



Revisión

Efectos metabólicos, renales y óseos de las dietas hiperproteicas. Papel regulador del ejercicio

V. A. Aparicio, E. Nebot, J. M. Heredia y P. Aranda

Departamento de Fisiología. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada. Granada. España.

Historia del artículo:

Recibido el 19 de enero de 2010

Aceptado el 7 de abril de 2010

Palabras clave:

Dieta hiperproteica.

Ejercicio.

Riñón.

Hueso.

Perfil lipídico.

Key words:

High-protein diet.

Exercise.

Kidney.

Bone.

Lipid profile

RESUMEN

El establecimiento de niveles de referencia proteicos seguros, tanto para la población en general como para los deportistas en particular, sigue siendo a día de hoy, fuente de debate. Parece existir un acuerdo científico acerca de los beneficios de las dietas hiperproteicas (HP) sobre el perfil lipídico plasmático, al mejorar los niveles generales de colesterol y triglicéridos y favorecer la pérdida de peso. Sin embargo, los efectos de las dietas HP sobre parámetros renales y óseos aún desencadenan disparidad de resultados. Hay estudios que consideran la hiperfiltración glomerular renal, ocasionada por el consumo de dietas HP, una respuesta fisiológica adaptativa normal, mientras que otros advierten del mayor riesgo de desarrollar una patología renal de mantenerse altas ingestas proteicas de alto valor acidogénico durante años. Es en el metabolismo óseo donde la controversia es mayor. Existen estudios que evidencian una peor densidad mineral ósea, otros que no encuentran diferencias significativas y otros que atribuyen a las dietas HP un efecto protector óseo. Tanto en el ámbito metabólico, como en el renal y óseo, el ejercicio físico se presenta como una herramienta reguladora excelente ante la mayoría de las alteraciones que dichas dietas pudieran ocasionar, al fomentar un mejor perfil lipídico, reducir la inflamación renal, mejorar la ratio de filtración glomerular y estimular el fortalecimiento óseo.

Tras demostrarse en el estudio de Elango et al (2009) que las ingestas proteicas diarias recomendadas de 0,8 g/kg/día estaban infravaloradas, y establecerse los nuevos niveles para la población sedentaria, deberían formularse nuevos niveles seguros de referencia de proteína de alto valor biológico para atletas de las distintas disciplinas.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Metabolic, renal and bone effects of high-protein diets. The protective role of exercise

The establishment of safe dietary protein intake reference levels for the general population as well as for athletes is under debate. There is evidence indicating a positive benefit of high protein diets (HP) on total cholesterol and triglycerides, and on promoting weight loss.

The findings on the effect of HP diets on renal and bone metabolism are however contradictory. While there are studies that consider the renal glomerular hyperfiltration, caused by the consumption of HP diets, a normal adaptive physiological response, others find an increased risk of renal disease after chronic HP diets. Regarding bone metabolism, there are studies showing a worse bone mineral density after a HP diet, others that did not observe any effect on bone metabolism, or even a bone protective effect.

Exercise is a key player in most of the HP diets-related effect on metabolic acidity, renal and bone health. There is compelling evidence that exercise positively influence blood lipid profile, renal inflammation and glomerular filtration rate, and stimulating bone mineral content and density.

The study of Elango et al (2009) showed that recommended daily protein intake of 0.8 g/kg/day were undervalued, and thus they established new reference levels for the general population. There is still an urgent need to formulate safe protein intake recommendations for athletes of different disciplines.

© 2010 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Correspondencia:

V. A. Aparicio.

Campus de la Cartuja s/n.

18171 Granada. España.

Correo electrónico: virginiaparicio@ugr.es;

paranda@ugr.es

Introducción

Las proteínas deberían aportar aproximadamente tan sólo del 8 al 15% de las calorías totales ingeridas por la persona, con modificaciones ligeras en los deportistas atendiendo al periodo de entrenamiento, pre-competición o competición^{1,2}. A pesar de que a día de hoy sigue siendo común la creencia de que las proteínas se emplean como fuente energética, sólo excepcionalmente, y siempre de forma poco relevante, se metabolizan como medio de obtención de energía (en una competición de *Iron-Man*, de más de 6 horas de duración, o en situaciones extremas de supervivencia, por ejemplo)². Por ello, a la hora de diseñar dietas y establecer los niveles proteicos adecuados para las distintas poblaciones, se debe priorizar su función plástica y estructural con respecto a la energética.

Nuestro organismo puede sintetizar proteínas a partir de aminoácidos, pero sólo es capaz de producir algunos de estos aminoácidos (aminoácidos no esenciales). Aquellos aminoácidos que no podemos sintetizar (esenciales o indispensables), deben ser aportados necesariamente por la dieta. Esto plantea que los requerimientos no sean estrictamente de proteínas, sino de aminoácidos¹. Por lo tanto, se deben consumir alimentos proteicos que contengan gran variedad de aminoácidos. Este término es el llamado "valor biológico" de la proteína. Así, los alimentos que contienen proteínas completas o de alto valor biológico, son aquellos que presentan en su composición química todos o la mayoría de los aminoácidos esenciales¹.

La estimación y determinación de niveles proteicos de referencia saludables continúa generando controversia. Los deportistas, y más especialmente aquellos que llevan a cabo entrenamiento de fuerza, siguen recibiendo mensajes diversos acerca de la cantidad y fuente de proteína apropiada para mejorar y estimular la síntesis proteica³. Las recomendaciones proteicas actuales de ingestas diarias de referencia (RDI) para la población general se sitúan en torno a 0,8 gramos de proteína por kilogramo de peso corporal y día⁴, siempre que sean proteínas de alto valor biológico. Sin embargo, los individuos que desarrollan ejercicio de forma regular requieren una mayor ingesta proteica que aquellos que son sedentarios⁵. Actualmente, se estima como ingesta apropiada para un aporte suficiente de nitrógeno para los sujetos que realizan actividad física de forma activa entre 1,0 y 1,2 g/día por kilogramos de peso corporal en mujeres y de 1,2 a 1,4 g/día por kilogramo de peso corporal en hombres⁵⁻⁷. En deportistas que llevan a cabo entrenamiento de fuerza, los rangos recomendados oscilan entre 1,2 y 1,7 g/kg de peso corporal y día⁵⁻⁷. Estas cifras pueden elevarse hasta 2 g/día por kilogramo de peso corporal en algunos colectivos especiales de deportistas que por su disciplina deportiva necesiten un desarrollo muscular elevado (halterofilia, lucha, culturismo, etc.), así como también en deportistas sometidos a un gran esfuerzo y desgaste muscular durante largos periodos de tiempo, como los ciclistas profesionales⁸.

La Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva (ISSN), en su documento de consenso sobre proteínas y ejercicio⁵, concluyó que la popular afirmación acerca de que niveles proteicos de entre 1,4 y 2,0 g/kg de peso y día no era saludable, no estaba basada en la evidencia científica ni en individuos que llevasen a cabo ejercicio físico regular, sino en años de estudio en personas sedentarias³ y que, por lo tanto, dichos niveles de proteína no suponían ningún riesgo renal, óseo, hepático o metabólico al individuo. A pesar de esto, cabría destacar que es una práctica habitual entre los deportistas recurrir a ingestas proteicas excesivas, tanto por parte de deportistas de alto nivel, como de aficionados, ya sea en deportes individuales como de equipo^{9,10}. El consumo proteico suele estar muy

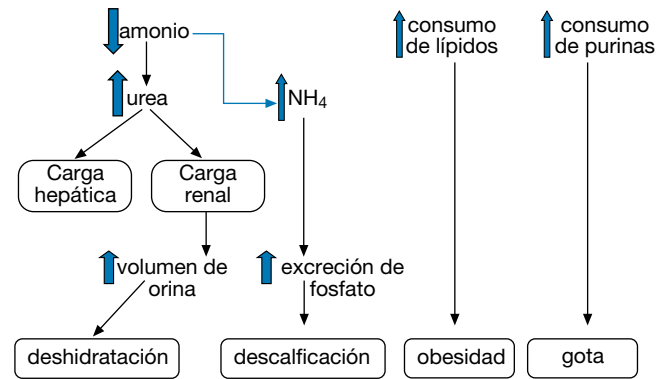


Fig. 1. Posibles efectos adversos de una dieta hiperproteica. Tomado de Barbany².

por encima del recomendado, principalmente en deportistas de especialidades anaeróbicas y deportes donde predomina la capacidad de fuerza y desarrollo muscular, como puede ser el culturismo o la lucha¹¹, en los que se llega a ingerir en algunas ocasiones hasta 5 g/día por kilogramo de peso corporal⁸. Este fenómeno en ocasiones acontece por el desconocimiento nutricional de los deportistas y entrenadores, ya que si aumenta mucho el total de calorías ingeridas (lo cual es normal para personas físicamente activas y más si cabe para deportistas con muchas horas de entrenamiento al día), la proporción de energía en forma de proteínas debe tender a disminuir¹¹. En el campo del culturismo se ha extendido la idea de que una elevada ingesta de proteínas, ya sea ingiriendo grandes cantidades de huevos y carnes, ya sea a través de suplementos deportivos proteicos o de complejos de aminoácidos, ocasiona un aumento de la masa muscular.

Hasta la fecha, se ha dado por sentado que una dieta hiperproteica (HP) ocasionaba notables trastornos que exponemos, siguiendo a Barbany², en la figura 1.

El objetivo de la presente revisión es dar a conocer los resultados de los últimos estudios acerca de los efectos renales, metabólicos y óseos de las dietas HP, con el fin de tratar de esclarecer la controversia que, a día de hoy, el consumo de altas ingestas proteicas continúa generando.

A continuación, analizaremos con mayor detenimiento y a partir de estudios científicos relevantes, los efectos que la ingesta de una dieta HP pudieran provocar sobre los órganos y parámetros más susceptibles de ser alterados y el papel regulador que el ejercicio, y más concretamente por su relación con la síntesis proteica y/o la aplicación de carga, el entrenamiento de fuerza, pudiera tener.

Efectos metabólicos de una dieta hiperproteica

Tradicionalmente, las dietas HP se han asociado a una mayor ingesta de grasas. Esto es debido a que en la mayoría de las dietas occidentales, elevadas ingestas proteicas vienen asociadas a un mayor consumo de productos cárnicos, en las que las grasas animales son abundantes. Sin embargo, cuando dicha dieta HP es administrada de forma aislada, sin estar asociada a esas fuentes lipídicas, se ha demostrado que las dietas HP (ingestas superiores al 35% de proteína del total de la dieta), producen un descenso de la energía total ingerida, favorecen la pérdida de peso, reducen el acúmulo de grasa y mejoran el perfil lipídico plasmático general^{12,13}. De hecho, tras varios meses consumiendo una dieta HP

no asociada a las mencionadas fuentes lipídicas tradicionales, los niveles de colesterol total, colesterol LDL y triglicéridos bajan^{12,13}, lo que puede significar una protección frente a enfermedades coronarias y renales¹⁴⁻¹⁶.

Los suplementos proteicos basados en hidrolizados de lactosuero (proteína whey) en torno al 80-90% de riqueza, han ganado en popularidad en los últimos años, especialmente entre atletas y personas interesadas en ganancias de masa muscular¹⁷. Numerosos estudios desarrollados en humanos¹⁸⁻²¹ y roedores^{13,22,23} han demostrado la habilidad de dicha proteína para favorecer mejoras en la composición corporal (ayudando en el incremento de la masa muscular y reduciendo la deposición de grasa y las ganancias de peso). Sumado a esto, la proteína de lactosuero parece estar especialmente indicada para favorecer la pérdida de peso e incrementar la sensibilidad a la insulina^{13,22}.

Parte de los efectos beneficiosos de dichas dietas suelen ocasionarse como consecuencia de una reducción de la ingesta^{22,24}, y de ahí que haya una pérdida de peso al reducirse el aporte energético total de la dieta. Estas reducciones en el peso corporal han sido demostradas claramente en modelos animales^{12,13,22,23}.

Efectos metabólicos adicionales del ejercicio

Por otra parte, si dicha dieta se combina con ejercicio, especialmente de tipo aeróbico o de fuerza, vendrá asociada a menores niveles de colesterol y triglicéridos y una mejor composición corporal^{16,25,26}. El entrenamiento de fuerza incrementa notablemente la masa, fuerza y potencia muscular²⁷, pero además, es una eficaz herramienta que reduce los niveles de grasa corporal, incrementa los niveles de colesterol HDL y disminuye los de colesterol LDL y triglicéridos, con la consecuente reducción de riesgo cardiovascular que ello conlleva^{16,25,26}.

Efectos renales de una dieta hiperproteica

Un consumo excesivo de proteína podría tener un efecto renal adverso²⁸. En particular, una ingesta excesiva de proteínas podría promover el daño renal al incrementar la presión glomerular y provocar una hiperfiltración renal²⁸. Hay, sin embargo, cierta controversia al respecto en población sana. De hecho, algunos estudios sugieren que la hiperfiltración renal (el mecanismo propuesto como origen del daño renal) podría ser una respuesta adaptativa normal que acontece en respuestas a numerosas situaciones fisiológicas²⁹. Hasta la fecha, sí se han comprobado los efectos beneficiosos de las restricciones proteicas sobre aquellas personas con insuficiencia renal o riesgo de formación de cálculos renales³⁰, sin embargo, en personas sanas, no se ha encontrado evidencia científica que demuestre un efecto adverso sobre la función renal²⁹.

La urea es el principal producto de desecho del metabolismo proteico en los mamíferos y el soluto más abundante en la orina. La excreción de urea es el resultado del proceso de filtración y de reabsorción pasiva a lo largo de la nefrona. El incremento de la concentración de urea plasmática y/o la ratio de filtración glomerular consecuencia del consumo de dietas HP se ha estudiado en modelos animales desde hace años³¹. Al ser necesario filtrar más urea, tiene que excretarse mayor cantidad de ella, lo que ocasionaría el mencionado estrés o sobrecarga renal.

En el reciente estudio de Frank et al³², tras varios meses de dieta HP en hombres adultos sanos, se detectaron niveles plasmáticos elevados de urea, ácido úrico, glucagón y niveles urinarios elevados de proteínas,

albúmina y urea. Para estos autores, es necesario prestar mayor atención a los posibles efectos renales adversos que a largo plazo podría conllevar el mantenimiento de este perfil bioquímico plasmático y urinario³². Además, un exceso de proteína de origen animal (en principio más ácida por su contenido en sulfuros presentes en los aminoácidos) y más si cabe si se administra de forma conjunta con el desarrollo de ejercicio de alta intensidad (acidosis láctica), ocasionaría acidosis metabólica³³. La acidosis metabólica intracelular estimula la hipocitraturia, que viene frecuentemente acompañada de hipercalcemia³³. Tanto la hipocitraturia como la hipercalcemia urinarias contribuyen al riesgo de formación de cálculos renales de oxalato cálcico, principalmente a través del incremento en la saturación urinaria de sales de calcio^{33,34}. La mayoría de los estudios³³⁻³⁵ hablan de una reducción del citrato en torno a los 200-300 mg/día y un incremento del calcio urinario en torno a los 90-100 mg/día. Esta saturación urinaria de oxalatos de calcio se incrementa alrededor de un 35%, con lo que el balance se vuelve positivo, favoreciendo por tanto el riesgo de formación de cálculos renales. Grases et al (2006)³⁶, en un modelo experimental con ratas, observaron que la dieta hiperproteica facilita la nucleación heterogénea del ácido úrico y que con una dieta controlada, el efecto inhibitorio del citrato y el magnesio era más favorable respecto a dietas con exceso de lípidos, hidratos de carbono o proteínas.

Hammond y James³⁷ encontraron un incremento de entre el 26 y el 32% del peso de los riñones junto con un aumento notable de los mismos en ratas que consumieron una dieta HP durante dos semanas. Estos autores atribuyeron dicho incremento del peso y tamaño renal al fuerte efecto que los niveles elevados de proteína ocasionan sobre la producción de urea plasmática y la ratio de filtración diaria de nitrógeno.

Hasta que la evidencia científica sea más clara, y aunque esté probado que en personas sanas no existe riesgo renal, a nivel preventivo, los autores del presente manuscrito sugieren seguir las recomendaciones de Friedman²⁸. Para dicho autor, debido a que la insuficiencia renal crónica es a menudo una enfermedad silenciosa, todos los individuos deberían analizar sus niveles plasmáticos de creatinina y realizarse una analítica de orina (con los valores casi momentáneos obtenidos en las tiras radiactivas para estimar si hay proteinuria urinaria sería suficiente), antes de iniciarse en el consumo de una dieta HP²⁸.

Efectos del ejercicio sobre la salud renal

El ejercicio físico ha demostrado actuar nuevamente como herramienta tamponadora de posibles daños fisiológicos, reduciendo la inflamación renal (disminuyendo el tamaño y peso del riñón) y mejorando los niveles de albúmina plasmática y la ratio de filtración glomerular^{14,38}.

Efectos óseos de una dieta hiperproteica

El consumo excesivo de proteínas también podría tener una afectación adversa sobre la salud ósea^{39,40}. Partiendo de la teoría bioquímica lógica, el hueso ayudaría en la modulación del equilibrio ácido-base actuando como un sistema tamponador y regulador a través de la liberación de calcio^{41,42}. Como ya se mencionaba anteriormente, el catabolismo de las proteínas genera amonio y libera sulfatos contenidos en los aminoácidos. El citrato y el carbonato cálcico del hueso son movilizados para neutralizar dichos ácidos, de ahí que, teóricamente, cuando aumentan las ingestas proteicas disminuya la densidad mineral ósea (como

consecuencia de la liberación de su principal mineral constituyente: el calcio) y la concentración urinaria de calcio se incrementa^{41,43}, (con la consecuencia, ya mencionada en el apartado renal, del incremento del riesgo de formación de cálculos renales de oxalato cálcico^{33,34}). Por lo tanto, dado que un consumo elevado de proteína de origen animal es acidogénico³⁹, promovería el fenómeno de resorción ósea⁴⁴. Sin embargo, a pesar de que un exceso de proteína de alto poder acidogénico (ya sea proteína de origen animal o vegetal) podría afectar negativamente a la densidad mineral ósea, algunos estudios recientes han afirmado que este mencionado potencial acidogénico de la alta ingesta de proteínas y su consecuente impacto óseo podría ser compensado por otros nutrientes de la dieta (especialmente ciertos minerales presentes sobre todo en frutas y vegetales)^{43,45,46}. De hecho, a pesar de que dicha resorción ósea sea posible, la evidencia científica es conflictiva^{12,34,42,47-54}. Algunos estudios han mostrado efectos adversos de dietas HP en ratas^{47,48} y humanos^{49,50} mientras que otros, desarrollados en roedores sanos^{12,34,42} y humanos de diferentes edades⁵¹⁻⁵³, no apreciaron una relación negativa, y dieron como resultado una baja ingesta proteica en detrimento de la densidad mineral ósea^{51,54-56}, con lo que se incrementa más si cabe la controversia generada al respecto.

Algunos autores defienden los efectos beneficiosos que sobre el metabolismo óseo puede tener una dieta HP cuando se consume junto a niveles apropiados de calcio, potasio y otros minerales, independientemente de la fuente de proteína consumida^{41,43}. De hecho, los presentes autores destacan el estudio de Pye et al⁵⁷ desarrollado recientemente con ratas hembras, en el que se pretendían analizar los efectos del consumo elevado de proteínas a largo plazo, con y sin entrenamiento de fuerza. El consumo de dicha dieta HP (35% de riqueza), con el aporte suficiente de los mencionados minerales, redujo el peso y grasa de los animales, incrementó el peso libre de grasa y no ocasionó ningún efecto negativo sobre el hueso. Los autores concluyeron que una dieta al 35% de riqueza proteica, con contenido adecuado en calcio, puede ser beneficiosa a largo plazo para la salud ósea⁵⁷.

Por otra parte, Matsuo et al⁵⁸ reportaron mayor peso del fémur de las ratas a las que se les administró un *snack* deportivo hiperproteico, tanto si dicho *snack* era consumido tras un entrenamiento de fuerza como en grupos controles sedentarios.

Algunos investigadores han sugerido que las ingestas de calcio deben incrementarse cuando se incrementen los niveles de actividad física^{59,60}. La excreción urinaria de calcio podría verse incrementada tras entrenamientos de alta intensidad y también podría producirse una pérdida de calcio a través del sudor^{59,60}. Un estudio reportó que la excreción urinaria de calcio era un 70% superior en los periodos de entrenamiento comparados con los de recuperación o descanso⁶⁰, lo que podría estar relacionado con la acidosis metabólica ocasionada por el ejercicio anaeróbico.

Efectos del ejercicio sobre la salud ósea

Los beneficios del ejercicio, y más concretamente del entrenamiento de fuerza o del ejercicio que conlleve la aplicación de carga al hueso, sobre el contenido mineral óseo han sido altamente contrastados⁶⁰ tanto en animales⁶²⁻⁶⁵ como en humanos⁶⁶⁻⁶⁸. El ejercicio parece tener mayor importancia que la dieta en relación con la densidad mineral ósea, principalmente por su efecto directo (a través de la carga)⁶⁹.

El hueso es un compartimento bastante estable, que cambia lentamente. Mayor número de investigaciones, especialmente diseñadas a largo plazo, son necesarias para esclarecer los efectos del consumo de altas dosis de proteína sobre la salud ósea. Es esta una cuestión que, tras

décadas de estudio, sigue generando disparidad de opiniones en una sociedad en la que la osteoporosis se está convirtiendo en un problema sanitario cada vez más frecuente y costoso. De hecho, la fractura de cadera por pérdida mineral ósea es en nuestro país la primera causa de muerte accidental en mayores de 65 años y constituye el 75% de las muertes accidentales en mayores de 75 años⁷⁰; a nivel mundial es una de las principales causas que derivan en hospitalización y fallecimiento en personas seniles^{71,72}.

A nuestro parecer, los efectos de las distintas combinaciones dieta-ejercicio sobre la salud ósea requieren de mayor estudio. El establecimiento de pautas concretas, tanto nutricionales como de prescripción de ejercicio físico, con verdadero efecto demostrable sobre el contenido mineral óseo y la calidad estructural del mismo, aún están por definir.

Hacia el establecimiento de nuevos niveles proteicos de referencia

A la vista de las evidencias científicas hasta la fecha, la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva (ISSN) concluyó en su documento de consenso, que cuando parte de un balance correcto de nutrientes, la ingesta de dietas HP no es perjudicial ni para la función renal ni para el metabolismo óseo de personas sanas y activas⁵. Además, en un estudio reciente se ha puesto en evidencia un importante aspecto que podría alterar las RDI proteicas que se establecían hasta la fecha. Elango et al⁷³ han demostrado que las recomendaciones de niveles proteicos mínimos y seguros de referencia de 0,66 y 0,8 g/kg/día respectivamente, de proteínas de alta calidad para adultos, estaban basadas en un metaanálisis de estudios del balance de nitrógeno que empleaban regresión lineal simple. Los mencionados autores reanalizaron dichos estudios del balance de nitrógeno que se emplearon usando análisis de regresión lineal multivariante y obtuvieron una media de niveles proteicos mínimos de referencia de entre 0,91 y 0,99 g/kg/día, respectivamente. Los valores medios de requerimientos seguros se establecieron entre 0,93 y 1,2 g/kg/día y son por lo tanto, entre un 41 y un 50%, respectivamente, superiores a las actuales RDI de proteínas de alta calidad en adultos⁷³. Partiendo de estos nuevos rangos para la población sedentaria, en nuestra opinión, deben formularse nuevas recomendaciones de ingestas proteicas de referencia para atletas de las distintas disciplinas.

Debido a que la suplementación con aminoácidos no ha parecido mostrar un impacto positivo suficiente sobre el rendimiento deportivo, las recomendaciones acerca de su inclusión como norma han de ser conservadoras⁷⁴. Desde un punto de vista práctico, es mucho más importante realizar un análisis nutricional completo del atleta, enfocado y adaptado a su disciplina deportiva y orientado a detectar carencias nutricionales, que recomendar suplementos proteicos sin una base objetiva lógica⁷⁴.

Conclusiones

Parece existir acuerdo acerca de los beneficios de las dietas HP sobre el perfil lipídico plasmático, que mejora los niveles de colesterol y triglicéridos y favorece la pérdida de peso. Sin embargo, los efectos de las dietas HP sobre parámetros renales y óseos aún desencadenan cierta controversia. Hay autores que no atribuyen riesgo renal alguno a la ingesta de dietas HP mientras que otros advierten del mayor riesgo de desarrollar una patología renal a largo plazo. Hasta que la evidencia científica sea

más clara, y aunque parece probado que en personas sanas no existe riesgo renal, en el campo de la prevención, debido a que la insuficiencia renal crónica es a menudo una enfermedad silenciosa, todos los individuos deberían analizar sus niveles plasmáticos de creatinina y detectar si existe proteinuria urinaria antes de iniciarse en el consumo de una dieta HP.

Respecto a los efectos de las altas ingestas proteicas sobre el metabolismo óseo, hay estudios que encuentran una menor densidad mineral ósea, otros que no encuentran diferencias significativas, y otros que atribuyen a las dietas HP un efecto protector óseo.

El hueso es un tejido que se altera muy lentamente (hacen falta años y no meses para detectar cambios) de ahí la dificultad de diseñar estudios en los que se analice este aspecto en humanos. Diseños experimentales con ratas que combinaran el ejercicio con altas ingestas proteicas durante periodos experimentales largos ayudarían a valorar y esclarecer el grado de afectación real y el papel regulador del entrenamiento de fuerza.

El ejercicio físico se presenta como una herramienta reguladora excelente ante la mayoría de las alteraciones que dichas dietas pudieran ocasionar, al fomentar un mejor perfil lipídico, reducir la inflamación renal, mejorar la ratio de filtración glomerular y estimular el fortalecimiento óseo.

Tras demostrarse en un reciente estudio que las ingestas proteicas diarias recomendadas de 0,8 g/kg/día estaban infravaloradas, y establecerse los nuevos niveles para población sedentaria, se hace necesario estimar los requerimientos proteicos apropiados para los atletas en sus diferentes disciplinas deportivas.

Mayor investigación sobre los efectos de la combinación de dichas dietas o suplementos deportivos con el ejercicio ayudarían a esclarecer la influencia real que dichas dietas, con y sin ejercicio, tienen sobre la salud renal y ósea.

Bibliografía

- González J, Mataix J. Nutrición en el deporte. Ayudas ergogénicas y dopaje. España: Ediciones Díaz de Santos; 2006.
- Barbany J. Alimentación para el deporte y la salud. Barcelona: Martínez Roca; 2002.
- Lowery LM, Devia L. Dietary protein safety and resistance exercise: what do we really know? *J Int Soc Sports Nutr.* 2009;6:3.
- Otten JHJ, Meyers L, editores. En: Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements. Washington (DC): The National Academies Press; 2006.
- Campbell B, Kreider RB, Ziegenfuss T, La Bounty P, Roberts M, Burke D, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2007;4:8.
- Tipton KD, Witard OC. Protein requirements and recommendations for athletes: relevance of ivory tower arguments for practical recommendations. *Clin Sports Med.* 2007;26:17-36.
- Rodríguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:709-31.
- Barbany JR. Alimentación para el deporte y la salud. Barcelona: Martínez Roca; 2002.
- Paschoal VC, Amancio OM. Nutritional status of Brazilian elite swimmers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004;14:81-94.
- Innocencio da Silva Gomes A, Goncalves Ribeiro B, de Abreu Soares E. Nutritional profile of the Brazilian Amputee Soccer Team during the pre-competition period for the world championship. *Nutrition.* 2006;22:989-95.
- Ferliche B DM. La preparación biológica en la formación integral del deportista. Barcelona: Paidotribo; 2003.
- Lacroix M, Gaudichon C, Martin A, Morens C, Mathé V, Tomé D, et al. A long-term high-protein diet markedly reduces adipose tissue without major side effects in Wistar male rats. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2004;287:R934-42.
- Pichon L, Potier M, Tome D, Mikogami T, Laplaize B, Martin-Rouas C, et al. High-protein diets containing different milk protein fractions differently influence energy intake and adiposity in the rat. *Br J Nutr.* 2008;99:739-48.
- Moinuddin I, Leehey DJ. A comparison of aerobic exercise and resistance training in patients with and without chronic kidney disease. *Adv Chronic Kidney Dis.* 2008;15:83-96.
- Bianchi C, Penno G, Romero F, Del Prato S, Miccoli R. Treating the metabolic syndrome. *Expert Rev Cardiovasc Ther.* 2007;5:491-506.
- Houston MC, Fazio S, Chilton FH, Wise DE, Jones KB, Barringer TA, et al. Nonpharmacologic treatment of dyslipidemia. *Prog Cardiovasc Dis.* 2009;52:61-94.
- Cribb P. Whey proteins in sports nutrition. Arlington: US Dairy Export Council. 2005.
- Cribb PJ, Williams AD, Carey MF, Hayes A. The effect of whey isolate and resistance training on strength, body composition, and plasma glutamine. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2006;16:494-509.
- Cribb PJ, Williams AD, Stathis CG, Carey MF, Hayes A. Effects of whey isolate, creatine, and resistance training on muscle hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:298-307.
- Noakes M, Keogh JB, Foster PR, Clifton PM. Effect of an energy-restricted, high-protein, low-fat diet relative to a conventional high-carbohydrate, low-fat diet on weight loss, body composition, nutritional status, and markers of cardiovascular health in obese women. *Am J Clin Nutr.* 2005;81:1298-306.
- Hayes A, Cribb PJ. Effect of whey protein isolate on strength, body composition and muscle hypertrophy during resistance training. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2008;11:40-4.
- Belobrajdic DP, McIntosh GH, Owens JA. A high-whey-protein diet reduces body weight gain and alters insulin sensitivity relative to red meat in wistar rats. *J Nutr.* 2004;134:1454-8.
- Bouthegourd JC, Roseau SM, Makarios-Lahham L, Leruyet PM, Tome DG, Even PC. A preexercise alpha-lactalbumin-enriched whey protein meal preserves lipid oxidation and decreases adiposity in rats. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2002;283:E565-72.
- Belobrajdic D, McIntosh G, Owens J. The effects of dietary protein on rat growth, body composition and insulin sensitivity. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2003;12 Suppl:S42.
- Wolfe RR. The underappreciated role of muscle in health and disease. *Am J Clin Nutr.* 2006;84:475-82.
- Williams MA, Haskell WL, Ades PA, Amsterdam EA, Bittner V, Franklin BA, et al. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation.* 2007;116:572-84.
- De Salles BF, Simao R, Miranda F, Novaes Jda S, Lemos A, Willardson JM. Rest interval between sets in strength training. *Sports Med.* 2009;39:765-77.
- Friedman AN. High-protein diets: potential effects on the kidney in renal health and disease. *Am J Kidney Dis.* 2004;44:950-62.
- Martin WF, Armstrong LE, Rodriguez NR. Dietary protein intake and renal function. *Nutr Metab (Lond).* 2005;2:25.
- Mandayam S, Mitch WE. Dietary protein restriction benefits patients with chronic kidney disease. *Nephrology (Carlton).* 2006;11:53-7.
- Bankir L, Bouby N, Trinh-Trang-Tan MM, Ahloulay M, Promeneur D. Direct and indirect cost of urea excretion. *Kidney Int.* 1996;49:1598-607.
- Frank H, Graf J, Amann-Gassner U, Bratke R, Daniel H, Heemann U, et al. Effect of short-term high-protein compared with normal-protein diets on renal hemodynamics and associated variables in healthy young men. *Am J Clin Nutr.* 2009;90(6):1509-16.
- Pak CY. Pharmacotherapy of kidney stones. *Expert Opin Pharmacother.* 2008;9:1509-18.
- Amanzadeh J, Gitomer WL, Zerwekh JE, Preisig PA, Moe OW, Pak CY, et al. Effect of high protein diet on stone-forming propensity and bone loss in rats. *Kidney Int.* 2003;64:2142-9.
- Coe FL, Evan A, Worcester E. Kidney stone disease. *J Clin Invest.* 2005;115:2598-608.
- Grases F, Costa-Bauza A, Prieto RM. Renal lithiasis and nutrition. *Nutr J.* 2006;5:23.
- Hammond KA, Janes DN. The effects of increased protein intake on kidney size and function. *J Exp Biol.* 1998;201:2081-90.
- Poortmans JR, Ouchinsky M. Glomerular filtration rate and albumin excretion after maximal exercise in aging sedentary and active men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2006;61:1181-5.
- Barzel US, Massey LK. Excess dietary protein can adversely affect bone. *J Nutr.* 1998;128:1051-3.
- Lowe DT. Comment on recent symposium overview: does excess dietary protein adversely affect bone. *J Nutr.* 1998;128:2529.
- Tylavsky FA, Spence LA, Harkness L. The importance of calcium, potassium, and acid-base homeostasis in bone health and osteoporosis prevention. *J Nutr.* 2008;138:1645-55.
- Mardon J, Habauzit V, Trzeciakiewicz A, Davicco MJ, Lebecque P, Mercier S, et al. Long-term intake of a high-protein diet with or without potassium citrate modulates acid-base metabolism, but not bone status, in male rats. *J Nutr.* 2008;138:718-24.

43. Massey LK. Dietary animal and plant protein and human bone health: a whole foods approach. *J Nutr.* 2003;133:862S-5S.
44. Carter JD, Vasey FB, Valeriano J. The effect of a low-carbohydrate diet on bone turnover. *Osteoporos Int.* 2006;17:1398-403.
45. Remer T. Influence of diet on acid-base balance. *Semin Dial.* 2000;13:221-6.
46. Remer T. Influence of nutrition on acid-base balance—metabolic aspects. *Eur J Nutr.* 2001;40:214-20.
47. Sellmeyer DE, Stone KL, Sebastian A, Cummings SR. A high ratio of dietary animal to vegetable protein increases the rate of bone loss and the risk of fracture in postmenopausal women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Am J Clin Nutr.* 2001;73:118-22.
48. Kerstetter JE, Mitnick ME, Gundberg CM, Caseria DM, Ellison AF, Carpenter TO, et al. Changes in bone turnover in young women consuming different levels of dietary protein. *J Clin Endocrinol Metab.* 1999;84:1052-5.
49. Talbott SM, Cifuentes M, Dunn MG, Shapses SA. Energy restriction reduces bone density and biomechanical properties in aged female rats. *J Nutr.* 2001;131:2382-7.
50. Weiss RE, Gorn A, Dux S, Nimni ME. Influence of high protein diets on cartilage and bone formation in rats. *J Nutr.* 1981;111:804-16.
51. Hannan MT, Tucker KL, Dawson-Hughes B, Cupples LA, Felson DT, Kiel DP. Effect of dietary protein on bone loss in elderly men and women: the Framingham Osteoporosis Study. *J Bone Miner Res.* 2000;15:2504-12.
52. Alexy U, Remer T, Manz F, Neu CM, Schoenau E. Long-term protein intake and dietary potential renal acid load are associated with bone modeling and remodeling at the proximal radius in healthy children. *Am J Clin Nutr.* 2005;82:1107-14.
53. Promislow JH, Goodman-Gruen D, Slymen DJ, Barrett-Connor E. Protein consumption and bone mineral density in the elderly: the Rancho Bernardo Study. *Am J Epidemiol.* 2002;155:636-44.
54. Kerstetter JE, O'Brien KO, Insogna KL. Low protein intake: the impact on calcium and bone homeostasis in humans. *J Nutr.* 2003;133:855S-61S.
55. Kerstetter JE, Looker AC, Insogna KL. Low dietary protein and low bone density. *Calcif Tissue Int.* 2000;66:313.
56. Heaney RP. Excess dietary protein may not adversely affect bone. *J Nutr.* 1998;128:1054-7.
57. Pye KM, Wakefield AP, Aukema HM, House JD, Ogborn MR, Weiler HA. A high mixed protein diet reduces body fat without altering the mechanical properties of bone in female rats. *J Nutr.* 2009;139:2099-105.
58. Matsuo T, Nozaki T, Okamura K, Matsumoto K, Doi T, Gohtani S, et al. Effects of voluntary resistance exercise and high-protein snack on bone mass, composition, and strength in rats given glucocorticoid injections. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2003;67:2518-23.
59. Klesges RC, Ward KD, Shelton ML, Applegate WB, Cantler ED, Palmieri GH, et al. Changes in bone mineral content in male athletes. Mechanisms of action and intervention effects. *JAMA.* 1996;276:226-30.
60. Ashizawa N, Fujimura R, Tokuyama K, Suzuki M. A bout of resistance exercise increases urinary calcium independently of osteoclastic activation in men. *J Appl Physiol.* 1997;83:1159-63.
61. Borer KT. Physical activity in the prevention and amelioration of osteoporosis in women: interaction of mechanical, hormonal and dietary factors. *Sports Med.* 2005;35:779-830.
62. Honda A, Sogo N, Nagasawa S, Kato T, Umemura Y. Bones benefits gained by jump training are preserved after detraining in young and adult rats. *J Appl Physiol.* 2008;105:849-53.
63. Notomi T, Lee SJ, Okimoto N, Okazaki Y, Takamoto T, Nakamura T, et al. Effects of resistance exercise training on mass, strength, and turnover of bone in growing rats. *Eur J Appl Physiol.* 2000;82:268-74.
64. Umemura Y, Nagasawa S, Honda A, Singh R. High-impact exercise frequency per week or day for osteogenic response in rats. *J Bone Miner Metab.* 2008;26:456-60.
65. Marqueti RC, Prestes J, Stotzer US, Paschoal M, Leite RD, Pérez SE, et al. MMP-2, jumping exercise and nandrolone in skeletal muscle. *Int J Sports Med.* 2008;29:559-63.
66. Park H, Kim KJ, Komatsu T, Park SK, Mutoh Y. Effect of combined exercise training on bone, body balance, and gait ability: a randomized controlled study in community-dwelling elderly women. *J Bone Miner Metab.* 2008;26:254-9.
67. Rhodes EC, Martin AD, Taunton JE, Donnelly M, Warren J, Elliot J. Effects of one year of resistance training on the relation between muscular strength and bone density in elderly women. *Br J Sports Med.* 2000;34:18-22.
68. Villareal DT, Binder EF, Yarasheski KE, Williams DB, Brown M, Sinacore DR, et al. Effects of exercise training added to ongoing hormone replacement therapy on bone mineral density in frail elderly women. *J Am Geriatr Soc.* 2003;51:985-90.
69. Specker B, Vukovich M. Evidence for an interaction between exercise and nutrition for improved bone health during growth. *Med Sport Sci.* 2007;51:50-63.
70. Gerontología SAdGy. Caídas en el anciano. GEROSAGG. 2004;2.
71. Kemmler W, von Stengel S, Engelke K, Haberle L, Kalender WA. Exercise effects on bone mineral density, falls, coronary risk factors, and health care costs in older women: the randomized controlled senior fitness and prevention (SEFIP) study. *Arch Intern Med.* 2010;170:179-85.
72. Drozdowska B. [Osteoporotic fractures]. *Endokrynol Pol.* 2009;60:498-502.
73. Elango R, Humayun MA, Ball RO, Pencharz PB. Evidence that protein requirements have been significantly underestimated. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2010;13(1):52-7.
74. Ivy JL, Res PT, Sprague RC, Widzer MO. Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2003;13:382-95.