/o después del ejercicio, las actividades de prolongada duración requieren un aporte nutricional durante el ejercicio. Los ejercicios de resistencia requieren la utilización de mayor cantidad de energía, lo que conlleva significativos incrementos en el consumo de carbohidratos y la oxidación de grasas. También pueden producirse pérdidas considerables de líquidos y electrolitos a causa de la sudoración, sobre todo durante el ejercicio prolongado en situación de calor. Como consecuencia, la ingesta de líquidos y nutrientes inadecuados durante la práctica del ejercicio de resistencia puede conducir a la deshidratación, hiperhidratación hiponatrémica, depleción glucogénica, hipoglucemia y fatiga central. Además, las deficiencias nutricionales durante una actividad prolongada pueden limitar la capacidad para una recuperación rápida tras el ejercicio, lo que puede afectar al rendimiento posterior (Betts y cols. 2007; Jentjens y Jeukendrup, 2003; Saunders, 2007).

Son numerosos los estudios que han investigado las necesidades nutricionales para aclarar estas cuestiones anteriores, dando como resultado dos estrategias nutricionales que proporcionan efectos positivos para los deportistas de resistencia:

1) Consumo de carbohidratos. Existe un claro consenso en la bibliografía sobre la utilidad de la ingesta de carbohidratos durante el ejercicio prolongado (duración de 2 horas o más) que casi siempre retrasa el inicio de la fatiga y mejora el rendimiento, así como en actividades de menor duración pero de mayor intensidad (por ejemplo, ejercicio continuo que dure cerca de 1 hora y ejercicio intermitente de alta intensidad) (Jeukendrup, 2007). Los efectos del consumo post-ejercicio de soluciones de carbohidratos de alto peso molecular versus bajo peso molecular sobre la recuperación tras interval training de alta intensidad parecen ser insignificantes (McGlory y Morton, 2010).

2) Ingestión de bebidas con proteínas combinadas con carbohidratos (CHO + P): Esta estrategia nutricional es el genuino objeto de esta revisión porque cada vez es más utilizada por deportistas para mejorar el rendimiento en ejercicios de resistencia ya que reduce los indicadores del daño muscular y mejora la recuperación después del ejercicio, pero

existen importantes diferencias metodológicas entre las distintas referencias consultadas.

Algunos estudios han determinado el efecto de la adición de proteínas y/o aminoácidos en bebidas deportivas carbohidratadas sobre el rendimiento físico (tabla 1). La mayoría han demostrado una mejora en el rendimiento con esta adición (Betts y cols., 2007; Burke, 1999; Fogt e Ivy, 2000; Ivy, y cols. 2003; Moore y cols., 2007; Niles y cols., 2001; Ready, Seifert y Burke, 1999; Saunders y cols., 2009, 2006; Saunders, Luden y Herrick, 2007; Saunders, Kane, y Todd, 2004; Schedl, Muaghan, y Gisolfi 1994; Williams, Ivy y Raven, 1999; Williams, y cols., 2003; Zawadzki, Yaspelkis e Ivy, 1992) mientras que otros no muestran diferencia entre las suplementaciones de proteína y/o aminoácidos más hidratos de carbono respecto a los que solo utilizan hidratos de carbono (Anderson, 2001; Breen, y cols. 2010; Cepero y cols., 2009, 2010; Davis, Welsh y Alerson, 2000; Gasier y Olson, 2010; Osterberg, Zachwieja y Smith, 2008; Romano-Ely, y cols. 2006; Skillen y cols., 2008; Tonne y Betts, 2010; Van Essen y Gibala, 2006; Valentine y cols., 2008; Van Hall, y cols. 1995).

Tampoco se han apreciado mejoras en las lesiones musculares inducidas por el ejercicio mediante la ingestión de bebidas carbohidratadas con adición de proteínas (Green, y cols. 2008), aunque sí limitan la percepción de dolor después del ejercicio aeróbico exhaustivo (McBrier y cols. 2010) y si se ingieren durante la recuperación del ejercicio de resistencia estimulan la síntesis de proteína muscular esquelética (Howarth, y cols. 2009).

**Tabla 1.** Comparación de las características de las bebidas en estudios representativos sobre el rendimiento en resistencia.

Estudio	Líquido (ml/h)	Bebida	CHO (g/h)	Proteínas (gr/l)	Tipo de proteína	Significación
Cepero y cols. (2010)	1000	CHO CHO+Pc CHO+Ps	9% 7% 7%	0 2% 2%	Proteína caseína Proteína de suero de leche.	No
Gasier y Olson (2010)	600 ml en 5 dosis 3000 ml en total	CHO CHO+Ps	8.9% 1.81%	0 7,22%	Proteína de suero de leche.	No
Tonne y Betts (2010)	1053 ml + 75 ml	CHO CHO+P	95 72+ 5	0 22+-2	Proteína de suero	No
Cepero y cols. (2009)	1000	CHO CHO+P	9% 7%	0 2%	Proteína Caseína	No
Saunders y cols. (2009)	200 ml cada 5 Km+150 ml después del ejercicio	CHO CHO+P	60 60	0 14,4	Hidrolizado de proteína caseína.	Si en los últimos 5km. No
Osterberg y cols. (2008)	250 ml cada 15 minutos.	CHO CHO+P				No
Skillen y cols. (2008)	1500 (500 ml antes, durante y después)	CHO CHO+AA	23 (4,6%) 18 (3,6%)	0 5 (1%)	Leucina, valina, isoleucina y arginina	No
Valentine y cols. (2008)	250 ml cada 15 minutos.	CHO CHO+CHO O CHO+P	7,75% 9,69% 7,75%	0 0 1,94%	Suero concentrado	No
Betts, Williams, Duffy y Gunner, (2007)	0.8 a 1.1 gramos de CHO/Kg de masa	CHO CHO+CHO O CHO+P	8% 8% 8%	0.3 gr/kg	Proteína de suero de leche	No.
Moore y cols. (2007)	577	CHO CHO+P CHO+P	35 35 35	0 7 14	Caseína hidrolizada	Si
Saunders y cols. (2007)	560	CHO CHO+P	41 41	0 10	Suero concentrado	Si
Saunders y cols. (2007)	1000	CHO CHO+P	60 60	0 18	Caseína hidrolizada	Si
Romano-Ely y cols. (2006)	600	CHO CHO+P	56 45	0 11	Suero concentrado	No
Van Essen y Gibala. (2006)	1000	CHO CHO+P	60 60	0 20	Suero aislado	No
Saunders y cols. (2004)	508	CHO CHO+P	37 37	0 9	Suero concentrado	Si
Ivy y cols. (2003)	600	CHO CHO+P	47 47	0 12	Suero concentrado	Si

Nota: CHO= Bebida carbohidratada; CHO+P; Bebida carbohidratada más proteína; CHO+AA= Bebida carbohidratada más aminoácido

Muchas mujeres deportistas restringen el consumo de energía, el consumo de grasa en concreto, con el fin de modificar la composición corporal, pero esta práctica nutricional es a menudo contraproducente. En comparación con los hombres, las mujeres parecen ser menos dependientes del glucógeno durante el ejercicio y menos sensibles a los carbohidratos, por la síntesis de glucógeno, durante la recuperación. Las mujeres atletas de

resistencia pueden requerir más proteínas que los varones para lograr un equilibrio de nitrógeno positivo y promover la síntesis de proteínas. Por lo tanto, las mujeres atletas de resistencia deben poner menos énfasis en el consumo de carbohidratos y más énfasis en la calidad de las proteínas y el consumo de grasa en el contexto del balance de energía para mejorar las adaptaciones al entrenamiento y mejorar la salud general (Volek, Forsythe y Kraemer, 2006). La atención al momento de la ingestión de nutrientes, la calidad de macronutrientes, y suplementos dietéticos (por ejemplo, la creatina) todavía está en discusión en las mujeres.

Debido a esas divergencias puestas de manifiesto en diferentes estudios, el objetivo de este estudio ha sido valorar el efecto de la ingesta de distintas bebidas carbonohidratadas y suplementadas con proteínas sobre la recuperación del esfuerzo físico, concretamente en este artículo se hace una revisión de las investigaciones más recientes que han estudiado los efectos de la Proteína de suero (Ps) y la Proteína caseína (Pc) sobre el rendimiento y la recuperación en ejercicios prolongados. Además, pretendemos determinar si existe consenso en la bibliografía consultada sobre si la administración de carbohidratos con proteínas mejora su absorción y el rendimiento deportivo

## 2. MÉTODO

### 2.1. Estrategia de búsqueda bibliográfica

El planteamiento de búsqueda bibliográfica ha partido de la consulta de las fuentes secundarias basadas en enciclopedias, libros y revisiones de investigación desarrolladas de forma genérica sobre la alimentación del deportista relacionada con el rendimiento deportivo, para a partir de ahí consultar las fuentes primarias citadas y extender la búsqueda en las bases de datos especializadas utilizando los descriptores y palabras claves comunes en el objetivo de esta investigación (Thomas, Nelson, y Silverman, 2011), de modo secuencial las fases que han permitido el desarrollo de esta revisión han sido:

1. Estudio de bibliografía genérica sobre la alimentación del deportista, consultando las fuentes secundarias (Antonio y cols., 2008; González-Gallego, 2006; Kern, 2005; Lowery, 2012; MacLaren, 2007; Maughan y Murray, 2009; McDonalds, 2009; Westerterp, 2013).
2. Determinación de las palabras claves, tópicos y descriptores de búsqueda: "Exercise", "Resistance training" y "Recovery" y cruzándolos con los con los términos "Ergogenic beverage", "Casein Protein" y "Whey Protein", tanto en inglés como en castellano.
3. Búsqueda de las fuentes primarias on-line a través de la biblioteca electrónica de la Universidad de Granada que permite descargas directas

de los artículos contenidos en las revistas a las que la Universidad está suscrita. Se obtuvieron todas las integradas en el ISI Web of Knowledge, SCOPUS, PubMed, Medline y Sportdiscus. Entre las bases de datos nacionales, se utilizaron las bases de datos del Centro de Información y Documentación Científica CINDOC adscrito al Instituto de Estudios Documentales sobre Ciencia y Tecnología (IEDCYT) perteneciente al Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CCHS) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en las redes CTI-CSIC, RESH, DICE, y la plataforma de recursos y servicios documentales. DIALNET de la Universidad de La Rioja. Con los mismos cruces terminológicos. La localización de referencias bibliográficas se efectuó hasta el mes de abril de 2013 en las bases de datos mencionadas. Todos los artículos se clasificaron en revisión o experimentales.

4. Lectura, análisis y valoración de las referencias encontradas en las búsquedas bibliográficas.
5. Redacción de la revisión bibliográfica en función de la clasificación realizada en el apartado anterior.

### *2.2. Criterios de inclusión y de exclusión*

Para la selección final de los artículos objeto de esta revisión se utilizaron los siguientes criterios de inclusión:

- a) Que el artículo apareciera localizado en, al menos, una base de datos atendiendo al cruce de descriptores indicados, preferiblemente en los últimos diez años, aunque si el artículo ha sido ampliamente citado y es anterior también se seleccionó.
- b) Que sus resultados tuvieran relación con la actividad física o el deporte y que los participantes fueran deportistas, independientemente de la edad, el sexo o su nivel competitivo, se descartaron los estudios en animales.
- c) Que la publicación cumpliera con las características propias de un artículo de carácter científico. Los contenidos publicados en revistas indexadas en Web of Knowledge y Scopus es garantía de que los artículos cumplen con los requisitos mínimos de calidad.
- d) Que la vía de administración de los suplementos hubiera sido la oral, como forma ideal de procesar las proteínas, descartando aquellos que lo hicieran exclusivamente vía parenteral (Manninen, 2004).

### *2.3. Metodología de análisis*

Se hallaron un total de 2485 artículos de carácter científico a partir del cual se identificaron las principales líneas de investigación, relacionadas con la recuperación tras el esfuerzo deportivo mediante la ingestión de bebidas con proteínas caseína o proteína de suero de leche limitando a 107 referencias de carácter significativo, ya que han sido citadas por otros autores al menos una vez, según la base de datos Web of Knowledge.

La clasificación de los artículos se ha realizado tras valorar las estrategias de administración de las bebidas para hacer llegar los aminoácidos al torrente sanguíneo:

- (1) Aportando alimentos con proteínas totales;
- (2) Suplementos con proteínas intactas;
- (3) Ingeriendo aminoácidos libres; e
- (4) Ingeriendo hidrolizados de proteínas, en los que se producen pequeñas cadenas de aminoácidos denominadas péptidos.

### **3. RESULTADOS DE LA REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS E INVESTIGACIONES RELEVANTES**

En función de la clasificación comentada en el apartado anterior de los procedimientos utilizados en la ingesta de las bebidas sin y con proteínas se han establecido los siguientes criterios de revisión:

#### **3.1. Beneficios de la coingesta de proteínas y/o aminoácidos en suplementos deportivos carbohidratados sobre la recuperación tras esfuerzos deportivos**

La adición de carbohidratos a un suplemento proteico se basa en el estímulo de la secreción de insulina que es crítica para regular la absorción de glucosa por los tejidos. El ejercicio sirve para mejorar la respuesta de los músculos esqueléticos a la glucosa provocando una mayor sensibilidad de los mismos a los efectos de la insulina (Richter, y cols., 1989). La importancia de esto, respecto a la remodelación muscular y de la síntesis de proteínas, es que la insulina también estimula la absorción de aminoácidos (Biolo, y cols. 1997). Por tanto, la combinación de carbohidratos y proteínas o aminoácidos en un suplemento puede contribuir a una absorción más efectiva de proteínas y a una mejora de la tasa de síntesis de proteínas musculares (Koopman y cols., 2005).

En ayunas una persona sedentaria, de entre 70- 90 Kg de peso, puede perder unos 40/60 g de proteínas/día, por lo que la recomendación más actual para permitir la reparación, remodelación, adaptación y la ganancia de masa magra en atletas, ya esté entrenado aeróbicamente o con ejercicios de fuerza, es que se siga la siguiente pauta (Philips, 2013):

- La ingesta diaria de proteínas debe ser mayor que la RDA (1,2 hasta 1,6 g de proteína/ kg de masa del atleta/ día).

- Las proteínas de origen lácteo deben enriquecerse con leucina.
- Consumir proteína en dosis de 20-25 g / ración para maximizar las respuestas de adaptación.
- Distribuir de forma equilibrada durante todo el día la ingestión de harinas de proteínas.
- Consumir las proteínas inmediatamente después del ejercicio.

La captación de aminoácidos a partir de fuentes de proteínas ingeridas es variable (Tipton y cols., 2007), y depende del tipo de proteína (Tipton y cols., 1999ab, Tipton y cols., 2004; Wilkinson y cols., 2007) o aminoácidos (Borsheim, Aarsland y Wolfe, 2004), de los nutrientes ingeridos (Borsheim y cols., 2004; Elliot y cols., 2006; Miller y cols., 2003), y el momento de ingesta en relación al ejercicio (Tipton y cols., 2001; 2007).

Numerosos estudios han comparado el efecto sobre el rendimiento físico de la adición de proteínas y/o aminoácidos a bebidas deportivas carbohidratadas (tabla 1) así como sobre la recuperación (Millard-Stafford y cols., 2005). Muchos han demostrado una mejora en el rendimiento con esta adición (Burke, 1999; Fogt e Ivy, 2000; Ivy y cols., 2003; Niles y cols., 2001; Ready, Seifert y Burke, 1999; Saunders, Kane y Todd, 2004; Saunders, 2007; Saunders y cols., 2009; Schedl, Muaghan y Gisolfi, 1994; Williams, Ivy y Raven 1999, Williams, y cols. 2003; Zawadzki, Yaspelkis e Ivy, 1992) incluso al final de ejercicios intermitentes, específicamente en el fútbol. (Alghannam, 2011).

La restricción voluntaria de la ingestión de proteínas, en la mayoría de las situaciones estudiadas hasta la fecha, como en el Ramadán, ha tenido efectos adversos aunque limitados, tanto para el desarrollo muscular como para el rendimiento competitivo (Shephard, 2012ab).

Otros estudios no muestran diferencia entre las suplementaciones de proteína y/o aminoácidos más hidratos de carbono respecto a bebidas solo con hidratos de carbono (Cepero y cols., 2009, 2010; Davis, Welsh y Alerson, 2000; Gasier y Olson, 2010; Goh y cols., 2012; Madsen y cols., 1996; Osterberg, Zachwieja y Smith 2008; Romano-Ely y cols., 2006; Skillen y col., 2008; Tonne y Betts, 2010; Van Essen y Gibala, 2006; Van Hall y cols., 1995).

Y algunos, indican que una mezcla de hidratos de carbono y una cantidad moderada de proteína puede mejorar la resistencia aeróbica en el ejercicio que se lleva a cabo cerca del umbral de ventilación (Ferguson-Stegall, y cols., 2010) y que esta combinación ha demostrado tener beneficios sobre el rendimiento en situaciones extremas, especialmente ante el calor (Cathcart, y cols., 2011).

Por lo tanto, nos parecen más sólidos los estudios que afirman que el consumo de CHO y proteínas durante las primeras fases de la recuperación afectan positivamente el rendimiento del ejercicio posterior y podría ser de beneficio específico para los atletas que participan en competiciones en los mismos días o consecutivos. Esto sería un hecho a tener muy en cuenta, pues aunque se piensa que la ingestión oral de aminoácidos no es tan efectiva a la hora de estimular la síntesis proteica cuando se compara con la infusión intravenosa de los mismos, hay estudios que demuestran que ambas formas estimulan la síntesis proteica de manera similar (Biolo y cols., 1997; Tipton y cols., 1999ab). La práctica más apoyada en la bibliografía es que la ingestión de pequeñas cantidades de proteínas en la dieta 5 o 6 veces al día mejora la síntesis de proteínas musculares.

Sin embargo, son muy pocos los estudios que utilizan protocolos de ejercicio de más de una hora de duración para analizar los efectos ergogénicos de la proteína sobre el rendimiento y los parámetros del daño muscular ya que la mayor parte de estudios o están realizados en cicloergómetro con esfuerzos de pocos segundos y recuperaciones de 24 s de media, o en carrera, donde utilizan pocos esprines de distancias inferiores a 100 m con 25 s de recuperación de media.

Las estrategias de ingestión más utilizadas son:

### **3.1.1. Aminoácidos esenciales vs aminoácidos no esenciales:**

Uno de los beneficios comúnmente invocado de la suplementación con aminoácidos es que ciertos aminoácidos (arginina, histidina, lisina, metionina, ornitina y fenilalanina) pueden estimular la liberación de la hormona de crecimiento, de la insulina y/o de los glucocorticoides, y de esta manera promover los procesos anabólicos (Kreider, Miriel y Bertun, 1993).

Tipton y cols., (1999ab) indicaron que los esenciales son mucho más efectivos que los no esenciales y que el consumo de aminoácidos esenciales tras el entrenamiento, es tan efectivo a la hora de estimular la síntesis proteica, como la combinación de aminoácidos esenciales con carbohidratos (Naclerio, 2007 y Rasmussen y cols., 2000) (tabla.2).

Tipton y cols., (2001) han demostrado que la ingestión simultánea de aminoácidos esenciales y carbohidratos en solución, una o tres horas después de la sesión de entrenamiento, es capaz de provocar un incremento en la síntesis proteica de hasta el 400% cuando se compara con los valores normales de reposo.

Más específicamente Beelen y cols., (2010) concluyen que el consumo de ~ 20 g de proteína intacta, o un equivalente de ~ 9 g de amino ácidos esenciales durante las primeras horas de recuperación después del ejercicio, mejora la síntesis de proteínas musculares.

Sin embargo, la ingesta oral de aminoácidos no esenciales como la arginina en combinación con CHO no es efectiva para conseguir un aumento en los niveles de insulina en plasma (Van Loon, y cols., 2000c) y las velocidades de síntesis de glucógeno muscular (Yaspelkis e Ivy, 1999) comparado con la ingesta de CHO solo.

Por lo tanto, los aminoácidos también son efectivos para incrementar la tasa de síntesis de proteínas pero parecen ser más efectivos cuando se consumen inmediatamente antes del entrenamiento que cuando se consumen después del entrenamiento (Hoffman, 2007) (Tabla 3).

### **3.1.2. Hidrolizados de proteínas**

En ellos, las proteínas se descomponen en sus elementos más básicos, los aminoácidos, en medio acuoso. Los hidrolizados de proteínas contienen di y tripéptidos siendo absorbidos más rápidamente que los aminoácidos libres y mucho más rápido que las proteínas intactas (Di Pasquale, 1997). Se ha observado que la ingesta de hidrolizados de proteínas tiene un fuerte efecto insulínico, por lo que las bebidas utilizadas en la recuperación deportiva que contienen hidrolizados de proteínas pueden ser de gran valor ergogénico (Manninen, 2004).

Los hallazgos más interesantes de ellos los señala Manninen (2006), que demuestra que las mezclas nutritivas que contienen hidrolizados de proteínas, junto con leucina, y de carbohidratos de alto índice glucémico aumentan la secreción de insulina en comparación con los preparados que contienen solo hidratos de carbono de alto índice glucémico. Con ellos, la hiperinsulinemia postejercicio es apoyada con una hiper aminoacidemia inducida por la ingestión de la proteína hidrolizada y por la leucina, ocurriendo una mejora de la absorción de proteínas. Así, el consumo de bebidas de recuperación post-ejercicio que contengan estos nutrientes en combinación con entrenamiento de resistencia adecuado puede conducir a la hipertrofia del músculo esquelético y aumento de la fuerza (Reitelseder, y cols., 2010) Sin embargo, los efectos a largo plazo sobre la composición corporal y el rendimiento durante el ejercicio no se han determinado.

La mayor tasa de absorción de los aminoácidos cuando están en forma de dipéptidos y en comparación a una mezcla de aminoácidos libres, parece estar relacionada con una mayor capacidad de transporte de aminoácidos (Di Pasquale, 1997). Esto es, por tanto, un beneficio para aquellos atletas que desean maximizar el transporte de aminoácidos hacia los músculos.

Van Loon y cols., (2000b) demostraron que la ingesta de esta mezcla de aminoácidos de hidrolizados de proteínas altamente insulínicas, en combinación con una toma moderada de CHO (0,8 g/kg/h), obtenía

velocidades aumentadas en la síntesis de glucógeno muscular comparado con la ingesta de solo CHO.

Sin embargo, no hay estudios que confirmen si esta ventaja tiene efecto respecto a un incremento más rápido en la masa muscular o en una mejora en la recuperación. No obstante, las ventajas descritas (mayor absorción de aminoácidos, mayor valor biológico) siguen siendo atractivas para los consumidores (Manninen, 2004).

En varios estudios llevados a cabo por Van Loon y cols., (2000ac) para investigar el potencial insulínico de varios aminoácidos libres, hidrolizados de proteínas y proteínas intactas, los resultados indicaron que la ingesta oral de hidrolizados de proteínas y aminoácidos en combinación con carbohidratos produce un efecto insulínico tan grande como el 100% mayor al observado con la ingesta de carbohidratos solamente.

Van Loon y cols., (2000 ac) basaron sus investigaciones en aclarar qué tipo, combinación y cantidad de aminoácidos libres o fuentes proteicas maximizarían la respuesta de insulina cuando se añade una bebida con CHO. Demostró que la ingesta de una bebida que contenía una mezcla de hidrolizado de proteína de trigo, leucina libre y fenilalanina libre (0,4 g/kg/h) en combinación con CHO (0,8 g/kg/h) aumentaba considerablemente los niveles de insulina sin causar malestar gastrointestinal. Mezclas que contenían grandes cantidades de aminoácidos libres (arginina, leucina, fenilalanina y glutamina) dieron como resultado niveles de insulina similares o incluso más altos pero estas mezclas no fueron agradables y causaron malestar gastrointestinal (Van Loon y cols., 2000c).

### **3.1.3. Aminoácidos de cadena ramificada (AACR; leucina, isoleucina y valina)**

Estos no los puede sintetizar el humano y deben ser ingeridos en la dieta. Se encuentran en la carne, huevos, leche, queso, pescado, etc., a razón de unos 15- 20 g/ 100 g de proteína (Burke y cols., 2012).

El efecto anabólico de AACR en el músculo esquelético humano se demostró primero bajo condiciones de reposo, seguido por estudios que muestran similares efectos en el período de recuperación tras ejercicios de resistencia (Tipton y Wolfe, 2004).

Bajo ciertas condiciones, los suplementos de AACR pueden mejorar el rendimiento físico, aunque la mayoría de los estudios no han encontrado ningún efecto sobre el rendimiento cuando se suministran junto con hidratos de carbono.

La cantidad de AACR recomendada es de 0,03-0,05 g / kg de peso corporal por hora o 4,2 g por hora ingerido varias veces durante el ejercicio y la recuperación, preferiblemente tomado como bebida.

Los efectos ergogénicos y sobre las respuestas fisiológicas al ejercicio de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada son:

- Reducción de la degradación proteica inducida por el ejercicio y/o la liberación de enzimas musculares (un indicador del daño muscular) posiblemente promoviendo un perfil hormonal anti catabólico (Carli y cols., 1992; Wagenmakers, 1998).
- El efecto de los AACR, especialmente la leucina, es mediada a través de la activación de las enzimas reguladoras de la maquinaria de síntesis de proteínas (Karlsson y cols., 2004).
- El aumento del nivel plasmático de AACR durante el ejercicio puede reducir el transporte de triptófano en el cerebro y la síntesis de 5-hidroxitriptamina (5-HT). La 5-HT se ha sugerido que participa en el centro de la fatiga central, es decir, la fatiga que emana del cerebro en relación al ejercicio muscular (Newsholme y Blomstrand, 2006) La suplementación de AACR sostenida durante la actividad física ha tenido efectos positivos sobre el rendimiento cognitivo y la percepción del ejercicio (Newsholme y cols., 1991; Portier y cols., 2008) Una mejora en la fatiga central ha sido invocada por Newsholme y cols., (2006) y Bloomstrand, Hassmen y Newsholme (1991) que indicaron que las actividades de resistencia y el rendimiento mental podían aumentar con la ingesta de AACR, pero estudios posteriores, no encontraron mejoras en ese rendimiento con la administración de AACR (Madsen y cols., 1996; Van Hall y cols., 1995).
- Mejora oxidativa. Durante ejercicios de resistencia, los AACR son absorbidos más por los músculos que por el hígado con el propósito de contribuir al metabolismo oxidativo. Sin suplementación exógena, la fuente de AACR para el metabolismo oxidativo muscular durante el ejercicio es la reserva plasmática de AACR, la cual es completada a través del catabolismo total de proteínas durante el ejercicio de resistencia (Davis, 1995; Kreider, 1998; Newsholme y cols., 1991).
- Efectos indeseables. McLean, Graham y Saltin, (1996), Madsen y cols., (1996) y Van Hall y cols., (1995) han demostrado que la toma de AACR inducía algunos efectos metabólicos negativos tales como el incremento de amoniaco en los niveles de plasma conduciendo a efectos de confusión mental durante elevados niveles de esfuerzo, sobre todo cuando se ingerían dosis muy altas (30 g por día) aunque sean bien toleradas a nivel gástrico.

**Tabla 2.** Clasificación de los aminoácidos en esenciales y no esenciales. \* Aminoácidos considerados esenciales en ciertas circunstancias especiales en donde se incrementan las demandas orgánicas (entrenamiento, competición, etc.). Tomado de Naclerio (2007).

Aminoácidos Esenciales	Aminoácidos no esenciales
Fenilalanina	Ácido Aspártico
Isoleucina	Ácido Glutámico
Leucina	Alanina*
Lisina	Arginina*
Metionina	Asparagina
Treonina	Cisteína*
Triptofano	Glisina
Valina	Glutamina*
	Hidroxiprolina
	Histidina*
	Ornitina
	Prolina
	Serina
	Taurina*
	Tirosina*

### 3.2 Coingesta de Proteína de Suero de Leche (Ps) y Proteína Caseína (Pc) junto a Carbohidratos

Las proteínas contenidas en la leche se distribuyen en dos fracciones o componentes:

- a) Suero de Leche o proteínas del suero (Whey) (Ps).
- b) Proteína Caseína (Pc).

Ambas proteínas son derivados de la leche, pero cada proteína se diferencia en la tasa de absorción y la biodisponibilidad, por lo que es posible que cada tipo de proteína pueda contribuir de manera diferente a las adaptaciones generadas a través del entrenamiento especialmente de resistencia.

#### 3.2.1. Suero de Leche o proteínas del suero (Ps)

El suero de leche bovina contiene altos niveles de aminoácidos esenciales y ramificados y es absorbido mucho más rápido que la caseína. Las proteínas de suero aportan cisteína (2,5%), aminoácido dador de azufre y precursor de la síntesis de glutatión (antioxidante esencial que protege al organismo contra el daño producido por la generación de radicales libres) y otras micro fracciones que favorecen la liberación de factores de crecimiento como la somatomedina (IGF-1) que estimula la recuperación y crecimiento muscular. Carece de fenilalanina (aminoácido esencial con funciones fundamentales para la síntesis de neurotransmisores cerebrales), glutamina,

arginina, y taurina, que son aminoácidos considerados condicionalmente esenciales en situaciones de altas demandas físicas (Di Pasquale, 1997, Naclerio, 2007).

Por consiguiente, de acuerdo a este análisis, para obtener un perfil idóneo de aminoácidos, los preparados fabricados en base a proteínas de suero deberían estar fortificados con fenilalanina, péptidos de glutamina, arginina y taurina (Di Pasquale, 1997, Hoffman y Falvo, 2004).

### **3.2.2. Proteína Caseína (Pc)**

La caseína, proteína predominante en el 80 % de la leche, existe en forma de micelas, que es una partícula coloidal de gran tamaño. La micela de caseína forma un gel en el estómago que hace que su digestión sea lenta. Como resultado, la caseína provee una liberación sostenida pero lenta de aminoácidos hacia el torrente sanguíneo, que a veces dura varias horas (Boirie y cols., 1997). Esto supone una mejor retención y utilización de nitrógeno.

Al igual que las proteínas encontradas en el suero, la caseína es una proteína completa y además contiene calcio, fósforo y otros minerales (Hoffman y Falvo, 2004). Significar que en algunos estudios la caseína ha mostrado una respuesta anabólica más sostenida y efectiva respecto a las proteínas de suero que se asimilan con mayor velocidad (Dangin y cols., 2002, Kerksick y cols., 2006, Tipton y cols., 2004).

### **3.2.3. Diferencias entre Proteína de suero (Ps) y Caseína (Pc)**

Tanto el suero como la proteína caseína son necesarios para una nutrición adecuada. Pero mientras que el suero de leche puede ser absorbido rápidamente, la caseína libera aminoácidos en el torrente sanguíneo de forma más sostenida. Además, el calcio, la vitamina D y la vitamina A se pueden aportar de forma equilibrada en la combinación de suero de leche y proteína de caseína (Wein y Miraglia, 2011).

Tanto la caseína como el suero son proteínas completas, pero su composición de aminoácidos es diferente. Específicamente, el contenido de leucina, el cual tiene un importante rol en el metabolismo de las proteínas musculares, es mayor en el suero que en la caseína. De esta manera, la tasa de digestión de proteínas puede ser más importante que la composición de aminoácidos de las proteínas. Estos resultados fueron respaldados por Tipton y cols., (2001), que también indicó que las diferencias en las propiedades digestivas entre la caseína y el suero resultan en una menor síntesis de proteínas musculares con la caseína. Sin embargo, la síntesis neta de proteínas musculares en un período de 5 horas no fue diferente entre las dos proteínas cuando la ingesta (20 g de cada proteína) se realizaba una hora después del entrenamiento con sobrecarga.

Diversos estudios han comparado los beneficios de la ingesta de ambos tipos de proteína utilizando hidrolizados de proteínas de la leche para determinar las diferencias entre la proteína de suero de leche y proteína caseína (Cepero y cols., 2009; 2010 y Hoffman, 2007). En la tabla 3 se indican los tipos de proteínas utilizados y los resultados de los estudios más significativos.

El primer estudio relevante lo realizó Zawadzki, Yaspelkis e Ivy (1992) que observaron un aumento de la velocidad en la síntesis del glucógeno durante un periodo de 4 horas después del ejercicio, con la ingesta de un suplemento combinado de CHO+proteína de suero de leche, comparado con un suplemento de sólo CHO. Highton y cols., (2013) vuelven a insistir en las ventajas de una solución de CHO al 6%+ Ps al 2% respecto a CHO al 8% mejorando la velocidad media de ejercicios de resistencia.

En una comparación entre la suplementación con caseína y suero, Boirie y cols., (1997) demostraron que la ingesta de 30 g de caseína versus 30 g de suero, tenía efectos significativamente diferentes sobre la ganancia de proteínas post prandial. Mostró que tras la ingesta de suero, la aparición de aminoácidos en el plasma es más rápida, de mayor magnitud pero más transitoria. En contraste, la caseína es absorbida mucho más lentamente, produciendo un aumento mucho menor en la concentración plasmática de aminoácidos. La ingesta de proteínas en suero estimuló la síntesis de proteínas en un 68% mientras que la ingesta de caseína estimuló la síntesis de proteínas en un 31%. Cuando los investigadores compararon el balance post prandial de leucina, 7 horas después de la ingesta, el consumo de caseína resultó en un balance de leucina significativamente mayor, mientras que no se observaron cambios en relación con el valor basal tras el consumo de suero. Estos resultados sugieren que el suero estimula una rápida síntesis de proteínas, pero una gran parte de estas proteínas son oxidadas (utilizadas como combustible), mientras que la caseína produce una mayor acumulación proteica durante un período de tiempo más prolongado.

Tipton y cols., (2001, 2004), Boire y cols., (1997) Dangin y cols., (2002), Hoffman y Falvo (2004) y Hoffman (2007) coinciden en que es más eficiente la ingestión de proteína de suero respecto a la proteína caseína. La proteína de suero puede proveer un incremento inmediato mayor en la tasa de síntesis de proteínas. Sin embargo, la combinación de proteína de suero y caseína puede ser efectiva para generar elevaciones inmediatas y prolongadas en la tasa de síntesis de proteínas.

Colombani y cols., (1999) compararon las consecuencias metabólicas del consumo de CHO y CHO+P usando un hidrolizado de proteína de leche durante una maratón. Observó un incremento de los niveles de aminoácidos en el plasma durante la maratón con el suplemento CHO+P, sin alteraciones en los niveles de amoniaco, indicador de la fatiga, mientras que Van Hall, Shirreffs y Calbet (2000) no encontraron diferencias en la liberación de

insulina entre la ingesta de una bebida carbohidratada (sucrosa) respecto a la misma con proteína de suero.

Hoffman (2007) ha analizado las diferencias entre la ingesta de suero y caseína sobre la acumulación proteica, indicando que ambas pueden tener diferentes propiedades digestivas. Pero, aparentemente tanto la caseína como el suero son efectivos para estimular la síntesis de proteínas musculares. No obstante, las diferencias en las propiedades digestivas de las proteínas, resultan en un patrón diferente de síntesis proteica con la ingesta de suero y en una mayor respuesta aguda en comparación con un aumento más gradual en la síntesis de proteínas tras la ingesta de caseína. Aunque la síntesis neta total de proteínas musculares parece ser similar entre ambas proteínas, no está claro si el incremento agudo observado tras la ingesta de suero representa una mayor ventaja para mejorar la recuperación y la remodelación de los músculos esqueléticos (Hoffman, 2007).

Hoffman y Falvo (2004), Tipton y Wolfe (2004), Tipton y cols., (2004) han evaluado las diferencias en las respuestas orgánicas que se determinan al ingerir proteínas de suero o de caseína, obteniendo diferencias significativas en la velocidad de absorción post prandial causadas por una más lenta y sostenida asimilación de las proteínas de caseína respecto a la de suero aunque los resultados de la ingestión de suero de leche o de caseína inmediatamente después de un ejercicio de resistencia producen una respuesta similar en la síntesis de proteínas musculares a pesar de las diferencias temporales en la insulina y las concentraciones de aminoácidos.

Wilborn y cols., (2013) han realizado un estudio en mujeres practicantes de baloncesto que ingirieron 24 g de Ps pre y postejercicio respecto a otras que ingirieron 24 g de Pc con el mismo protocolo de ejercicio durante 24 semanas y ha apreciado cambios en ambos grupos en la masa grasa, fuerza de miembros inferiores 1RM, salto vertical y salto longitudinal, pero no parece haber una diferencia entre Ps y Pc (tabla 3).

Si bien, en las horas inmediatamente posteriores a la ingesta las proteínas de suero han mostrado un balance neto superior de proteínas musculares, es posible que gran parte de los aminoácidos captados por el músculo sean oxidados en lugar de ser utilizados como materia prima para producir un incremento de la síntesis proteica (Hoffman y Falvo, 2004). De acuerdo con esto, se ha mencionado que para evaluar los efectos metabólicos a largo plazo, el análisis de la tasa de absorción plasmática de aminoácidos causada por la ingesta de diferentes proteínas sea un factor más importante que la composición (Tipton y Wolfe, 2004).

Dangin y cols., (2002) mostraron que la ingesta repetida de proteína de suero (una cantidad igual de proteínas pero consumida en un período prolongado [4 horas] en comparación con una única ingesta) producía una mejor oxidación neta de leucina que una única ingesta de caseína o suero.

La ingesta fraccionada genera un flujo de aminoácidos más sostenido y mejora la respuesta anabólica muscular incluso respecto a cuándo se ingiere la misma cantidad de proteínas tomando como fuente la caseína.

De acuerdo con esto, la mejor forma de suministrar las proteínas de suero para potenciar los efectos anabólicos, es ingerir pequeñas dosis de proteínas de suero (2.3 g) cada 20 min durante 2 horas, (Bilsborough y Mann, 2006) ya que la tasa máxima de síntesis proteica estimulada por el flujo creciente de aminoácidos ha sido establecida entre 6 a 7 g por hora. Este nivel de flujo se logra con una ingesta única de proteínas de caseína (aunque se tarda más tiempo en lograrlo) o con un aporte sostenido de proteínas de suero, que al ingerirse en dosis pequeñas y frecuentes que no causan una subida y caída brusca de sus concentraciones como las observadas cuando se ingiere una dosis única de 20 a 30 g (Bilsborough y Mann, 2006).

Pérez-Guisado (2009), señala que la mejor combinación de proteínas es la que lleva proteína de suero y caseína (en una proporción aproximada de 4 a 1 respectivamente), superando incluso a la combinación de proteínas de suero-aminoácidos ramificados-glutamina (Kerksick y cols., 2006). En relación a la proteína de suero, aunque ésta puede proveer un incremento inmediato mayor que la caseína en la tasa de síntesis de proteínas, la combinación de ambas tiene la ventaja de generar elevaciones inmediatas y prolongadas en dicha tasa de síntesis proteica (Hoffman, 2007). Si pretendemos maximizar la recuperación del glucógeno muscular perdido, se debería de continuar con una ingesta de hidratos de carbono a un ritmo aproximado de 1.2 g/kg/h (Ivy, 2004).

**Tabla 3.** Estudios más representativos que han comparado la ingesta de proteína de suero (Ps) y proteína caseína (Pc)

ESTUDIOS	COMPARACIÓN BEBIDAS CHO+P Y CHO	RESULTADOS
Highton y cols., (2013)	CHO 8% vs CHO 6% + Ps 2%	Mejora velocidad media de carrera con CHO+Ps
Wilborn y cols., (2013)	Ps frente Pc Pre/post ejercicio resistencia	Mejoras postejercicio pero sin diferencia entre Ps y Pc.
Pérez-Guisado (2009) Hoffman (2007)	Combinación de Ps+Pc	La mejor proporción para combinar Ps y Pc es de 4:1 respectivamente.

		Mayor efectividad para generar elevaciones inmediatas y prolongadas en la tasa de síntesis proteica.
Bilsborough y Mann (2006)	Ps	Mejor forma de administrar Ps es 2.3 g/ 20 min. Durante 2 horas.
Tipton y cols., (2004) Hoffman y Falvo (2004)	Ps frente Pc	Ps se absorbe más rápidamente que Pc cuya absorción puede durar horas.
Tipton y Wolfe (2004)	Combinación de Ps+Pc	Mayor efectividad para generar elevaciones inmediatas y prolongadas en la tasa de síntesis proteica.
Calbet & McLean (2002)	CHO+Ps vs proteínas totales de leche	Mayor absorción de hidrolizados peptídicos por el intestino y mayor disponibilidad de Aa durante el período post-prandial con Ps.
Dangin y cols., (2002)	Ps vs a Pc Ps administrado durante 4h vs a 1 sola ingesta de Ps y Pc.	Mayor oxidación neta de leucina con la ingesta prolongada de Ps que con una sola de Ps o Pc.
Tipton y cols., (2001)	Ps frente Pc	Ps obtuvo mayor contenido de leucina.
Boire y cols., (1997)	Ps vs Pc	Aparición de aminoácidos en plasma más rápida de mayor magnitud y transitoria de Ps. Sin embargo Pc obtuvo un aumento mayor de leucina 7 horas después.
Zawadzki, Yaspelkis e Ivy, (1992)	CHO CHO+Ps	Mayor velocidad en la síntesis de glucógeno durante 4h. con CHO+Ps

Calbet y McLean (2002) observaron que la administración combinada de glucosa e hidrolizado de proteínas estimula la liberación sinérgica de insulina, sin tener en cuenta la fuente de las proteínas. Estos autores concluyeron que los hidrolizados peptídicos son absorbidos a una tasa mayor en el intestino delgado que las proteínas totales de leche administradas como una solución de leche, y reflejada por un rápido incremento en la concentración plasmática de aminoácidos de cadena ramificada en la sangre periférica (tabla 3). Por ello, se puede afirmar que los beneficios metabólicos que se obtienen cuando se aplica un suplemento de proteínas o perfiles equilibrados de aminoácidos son superiores que cuando se ingieren suplementos de AACR.

Además, los hidrolizados de proteínas de suero provocaron una mayor disponibilidad de aminoácidos durante el período post prandial de 3 horas. De acuerdo con Calbet y McLean (2002), la asociación de altos niveles de aminoácidos plasmáticos y de insulina podría explicar la superioridad de los hidrolizados peptídicos sobre las proteínas totales, para promover una mejor utilización del nitrógeno, especialmente cuando se los administra en combinación con glucosa.

La mayoría de los autores coinciden en que para potenciar adecuadamente el anabolismo muscular, la estrategia más idónea sería ingerir un preparado en donde se combinen proteínas desde diferentes

fuentes (Tipton y Wolfe, 2004). Por ello, la proteína muscular se regenera más eficientemente después de ingerir un hidrolizado de suero o proteína caseína de soja, tanto en reposo como después de ejercicio de resistencia en varones jóvenes (Tang y cols., 2009). A pesar de que ambas proteínas se absorben rápidamente, el hidrolizado de suero lo hace en un grado mayor que la soja después de ejercicios de resistencia. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la rapidez con que las proteínas se digieren (es decir, rápida vs lento) o posiblemente a pequeñas diferencias en contenido de leucina de cada proteína.

#### 4. CONCLUSIONES

1ª. Los estudios analizados consideran que la disponibilidad de carbohidratos es el principal factor limitante en el ejercicio prolongado, pero no se encuentran trabajos que determinen la capacidad máxima de absorción de carbohidratos compatible con la administración de una mayor cantidad de proteínas para favorecer el rendimiento durante el ejercicio.

2ª. Las bebidas más efectivas son las que combinan, junto a los CHO, las proteínas caseína y la de suero de leche ya que generan elevaciones inmediatas y prolongadas en la tasa de síntesis de proteínas. Los aminoácidos también son efectivos para incrementar la tasa de síntesis de proteínas siendo más efectivos cuando se consumen inmediatamente antes del entrenamiento pero para potenciar adecuadamente el anabolismo muscular, la estrategia más idónea es ingerir un preparado en donde se combinen proteínas desde diferentes fuentes.

3ª. Los estudios más relevantes aconsejan probar las bebidas durante pruebas de esfuerzos similares a la competición tanto en deportes colectivos de esfuerzos variables como en deportes individuales. El análisis de esta revisión revela que se obtienen diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento deportivo con protocolos de esfuerzo prolongados mayores de una hora donde los participantes finalizan exhaustos.

#### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alghannam, A. (2011). Carbohydrate-protein ingestion improves subsequent running capacity towards the end of a football-specific intermittent exercise. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism*, 36 (5), 748-757. <http://dx.doi.org/10.1139/h11-097>
- Anderson, O. (2001). Why high-carb recovery drinks are more effective than carb-protein mixtures. *Peak Performance*, 146, 6-8.
- Antonio, J., Kalman, D., Stout, J., Greenwood, M., Willoughby, D., Gregory, G (2008). *Essentials of Sports Nutrition and Supplements*. Texas, USA. Ed: Humana Press, International Society of Sport Nutrition. [http://dx.doi.org/10.1016/S1744-1161\(08\)70407-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1744-1161(08)70407-1)

- Beelen, M., Burke, L., M, Gibaia, M. J. y Van Loon, L.J.C. (2010). Nutritional Strategies to Promote Postexercise Recovery. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 20 (6), 515- 518.
- Betts, J., Williams, C., Duffy, K. y Gunner, F. (2007). The influence of carbohydrate and protein ingestion during recovery from prolonged exercise on subsequent endurance performance. *Journal of Sports Sciences*, 25, (13), 1449-1460. <http://dx.doi.org/10.1080/02640410701213459>
- Bilsborough, S. y Mann, N. (2006). A review of issue of dietary protein intake in humans. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 16, 129-152.
- Biolo, G., Tipton, K.D., Klein, S. y Wolfe. R. R. (1997). An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *American Journal Physiology*, 273, 122–129.
- Bloomstrand, E., Hassmen, P. y Newsholme, E. (1991). Effect of branch-chain amino acid supplementation on mental performance. *Acta Physiologica Scandinavica*, 143, 225-226. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-1716.1991.tb09225.x>
- Boirie, Y., Dangin, M., Gachon, P., Vasson, M. P., Maubois, J. L. y Beaufrere, B. (1997). Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proceedings of the National Academy of Science of USA*, 94, 14930–14935. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.94.26.14930>
- Borsheim, E., Aarstrand, A. y Wolfe, R.R. (2004). Effect of an amino acid, protein, and carbohydrate mixture on net muscle protein balance after resistance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 1, 255-271.
- Breen, L., Tipton, K., Jeukendrup, D. y Asker, E. (2010). No Effect of Carbohydrate-Protein on Cycling Performance and Indices of Recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42 (6), 1140-1149.
- Burke, E. R. (1999). *Optimal Muscle Recovery: Your Guide to Achieving Peak Physical Performance*, Garden City Park, NY: Avery Publishing Group.
- Burke, L.M., Castell. L.M., Stear, S.J., Rogers, P.J., Blomstrand, E., Gurr, S., Mitchell, N., Stephens, M.B. y Greenhaff, P.L. (2012). BJMS Reviews. A-Z Nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance Part 4. *British Journal of Sports Medicine*, 44, 389-391. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2010.072405>
- Calbet, J.A. y McLean, D.A. (2002). Plasma glucagons and insulin responses depend on the rate of appearance of amino acids after ingestion of different protein solutions in humans. *Journal of Nutrition*, 132, 2174-2182.
- Carli, G., Bonifazi, M., Lodi, L., Lupo, C., Martelli, G. y Viti, A. (1992). Changes in the exercise-induced hormone response to branched chain amino acid administration. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 6, 272-277. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00626291>
- Cathcart, A., Murgatroyd, S., McNab, A., Whyte, L. y Easton, C. (2011). Combined carbohydrate-protein supplementation improves competitive endurance exercise performance in the heat. *European Journal of Applied*

- Physiology, 111, (9), 2051-206. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-011-1831-5>
- Cepero, M., Padial, R., Rojas, F.J., Geerlings, A., De la Cruz, J.C. y Boza, J.J. (2010). Influence of ingesting casein protein and whey protein Carbohydrate beverages on recovery and performance of an Endurance cycling test. *Journal of Human Sport and Exercise*, V (II), 158-175. <http://dx.doi.org/10.4100/jhse.2010.52.06>
- Cepero, M., Rojas, F. J., Geerlings, A., de la Cruz, J. C., Romero, S. y Boza, J. J. (2009). Effects of a carbohydrate and a carbohydrate and casein protein beverages on recovery and performance of endurance cycling capacity. *Journal of Human Sport and Exercise*, 4 (2), 72-77. <http://dx.doi.org/10.4100/jhse.2009.42.09>
- Colombani, P.C., Kovacs, C., Frey-Rindova, P., Frey, W., Langhans, W., Arnold, M. y Wenk, C. (1999). Metabolic effects of a protein supplemented carbohydrate drink in marathon runners, *International Journal of Sport Nutrition*, 9, 181-201.
- Dangin, M., Boirie, Y., Guillet, C. y Beaufre, B. (2002). Influence of the protein digestion rate on protein turnover in young and elderly subjects. *Journal of Nutrition*, 13, 3228S–3233S.
- Davis, J.M. (1995). Carbohydrates, branched-chain amino acids, and endurance, The central fatigue hypothesis. *International Journal of Sport Nutrition*, 5, S29-38.
- Davis, J.M., Welsh, R.S. y Alerson, N.A. (2000). Effects of carbohydrate and chromium ingestion during intermittent high-intensity exercise to fatigue. *International Journal of Sport Nutrition Exercise & Metabolism*, 10, 476 - 485.
- Di Pasquale, M.G. (1997). Amino acids and proteins for the athlete: The anabolic edge. In *Energy-Yielding Macronutrients and Energy Metabolism in: Sports Nutrition*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Elliot, T. A., Cree, M.G., Sanford, A.P., Wolfe, R.R. y Tipton, K. D. (2006). Milk ingestion stimulates net muscle protein synthesis following resistance exercise. *Medicine Sciences of Sports Exercise*, 3, 667–674. <http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000210190.64458.25>
- Ferguson-Stegall, L., McCleave, E., Zhenping, D., Kammer, L., Bei, W., Doerner, P., Yang, L. y Ivy, J.L. (2010). The effect of a low carbohydrate beverage with added protein on cycling endurance performance in trained athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24 (10), 2577- 2587. <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181eccccca>
- Fogt, D.L. y Ivy, J.L. (2000). Effects of post exercise carbohydrate-protein supplement on skeletal muscle glycogen storage. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(5) Suppl, (47th Annual Meeting of the American College of Sports Medicine, Indianapolis, IN, May 29-31, 2000).
- Gasier, H. y Olson, C. (2010). The Effects of a Carbohydrate-Protein Drink on Performance and Mood in U.S. Para rescue Trainees. *Journal of Exercise Physiology online*, 13 (3), 22-31.
- Goh, Q., Boop, CA., Luden, ND., Smith, AG., Womack, CJ., Saunders, M.J. (2012). Recovery from Cycling Exercise: Effects of Carbohydrate and

- Protein Beverages. *Nutrients*, 4, 568-584.  
<http://dx.doi.org/10.3390/nu4070568>
- González-Gallego, J. (2006). *Nutrición en el deporte: ayudas ergogénicas y dopaje*. Madrid: Díaz de Santos, Fundación Universitaria Iberoamericana.
- Green, M., Corona, B., Doyle, J. y Ingalls, C. (2008) Carbohydrate-Protein Drinks Do Not Enhance Recovery from Exercise-Induced Muscle Injury. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 18 (1), 1-18.
- Highton, J., Twist, C., Lamb, K. y Nicholas, C. (2013). Carbohydrate-protein coingestion improves multiple-sprint running performance. *Journal of Sports Sciences*, 31, 361-369.  
<http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2012.735370>
- Hoffman, J.R. (2007). Protein Intake: Effect of Timing. *Journal of Strength Conditioning*, 29, 26-34. [http://dx.doi.org/10.1519/1533-4295\(2007\)29\[26:PIEOT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1519/1533-4295(2007)29[26:PIEOT]2.0.CO;2) <http://dx.doi.org/10.1519/00126548-200712000-00005>
- Hoffman, J.R. y Falvo, M.J. (2004). Protein—which is best?, *Journal of Sports Science and Medicine*, 3, 118-130.
- Howarth, K., Moreau, N., Phillips, S. y Gibala, M. (2009). Coingestion of protein with carbohydrate during recovery from endurance exercise stimulates skeletal muscle protein synthesis in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106(4), 1394-1402.  
<http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.90333.2008>
- Ivy, J. (2004). Regulation of muscle glycogen repletion, muscle protein synthesis and repair following exercise. *Journal of Sports Science & Medicine*, 3, 131-38.
- Ivy, J.L., Res, P., Sprague, R. y Widzer, M. (2003). Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 13, 388–401.
- Jentjens R, & Jeukendrup A. (2003). Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Medicine*, 33(2),117-44.  
<http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200333020-00004>
- Jeukendrup, A. (2007). Carbohydrate Supplementation during Exercise: Does it help? How much is too much? *Sports Science Exchange*, 106, 20 (3).
- Jeukendrup, A.E. y Jentjens, R. (2000). Oxidation of CHO feedings during prolonged exercise: current thoughts, guidelines, and directions for future research. *Sports Medicine*, 29, 407-424.  
<http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200029060-00004>
- Karlsson, H.K.R., Nilsson, P.A., Nilsson, J., y cols. (2004) Branched chain amino acids increase phosphorylation in human skeletal muscle after resistance exercise. *American Journal of Physiology Endocrinology Metabolism*, 287, E1–7. <http://dx.doi.org/10.1152/ajpendo.00430.2003>
- Kerksick, C.M., Rasmussen, C.J., Lancaster, S.L., Magu, B., Smith, P. y Melton, C. (2006). The effects of protein and amino acid supplementation on performance and training adaptations during ten weeks of resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2, 643-653.

- <http://dx.doi.org/10.1519/R-17695.1> <http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200608000-00028>
- Kern, M. (2005). *Sports Nutrition*. NY., USA :Taylor & Francis.
- Koopman, R., Wagenmakers, A.J.M., Manders, R.J.F., Zorenc, A.H.G., Senden, J.M.G., Gorselink, M., Keizer, H.A. y Van Loon, L.J.C. (2005). Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. *American Journal of Physiology and Endocrinology. Metabolism*, 288, E645–E653. <http://dx.doi.org/10.1152/ajpendo.00413.2004>
- Kreider, R.B. (1998). Central fatigue hypothesis and overtraining. In Kreider RB, Fry AC, O'Toole M (editors), *Overtraining in Sport*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 309-331.
- Kreider, R.B., Miriel, V. y Bertun, E. (1993). Aminoacid supplementation and exercise performance: proposed ergogenic value. *Sports Medicine*, 16, 190-209. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-199316030-00004>
- Lowery, M.L. (2012). *Dietary Protein and Resistance Exercise*. Florida, USA: ED. CRC Press. <http://dx.doi.org/10.1201/b11928>
- MacLaren, D. (2007). *Nutrition and sport*. New York : Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1186/1550-2783-4-11> <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-443-10341-4.50003-5>
- Madsen, K., McLean, D.A., Kiens, B. y Christiansen, D. (1996). Effects of glucose, glucose plus branched-chain amino acids, or placebo on bike performance over 100km. *Journal of Applied Physiology*, 81(6), 2644-2650.
- Manninen, A. H. (2004). Protein Hydrolysates In Sports And Exercise: A Brief Review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 3, 60-63.
- Manninen, A.H. (2006). Hyperinsulinaemia, hyperaminoacidaemia and post-exercise muscle anabolism: the search for the optimal recovery drink. *British Journal of Sports Medicine*, 11, 900-905. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2006.030031>
- Maughan, R.J. y Murray, R. (2009). *Sports Drinks: Basic Science and Practical Aspects* . New York, USA: CRC Press .
- McBrier, N., Vairo, G., Bagshaw, D., Lekan, J., Bordi, P. y Kris-Etherton, P. (2010). Cocoa-based protein and carbohydrate drink decreases perceived soreness after exhaustive aerobic exercise: a pragmatic preliminary analysis. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(8), 2203-2210. <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e4f7f9>
- McDonalds, L. (2009). *Applied Nutrition for Mixed Sports*. USA: Ed. Softback.
- McGlory, C. y Morton, J. (2010). The Effects of Postexercise Consumption of High- Molecular-Weight Versus Low-Molecular-Weight Carbohydrate Solutions on Subsequent High-Intensity Interval-Running Capacity. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 20 (5), 361-369.
- McLean, D.A., Graham, T.E. y Saltin, B. (1996). Stimulation of muscle ammonia production during exercise following branched chain amino acid supplementation in humans. *Journal of Physiology*, 493, 902-922.

- Millard-Stafford, M., Warren, G., Thomas, L., Doyle, J., Snow, T. y Hitchcock, K. (2005). Recovery from Run Training: Efficacy of a Carbohydrate-Protein Beverage? *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 15(6), 610-624.
- Miller, S.L., Tipton, K.D., Chinkes, D.L., Wolf, S.E. y Wolfe, R.R. (2003). Independent and combined effects of amino acids and glucose after resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 449-455. <http://dx.doi.org/10.1249/01.MSS.0000053910.63105.45>
- Moore, R.W., Saunders, M.J., Pratt, C.A., Hammer, M.C., Lehman, K.L., Todd, K., Flohr, J.A. y Kies, A.K. (2007). Improved time to exhaustion with carbohydrate-protein hydrolysate beverage. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, Suppl.:S89-S90. <http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000273263.06127.e6>
- Naclerio, F.J. (2007). Utilización de las Proteínas y Aminoácidos como Suplementos o Integradores Dietéticos. *PubliCE Standard*. Pid: 766.
- Newsholme, E.A. y Blomstrand E. (2006). Branched chain amino acids and central fatigue. *Journal of Nutrition*, 136. 274–276S.
- Newsholme, E.A., Parry-Billings, M., McAndrew, M. y cols. (1991). Biochemical mechanism to explain some characteristics of overtraining. In Brouns F (editor): *Medical Sports Science*, Vol. 32, *Advances in Nutrition and Top Sport* (pages 79-93). Basel, Germany: Karger.
- Niles, E.S., Lachowetz, T., Garfi, J., Sullivan, W., Smith, J.C., Leyh, B.P. y Headley, S.A. (2001). Carbohydrate-protein drink improves time to exhaustion after recovery from endurance exercise. *Journal of Exercise Physiology*, 4, 45–52.
- Osterberg, K.L, Zachwieja, J.J. y Smith, J.W. (2008). Carbohydrate and carbohydrate + protein for cycling time-trial performance. *Journal of Sports Sciences*, 26, 227–233. <http://dx.doi.org/10.1080/02640410701459730>
- Pérez-Guisado, J. (2009). Importancia del momento en que se realiza la ingestión de los nutrientes. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 9 (33), 14-24.
- Philips, S.M. (2013). Protein consumption and resistance exercise: maximizing anabolic potential. *Sports Science Exchange*, 26, 107, 1-5.
- Poole, C., Wilborn, C., Taylor, L. y Kerksick, C. (2010) The role of post-exercise nutrient administration on muscle protein synthesis and glycogen synthesis. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9 (3), 354-364.
- Portier, H., Chatard, J.C., Filaire, E., y cols. (2008) Effects of branched chain amino acids supplementation on physiological and psychological performance during an offshore sailing race. *European Journal of Applied Physiology*, 104, 787–94. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-008-0832-5>
- Rasmussen, B.B., Tipton, K.D., Miller, S.L., Wolf, S. y Wolfe, R. (2000). An oral essential amino acid-carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise. *Journal Applied Physiology*, 88, 386-392.
- Ready, S.L., Seifert, J.G. y Burke, E. (1999). The effect of two sports drinks formulations on muscle stress and performance. *Medicine and Science in*

- Sports and Exercise, 31, S124. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-199905001-00457>
- Reitelseder, S., Agergaard, J., Doessing, S., Helmark, I.C., Lund, P., Kristensen, N.B., Frystyk, J., Flyvbjerg, A., Schjerling, P., Van Hall, G., Kjaer, M. y Holm, L. (2010). Whey and casein labeled with L-[1-13C] leucine and muscle protein synthesis: effect of resistance exercise and protein ingestion. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism*, 200 (1), E231- E242.
- Richter, E., Mikines, A.K.J., Galbo, H. y Kiens, B. (1989). Effect of exercise on insulin action in human skeletal muscle. *Journal Applied Physiology*, 66, 876–885.
- Romano-Ely, B.C., Todd, M.K., Saunders, M.J. y Laurent, T.S. (2006). Effect of an isocaloric carbohydrate-protein-antioxidant drink on cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 1608–1616. <http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000229458.11452.e9>
- Saunders, M.J., Kane, M.D. y Todd, M.K. (2004). Effects of a carbohydrate–protein beverage on cycling endurance and muscle damage. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1233–1238. <http://dx.doi.org/10.1249/01.MSS.0000132377.66177.9F>
- Saunders, M.J., Luden, N.D., Pratt, C.A. & Moore, R.W. (2006). Carbohydrate and protein hydrolysate beverage improves late-race cycling performance and prevents post-exercise muscle damage. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 3(1):S20.
- Saunders, M.J. (2007). Coingestion of carbohydrate-protein during endurance exercise: Influence on performance and recovery. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17, S87–S103.
- Saunders, M.J., Luden, N.D. y Herrick, J.E. (2007). Consumption of an oral carbohydrate-protein gel improves cycling endurance and prevents post-exercise muscle damage. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 678–684. <http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200708000-00005>  
<http://dx.doi.org/10.1519/R-20506.1>
- Saunders, M.J., Moore, R., Kies, A.K., Luden, N.D. y Pratt, C.A. (2009). Carbohydrate and Protein Hydrolysate: Coingestion's improvement of Late-Exercise Time-Trial Performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 19, 136-149.
- Schedl, H.P., Muaghan, R.J. y Gisolfi, C.B. (1994). Intestinal absorption during rest and exercise: implications for formulating an oral rehydration solution (ors). *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2, 267–280. <http://dx.doi.org/10.1249/00005768-199403000-00001>
- Shephard, R.J. (2012a) The Impact of Ramadan Observance upon Athletic Performance. *Nutrients*, 4(6), 491-505. <http://dx.doi.org/10.3390/nu4060491>
- Shephard, R.J. (2012b). Physical performance and training response during Ramadan observance, with particular reference to protein metabolism. *British Journal of Sports Medicine*, 46, 477-484. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2011-090849>

- Skillen, R.A., Testa, M., Applegate, E.A., Heiden, E.A., Fascetti, A.J. y Casazza, G.A. (2008). Effects of an Amino Acid–Carbohydrate Drink on Exercise Performance After Consecutive-Day Exercise Bouts. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 18, 473-492.
- Tang, J.E., Moore, D.R., Kujbida, G.W., Tarnopolsky, M.A. y Phillips, S.M. (2009). Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *Journal of Applied Physiology*, 107 (3), 987-992. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.00076.2009>
- Thomas, J.R., Nelson, J.K. y Silverman, S. (2011). *Research Methods in Physical Activity*. 6th Edition. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Tipton, K.D. y Wolfe, R.R. (2004). Protein and amino acids for athletes. *Journal of Sports Sciences*, 22 (1), 65-79. <http://dx.doi.org/10.1080/0264041031000140554>
- Tipton, K.D., Elliot, T.A., Cree, M.G., Wolf, S.E., Sanford, A.P., y Wolf, R.R. (2004). Ingestion of casein and whey proteins results in muscle anabolism after resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 2073–2081. <http://dx.doi.org/10.1249/01.MSS.0000147582.99810.C5>
- Tipton, K.D., Elliott, T.A., Cree, M.G., Aarsland, A.A, Sanford, A.P. y Wolfe, R.R. (2007). Stimulation of net muscle protein synthesis by whey protein ingestion before and after exercise. *American Journal Physiology Endocrinology Metabolism*, 292, E71-E76. <http://dx.doi.org/10.1152/ajpendo.00166.2006>
- Tipton, K.D., Ferrando, A.A., Phillips, S.M., Doyle Jr, D. & Wolfe, R.R. (1999a). Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *American Journal Physiology Endocrinology Metabolism*, 276, E628-E634.
- Tipton, K.D., Gurkin, B.E., Matin, S. & Wolfe, R.R. (1999b). Non essential amino acids are not necessary to stimulate net muscle protein synthesis in healthy volunteers. *Journal Nutrition Biochemistry*, 10, 89-95. [http://dx.doi.org/10.1016/S0955-2863\(98\)00087-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0955-2863(98)00087-4)
- Tipton, K.D., Rasmussen, B.B, Miller, S.L, Wolf, S.E, Owens-Stovall, S.K, Petrini, B.E. y Wolfe, R.R, (2001). Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 281, E197–E206.
- Tonne, R. y Betts, J. (2010). Isocaloric Carbohydrate Versus Carbohydrate-Protein Ingestion and Cycling Time-Trial Performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20, 34-43.
- Valentine, R.J., Saunders, M.J., Todd, M.K. y St Laurent, T.G. (2008). Influence of carbohydrate-protein beverage on cycling endurance and indices of muscle disruption. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 18, 363–378.
- Van Essen, M. y Gibala, M.J. (2006). Failure of protein to improve time trial performance when added to a sports drink. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 1476–1483. <http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000228958.82968.0a>

- Van Hall, G., Raymakers, J.S.H., Saris, W.H.M. y Wagenmakers, A.J.M. (1995). Ingestion of branched-chain amino acids and tryptophan during sustained exercise in man: failure to affect performance. *Journal of Physiology*, 48, 789-794. <http://dx.doi.org/10.1113/jphysiol.1995.sp020854>
- Van Hall, G., Shirreffs, S.M. y Calbet, J.A. (2000). Muscle glycogen resynthesis during recovery from cycle exercise: No effect of additional protein ingestion. *Journal of Applied Physiology*, 88, 1631–1636.
- Van Loon, L.J., Kruijshoop, M., Verhagen, H., Saris, W.H., y Wagenmakers, A.J.(2000a). Ingestion of protein hydrolysate and amino acid-carbohydrate mixtures increases postexercise plasma insulin responses in men. *Journal of Nutrition*, 130, 2508–2513.
- Van Loon, L.J., Saris, W.H., Kruijshoop, M. y Wagenmakers, A.J. (2000b). Maximizing postexercise muscle glycogen synthesis: Carbohydrate supplementation and the application of amino acid or protein hydrolysate mixtures. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72 (1), 106–111.
- Van Loon, L.J., Saris, W.H., Verhagen, H. y Wagenmakers, A.J. (2000c). Plasma insulin responses after ingestion of different amino acid or protein mixtures with carbohydrate. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72 (1), 96-105.
- Volek, J.S., Forsythe, C.E. y Kraemer, W.J. (2006). Nutritional aspects of women strength athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 742-748. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2004.016709>
- Wagenmakers, A.J.M. (1998). Muscle amino acid metabolism at rest and during exercise: role in human physiology and metabolism. *Exercise Sport Science Review*, 26, 287-314. <http://dx.doi.org/10.1249/00003677-199800260-00013>
- Wein, D. y Miraglia, M. (2011). Training table. Whey Protein vs. Casein Protein and Optimal Recovery. *NSCA's Performance Training Journal*, 10 (4), 14-22.
- Westerterp, K.R. (2013) *Energy Balance in Motion*, NY, USA: Ed. Springer.<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-34627-9>
- Wilborn, CD., Taylor, L.W., Outlaw, J., Williams, L., Campbell, B., Foster, C.A., Smith-Ryan, A., Urbina, S. y Hayward, S. (2013). The Effects of Pre- and Post-Exercise Whey vs. Casein Protein Consumption on Body Composition and Performance Measures in Collegiate Female Athletes. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12. 74-79.
- Wilkinson, S.B., Tarnopolsky, M.A., McDonald, M.J., McDonald, J.R., Armstrong, D. y Phillips. S.M. (2007). Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage. *American Journal Clinical Nutrition*, 85, 1031-1040.
- Williams, M., Ivy, J. y Raven. P. (1999). Effects of recovery drinks after prolonged glycogen-depletion exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, S124. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-199905001-00485>
- Williams, M.B, Rayen, P.B, Fogt, D.L. & Ivy. J.L. (2003). Effects of recovery beverages on glycogen restoration and endurance exercise performance. *Journal of Strength Conditioning Research*, 1, 12-19.

[http://dx.doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0012:EORBOG>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0012:EORBOG>2.0.CO;2)

<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200302000-00003>

Yaspelkis BB, Ivy JL. (1999) The effect of a carbohydrate-arginine supplement on postexercise carbohydrate metabolism. *International Journal of Sport Nutrition*, 9, 241 - 250.

Zawadzki, K.M., Yaspelkis, B.B. y Ivy, J.L. (1992). Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise. *Journal of Applied Physiology*, 72, 1854–1859.

**Referencias totales / Total references:** 107 (100%)

**Referencias propias de la revista / Journal's own references:** 1 (0,93%)