

Monograph

Utilización de las Proteínas y Aminoácidos como Suplementos o Integradores Dietéticos

Dr. Fernando Naclerio, PhD, CSCS, CISSN, RNutr

Palabras Clave: ayudas ergogénicas, síntesis de proteínas, entrenamiento de la fuerza, catabolismo

INTRODUCCION

La determinación de la cantidad adecuada de proteínas en la dieta, ha sido siempre un aspecto de gran interés no sólo para los deportistas relacionados con disciplinas de fuerza o musculación sino también para la población general. Si bien, en el organismo humano las proteínas tienen una función fundamentalmente estructural, desde el punto de vista fisiológico proporcionan aminoácidos que participan específicamente en los procesos de producción de energía ofreciendo intermediarios o sustratos para el ciclo de Krebs, forman enzimas, estimulan y regulan reacciones de adaptación como la síntesis de proteínas musculares, etc (Bilborough & Mann 2006, Tarnopolsky 2002).

En este artículo se resumen las funciones más importantes de las proteínas y los aminoácidos, y se describen los métodos utilizados para determinar su calidad para luego analizar las cantidades mínimas y máximas recomendadas para su consumo.

En la parte final se describen características de los diferentes preparados proteicos y se analizan los estudios más importantes en donde se ha investigado la respuesta de diversos tipos de entrenamiento de fuerza y suplementación con aminoácidos o proteínas sobre el organismo humano.

AMINOACIDOS

Los aminoácidos son los componentes esenciales de las proteínas que forman los tejidos las enzimas y otros compuestos imprescindibles del organismo, como la sangre hormonas, anticuerpos, material genético, etc. La estructura de los aminoácidos muestra al menos un grupo amino radical con nitrógeno e hidrógeno ($-NH_2$) y otro carboxilo con carbono, oxígeno e hidrógeno ($-COOH$) llamado grupo ácido orgánico. Estos grupos se unen a una cadena lateral compuesta principalmente por átomos de carbono, cuya estructura es particular para cada aminoácido y permite diferenciarlos entre sí (Di Pasquale 1997, Lehninger, et al. 1993).

Existen más de veinte aminoácidos diferentes, que pueden combinarse en cualquier orden y repetirse de distintas maneras para formar proteínas. Habría una inmensa cantidad de combinaciones posibles de proteínas resultantes (en teoría 20^{200}). Además, según la configuración espacial tridimensional que posea la secuencia de aminoácidos, las propiedades de las proteínas formadas serán diferentes en cada caso (Lehninger, et al. 1993).

Existen 13 aminoácidos considerados no esenciales ya que el organismo puede sintetizarlos a partir de otros denominados esenciales (ver Tabla 1) ya que el organismo no puede producirlos y por lo tanto su aporte desde la dieta se hace imprescindible. De todas formas, debe destacarse que desde el punto de vista funcional o metabólico los aminoácidos no esenciales no son menos importantes respecto de los esenciales (Di Pasquale 1997). Aunque cuando se considera su aporte desde la dieta el aporte de aminoácidos esenciales y no esenciales es fundamental ya que cuando el aporte de los primeros es bajo o falta alguno de estos aminoácidos en la dieta esta es considerada biológicamente incompleta (Di Pasquale 1997, Manore & Thompson 2000).

En algunas circunstancias especiales como durante la lactancia en donde el organismo no es capaz de producir histidina (ver tabla 1) o por la presencia de patologías en donde se manifiestan deficiencias de una enzima específica necesaria para sintetizar un aminoácido, el mismo se convertirá en un requerimiento esencial de la dieta transformándolo un aminoácido condicionalmente esencial ya que deberá ser aportado desde la dieta. En periodos de enfermedad o situaciones de estrés psicológico o físico (entrenamiento o competición) en donde las demandas del organismo sobre ciertos aminoácidos no esenciales se incrementan tan drásticamente que su síntesis endógena no alcanza a satisfacer las necesidades fisiológicas ciertos aminoácidos no esenciales como la glutamina, alanina, arginina, tirosina, cisterna, etc se transforman momentáneamente en esenciales o condicionalmente esenciales (Di Pasquale 1997, Iturrioz 2004).

Aminoácidos Esenciales	Aminoácidos no Esenciales
Leucina	Alanina *
Isoleucina	Arginina *
Valina	Glutamina *
Lisina	Taurina *
Treonina	Cisteina *
Metionina	Tirosina *
Fenilalanina	Histidina * ¹
Triptofano	Glicina
	Acido Aspartico
	Acido Glutamico
	Serina
	Prolina
	Hidroxiprolina
	Asparagina

Tabla 1. 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.).¹La histidina es un aminoácido considerado esencial durante la infancia.

PROTEINAS

Al igual que las grasas e hidratos de carbono, las proteínas están constituidas por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno aunque a diferencia de éstos macronutrientes las proteínas muestran una estructura más compleja con nitrógeno, sulfuro, fósforo e hierro, en donde el nitrógeno constituye cerca del 16% de la molécula final (Newsholme & Leech 1994). De todas maneras, la importancia del aporte de proteínas desde la alimentación radica fundamentalmente, en que si bien el organismo puede obtener algunas grasas a partir de los hidratos de carbono y glucosa a partir de las proteínas, estas últimas no pueden ser obtenidas desde otros nutrientes, de modo, que para satisfacer sus necesidades siempre deben ser aportadas desde los alimentos (Di Pasquale 1997).

Existen dos fuentes fundamentales de proteínas, las de origen animal y las de origen vegetal, siendo las primeras encontradas en las carnes, pescados, aves, huevos y productos lácteos, mientras que las segundas se encuentran en los frutos secos, soja, legumbres, champiñones y ciertos cereales como el germen de trigo, que aunque aporten proteínas, son

fundamentalmente ricos en hidratos de carbono (Manore & Thompson 2000).

Calidad y Digestibilidad de las Proteínas

Debido a que el contenido de aminoácidos en las proteínas aportadas en alimentos influye significativamente sobre las funciones fisiológicas del organismo, y por lo tanto determina la calidad de la nutrición, la evaluación del contenido proteico basado en la composición de los aminoácidos es un factor de gran importancia, el cual debe considerarse para seleccionar adecuadamente las diferentes fuentes proteicas en la alimentación.

La calidad de las proteínas se relaciona con el contenido de aminoácidos esenciales y su composición, aunque también se debe considerar su digestibilidad y biodisponibilidad de los aminoácidos aportados desde cada fuente, es decir la forma en que el organismo utiliza y aprovecha las proteínas suministradas desde la dieta (Hoffman & Falvo 2004, Manore & Thompson 2000).

La calidad de las proteínas ha sido evaluada por diferentes técnicas:

1. Determinación de la tasa de eficiencia de las proteínas para estimular el crecimiento de los tejidos, que es un procedimiento utilizado principalmente en animales en donde se relaciona el incremento del peso corporal por gramo de proteína consumida tomando como referencia a un valor estándar de 2.7 que es el producido por los efectos de las proteínas de caseína sobre las ratas y por lo tanto no tiene gran aplicación en los humanos (Hoffman & Falvo 2004).
2. Determinación de valor biológico de las proteínas, que considera la cantidad de nitrógeno (N) utilizado para formar tejido con relación al consumido desde las fuentes proteicas y lo expresa en porcentaje. Las fuentes de proteína animal muestran valores más altos respecto a las vegetales (Di Pasquale 1997, Hoffman & Falvo 2004). Este procedimiento ha sido criticado por no considerar la eficiencia de la absorción de las proteínas a través del intestino y estimar solamente el potencial máximo de asimilación desde cada fuente individual sin tener en cuenta los requerimientos particulares y momentáneos de cada sujeto (estado de nutrición, aporte calórico, horas de ayuno, descanso, actividad, etc.) (Di Pasquale 1997, Hoffman & Falvo 2004).
3. Determinación de la utilización neta de proteínas, en donde se mide la cantidad de N ingerido para determinar su retención neta por el organismo.
4. Determinación de la digestibilidad de las proteínas corregidas por el score de aminoácidos.

Este procedimiento establece la calidad de las proteínas con relación al contenido del principal aminoácido limitante (esencial) aportado desde cada fuente respecto de la cantidad de dicho aminoácido contenida en un patrón de referencia, que en este caso son los requerimientos de aminoácidos esenciales de un niño de edad preescolar (~ 2 años), determinados luego de unas horas de ayuno (publicados por la FAO/WHO/UNU en 1985). El valor obtenido se corregirá posteriormente por medio de un test de digestibilidad sobre la materia fecal (Scheefsmas 2000).

Esta metodología ha sido criticada por 4 aspectos fundamentales:

1. No considerar la capacidad de digestibilidad intestinal.
2. No tiene en cuenta el contenido de antinutrientes de ciertos alimentos de origen vegetal, que suelen disminuir la capacidad de asimilar aminoácidos a nivel del ileum.
3. Por las diferencias que existen entre diversos sectores de la población adulta (deportistas, sedentarios, mayores, etc) respecto de los niños preescolares (2 años).
4. Sólo considera como máximo, al valor del 100% y se ha visto que algunas proteínas producen valores superiores (Hoffman & Falvo 2004, Scheefsmas 2000).

En la Tabla 2 se comparan los resultados obtenidos al valorar la calidad de las proteínas aportadas desde diferentes fuentes por las 4 metodologías descritas anteriormente.

Fuente de proteína	Tasa de eficiencia	Valor biológico	Utilización neta de N	Digestibilidad corregida por escore de A
Carne roja	2.9	80	73	0.92
Garbanzos	0		0	0.75
Huevo	3.9	100	94	1.00
Leche	2.5	91	82	1.00
Cacahuetes	1.8			0.52
Proteína de soja	2.2	7.4	61	1.00
Proteína de gluten de trigo	0.8	64	67	0.25
Caseína	2.5	7.7	76	1.00
Proteína de whey	3.2	104	92	1.00

Tabla 2. Ranking de calidad de las proteínas valorada por diferentes metodologías (Hoffman y Falvo, 2004).

Necesidades de Proteínas

Las cantidades diarias recomendadas (RDA) por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la población adulta normal es de 0.8 gr por kilo de peso corporal al día y aunque esta cantidad contiene un margen de seguridad de modo de garantizar un aporte adecuado muchos estudios han sugerido que este aporte no compensa las necesidades reales de una persona adulta activa y menos aún de los deportistas cualquiera sea su especialidad (Bilsborough & Mann 2006, Di Pasquale 1997, Hoffman & Falvo 2004).

Las recomendaciones del RDA se basan fundamentalmente en los requerimientos y utilización de las proteínas para formar tejidos sin considerar otras que también son de gran importancia como su actividad como cofactores o intermediarios metabólicos relacionados al adecuado funcionamiento de las vías energéticas, acciones enzimáticas, síntesis de hormonas que son funciones que requieren el mantenimiento de adecuados niveles de aminoácidos en el plasma y dentro de las células, las cuales deberían estar ligeramente por encima de las concentraciones mínimas indicadas para mantener un equilibrio entre los procesos de degradación y síntesis de proteínas (Bilsborough & Mann 2006).

En un estudio de meta-análisis realizado por Rad y cols. (2003), con 235 sujetos no deportistas analizados en 19 estudios se determinó el equilibrio de nitrógeno para inferir las necesidades de proteínas observándose un valor medio de 105 mg N por kg por día, mientras que el valor asociado al 97.5 percentil fue de 132 mg N por kg por día. Esto se corresponde con un aporte diario de proteínas de buena calidad comprendido de entre 0.65 a 0.83 gr por kg de peso por día, que equivale a un consumo de entre 52 gr a 66.4 gr por día para un sujeto de 80 kg (Rand, et al. 2003). Estas cantidades coinciden con las indicadas por el RDA, no obstante debe considerarse que en los estudios sobre el balance de nitrógeno se considera solamente las necesidades para mantener la composición corporal de los sujetos estudiados, basándose en medidas y cálculos de laboratorio en donde no se considera la relación entre actividad y adaptación que es uno de los aspectos claves para el rendimiento deportivo y también en la salud en general (Naclerio 2005, Tipton & Wolfe 2003).

Por otro lado, no debemos olvidar que un suministro muy bajo de proteínas con una cantidad elevada de los otros macronutrientes, especialmente los hidratos de carbono, además de perjudicar los procesos de regeneración y síntesis proteica provoca una respuesta hormonal no deseada con incremento del nivel de triglicéridos y lipoproteínas sanguíneas, tendencia a acumular grasa central, inhibición de la oxidación de grasas y disminución de la saciedad con el desarrollo de niveles progresivamente mayores de apetito (Bilsborough & Mann 2006, Naclerio 2005).

Las respuestas y adaptaciones musculares a los diferentes tipos de entrenamiento son distintas y por ello también serán diferentes las necesidades proteicas de cada sujeto dependiendo de sus características, objetivos individuales y especialidad. De todas formas, hasta el momento no he encontrado estudios que analicen detalladamente las respuestas diferenciales de la síntesis proteica ante diferentes formas de ejercicio ni tampoco la degradación de las subfracciones de las proteínas individuales (Tipton & Wolfe 2003)

Si bien hasta el momento no existen datos concluyentes acerca de cuales son los límites superiores reales para el consumo de proteínas ni los efectos dañinos que puede su aporte excesivo sobre la salud, el único aspecto en donde la mayoría de los investigadores están de acuerdo es que si su consumo excesivo conlleva a un déficit en el aporte de grasas o carbohidratos, esto no sólo puede acarrear problemas de rendimiento sino también sobre la salud (Bilsborough & Mann 2006, Manore & Thompson 2000). Debido a esto, cualquier incremento en el aporte de proteínas siempre debe ser realizado manteniendo un equilibrio con relación a los otros macronutrientes (grasas e hidratos de carbono) y

especialmente el agua que es fundamental para la adecuada metabolización de las proteínas en el organismo (Iturrioz 2004, Lehninger, et al. 1993).

El exceso de proteínas en la dieta es nocivo cuando excede la capacidad del hígado para procesar el contenido de nitrógeno aportado. De esta manera los elevados niveles de nitrógeno pueden causar una reducción del pH sanguíneo que será compensado por la excreción de calcio de los huesos que en algunos casos extremos, se ha relacionado con su desmineralización. Además, el exceso de calcio liberado hacia la circulación, será filtrado por el riñón creando una sobrecarga e incrementando el riesgo de producir cálculos renales (Iturrioz 2004, Lehninger, et al. 1993). Asimismo el aporte excesivo de proteínas también ha sido vinculado con las incidencias de cáncer de colon, mama, próstata y trastornos cardiovasculares (Iturrioz 2004, Lehninger, et al. 1993, Williams 2000).

De todas formas estudios con animales han desmostado que ante una ingesta masiva de proteínas el organismo tiende a lentificar el vaciado gástrico de modo de poder incorporar más lentamente las proteínas y poder mejorar la tolerancia a este tipo de ingesta (Bilsborough & Mann 2006). En humanos, hasta el momento no existen datos concluyentes que demuestren científicamente que las dieta ricas en proteínas sean la causa directa de trastornos o patologías especialmente porque la longitud de los trabajos no es lo suficientemente prolongada como para comprobarlo. Bilsborough y Mann (2006) basándose en la tasa máxima de síntesis y excreción de urea propuesta por Rudman y cols. (1973) indican que el consumo de proteínas, adecuado y seguro, puede ascender hasta 2 o 2.5 gr por kg de peso corporal o representar cerca del 25% del valor calórico total. Otros autores, indican cantidades menores (entre 1.2 a 1.7 para deportistas de fuerza y entre 1.2 a 1.4 para los de resistencia), aunque siempre son bastante superiores a las indicadas por el RDA (Tipton & Wolf 2001, Tipton & Wolfe 2003, Wagenmakers 1998).

Aporte de Proteínas y Actividad Física

Durante los periodos de entrenamiento intensivos o cuando se inicia un periodo de trabajo luego de una temporada de descanso, las necesidades proteicas aumentan notablemente, por esto y a pesar de las controversias existentes en la literatura se acepta que las necesidades de proteínas en las personas que realizan actividad física sistemática son superiores a 0.8 o 1 gr por kg por día, especialmente cuando el ejercicio es intenso y voluminoso, se desea desarrollar masa muscular, o se realiza dieta hipocalórica para bajar de peso (Pintkänen, et al. 2002, Volek 1997, Wagenmakers 1998).

Si bien las cantidades recomendadas pueden parecer de fácil consumo, para muchas personas esto no es siempre factible, ya que por ejemplo un sujeto que pese ~70 kg y que deba consumir una cantidad mínima de proteínas de 1.4 gr por kg de peso corporal debería ingerir cerca de 100 gr de proteínas puras, o aproximadamente unas 40 claras de huevo o 460 gr de pollo.

Estudios realizados con isótopos marcados han mostrado que la oxidación muscular de la leucina se incrementa significativamente durante el ejercicio, aunque la oxidación total diaria de este aminoácido no se modifica substancialmente al considerar su balance total (Tipton & Wolf 2001, Tipton & Wolfe 2003). Posiblemente, exista un mecanismo de compensación orgánico que permita mantener el equilibrio de la oxidación total diaria de aminoácidos a pesar del significativo incremento observado durante las horas de entrenamiento (Tipton & Wolfe 2003).

Cuando el objetivo del entrenamiento es, ganar masa muscular y fuerza será fundamental que se consideren los siguientes aspectos:

1. Mantener un adecuado aporte calórico (que debe ser superior al gasto cuando se desea mejorar el volumen muscular) (Tipton & Wolf 2001).
2. Producir un balance de nitrógeno positivo de ~ 20% superior al necesario para equilibrarlo. Para lograr esto, se ha recomendado una ingesta de proteínas de 0.5 gr por kg de peso por día por sobre los niveles necesarios para mantener la masa muscular, estos valores pueden oscilar sobre los 2 gr por kg o posiblemente más (Bilsborough & Mann 2006, Poortman & Dellalieux 2000, Tipton & Wolfe 2003).

Cuando se realiza una dieta hipocalórica para controlar o reducir el peso corporal, un incremento moderado del aporte de proteínas en la dieta ha demostrado ser positivo para mantener la masa muscular y favorecer una mayor pérdida de grasa corporal (Bazarre 1998, Bilsborough & Mann 2006, Bucci 1998, Di Pasquale 1997). La importancia de este rol, se acentúa cuando se reduce exageradamente el aporte de hidratos de carbono ya que los aminoácidos actúan como agentes gluconeogénicos favoreciendo el mantenimiento de los niveles glucosa sanguínea (Bilsborough & Mann 2006, Di Pasquale 1997, Gibala 2001).

De todas maneras es importante considerar que la determinación de las necesidades de proteínas no es meramente dar una cifra acerca, de cuanta cantidad hay que ingerir por día, ya que existen otros factores relacionados con la digestibilidad y utilización de las proteínas o aminoácidos, que ejercen una influencia decisiva en su biodisponibilidad.

1. Composición de la proteína (perfil o relación de los aminoácidos aportados).
2. Tiempo en que se realiza la ingesta con relación a las actividades realizadas con anterioridad y posterioridad.
3. Ingesta de otros nutrientes antes y junto con las proteínas.

Los Preparados de Proteínas y su Utilización como Suplemento Dietético

Actualmente el uso de diferentes preparados en polvo con elevado aporte proteínas derivadas de diversas fuentes esta muy difundido, no solo entre deportistas de varias especialidades sino también en la población general, cuyo objetivo es el mejoramiento de la calidad de vida y la salud.

La mayoría de los preparados proteicos son producidos y obtenidos a partir de ciertas fuentes principales, como la leche, el huevo, el calostro de bovino, la soja, y eventualmente el trigo, que constituyen la materia prima para obtener preparados con concentraciones relativamente elevadas de proteínas cuya calidad puede variar con relación al procesamiento utilizado durante su elaboración (Etzel 2004, Hoffman & Falvo 2004).

Análisis de los Diferentes Preparados de Proteínas

Proteínas Extraídas de la Leche

La leche contiene aproximadamente un 6,25% de proteínas que poseen atributos únicos desde el punto de vista nutricional y biológico. Estas proteínas son la α -Lactoalbumina (ALA); β -Lactoglobulina (BLG); Inmunoglobulina, Albúmina sérica de bovino, Caseínas: K-caseína, α -caseína y β -caseína. Además de estas, en menor concentración, se encuentran otras proteínas de gran importancia como la lactoferrina y lactoperoxidasa (Etzel, 2004).

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

1. El suero o *whey*.
2. La caseína.

Proteínas extraídas del suero lácteo o fracción whey.

En el suero o *whey* también se distinguen cantidades significativas de glicomacropéptidos los cuales se obtienen desde la k-caseína por la acción de la kymiosina al iniciar la precipitación de la formación de la cuajada de la caseína (Etzel 2004).

Las proteínas de suero o *whey* son ricas en aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales, constituyen entre el 20 y el 25% del total siendo el resto las proteínas derivadas desde la caseína (Etzel 2004, Naclerio Ayllón 1999).

El suero es la parte de la leche que forma un líquido translúcido que permanece luego del procesamiento cuando la leche es coagulada y se remueve la cuajada durante la fabricación de los quesos. Las proteínas contenidas en el suero pueden ser entonces extraídas por medio de diferentes procedimientos para poder fabricar polvos o concentrados con distintas proporciones de proteínas (Etzel 2004, Naclerio Ayllón 1999).

Las proteínas de *whey* 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 los radicales libres), y otras microfracciones que favorecen la liberación de factores de crecimiento como la somatomedina (IGF-1) que estimula la recuperación y crecimiento muscular. Aunque carecen de fenilalanina (aminoácido esencial con funciones fundamentales para la síntesis de neurotransmisores cerebrales), glutamina, argnina, y taurina, que son aminoácidos considerados condicionalmente esenciales en situaciones de altas demandas físicas (Di Pasquale 1997, Naclerio Ayllón 1999).

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

Las proteínas obtenidas desde el suero lácteo o fracción *whey* pueden presentarse en forma de polvo de proteínas, proteínas concentradas y proteínas aisladas.

1. Polvo de proteínas de *whey*: Se encuentran en la industria alimenticia, como aditivo o en productos lácteos, repostería, etc. Los polvos de proteínas de *whey* se presentan de diferentes maneras: como dulce de *whey* utilizando como aderezo para las ensaladas, desmineralizadas como las utilizadas en los aditivos de las comidas de los niños y otras formas reducidas que se utilizan en varios productos además de los suplementos deportivos.
2. Concentrados de proteínas de *whey*: Su elaboración implica la eliminación de las cenizas, la mayor parte de la lactosa de la leche, el agua y algunos minerales. De todas maneras, en estos concentrados se encuentran mayor cantidad de productos biológicamente más activos que en las proteínas aisladas (Hoffman & Falvo 2004).

3. Proteínas aisladas de *whey*: Son las que mayor concentración de proteínas aportan ~90% o más ya que su elaboración se produce una significativa eliminación de la grasa y de la lactosa contenida dentro del suero lácteo. No obstante, según el proceso utilizado para su elaboración algunas proteínas pueden ser desnaturalizadas y perder capacidad de ser absorbidas por el organismo (Hoffman & Falvo 2004). De acuerdo con esto, Etzel (2004) realiza un profundo análisis de los diferentes procesos de preparación y elaboración de los diferentes preparados proteicos indicando que la cromatografía utilizando el intercambio iónico para aislar las proteínas y esperándolas por medio de la elusión selectiva sería la metodología más adecuada (Etzel 2004).

La Tabla 3 muestra las proporciones de proteínas encontradas en los distintos preparados elaborados a partir del suero lácteo o *whey*.

Componente	Polvo	Concentrado	Aislado
Proteínas	11 a 14.5%	25 a 89%	≥ 90%
Lactosa	63 a 75%	10 a 55%	0.5%
Grasas de la leche	1 a 1.5%	2 a 10%	0.5%

Tabla 3. Proporciones de proteínas presentes en las diferentes formas de preparados proteicos elaborados a partir de las proteínas de suero lácteo (*whey*) (Hoffman y Falvo, 200).

Proteínas Extraídas de la Caseína

La caseína representa entre el 75% y el 80% del total de las proteínas de la leche, siendo la responsable del color blanco de la misma. Al igual que las proteínas encontradas en el suero la caseína es una proteína completa y además contiene calcio, fósforo y otros minerales (Hoffman & Falvo 2004).

La caseína se encuentra como bolos o micelas que son grandes partículas coloidales cuya mayor particularidad es la de formar coágulos en el estómago que le va permitir digerirse con mayor lentitud de modo de mantener un aporte más sostenido y constante de aminoácidos hacia la sangre que algunas veces puede durar varias horas mejorando la capacidad del organismo para absorber, retener y utilizar más eficientemente el nitrógeno, que en algunos estudios a mostrado una respuesta anabólica más sostenida y efectiva respecto a las proteínas de suero que se asimilan con mayor velocidad (Dangin, et al., 2002, Kerksick, et al. 2006, Tipton, et al. 2004).

Proteínas extraídas del Calostro de Bovino

El calostro de bovino es el líquido que se secreta antes de la leche materna en los tres días subsiguientes a dar a luz. Este nutriente que contiene un fluido muy denso, es fundamental para el recién nacido por su capacidad par ofrecer nutrieres para el sistema inmunológico y apoyar el crecimiento y desarrollo de los tejidos en los primeras etapas de la vida. Las evidencias indican que el calostro de bovino contiene factores de crecimiento que estimulan el desarrollo celular y la síntesis de ADN. Debido a esto, desde hace tiempo se ha especulado que su aporte en forma de suplemento nutricional podría favorecer la recuperación y desarrollo muscular (Coombes, et al. 2002, Hoffman & Falvo 2004).

Los estudios actuales no han mostrado resultados concluyentes y sólo se ha especulado sobre un mayor estimulación para mejorar los procesos de asimilación y digestibilidad de los alimentos, pero no sobre un mayor nivel de secreciones de IGF-1 (Coombes, et al. 2002, Hoffman & Falvo 2004).

Proteínas Extraídas de la Soja

Antiguamente las proteínas extraídas de las fuentes vegetales como la soja no eran consideras una fuente de alta calidad debido a su origen vegetal. No obstante, en los últimos años se han desarrollados técnicas de elaboración que han permitido desarrollar preparados de proteínas con una altísima calidad que han mostrado un valor de digestibilidad corregido por el escore de aminoácidos de 1.0 que es similar al obtenido de otras fuentes de proteína animal (Hoffman & Falvo 2004).

Un análisis del perfil de aminoácidos aportado por las proteínas de soja indica que estas son completas y contienen elevadas cantidades de aminoácidos ramificados, similares a las encontradas en las proteínas de suero o *whey*, glutamina y arginina, aunque tienen escasos niveles de metionina. Por otro lado, este tipo de proteínas ofrece cantidades importantes de isoflavonoides como el isoflavone daidzena el cual ha sido asociado con mejora en el perfil de lipoproteínas sanguíneas y

el control de los efectos deletéreos asociados con las elevadas producción de estrógenos en las mujeres (Hoffman & Falvo 2004).

La Tabla 4 muestra la concentración de proteínas encontrada en las diferentes formas en que se presentan en el mercado las proteínas de soja (polvo, concentrados y aislados).

Preparados	Porcentaje de proteínas
Polvo de proteínas	50%
Concentrado de proteínas	70%
Proteínas aisladas	90%

Tabla 4. Proporciones de proteínas presentes en las diferentes formas de preparados proteicos elaborados a partir de las proteínas extraídas de la soja (Hoffman y Falvo 2004)

Estudios sobre el aporte de proteínas y aminoácidos y su efecto sobre el rendimiento de fuerza y la ganancia de masa muscular

Los efectos de la suplementación con diferentes tipos de aminoácidos (esenciales y no esenciales) o preparados proteicos ha sido analizados en numerosas investigaciones. Uno de los grupos que más ha investigado la respuesta del organismo ante el aporte de proteínas o aminoácidos tanto oral como por vía sanguínea es el de la universidad de Texas. Estos investigadores han publicado numerosos trabajos en donde se manifiesta claramente como el incremento de la concentración de aminoácidos plasmáticos ejerce un estímulo esencial y determinante para regular e impulsar la síntesis de proteínas musculares, favoreciendo los procesos de recuperación y desarrollo muscular luego de una sesión de entrenamiento físico (Antonio 2003, Børsheim, et al. 2002, Rasmussen & M. 2003, Tipton, et al. 2004, Tipton & Wolf 2001, Wolfe 2002).

Tipton y Wolf, (2003), destacan la existencia de un umbral, relacionado a la cantidad de aminoácidos esenciales que deben suministrarse para poder estimular significativamente el incremento de la síntesis de proteínas musculares. Este umbral, sería superior a los 3 gr y próximo a los 6 gr. En diversos estudios realizados por este grupo de investigación, se observa como cuando se ingieren 6 gr de aminoácidos esenciales (entre 86 mg a 95 mg por kg de peso corporal) se estimula significativamente la síntesis de proteínas musculares, mientras que cuando se suministran 6 gr de aminoácidos totales en donde se mezclan 3 gr de aminoácidos esenciales (~ 45 mg por kg de peso corporal) y 3 gr de no esenciales, de modo que el aporte de los esenciales se reduce a la mitad, el efecto sobre la síntesis de proteínas disminuye casi a los niveles basales (Børsheim, et al. 2002, Tipton & Wolf 2001, Tipton & Wolfe 2003).

De acuerdo con esto, cuando el aporte de proteínas o aminoácidos suministrados antes, durante o después de la realización de un actividad física no alcanza un valor mínimo, ligeramente superior a los 50 mg o 60 mg por kg de peso corporal, su efecto regulador y estimulador sobre la síntesis de proteínas musculares no se produce, ya que no se logra una concentración suficiente de aminoácidos en sangre como para determinar un incremento de su captación celular que impulse la síntesis proteica.

Si bien, el aporte de aminoácidos esenciales es un factor clave para estimular la síntesis de proteínas, luego de realizar ejercicio físico, existen otros factores que pueden afectar el grado en que esta se desarrolle.

1. Aporte energético total, ya que la respuesta anabólica muscular prevalece sobre la catabólica cuando existe un balance neto de energía positivo, es decir que siempre que el aporte energético sea suficiente otros factores como la disponibilidad de aminoácidos son fundamentales para mantener un balance favorable (Tipton & Wolfe, 2003). No obstante, el estímulo aislado sobre la síntesis de proteínas no depende del aporte energético sino casi exclusivamente de la disponibilidad de aminoácidos esenciales (Paddon-jones, et al. 2004)
2. La ingesta de hidratos de carbono, ya que el balance neto de proteínas musculares ha resultado ser significativamente más elevado cuando se ingieren conjuntamente hidratos de carbono y aminoácidos respecto a cuando se consumen sólo los aminoácidos aislados (Tipton & Wolfe, 2003).

Al comparar el efecto individual de los hidratos de carbono o los aminoácidos para estimular la síntesis de proteínas musculares, los trabajos del grupo de la Universidad Texas, han demostrado que el estímulo fundamental para desencadenar los procesos de síntesis proteica es la disponibilidad de aminoácidos esenciales dentro de la célula muscular, lo cual va a estar relacionado con su concentración sanguínea, que a su vez dependerá del aporte de éstos aminoácidos

desde la dieta, mientras que la ingesta de hidratos de carbono ejercería un estímulo significativo para estimular las secreciones de insulina que facilitará la captación de aminoácidos y glucosa en los tejidos, mejorando la disponibilidad de los primeros para iniciar la síntesis proteica, favorecer la incorporación y regeneración del glucógeno y por lo tanto de la hidratación celular que es uno de los factores que más limitan el crecimiento muscular (Di Pasquale 1997, Gibala 2001, Naclerio 2005, Tipton & Wolf 2001, Wagenmakers 1998).

Por su parte Andersen y cols. (2005), estudiaron a 11 varones de 23.2 ± 0.6 años de 77 ± 2.6 kg, que realizaron un entrenamiento de fuerza 3 veces por semana durante 14 semanas combinado con una suplementación isoenergía de 25 gr de proteínas obtenidas de diferentes fuentes (*whey*, caseína, huevo y L-glutamina) o 25 gr de hidratos de carbono (maltodextrina) que era siempre ingerida inmediatamente antes y luego de cada entrenamiento. Los autores evaluaron el rendimiento de los niveles de 1 MR, salto vertical, ganancia de masa muscular y la sección transversal de las fibras lentas y rápidas. Los resultados del estudio mostraron que si bien ambos grupos mejoraban en todos los parámetros de fuerza y saltabilidad, sólo los sujetos que ingirieron el suplemento con proteínas mostraron ganancias significativas de la masa magra e hipertrofia de las fibras tipo I y II (Andersen, et al. 2005).

El tiempo de ingesta de los nutrientes ha mostrado ser un factor clave para determinar una respuesta anabólica muy potente. Tipton y Wolf (2003), mencionan una serie de estudios en donde se demuestra que la ingesta de una solución de 35 gr de hidratos de carbono junto con 6 gr de aminoácidos esenciales antes de iniciar un entrenamiento de fuerza produce un estímulo muy poderoso sobre la captación de aminoácidos musculares respecto a cuando esta se ingiere inmediatamente luego de finalizar el ejercicio, 1 hora y hasta 3 horas después (Rasmussen, et al. 2000). En la Figura 1 se muestran las diferencias determinadas en la captación de fenilalanina muscular al ingerir una solución con hidratos de carbono y aminoácidos en diferentes momentos con respecto a una sesión de entrenamiento de fuerza (Tipton & Wolf 2001).

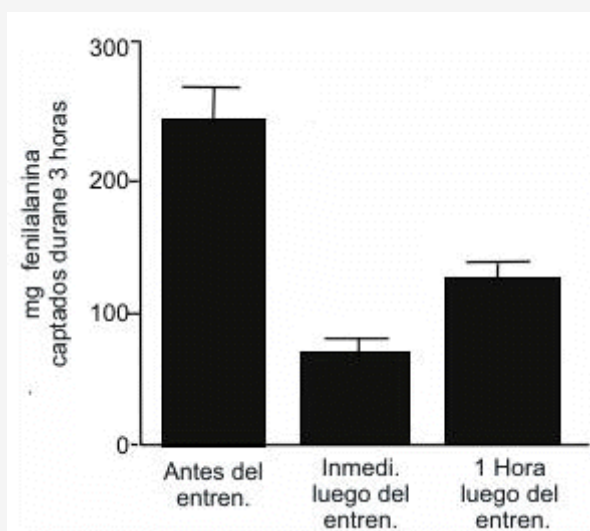


Figura 1. Captación muscular de fenilalanina al ingerir una solución con 6 gr de aminoácidos esenciales y 35 gr de hidratos de carbono antes, inmediatamente y 1 hora luego de un entrenamiento de fuerza (tomado de Tipton y Wolf, 2001).

La Figura 2 resume los resultados de diversas investigaciones en donde se compara la captación de fenilalanina que expresa el balance neto de proteínas musculares cuando se ingieren nutrientes de diferente composición y en diferentes momentos respecto a la realización de una sesión de entrenamiento de fuerza.

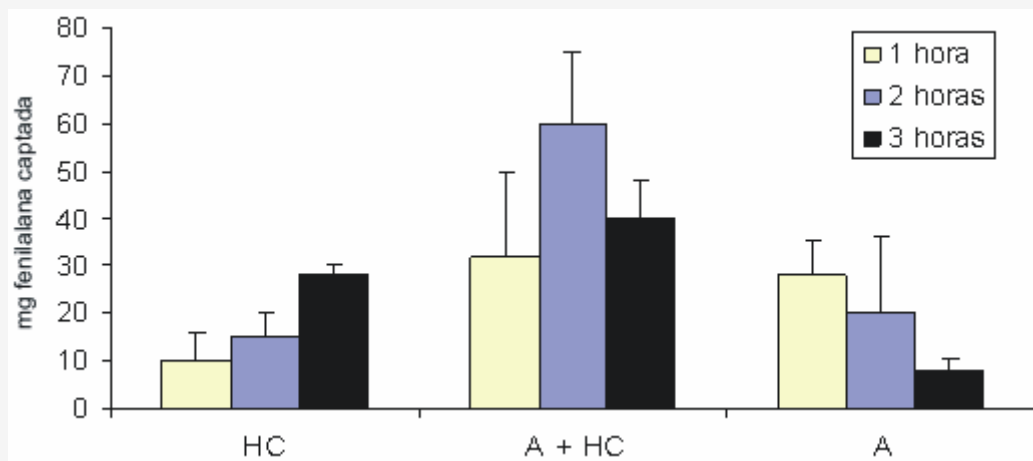


Figura 2. Efecto del momento de la ingesta y la composición de los nutrientes sobre el balance neto de proteínas musculares (n = 6)
 HC: hidratos de carbono, A: aminoácidos (tomado de Tipton y Wolfe 2003).

Los hidratos de carbono estimulan una mayor captación de aminoácidos debido a la acción de la insulina que se potencia hacia las 3 horas luego de la ingesta, mientras que los aminoácidos determinan una captación superior inmediatamente luego de finalizar de entrenar, por otro lado al combinar los dos nutrientes se logra el pico más alto de captación de aminoácidos hacia las 2 horas y luego tiende a bajar sobre las 3 horas (Tipton & Wolfe 2003).

Con respecto a la influencia del momento de la ingesta sobre el balance neto de proteínas musculares y el anabolismo muscular, recientemente se han publicado numerosos trabajos en donde se justifica que el ingerir los nutrientes dentro de las 2 horas previas o posteriores al entrenamiento constituye un factor decisivo para crear un estímulo positivo sobre el desarrollo muscular que incluso podría tener más importancia que el balance neto de energía o la composición de los nutrientes (Paddon-jones, et al. 2004, Tipton & Wolfe 2003).

Cribb y Hayes (2006) estudiaron a un grupo de 17 sujetos con entrenamiento recreativo y que fueron sometidos a un protocolo de entrenamiento de fuerza de 4 a 5 veces por semana durante 10 semanas. Los sujetos fueron divididos en dos grupos a los que se les suministraba la misma cantidad diaria de un preparado balanceado de proteínas de *whey* e hidratos de carbono, con creatina y ligeras cantidades de grasas. Ambos grupos ingirieron 1 gr por kg de peso corporal de este suplemento siendo la diferencia fundamental el momento de la ingesta, ya que el grupo 1 lo ingería inmediatamente antes y después de cada entrenamiento, mientras que el grupo 2 lo hacía antes del desayuno y antes de ir a dormir (siempre 5 horas antes o después del entrenamiento).

Los resultados del estudio indicaron que el grupo que consumía la suplementación inmediatamente antes y después de entrenar, al cabo de 10 semanas de entrenamiento mostró mejoras significativamente ($p < 0.05$) superiores en los niveles de fuerza máxima, sección transversal muscular de las fibras I, IIa y IIx, niveles de creatina total, fosfocreatina, glucógeno muscular, peso corporal, masa magra y reducción del porcentaje de grasa. Los autores de este estudio concluyen que el aporte de nutrientes dentro de las horas inmediatamente antes o después del entrenamiento es clave para amplificar los beneficios del entrenamiento aplicado (Cribb & Hayes 2006).

Børshheim y col (2002) estudiaron el metabolismo de las proteínas musculares, así como las concentraciones celulares y sanguíneas de aminoácidos luego de un entrenamiento de fuerza combinado con una solución de 35 gr de hidratos de carbono y 6 gr de aminoácidos en 6 sujetos (3 varones y 3 mujeres) que ingirieron los nutrientes en dos oportunidades, luego de 1 hora y a las 2 horas de haber finalizado el entrenamiento. Estos autores observaron que la concentración sanguínea de aminoácidos se incrementaba significativamente en respuesta a las dos ingestas causando un aumento significativo de la síntesis de proteínas musculares, pero sólo por dos horas ya que a las 3 horas el balance neto de proteínas musculares volvía a los niveles basales aunque la concentración de aminoácidos sanguíneos se mantenía elevada. De esta manera, no sería el nivel de aminoácidos sanguíneos lo que estimula la síntesis de proteínas sino un cambio significativo en sus concentraciones sanguíneas o intersticiales (Børshheim, et al. 2002).

Comparación entre diferentes Fuentes de Proteínas

Respecto a la ingesta de proteínas extraídas desde diferentes fuentes y su efecto sobre la síntesis de proteínas musculares, Hofman y Falvo (2004), realizan una interesante revisión en donde comparan los efectos de la ingesta preparados de proteínas obtenidos desde diferentes fuentes indicando que las proteínas extraídas del calostro de bovino mostrarían un

efecto superior sobre las proteínas de *whey* para mejorar la capacidad de trabajo total, debido a que tienden a incrementar las reservas alcalinas del organismo y por lo tanto la capacidad buffer intracelular y sanguíneo.

Por su parte Fry y col (2003) compararon los efectos de la suplementación con proteínas de calostro de bovino y de caseína observando que no existen diferencias significativas en las ganancias de fuerza máxima y masa muscular en un grupo de sujetos que entrenaron con un programa de entrenamiento de fuerza con resistencias durante 12 semanas, no obstante el tratamiento estadístico de este estudio ha sido criticado por otros autores y por lo tanto sus conclusiones están sujetas a observaciones importantes (Fry, et al. 2003, Hoffman & Falvo 2004).

En cuanto a las diferencias en las respuestas orgánicas que se determinan al ingerir proteínas de *whey* o de caseína, estas han sido evaluadas por diversos estudios en donde se han mencionado diferencias significativas en la velocidad de absorción post prandial causadas por una más lenta y sostenida asimilación de las proteínas de caseína respecto a las de *whey* (Hoffman & Falvo 2004, Tipton & Wolfe 2003).

Los diferentes estudios han destacado que la absorción más lenta y sostenida de las proteínas de caseína causa un flujo más sostenido y por tiempos más largos, de aminoácidos hacia la sangre que favorece la respuesta anabólica a largo plazo. Si bien, en las horas inmediatamente posteriores a la ingesta las proteínas de *whey* 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 & 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 hasta más importante que la composición (Tipton & Wolfe 2003).

Bilsborough y Mann (2006), mencionan estudios en donde se ha comparado el balance de leucina postprandial, como índice de captación de aminoácidos musculares luego de ingerir 30 gr de proteínas de *whey* o 43 gr de caseína, que aportaban la misma cantidad de leucina (380 mmol.kg^{-1}). La ingesta de proteínas de *whey*, causan una absorción más rápida durante las primeras 3 a 4 horas luego de su ingesta produciendo una captación de aminoácidos de entre 8 a 10 gr por hora, mientras que la caseína induce una captación más lenta (6.1 gr por hora). Esta diferencia podría causar que, a pesar de que las proteínas de *whey* conducen a un aporte más rápido de aminoácidos hacia la masa muscular estas no induzcan un incremento de la velocidad de la síntesis proteica y por lo tanto muchos de los aminoácidos son oxidados en lugar de ser utilizados para impulsar un nivel más alto de síntesis. Por otro lado, el flujo más lento de aminoácidos proporcionado por las proteínas de caseína, si bien al inicio es más bajo, causará un estímulo más sostenido y suficiente como para impulsar un poderoso estímulo sobre la síntesis de proteínas musculares (Tipton, et al. 2004, Tipton & Wolfe 2003).

De todos modos, la mayoría de los autores coinciden en que para potenciar adecuadamente el anabólico muscular, la estrategia más idónea sería ingerir un preparado en donde se combinen proteínas desde diferentes fuentes (Tipton & Wolfe 2003).

Por su parte Dangin y col (2002), observaron que al suministrar la misma cantidad de proteínas de *whey* de una sola vez o de forma fraccionada se produce un patrón de absorción diferente. La ingesta fraccionada genera un flujo de aminoácidos más sostenido y mejora la respuesta anabólica muscular incluso respecto a cuando se ingiere la misma cantidad de proteínas desde la caseína (Dangin, et al. 2002). De acuerdo con esto, la mejor forma de suministrar las proteínas para potenciar los efectos anabólicos, es ingerir pequeñas dosis de proteínas de *whey* (2.3 gr) cada 20 min durante 2 horas ya que la tasa máxima de síntesis proteica estimulada por el flujo creciente de aminoácidos ha sido establecida entre 6 a 7 gr por hora. Este nivel de flujo se logra con una ingesta única de proteínas de caseína (aunque se tarda más tiempo en lograrlo) o por un aporte sostenido de proteínas de *whey*, que al ingerirse en dosis pequeñas y frecuentes no causan un subida y caída brusca de sus concentraciones como las observadas cuando se ingiere una dosis única de 20 a 30 gr (Bilsborough & Mann 2006).

Candow y col (2006), estudiaron a un grupo de 18 varones y 9 mujeres no entrenados que realizaron un programa de entrenamiento de fuerza 3 veces por semana durante 12 semanas para comparar el efecto de un nutriente que aportaba 1.2 gr de proteínas de *whey* o soja y 0.3 gr de sucrosa por kg de peso corporal al día. En ambos casos la dosis diaria se dividida en tres ingestas que eran aportadas 30 minutos antes, 30 minutos después del entrenamiento y la última antes de ir a dormir. Los resultados de este estudio demuestran que los dos grupos suplementados incrementaron significativamente el nivel de masa magra y los valores de fuerza máxima en sentadilla y press de banca, respecto al grupo control (que sólo recibía un placebo con hidratos de carbono), aunque no se observan diferencias entre los grupos que consumieron proteínas de *whey* o soja. De esta manera, si bien el aporte de proteínas en forma de suplemento conduce a mayores ganancias de masa magra y fuerza no existen diferencias en los beneficios obtenidos desde estas dos fuentes (Candow, et al. 2006).

CONCLUSIONES

En personas activas o deportistas cualquiera sea su especialidad y especialmente en aquellos que realizan disciplinas con alto nivel de fuerza o desean mejorar los niveles de masa muscular el aporte de proteínas recomendado por el RDA es considerado insuficiente. Si bien todavía no hay un acuerdo global acerca de cuales son las cantidades adecuadas en cada caso un aporte comprendido entre 1.4 a 2 o hasta 2.5 gr por kg de peso corporal parece no ser excesivo.

El consumo de preparados de proteínas o aminoácidos para optimizar la dieta y los efectos del entrenamiento destinado a mejorar la fuerza y la ganancia de masa muscular parece ser una estrategia adecuada, aunque todavía no esta claro hasta que punto estos beneficios no puedan ser alcanzados por el consumo de alimentos naturales como la leche u otros que ofrezcan una concentración de proteínas o aminoácidos esenciales superior a los 60 mg por kg de peso corporal, ya que esta cantidad podría constituir un umbral mínimo necesario para producir elevaciones significativas de las concentraciones de aminoácidos sanguíneos y estimular la síntesis proteica en las horas posteriores al entrenamiento.

Además del aporte de proteínas o aminoácidos, debe considerarse que la ingesta de hidratos de carbono, si bien no es indispensable para estimular la síntesis de proteínas, causa un aumento de las concentraciones de insulina el cual ejerce un efecto inhibitor sobre el catabolismo proteico, estimula la captación de aminoácidos musculares y optimiza los procesos de recuperación y desarrollo muscular.

Por otro lado, es importante considerar que no sólo son importantes las cantidades o los tipos de nutrientes sino también el tiempo en que se deben ingerir, ya que cuando estos se consumen en las dos horas previas o posteriores al entrenamiento los beneficios se amplifican respecto a cuando se ingieren en momentos más alejados.

REFERENCIAS

1. Andersen, L. L., Tufekovic, G., Zebis, M. K., Cramer, R. M., Verlaan, G., Kjaer, M., Suetta, C., Magnusson, P. & Aagaard, P (2005). The effect of resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism clinical and experimental*, 54(2), 151-156
2. Antonio, J (2003). Essential Amino Acid. *Strength Cond. J.*, 25(3), 48-49
3. Bazarre (1998). Nutrition and strength, chapter 14. In Wolinsky, I. (Ed.), *Nutrition in exercise and sport* (pp. 369-419): CRC Press
4. Bilsborough, S. & Mann, N (2006). A review of issue of dietary protein intake in humans. *Int J. Sports Nutr. Exc. Metab.*, 16, 129-152
5. Bucci, T. R (1998). Dietary Supplements as ergogenic Aids Chapter 13. In Wolinsky, I. (Ed.), *Nutrition in Exercise and sport*, (pp. 315-368): CRC Press
6. Candow, D. G., Burke, N. C., Smith, T. & Burke, D. G (2006). Effects of whey protein and soy protein supplementation combined with resistance training in young adults. *Int J. Sports Nutr Exerc. Metabol.*, 16, 233-244
7. Coombes, J. S., Conacher, M., Austen, S. K. & Marshall, P. A (2002). Dose effects of oral bovine colostrum on physical work capacity in cyclists. *Med. Sci. Sports Exc.*, 34(7), 1184-1188
8. Cribb, P. J. & Hayes, A (2006). Effects of supplement timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. *Med. Sci. Sports Exc.*, 38(11), 918-1925
9. Dangin, M., Boirie, Y., Guillet, C. & B., B (2002). Influence of the protein digestion rate on protein turnover in young and elderly subjects. *J. Nutr.*, 132, 3228S-3233S
10. Di Pasquale, M (1997). Amino acids and protein for the athletes, The anabolic edge. Boca Raton New York.: CRC Press
11. Etzel, M. R (2004). Manufacture and use of dairy protein fractions. *J. Nutr.*, 134(996S-1002S)
12. Fry, A. C., Schilling, B. K., Chiu, L. Z. F., Weiss, L. W., Kreider, R. B. & Rasmussen, C. J (2003). Muscle fiber and performance adaptations to resistance exercise with MyoVive, colostrum or casein and whey supplementation. *Research in Sports Medicine*, 11(109-127)
13. Gibala, M. J (2001). Regulation of skeletal muscle amino acid metabolism during exercise. *Int J. Sports Nutr. Exc. Metab.*, 11(1), 87-108
14. Hoffman, J. R. & Falvo, M. J (2004). Protein- Which is the best?. *J. Sports Sci Med.*, 13, 118-130
15. Iturrioz, G. M (2004). Guia completa de aminoácidos y proteínas. *Solgar España*
16. Kerksick, C. M., Rasmussen, C. J., Lancaster, S. L., Magu, B., Smith, P., Melton, C., Greenwood, M., Almada, A. L., Earnest, C. P. & Kreider, R. B (2006). The effects of protein and amino acid supplementation on performance and training adaptation during ten week of resistance training. *J. Strength Cond. Res.*, 20(3), 643-653
17. Lehninger, A. L., Nelson, D. L. & Cox, M. M (1993). Principios de bioquímica (2º ed.). Barcelona: OMEGA
18. Manore, M. & Thompson, J (2000). Sport Nutrition for health and performance. *Human Kinetics*
19. Naclerio, A. F (2005). Nutrición y control del peso corporal, capítulo 11. In Jiménez G. A (Ed.), *Entrenamiento personal, bases fundamentos y aplicaciones: Inde*

20. Newsholme, E. A. & Leech, A. R (1994). Biochemical for the medical sciences. *Wiley*
21. Paddon-jones, D., Sheffield-Moore, M., Zhang, X. J., Volpi, E., Wolf, S. E., Aarслан, A., Ferrando, A. A. & Wolfe, R. R (2004). Amino acid ingestion improves muscle protein synthesis. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 286(E321-E328)
22. Poortman, R. J. & Dellalieux, O (2000). Do regular high protein diets have potential health risks on kidney function in athletes?. *Int J Sports Nutr Exerc. Metabol.*, 10(1), 28-38
23. Rand, W. M., Pellett, P. L. & Young, V. R (2003). Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *Am J Clin Nutr.*, 77, 109-127
24. Rasmussen, B. B. & M., P. S (2003). Contractile and nutritional regulation of human muscle growth. *Exc. sports Sci. Rev.*, 31(3), 127-131
25. Rasmussen, B. B., Tipton, K. D., Miller, S. L., Wolf, S. E. & Wolfe, R. R (2000). An oral essential amino acid-carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise. *J Applied Physiol.*, 8(2), 386-392
26. Scheefsmas, G (2000). The protein digestibility-corrected amino acid score. *J. Nutr.*, 130, 1865S-18672S
27. Tarnopolsky, M (2002). Protein and amino acid needs for training and bulking up, chapter 5. In Burke, L. and Deakin, V. (Eds.), *Clinical Sports nutrition (pp. 90-123): McGraw-Hill*
28. Tipton, K., Elliott, T. A., Cree, M. G., Wolf, S. E., Sanford, A. P. & Wolfe, R. R (2004). Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exc.*, 36(12), 2073-2081
29. Tipton, K. D. & Wolf, R (2001). Exercise, protein metabolism and muscle growth. *Int J. Sports Nutr. Exc. Metab.*, 11(1), 109-132
30. Tipton, K. D. & Wolfe, R. R (2003). Protein and amino acid for athletes, chapter 6. In Maughan, R. J., Burke, L. M. and Coyle, E. F. (Eds.), *Food, nutrition and sports performance II (pp. 104-129): Routledge*
31. Volek, J. S (1997). Energy metabolism and high intensity exercise, dietary concerns for optimal recovery. *Strength Cond. J.*, 19(5), 26-34
32. Wagenmakers, A. J. M (1998). Muscle amino acid metabolism at rest and during exercise in human physiology and metabolism. *Exc sports Sci. Rev*, 26, 287-314
33. Williams, M. H (2000). Nutrición para la salud, la condición física y el deporte. *Paidotribo*
34. Wolfe, R. R (2002). Regulation of muscle protein by amino acids. *J. Nutr.*, 132, 3219S-3224S