

## Necesidades proteicas en el deportista \*

Dr. Escanero, J.F., Dr. Villanueva, J., Dr. Guerra, M., Dr. Córdova, A \*\*

\* Departamento de Biomedicina (Area de Fisiología). Facultad de Medicina. Universidad de Zaragoza.

\*\* Departamento de Fisiología. Colegio Universitario de Soria. Universidad de Valladolid.

### RESUMEN

En este trabajo se presentan y comentan una serie de características que han de tenerse presentes en el enjuiciamiento de los requerimientos proteicos del deportista. Posteriormente se comenta un conjunto de hechos que parecen poner de manifiesto que en los atletas existe un aumento de las necesidades proteicas, aunque éstas varían en dependencia del tipo de deporte que realizan, siendo los que practican deportes de endurancia los que mayores suplementaciones requieren. Se aporta a este respecto los resultados encontrados sobre la modificación de urea basal a lo largo de un programa de entrenamiento en atletas de élite. Finalmente se indican diferentes factores que modifican el consumo proteico.

**Palabras clave:** Proteínas, Requerimientos, Urea.

### RESUME

Dans ce travail sont présentées et commentées quelques caractéristiques qu'on doit avoir présentes pour l'évaluation des besoins proteiques du sportif. Postérieurement on commente un ensemble de faits qui mettent en évidence que chez les athletes existe une augmentation des nécessités en protéines, quoique ceux qui pratiquent les sports d'endurance aient besoin d'un apport supplémentaire. On apporte aussi à ce sujet les résultats trouvés sur les variations de l'urée basale tout le long d'un programme d'entraînement d'athlètes d'élite. Dernièrement on indique différents faits qui modifient la consommation protéique.

**Mots clés:** Protéines, Nécessités, Urée.

### SUMMARY

In this paper are exposed and commented some characteristics that must be taken into account in the assessment of protein requirements of the athletes. Posteriorly, a cumulus of facts is commented which seem to remark that in athletes people there is an increase of the protein necessities, although these ones change in relation to the kind of sport their perform, being the ones that practice endurance sports who higher supplementations require. It is brought the results found by us about the variations of the basal urea during a training program in elite athletes. Finally, are indicated different facts that modifies the protein consume.

**Key words:** Proteins, Requirements, Urea.

## PROLOGO

El culto a la ingesta de grandes cantidades de proteínas fue científicamente apoyado por el prestigioso científico germano Liebig a principios del siglo XIX. Creía que la actividad muscular normalmente consumía proteína del músculo en ejercicio que debía ser reemplazada por un adecuado, o relativamente elevado, ingreso de proteínas. Posteriormente y durante un largo período de tiempo, este punto de vista fue considerado como tremendamente incorrecto. Sin embargo, hoy en día, el culto al alto ingreso proteico, y especialmente al ingreso de proteínas de origen animal, está fuertemente arraigado en nuestra forma y hábitos de vida - los deportistas no son una excepción-, encontrándose frecuentemente implicado en tabús sociológicos y religiosos<sup>(1)</sup>.

## CONSIDERACIONES GENERALES

Durante los pasados 15-20 años se ha acumulado un considerable conjunto de datos sobre las proteínas y el deportista, que cuando se analizan conjuntamente, abren nuevas perspectivas a este dominio. A continuación se citan algunos hechos de interés que permiten un mejor abordaje del problema:

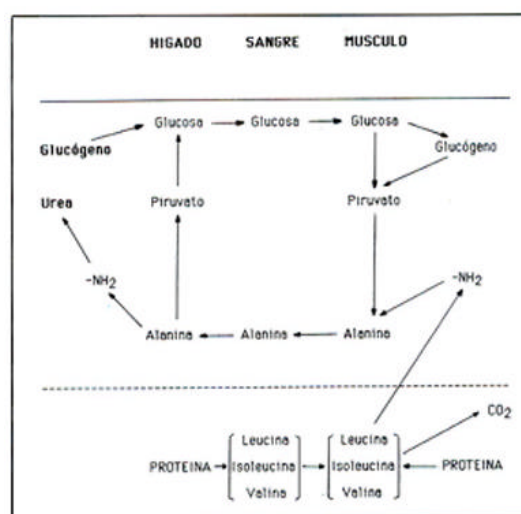
1. La mayoría de las proteínas corporales (60-70%) se encuentran en el tejido muscular.

2. El mayor porcentaje de nitrógeno eliminado por orina (aproximadamente el 85%) es excretado como urea<sup>(2)</sup>.

3. Cuando las proteínas son catabolizadas, los aminoácidos resultantes pueden ser metabolizados, dando lugar a CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O Y ATP, como productos finales. Ahora bien, este procedimiento para regenerar ATP es costoso, desde el punto de vista energético, ya que se trata de un proceder que requiere del propio ATP. Se ha estimado que por mol de aminoácido oxidado puedan formarse de 32 a 43 moles de ATP<sup>(3)</sup>, lo que representa unas cifras cuantitativamente importantes en algunas situaciones determinadas.

En relación con el manejo de los aminoácidos, Felig y Cols.<sup>(4,5)</sup> pusieron de manifiesto un llamativo incremento en la producción de alanina en el músculo esquelético en ejercicio. Posteriormente, observaron que el incremento era proporcional a la intensidad de ejercicio. Como en el músculo esquelético no existen proteínas ricas en alanina<sup>(6)</sup>, propusieron

una teoría (el ciclo de la glucosa-alanina) en la que, en hígado, el carbono de los aminoácidos -alanina- era ciclado en glucosa, volviendo como tal al músculo esquelético, donde vía de la glicolisis era transformado en piruvato, metabolito que por una transaminasa daba lugar a alanina, compuesto que cerraba el ciclo retornando al hígado (Figura 1). Más tarde, Odessey y cols.<sup>(7)</sup> sugirieron que los aminoácidos de cadena ramificada, disponibles de proteínas hepáticas y musculares, eran la mayor fuente de los grupos amino para la síntesis de novo de alanina en el músculo. En el esquema siguiente se presenta el proceso productor de energía a través de la oxidación de aminoácidos.



**FIGURA 1-** Ciclo de la glucosa-alanina, mostrando la entrada de los aminoácidos ramificados (leucina, isoleucina y valina) y la formación de urea (tomado de Odessey y cols.<sup>(7)</sup>).

En suma, el nitrógeno es eliminado de los aminoácidos, transportado al hígado como alanina, convertido en urea y, eventualmente, excretado por riñón. En los estudios de eliminación de urea por orina, como señala Lemon<sup>(11)</sup>, es preciso tener en cuenta los efectos que el ejercicio tiene sobre la función renal. De esta forma, debido a la redistribución del flujo sanguíneo y a la deshidratación asociada con el ejercicio, la producción de orina está sustancialmente reducida. Como consecuencia, a corto plazo, la excreción de urea por orina en el postejercicio es despreciable<sup>(9,10,11)</sup>, variando la contribución de otras rutas de excreción de nitrógeno<sup>(12,13)</sup>. La producción de urea, incluso, puede llegar a estar inhibida<sup>(14,15)</sup>. De ahí las dificultades de la estimación del metabolismo proteico en el ejercicio a partir del único análisis de la eliminación urinaria de urea.

4. La N-metilhistidina es un aminoácido que únicamente se produce durante el catabolismo de las proteínas miofibrilares. Se encuentra primariamente en el músculo esquelético (más del 90%) y cuando se forma no es reutilizada o degradada, siendo excretada completamente (99 al 100%) por orina<sup>(16)</sup>.

#### LA IMPORTANCIA DE LAS PROTEINAS COMO ALMACEN DE ENERGIA

Todo el ATP necesario para la contracción muscular se obtiene de los alimentos energéticos (carbohidratos, lípidos y proteínas) previamente ingeridos. Los carbohidratos y los lípidos se han venido considerando como el combustible por excelencia. La discusión e introducción de la suplementación proteica en la dieta del atleta, sobre bases científicas, se ha introducido más recientemente. Tradicionalmente, se viene aceptando que un ingreso proteico superando las recomendaciones de 0,8 g/Kg de peso corporal, para individuos sedentarios, establecidas por la National Academy of Sciences<sup>(17)</sup> de EE.UU. (RDA - Recommended Dietary Allowance), resulta de poco valor para los atletas, debido a que la utilización de las proteínas no se ve afectada por el ejercicio<sup>(8)</sup>. Sin embargo, durante los pasados 15-20 años se ha acumulado una considerable evidencia experimental que cuando se analiza conjuntamente plantea algunas dudas sobre esta aseveración.

En la próxima tabla se representan los valores totales de la energía almacenada por cada uno de los principios inmediatos y de los fosfágenos (ATP -adenosíntrifosfato- y PC -fosfocreatina-).

Fuente	Energía* (Julios)	Duración del Ejercicio** (horas)
FOSFAGENOS		
- ATP	0.005	0.002
- PC	0.015	0.006
ALIMENTOS		
- Carbohidratos	8,5	3,4
- Lípidos	390	157
- Proteínas	232	93

\* Asumiendo el arquetipo fisiológico humano de 70 Kg. de peso, 15% de lípidos y 20% de proteínas.

\*\* Asumiendo que el total de la energía es disponible durante el ejercicio continuado, con un consumo de 2.0 l O<sub>2</sub>/min.

**TABLA I-** Almacenes de energía, en julios, y expresión de la reserva que supone para la realización de ejercicio continuado, en horas, para humanos (tomado de Lemon<sup>(8)</sup>).

Aunque los fosfágenos almacenados son mínimos, la cantidad total de energía es elevada. Las proteínas, tras los lípidos, representan la fuente de mayor potencial y ellas son responsables del 10-20% de la regeneración del ATP en reposo (en relación con los contenidos y el tiempo transcurrido desde la última ingestión de alimentos).

#### REQUERIMIENTOS EN PROTEINAS DE LOS ATLETAS DE ELITE

Los ingresos proteicos recomendados para los atletas sometidos diariamente a entrenamiento es un tema controvertido<sup>(18)</sup>. Los resultados generadores de los datos sobre requerimientos se han recogido en muestras obtenidas durante o inmediatamente después de la realización de ejercicio. El efecto del ejercicio «crónico», a largo plazo -atletas de élite-, sobre la economía proteica del organismo, la cuestión más pertinente para el establecimiento de los requerimientos de proteínas en humanos, solamente ha sido superficialmente investigado hasta la fecha.

A pesar de todo, una serie de efectos sobre el metabolismo de las proteínas, inducidos por el ejercicio, apoyan la idea de un incremento en los requerimientos de las mismas en los deportistas. Entre éstos se citan:

- Un incremento en el catabolismo de los aminoácidos de cadena ramificada<sup>(14,19,20,21,22)</sup>.

- Un incremento de la urea sérica<sup>(23,24,25)</sup> y urinaria<sup>(24,26,27,28,29)</sup>.

- Un incremento en el «turnover» proteico<sup>(21,23,30)</sup>. Varios estudios recientes<sup>(21,31,32,33,34,35)</sup> indican que la síntesis proteica está disminuida durante e incluso algún tiempo después de la realización del ejercicio. En otros estudios<sup>(27,34,36,37,38,39,40,41,42)</sup> se han determinado y medido incrementos en el catabolismo proteico durante y/o después del ejercicio.

- Un incremento en la excreción urinaria de proteínas<sup>(43,44)</sup>.

De acuerdo con estos hechos, los ingresos proteicos sugeridos van desde cifras ligeramente superiores a las recomendadas (RDA) para individuos no atléticos<sup>(45,46)</sup> a valores doble o, incluso, cuatro veces esta cantidad. El valor del incremento dietético proteico en la performance ha sido debatido durante muchos años<sup>(8,20,47,48,49,50,51,52)</sup> y algunas publicaciones recientes<sup>(20,53,54)</sup> han recomendado ingresos

proteicos tan elevados como del orden de 2 a 3 g/Kg de peso corporal y día para los individuos físicamente activos.

Es una creencia común entre los levantadores de peso y los esculturistas que altos ingresos proteicos (3-4 veces las recomendadas por la RDA) son necesarios para promover y mantener la masa magra corporal. Ingestas de esta magnitud vienen soportadas por las investigaciones realizadas en levantadores de peso de élite que demostraron que al menos 2<sup>(55)</sup> o 3<sup>(56)</sup> g de proteína/Kg de peso corporal y día eran necesarios para mantener un balance positivo de nitrógeno. Sin embargo, en estos dos estudios, algunas deficiencias tales como la falta de recolección de sudor, períodos de adaptación dietética, análisis con precisión de las dietas suministradas y existencia de un grupo control, hacen que dichas conclusiones sean cuestionables.

En estudios de balance nitrogenado, controlados con propiedad, realizados en jóvenes que ejecutan ejercicios de resistencia se estimó que ingresos proteicos entre 0.8 y 1.4 g de proteína/Kg de peso corporal y día eran adecuados para conseguir un balance nitrogenado positivo<sup>(46,48,57,58)</sup>. Recientemente, Tarnopolsky y cols.<sup>(18)</sup> han determinado los ingresos mínimos de una mezcla de proteínas necesarios para mantener un balance nitrogenado en equilibrio en esculturistas y atletas de fondo. Estimaron las rectas de regresión entre el ingreso proteico diario y la excreción de nitrógeno ureico urinario por día en tres grupos de individuos: controles sedentarios, atletas de fondo de élite y esculturistas. La extrapolación de las rectas de regresión a un nivel de balance nitrogenado cero dio como resultado un ingreso mínimo estimado en 0.73; 0.82 y 1.37 g de proteína/Kg de peso corporal y día para sedentarios, esculturistas y atletas de fondo, respectivamente. Debido a que el error de los estudios del balance de nitrógeno es mayor cuanto mayores son los ingresos proteicos<sup>(59)</sup>, los valores extrapolados pueden resultar en una sobreestimación de un 50% de los valores reales, para cada grupo. El requerimiento mínimo exacto puede ser solamente obtenido a partir de diferentes estudios de balance de nitrógeno realizados con ingresos proteicos un poco por encima y un poco por debajo de los requeridos para alcanzar el balance cero.

Zackin y cols.<sup>(60)</sup> realizaron un estudio de balance nitrogenado utilizando tres niveles de ingresos proteicos (dos por debajo y uno por encima del equilibrio nitrogenado) para

determinar en un grupo de atletas de fondo el mínimo ingreso proteico necesario para conseguir un balance nitrogenado cero. Sus cálculos para el ingreso mínimo proporcionaron unos resultados de 0.97 g de proteína/Kg de peso corporal y día. Estos resultados son menores que los encontrados por Tarnopolsky y cols.<sup>(18)</sup>, probablemente debido a los valores de la VO<sub>2</sub> máx. e intensidad del entrenamiento más bajos de los atletas, así como también a los ingresos proteicos experimentales más ajustados, utilizados en el trabajo de Zackin y cols.<sup>(60)</sup>.

Los datos de Gontzea y cols.<sup>(61)</sup> mostraron que el balance nitrogenado de dos grupos de individuos consumiendo un 125 y 188% de las recomendaciones para proteínas (RDA) disminuyó considerablemente con la sesión diaria de entrenamiento de fondo, llegando a ser negativo en el grupo que recibía un 125% de las tasas recomendadas. Debido a que el balance nitrogenado fue negativo inicialmente, en un trabajo similar<sup>(45)</sup> mostraron que se reducía considerablemente a los 11-12 días de entrenamiento, por lo que Butterfield y Calloway<sup>(62)</sup> sugirieron que los requerimientos proteicos elevados solamente serían necesarios al comienzo de un programa de ejercicio en sujetos no entrenados. Sin embargo, en corredores de distancia que han entrenado regularmente durante 5 años se ha puesto de manifiesto que sus requerimientos proteicos diarios deberían ser tan altos como unas 150% las tasas recomendadas (RDA)<sup>(63)</sup>. En otro trabajo<sup>(64)</sup>, las proteínas sanguíneas disminuyeron durante el ejercicio en atletas que consumían un 162 y un 188% de las tasas de proteínas recomendadas (RDA). Posteriormente, cuando el ingreso proteico se incrementó hasta un 250% las tasas recomendadas en proteínas, se corrigieron los descensos. Aunque otros factores puedan influir en los mencionados descensos los incrementos en los requerimientos parecen no afectar solamente al inicio de los programas de entrenamiento.

Los niveles de seguridad estimados para el ingreso proteico por Tarnopolsky y cols.<sup>(18)</sup> para el grupo de esculturistas fue de 1.2 g de proteína/Kg de peso corporal y día; dichos valores son notoriamente inferiores a los 3.0 g de proteína/Kg de peso corporal y día reportados por los estudios de balance cero en levantadores de peso<sup>(56)</sup> y de los 2.7 g de proteína/Kg de peso corporal y día habitualmente consumidos por el grupo de esculturistas.

Finalmente, el incrementado catabolismo proteico durante el ejercicio de fondo, como se ha puesto de manifiesto en varios estudios<sup>(27,42,67)</sup>, es otra de las razones más incontestables que justifica los incrementados requerimientos en proteínas para los atletas de fondo.

Aparte de los datos proporcionados más arriba, dos hechos deben tenerse presentes en la suplementación crónica en proteínas, lo que es una práctica común no sólo entre muchos esculturistas, sino entre los atletas en general:

1. El elevado consumo de proteínas es una práctica costosa, tanto en términos económicos como desde la posible consideración de la contribución de la misma a la degeneración renal<sup>(65)</sup>, y

2. Los niveles de seguridad de ingreso de proteínas para los atletas de fondo y esculturistas sólo pueden recomendarse cuando se encuentren consumiendo unos altos niveles de energía y en unos niveles de entrenamiento de estado estacionario. Y todavía antes de tal decisión, numerosos factores deberían entrar en consideración. Además de los múltiples factores inherentes al ejercicio o a los programas de entrenamiento, que se comentan más abajo y que modifican la utilización proteica, otros, como edad y sexo<sup>(51)</sup>, reducidos ingresos energéticos<sup>(57,58)</sup> o razón dietética carbohidratos/grasas reducida<sup>(66)</sup> también pueden afectar la eficacia de la misma. Con este punto se trata, en suma, de llamar la atención para que antes de la receta de proteínas, se tengan presentes un conjunto de factores, intrínsecos y extrínsecos al propio ejercicio.

## PRODUCCION DE UREA

Wolfe<sup>(66)</sup> desarrolló una técnica para tener una apreciación global del metabolismo proteico durante la realización de ejercicio que implica una infusión constante de [<sup>15</sup>N<sub>2</sub>] urea, muestreo a lo largo del reposo y ejercicio y análisis del enriquecimiento isotópico por cromatografía de gas-espectrometría de masas. El punto crucial, pertinente para la determinación de la producción de urea en el ejercicio, asienta en que únicamente son precisas muestras de sangre y no de otros sitios de pérdida, tales como sudor y orina. La falta de cambios en la producción de urea en sus experimentos<sup>(68)</sup> la atribuyó a la relativamente ligera carga de ejercicio (30% de la VO<sub>2</sub> máx.) o a la corta duración del mismo (105 minutos). Sin embargo, utilizando la misma técnica, Stein y cols.<sup>(69)</sup> reportaron

asimismo que no había incrementos en la producción de urea durante una triatlón simulada, en la cual los sujetos practicaron ciclismo durante 5 horas y luego corrieron sobre una esterilla durante 3 horas más, a una intensidad de ejercicio durante toda la experiencia de un 53% de la VO<sub>2</sub> max. Finalmente, en una maratón competitiva, en la que se volvió a utilizar la misma técnica, tampoco se pudo apreciar, una vez más, ningún efecto significativo del ejercicio sobre la producción de urea<sup>(68)</sup>. Por contra, Haralambie y Berg<sup>(23)</sup> usando datos de distintos laboratorios constataron un notable incremento en la concentración de este metabolito durante el ejercicio intenso y prolongado, comenzando después de 60 a 70 minutos. Sugirieron que este incremento podría ser debido, en parte, a la incrementada oxidación de los aminoácidos, puesto que el aumento observado era mucho mayor que el que podría esperarse por la reducida eliminación de la misma debido a los descensos en la función renal.

En esta línea, Villanueva<sup>(70)</sup> analizó las variaciones en las concentraciones de urea plasmática a lo largo de una prueba cicloergométrica, en atletas de élite, en diferentes tiempos de la temporada, coincidentes con tres períodos claves en el programa de entrenamiento: primero, al comienzo de la temporada, después de las vacaciones de verano (modelo de julio); segundo, a mitad de la temporada cuando el programa de entrenamiento ha alcanzado el «plateau» de mantenimiento (modelo de diciembre); y tercero, al final de la competición, durante todo este último período el programa de entrenamiento solamente se enfoca desde el punto de vista de mantenimiento (modelo de mayo). Los resultados encontrados se muestran en la siguiente tabla.

	Tiempo (min) de aparición del umbral anaeróbico	Urea basal (mg/dl)	Urea (mg/dl) en el umbral anaeróbico
Mod. julio	10.93 ± 2.01	27.90 ± 4.57	50.07 ± 6.77
Mod. diciembre	10.13 ± 1.48	29.03 ± 4.19	50.77 ± 4.08
Mod. mayo	9.73 ± 1.14	26.47 ± 3.88*	52.53 ± 2.78

**TABLA II.-** Tiempo de aparición del umbral anaeróbico (determinado con niveles de lactato de 4 mmol/l), valores basales y en el umbral anaeróbico de urea, durante la realización de una prueba cicloergométrica (n=30). p < 0.05 en relación al modelo de diciembre.

Los resultados encontrados muestran que existen variaciones en los niveles basales cuando se realiza un programa de entrenamiento. Existen incrementos, aunque no significativos, en la producción de urea basal durante el período de entrenamiento destinado a la consecución de la mejor forma (modelo de diciembre). A partir de este momento, y durante la fase de mantenimiento de la forma, existe un descenso significativo ( $p \leq 0.05$ ) en la concentración basal de la misma. Estos resultados parecen indicar que existe una mayor catabolización de proteínas durante la primera etapa del programa de entrenamiento (consecución de la mejor forma) que durante la etapa de mantenimiento. Aunque la determinación de urea como parámetro único no permite obtener firmes conclusiones sobre las necesidades proteicas, conviene remarcar que los ingresos dietéticos en los períodos en que se realizó la prueba cicloergométrica fueron controlados con objeto de mantener unos niveles equivalentes de consumo.

*Factores que pueden afectar la utilización proteica:* Varios estudios recientes han puesto de manifiesto la existencia de diferentes factores que pueden jugar un determinado papel en la estimación de la cantidad proteica utilizada durante una sesión de ejercicio. Entre éstos se incluyen los reseñados en la siguiente tabla<sup>(8)</sup>.

En el presente trabajo, en aras de la brevedad, ha sido evitada la discusión de la participación de los mencionados factores.

### LUGAR Y FUENTE DE LAS PROTEINAS

Como se ha podido constatar, los incrementos de las necesidades proteicas, se intuyeron a partir del mayor consumo proteico durante la práctica del deporte, con lo que hemos vuelto a la vieja idea formulada por el químico germano Liebig, siendo como él creía el sistema muscular el tejido principalmente afectado.

- Tipo,
- Frecuencia,
- Intensidad y
- Duración del ejercicio;
- Programa de entrenamiento, y
- Condiciones ambientales (tanto internas como externas al organismo) en las que se está desarrollando la sesión de ejercicio, entre los cuales se pueden incluir:
  - Duración del entrenamiento en el momento de la recogida de los datos,
  - Ingreso energético y proteico que se acompaña en el ejercicio<sup>(51)</sup>,
  - Temperatura,
- Ambiente hormonal, etc.
- Edad y sexo<sup>(51)</sup>,
- Tipo de dieta

**TABLA III.-** Factores que pueden modificar las necesidades proteicas.

Hoy día se conoce que, durante el ejercicio, es en el músculo donde tiene lugar el mayor incremento en el metabolismo y, por consiguiente, resulta probable que éste sea también el lugar de la incrementada oxidación de los aminoácidos. Posteriormente, es conocido que el músculo esquelético tiene la capacidad para oxidar diferentes aminoácidos<sup>(71)</sup> y durante el ejercicio, la oxidación de algunos aminoácidos incrementa aproximadamente en proporción a la tasa metabólica<sup>(42,72,73,74)</sup>. Parece que la mayoría de estos aminoácidos procede de las proteínas titulares<sup>(41,75)</sup>. Aunque no está sólidamente determinado, los cambios con el ejercicio en la concentración de las proteínas hepáticas y musculares (36,37,38), las alteraciones en las proteasas hepáticas<sup>(36,37,38)</sup> y musculares<sup>(36,76,77,78)</sup>, así como el bien documentado daño muscular<sup>(79,80,81)</sup> sugieren que las proteínas de ambos tejidos: hígado y músculo proporcionan aminoácidos para el combustible del ejercicio y/o para la reparación de los daños musculares relacionados con el mismo.

### CONCLUSIÓN

Cuando las RDA fueron establecidas se asumieron una serie de puntos que conviene tener presentes. En primer lugar y dada la complejidad del metabolismo, así como las imprecisiones de sus medidas, la RDA no pudieron ser determinadas con precisión. Se estimó la cantidad de proteínas necesaria para minimizar las alteraciones de una deficiencia proteica. En la actualidad, las RDA para proteínas incluyen un considerable margen de seguridad (aproximadamente el 78% de los requerimientos medidos) con objeto de superar las variaciones individuales en la digestibilidad, calidad de las proteínas individuales, etc. En segundo lugar, cuando se establecieron las RDA para proteínas, se asumió que los sujetos que realizaban ejercicio tenían las mismas necesidades que la población en general, asumiéndose que el margen de seguridad era suficiente para cubrir los requerimientos proteicos inducidos por el mismo<sup>(17)</sup>.

La serie de hechos aquí presentados parece poner de manifiesto que en los atletas existe un aumento de las necesidades proteicas, aunque éstas varían en dependencia del tipo de deporte que realizan, siendo los que practican deportes de endurance los que mayores suplementaciones requieren. Además, se conocen una serie de factores diferentes que modifican el consumo proteico.

## BIBLIOGRAFIA

1. **THOMAS, J.H. and GILLHAM, B.:** «Will's Biochemical Basis of Medicine» (2nd ed.). London: Wright, 1989.
2. **CERNY, F.J.:** «Protein metabolism during two hour ergometer exercise». In: *Metabolic Adaptations to Prolonged Physical Exercise*, H. Howald and J.R. Poortmans, eds. Basel, Switzerland. Birkhauser, 232-237, 1975.
3. **KREBS, H.A.:** «The metabolic fate of aminoacids». In: *Mammalian Protein Metabolism*, vol. 1, H.N. Munro and J.B. Allison, eds. New York: Academic Press, 125-176, 1964.
4. **FEUG, P., POZEFSKY, T., MARUSS, E. and CAHILL, G.F., Jr.:** «Alanine: key role in gluconeogenesis». *Science*, 167, 1003-1004, 1970.
5. **FELIG, P. and WAHREN, J.:** «Amino acid metabolism in exercising man». *J. Clin. Invest.*, 50, 2703-2714, 1971.
6. **KOMINZ, D.R., HOUGH, A., SYMONDS, P. and LAKY, K.:** «The amino acid composition of actin, myosin, tropomyosin and meromyosins». *Arch. Biochem. Biophys.*, 50, 148-159, 1954.
7. **ODESSEY, R., KHAIRALLAH, E.A. and GOLDBERG, A.L.:** «Origin and possible significance of alanine production by skeletal muscle». *J. Biol. Chem.*, 249, 7623-7629, 1974.
8. **LEMON, P.W.R.:** «Protein and exercise: Update 1987». *Med. Sci. Sports Exerc.*, 19 (5) (sppl), S179-S190, 1987.
9. **DOLAN, P.L., HACKNEY, A.C. and LEMON, P.W.R.:** «Importance of hydration on protein catabolism estimates made from urinary urea measures (Abstract)». *Med. Sci. Sports Exerc.*, 19, S33, 1987.
10. **LEMON, P.W.R., DOLNY, D.G. and SHERMAN, B.A.:** «Effect of intense prolonged running on protein catabolism». In: *Biochemistry of Exercise*, H.G. Knuttgen, J.A. Vogel and J. Poortmans, eds. Boston, MA: Human Kinetics, 367-372, 1983.
11. **LEMON, P.W.R., DOLNY, D.G. and YARASHESKI, K.E.:** «Effect of intensity on protein utilization during prolonged exercise (Abstract)». *Med. Sci. Sports Exerc.*, 16, 151-152, 1984.
12. **LEMON, P.W.R. and MULLEN, J.P.:** «Effect of initial muscle glycogen levels on protein catabolism during exercise». *J. Appl. Physiol.*, 48, 624-629, 1980.
13. **TAKAHASHI, T., MURAMATSU, S. and SUZUKI, M.:** «Effect of season and exercise on dermal nitrogen losses and their relation to urinary nitrogen excretion». *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 31, 363-373, 1985.
14. **WOLFE, R.R., GOODENOUGH, R.D., WOLFE, M.H., ROYLE, G.T. and NADAL, E.R.:** «Isotopic analysis of leucine and urea metabolism in exercising humans». *J. Appl. Physiol.*, 52, 458-466, 1982.
15. **METZ, R., SATTER, J.M. and BRUNET, G.:** «Effect of pyruvate and other substrates on urea synthesis in rat liver slices». *Metabolism*, 17, 158-167, 1968.
16. **YOUNG, V.R. and MUNRO, H.N.:** «N, methylhistidine (3-methylhistidine) and muscle protein turnover: an overview». *Fed. Proc.*, 37, 2291-2300, 1978.
17. **NATIONAL RESEARCH COUNCIL, FOOD AND NUTRITION BOARD:** «Recommended Dietary Allowances (9th ed.)». Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 39-54, 1980.
18. **TARNOPOLSKY, M.A., MACDOUGALL, J.D. and ATKINSON, S.A.:** «Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass». *J. Appl. Physiol.*, 64 (1), 187-193, 1988.
19. **HAGG, S.A., MORSE, E.L. and ADIBI, S.A.:** «Effect of exercise on rates of oxidation, turnover and plasma clearance of leucine in human subjects». *Am. J. Physiol.*, 242, E407-E410, 1982.
20. **LEMON, P.W.R. and NAGEL, F.J.:** «Effects of exercise on protein and amino acid metabolism». *Med. Sci. Sports Exerc.*, 13, 141-149, 1981.
21. **RENNIE, M.J., EDWARDS, R.H.T., KRYWAWICH, S., DAVIES, C.T.M., HALLIDAY, D., WATERLOW, J.C. and MILLWARD, D.J.:** «Effect of exercise on protein turnover». *Clin. Sci.*, 61, 627-639, 1981.
22. **YOUNG, V.R. and TORUN, B.:** «Physical activity: impact on protein and amino acid metabolism and implications for nutritional requirements». In: *Nutrition in Health and Disease and International Development*, A.E. Harper and D.K. Davis, eds. New York: Liss, 57-85, 1981.
23. **HARALAMBIE, G. and BERG, A.:** «Serum urea and amino nitrogen changes with exercise duration». *Eur. J. Appl. Physiol.*, 36, 39-48, 1976.
24. **LEMON, P.W.R. and MULLEN, J.P.:** «Effect of initial muscle glycogen levels on protein catabolism during exercise». *J. Appl. Physiol.*, 48, 624-629, 1980.
25. **PLANTE, R.I. and HOUSTON, M.E.:** «Exercise and protein catabolism in women». *Ann. Nutr. Metab.*, 28, 123-129, 1984.
26. **DECOMBAZ, J., REINHART, P., ANANTHARAMAN, K., VON GULTZ, G. and POORTMANS, J.R.:** «Biochemical changes in a 100 km run: free amino acids, urea, and creatinine». *Eur. J. Appl. Physiol.*, 41, 61-72, 1979.
27. **DOHM, G.L., WILLIAMS, R.T., KASPEREK, G.J. and VAN RIG, A.M.:** «Increased excretion of urea and Nt-methylhistidine by rats and humans after about exercise». *J. Appl. Physiol.*, 52, 27-33, 1982.
28. **KONOPKA, B. and HAYMES, E.:** «Effect of acute exercise on protein metabolism in women (Abstract)». *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14, 112, 1982.
29. **MOLE, P.A. and JOHNSON, R.E.:** «Disclosure by dietary modification of an exercise induced protein catabolism in man». *J. Appl. Physiol.*, 31, 185-190, 1971.

30. **MILLWARD, D.J., DAVIES, C.T.M., HALLIDAY, D., WOLMAN, S.L., MATTHEWS, D. and RENNIE, M.:** «Effect of exercise on protein metabolism in human as explored with stable isotopes». *Fed. Proc.*, 41, 2686-2691, 1982.
31. **BOOTH, F.W. and WATSON, P.A.:** «Control of adaptations in protein levels in response to exercise». *Fed. Proc.*, 44, 2293-2300, 1985.
32. **DOHM, G.L., BEECHER, G.R., HECKER, A.L., PUENTE, F.R., KLAIN, G.J. and ASKEW, E.W.:** «Changes in protein synthesis in rats in response to endurance training». *Life Sci.*, 21, 189-198, 1977.
33. **DOHM, J.L., KASPEREK, G.J., TAPSCOTT, E.B. and BEECHER, G.R.:** «Effect of exercise on synthesis and degradation of muscle protein». *Biochem. J.*, 188, 255-262, 1980.
34. **DOHM, J.L., TAPSCOTT, E.B., BARAKAT, H.A. and KASPEREK, G.J.:** «Measurement of in vivo protein synthesis in rats during an exercise bout». *Biochem. Med.* 27, 367-373, 1982.
35. **LAURENT, G.J. and MILLWARD, D.J.:** «Protein turnover during skeletal muscle hypertrophy». *Fed. Proc.*, 39, 42-47, 1980.
36. **DOHM, G.L., PUENTE, F.R., SMITH, C.P. and EDGE, A.:** «Changes in tissue protein levels as a result of endurance exercise». *Life Sci.*, 23, 845-850, 1978.
37. **KASPEREK, G.J., DOHM, G.L., TAPSCOTT, E.B. and POWELL, T.:** «Effect of exercise on liver protein loss and lysosomal enzyme levels in red and fasted rats». *Biochem. J.*, 202, 281-288, 1982.
38. **KASPEREK, G.J., DOHM, G.L., BARAKAT, H.A., STRAUBACH, P.H., BARNES, D.W. and SNIDER, R.D.:** «The role of lysosomes in exercise-induced hepatic protein loss». *Biochem. J.*, 202, 281-288, 1982.
39. **KASPEREK, G.J. and SNIDER, R.D.:** «Increased protein degradation after eccentric exercise». *Eur. J. Appl. Physiol.*, 54, 30-34, 1985.
40. **KASPEREK, G.J. and SNIDER, R.D.:** «The effect of exercise on protein turnover in isolated soleus and extensor digitorum longus muscles». *Experientia*, 41, 1399-1400, 1985.
41. **LEMON, P.W.R., BENEVENGA, N.J., MULLIN, J.P. and NAGLE, F.J.:** «Effect of daily exercise and food intake on leucine oxidation». *Biochem. Med.*, 33, 67-76, 1985.
42. **LEMON, P.W.R., NAGLE, F.J., MULLIN, J.P. and BENEVENGA, N.J.:** «In vivo leucine oxidation at rest and during two intensities of exercise». *J. Appl. Physiol.*, 53, 947-954, 1982.
43. **KRAMER, B.K., KERNZ, M., RESS, K.M., PFOHL, M., MULLER, G.A., SCHMULLING, R.M. and RISLER, T.:** «Influence of strenuous exercise on albumin excretion». *Clin. Chem.*; 34, 2516-2518, 1988.
44. **CLERICO, A., GLAMMATTEI, C., CECCHINI, L., LUCCHETTI, A., CRUSCHELLI, L., PENNO, G., GREGORI, G. and GIAMPIETRO, O.:** «Exercise-induced proteinuria in well-trained athletes». *Clin. Chem.*, 36, 562-564, 1990.
45. **GONTZEA, I., SUTZESCU, P. and DUMITRACHE, S.:** «The influence of adaptation to physical effort on nitrogen balance in man». *Nutr. Rep. Int.*, II, 231-234, 1975.
46. **TORUN, B., SCRIMSHAW, N.S. and YOUNG, V.R.:** «Effect of isometric exercises on the body potassium and dietary protein requirements of young men». *Am. J. Clin. Nutr.*, 30, 1983-1993, 1977.
47. **CATHCART, E.P.:** «The influence on muscle work on protein metabolism». *Physiol. Rev.*, 5, 225-243, 1925.
48. **CONSOLAZIO, C.F., JOHNSON, H.L., NELSON, R.A., DRAMISE, J.G. and SKALA, J.H.:** «Protein metabolism during intense physical training in the young adult». *Am. J. Clin. Nutr.*, 28, 29-35, 1975.
49. **DOHM, G.L.:** «Protein as a fuel for endurance exercise». In: *Exercise and Sport Science Reviews*, K.B. Pandolf, ed. New York: MacMillan, 143-173, 1986.
50. **LEMON, P.W.R., YARESHESKI, K.E. and DOLNY, D.G.:** «The importance of protein for athletes». *Sports Med.*, 1, 474-484, 1984.
51. **LEMON, P.W.R.:** «Metabolic aspects of protein for top sportsmen». In: *Milk Proteins*, T.E. Galeslout and B.J. Tinbergen, eds. Wageningen, The Netherlands: Pudoc, 88-98, 1985.
52. **POORTMANS, J.R.:** «Protein turnover and amino acid oxidation during and after exercise». In: *Medicine and Sport Science (vol. 17)*, E. Jokl and E. Hebbelink, eds. Basel, Switzerland: Karger, 130-147, 1984.
53. **WILLIAMS, M.:** «The role of protein in physical activity». In: *Nutritional Aspects of Human Physical Performance (2nd ed.)*, Springfield, IL: Charles C. Thomas, 120-146, 1985.
54. **WILMORE, J.H. and FREUND, B.J.:** «Nutritional enhancement of athletic performance». *Nutr. Abstr. Rev. A*, 54, 1-16, 1984.
55. **LARITCHEVA, K.A., YALAVAYA, N.I., SHUBIN, V.I. and SMORNOV, P.V.:** «Study of energy expenditure and protein needs of top weight lifters». In: *Nutrition, Physical Fitness and Health*, J. Parizkova, and V.A. Rogozkin, eds. Baltimore: University Park, 1978.
56. **CELEJOWA, I. and HOMA, M.:** «Food intake, nitrogen and energy balance in Polish weightlifters during a training camp». *Nutr. Metab.*, 12, 259-274, 1970.
57. **GORANZON, H. and FORSUM, E.:** «Effect of reduced energy intake vs. increased physical activity on the outcome of nitrogen balance experiments in man». *Am. J. Clin. Nutr.*, 41, 919-928, 1985.
58. **TODD, K.S., BUTTERFIELD, O.E. and CALLOWAY, D.H.:** «Nitrogen balance in men with adequate and deficient energy intake at three levels of work». *J. Nutr.* 114, 2107-2118, 1984.
59. **HEOSTED, D.M.:** «Balance studies». *J. Can. Diet. Assoc.*, 36, 110-117, 1975.



60. ZACKIN, M.J., MEREDITH, C.N., FRONTERA, W.R. and EVANS, W.J.: «Protein requirements of young endurance trained men». *Am. J. Clin. Nutr.*, 43, A2, 1986.
61. GONTZEA, I., SUTZESCU, P. and DUMITRACHE, S.: «The influence of muscular activity on the nitrogen balance and on the need of man for proteins». *Nutr. Rep. Int.*, 11, 35-43, 1974.
62. BUTTERFIELD, O.E. and CALLOWAY, D.H.: «Physical activity improves protein utilization in young men». *Br. J. Nutr.*, 51, 171-184, 1984.
63. FRIEDMAN, J.E. and LEMON, P.W.R.: «Effect of protein intake and endurance exercise on daily protein requirements (Abstract)». *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17, 231-232, 1985.
64. YOSHIMURA, H., INOUE, T., YAMADA, T. and SHIVAKI, K.: «Anemia during hard physical training (sports anemia) and its causal mechanism with special reference to protein nutrition». *World Rev. Nutr. Diet.*, 35, 1-86, 1980.
65. BRENNER, B.M., MEYER, T.W. and HOSTETTER, T.H.: «Dietary protein intake and the progressive nature of kidney disease: the role of hemodynamically mediated glomerular injury in the pathogenesis of progressive glomerular sclerosis in aging, renal ablation, and intrinsic renal disease». *N. Engl. J. Med.*, 307, 652-659, 1982.
66. RICHARDSON, D.P., WAYLER, A.H., SCRIMSHAW, N.S. and YOUNG, V.R.: «Quantitative effect of an isoenergetic exchange of fat for carbohydrate on dietary protein utilization in healthy young men». *Am. J. Clin. Nutr.*, 32, 2217-2226, 1979.
67. EVANS, W.J., FISHER, E.C., HOERR, R.A. and YOUNG, V.R.: «Protein metabolism and endurance exercise». *Physician Sports Med.*, 11, 63-72, 1983.
68. WOLFE, R.R.: «Does exercise stimulate protein breakdown in humans?: isotopic approaches to the problem». *Med. Sci. Sports Exerc.*, 19 (5) Suppl. S171-S178, 1987.
69. STEIN, T.P., HOYT, R.W., O'TOOLE, M., WOLFE, R.R. and HILLER, W.D.B.: «Protein and energy metabolism during a simulated triathlon». *J. Appl. Physiol.*, 1987. Citado por 68 (Wolfe, R.R.).
70. VILLANUEVA, J.: «Variaciones plasmáticas de urea y lactato en deportistas de élite a lo largo de la temporada durante la realización de una prueba cicloergométrica». Tesis Doctoral. Facultad de Medicina. Zaragoza, 1990.
71. MANCHESTER, K.L.: «Oxidation on amino acids by isolated rat diaphragm and the influence of insulin». *Biochem. Biophys. Acta*, 100, 295-298, 1965.
72. BABU, P., MATHEWS, S.M., WOLMAN, S.E. et al.: «Blood ammonia and glutamine accumulation and leucine oxidation during exercise». In: *Biochemistry of Exercise*, H.G. Knuttgen, J.A. Vogel and J.R. Poortmans, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, 345-350, 1983.
73. HENDERSON, S.A., BLACK, A.L. and BROOKS, G.A.: «Leucine turnover and oxidation in trained rats during exercise». *Am. J. Physiol.*, 249, E137-E144, 1986.
74. WHITE, T.P. and BROOKS, G.A.: «[U-14C]glucose, -alanine, -leucine oxidation in rats at rest and during two intensities of running». *Am. J. Physiol.*, 249, E137-E144, 1986.
75. BLACK, A.L., HENDERSON, S.A., McCORMACK, S. and BROOKS, G.A.: «Protein catabolism during exercise in rats. (Abstract)». *Fed. Proc.*, 44, 1895, 1985.
76. DAHLMANN, B., WIDJAJA, A. and REINAUER, H.: «Antagonistic effects of endurance training and testosterone on alkaline proteolytic activity in rat skeletal muscles». *Eur. J. Appl. Physiol.* 41, 229-235, 1981.
77. SALMINEN, A., KOMULAINEN, J., AHOMAKI, E., KAINULAINEN, H., TAKALA, T. and VIHKO, V.: «Effects of endurance training on alkaline protease activities in rat skeletal muscles». *Acta Physiol. Scand.*, 119, 261-265, 1983.
78. SEENE, T. and VIRU, A.: «The catabolic effect of glucocorticoids on different types of skeletal muscle fibers and its dependence upon muscle activity and interaction with anabolic steroids». *J. Ster. Biochem.*, 16, 349-352, 1982.
79. JANSSEN, E.H., KUIPERS, H. and KEIZER, H.: «Muscle damage and recovery after a marathon compared to a 25 Km race (Abstract)». *Med. Sci. Sports Exerc.*, 16, 200, 1984.
80. ARMSTRONG, R.B., OGILVIE, R.W. and SCHWANE J.A.: «Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle». *J. Appl. Physiol.*, 54, 80-93, 1983.
81. SALMINEN, A. and VIHKO, V.: «Autographic response to strenuous exercise in mouse skeletal muscle fibers». *Virchows Arch. [Cell. Pathol.]*, 45, 97-106, 1984.

**Dirección para correspondencia**

Dr. J.F. Escanero  
 Departamento de Biomedicina  
 (Area de Fisiología) Facultad de Medicina  
 C/ Domingo Miral, s/n  
 50009 ZARAGOZA