

報 文

尿中尿素窒素排泄量を指標とした男子アスリートにおける 1食当たりのたんぱく質摂取量の上限に関する検討

Estimation of the protein upper limit for one meal with urinary urea nitrogen excretion in male adult athletes

井上 なぎさ、岡田 佐知子、家治 慶子、廣田 あゆみ、岡村 浩嗣

Nagisa INOUE, Sachiko OKADA, Keiko YAJI, Ayumi HIROTA and Koji OKAMURA

大阪体育大学大学院 運動栄養学研究室

Exercise Nutrition, Graduate School of Health and Sport Sciences,
Osaka University of Health and Sports Sciences.

【連絡責任者】 岡村 浩嗣 大阪体育大学大学院 スポーツ科学研究科

TEL : 072-453-8839 (直通) E-mail address : okamura@ouhs.ac.jp

要 旨

成人アスリートの筋合成に有効に利用されるたんぱく質の上限は、2.0g/kg 体重 / 日とされているが、1食当たりのたんぱく質の上限量についてはほとんど知られていない。我々は、1食当たりのたんぱく質摂取量が上限を超えると尿中尿素窒素排泄量 (UUNE) が急激に増大するのではいかと考え、この変曲点から1食当たりのたんぱく質の上限量を推測できるか検討した。

実験1では成人男子アスリート31名を対象とし3日間の食事調査と全尿の採取を行った。実験2では成人男子アスリート10名を対象とし、たんぱく質摂取量が1.8g/kg 体重 / 日の Normal (N)、Nに0.5 g/kg 体重 / 日のたんぱく質を、3食に均等に上乘せする Spread (Sp) と1食にまとめて上乘せする Pulse (Ps) の3条件とし、この条件を9日間継続した最後の3日間に食事調査と全尿の採尿を行った。

実験1でのたんぱく質摂取量は1.4 (SD 0.5) g/kg 体重 / 日、1日のうちで最もたんぱく質摂取量が多かった食事 (MLP) からのたんぱく質摂取量は0.7 (0.3) g/kg 体重、MLPからのたんぱく質摂取量が1日の総たんぱく質摂取量に占める割合 (PPMLP) は52.8 (11.8) %であった。UUNEに変曲点は認められなかった。実験2でのたんぱく質摂取量はN 1.8 (0.2) g/kg 体重 / 日、Sp 2.3 (0.4) g/kg 体重 / 日、Ps 2.3 (0.4) g/kg 体重 / 日 (N<Sp=Ps, P<0.05)、MLPからのたんぱく質摂取量はN 0.8 (0.4) g/kg 体重、Sp 1.0 (0.2) g/kg 体重、Ps 1.3 (0.3) g/kg 体重 (N=Sp<Ps, P<0.05)、PPMLPはN 46.3 (7.3) %、Sp 42.0 (3.3) %、P 55.6 (8.0) % (N=Sp<Ps, P<0.05)であったが、いずれの条件にもUUNEの変曲点はみられなかった。

本研究でのたんぱく質摂取条件下では、UUNEの変曲点を指標とした1食当たりの上限量は推測できなかった。

緒 言

成人アスリートの筋合成に有効に利用されるたんぱく質の上限は、2.0g/kg 体重 / 日程度とされている [1, 2]。また、2007年に発表された国際陸上競技連盟のアスリートのための栄養についての声明においても、全ての陸上競技選手で1.7g/kg 体重 / 日以上なたんぱく質は必要ないとされている [3]。我が国の国立スポーツ科学センターでは、通常トレーニング期の1日・体重1kg当たりの

たんぱく質摂取量を瞬発系では2.0g、球技系では1.75g、持久系及びその他の種目では1.5gとしている [4]。

この基準によると、体重80kgの男子投擲選手の1日当たりのたんぱく質摂取量は160gである。ところで、献立作成において、朝・昼・夕の3食の割合は主食1:1:1に対し副食は1:1.5:1.5が一般的に使われている [5]。各食事の三大栄養素のエネルギー比を一定とすれば、この選手の夕食での

たんぱく質摂取量は 60 g (0.8 g/kg 体重) となる。現実には昼食よりも夕食のたんぱく質量は多い傾向にあるので、夕食 1 食からのたんぱく質摂取量は 70 g (0.9 g/kg 体重) 程度になる場合もあると想像される。

Arnal らは、高齢女性では 1 日に摂取するたんぱく質の 80 % を 1 食にまとめて摂取するほうが各食事に均等割にして摂取するよりも、体たんぱく質合成に有効だが、若齢女性ではそのようなことはなかったことを報告している [6, 7]。スポーツ選手では、かなりの量のたんぱく質を 1 食で摂ることがありうる。しかし、1 食当たりの適切なたんぱく質の摂取量についてはほとんど知られていない。また、上述の Arnal らの研究の被験者は、運動は行っていない。運動はたんぱく質の栄養効果に影響するので、スポーツ選手がたんぱく質を 1 食にまとめて摂取したときの影響は、運動していない被験者を対象にした場合とは異なる可能性がある。

1 食で摂取するたんぱく質量を増大させると体内での尿素合成が増加する [8]。摂取したたんぱく質のうち体たんぱく質合成に利用されないものは尿素となり、尿中に排泄されたり消化管に分泌されたりする [9]。消化管に分泌された尿素は腸内細菌によって代謝されるなどして、一部は再吸収されてアミノ酸の合成などに利用される [9]。しかし、摂取した窒素で体内のたんぱく質合成に利用されないものが増大すれば、尿中尿素窒素排泄量 (UUNE, Urinary Urea Nitrogen Excretion) が増大すると考えられる。我々は、摂取するたんぱく質が体たんぱく質合成に利用可能な上限を超えると、UUNE が急激に増大する変曲点が存在するのではないかと考えた。

そこで、本研究では日常的にトレーニングをしている体育系男子大学生が通常の生活で摂取しているたんぱく質量の範囲内で、UUNE に変曲点が存在するかどうか調べ、体たんぱく質合成に有効に利用される 1 食当たりの上限量を推測できるかどうか検討した。

方 法

普段の食生活でのたんぱく質摂取状況下で、UUNE に変曲点が存在するかどうか検討する実験

1 と、普段の食事から十分量のたんぱく質を摂取させた上に、たんぱく質を上乗せして 1 食でまとめて摂取することの UUNE に及ぼす影響を検討する実験 2 を行なった。

1. 被験者と実験の概要

実験 1 では日常的にトレーニングを行っている健常な体育系大学男子学生 31 名 (年齢 22.1 (SD 2.1) 歳、体重 72.5 (14.0) kg) を被験者とした。被験者の競技種目は、陸上競技 (短距離、中距離、長距離、投擲)、テニス、トランポリン、及びアメリカンフットボールの 7 種で競技レベル及び練習量は競技種目により異なった。週末を含む連続した 3 日間の食事調査と全尿採取を実施した。食事調査開始日に採血を実施した。実験期間中の運動量・食事内容は規制しなかったが、普段通りの生活を維持するよう依頼した。

実験 2 の被験者は日常的にトレーニングを行っている健常な体育系大学男子学生 10 名 (年齢 21.4 (1.5) 歳、体重 65.5 (8.9) kg) とした。被験者の競技種目は陸上競技 (長距離、投擲)、トランポリンの 3 種で競技レベル及び練習量は競技により異なった。実験 2 では 1 日当たりのたんぱく質摂取量を規定し、2.0 g/kg 体重 / 日のたんぱく質を 3 食で摂取する条件を Normal (N) とした。N のたんぱく質摂取量は、実験 1 の食事調査及び実験開始前に被験者の日常の食事摂取状況を聞き取り調査した結果より決定した。これらの調査の結果、被験者の日常のたんぱく質の平均摂取量は 1.4 g/kg 体重 / 日であった。しかし、この摂取量は筋力系のアスリートにとっては少ないと考えられた。このため 2.0 g/kg 体重 / 日を N での摂取量とした。そして、被験者がこのたんぱく質を確保できるように、管理栄養士が一人暮らしの学生でも簡便に栄養価が整う食品の組み合わせ [9] を指示した。N に、体重 1 kg 当たり 0.5 g のたんぱく質を 3 食に均等に上乗せし、1 日の総たんぱく質摂取量が体重 1 kg 当たり 2.5 g となる条件を Spread (Sp) とし、N で最もたんぱく質摂取量が多かった食事 1 食に体重 1 kg 当たり 0.5 g のたんぱく質をまとめて上乗せし、1 日の総たんぱく質摂取量が体重 1 kg 当たり 2.5 g となる条件 Pulse (Ps) とした。上乗せするたんぱ

く質には、たんぱく質含量 90 % のプロテインパウダー (SAVAS PRO SOY CP、明治製菓株式会社) を用いた。これらの 3 条件のうち N を最初に実施し、その後 1 週間以上のウォッシュアウト期間をおき S と P は順不同・クロスオーバーで実施した。実験期間中はウォッシュアウトの期間も含めて N の食生活を維持させた。各条件とも期間は 9 日間とし、7 日目から休日を含む 3 日間の全尿を実験 1 と同様に採取した。実験期間中の運動量や食事の時刻は規制せず通常の生活を維持するよう依頼した。

被験者には事前に研究内容について十分な説明を行い同意書を得た。本研究計画は実施前に大阪体育大学研究倫理委員会の承認を得た。

2. 食事調査

食事調査には摂取した食品と時刻を自分で記入する自己記入式を用いた。食品の種類と摂取量を確認するために、被験者らに摂取した食品をデジタルカメラで撮影するよう依頼した。栄養計算には栄養計算ソフト「フーズサポーター ver.2.1」を用い、管理栄養士が行なった。

3. 採尿

食事調査開始日の 1 食目の摂取前に排尿させ、その後の尿から翌日の 1 食目の摂取前に採取した尿を 1 日目の尿とした。2 日目以降も同様に実施し、3 日分の尿を採取した。採尿にはアリコートカップ (株式会社泉製作所、大阪) を用いた。

4. 採血

実験 1 の被験者 31 名のうち 11 名について、食事調査初日に早朝空腹時の静脈血を採取した。実験 2 では採血は行なわなかった。

5. 生化学分析

尿中の尿素窒素濃度はウレアーゼ・インドフェノール法 (尿素窒素 B-テストワコー、和光純薬、大阪) で測定した。クレアチニン濃度は Jaffe 法 (クレアチニンテストワコー、和光純薬、大阪) を用いて測定した。実験 1 では血清尿素窒素濃度をウレアーゼ・インドフェノール法 (尿素窒素 B-テストワコー、和光純薬、大阪) で測定した。

6. 統計処理

データは実験 1、2 共に平均値 (標準偏差) で示した。実験 1、2 ともに、たんぱく質の摂取量や摂

取様式と UUNE との関係について、散布図を作成して変曲点が認められるかどうか検討した。また、ピアソンの相関係数を用いて相関関係を検定した。実験 1 での、3 日間のそれぞれの日の尿中クレアチニン排泄量は Tukey-Kramer 法で検定した。実験 2 では、各条件で得られた平均値の差の検定を Tukey-Kramer 法で行った。いずれも、危険率 5 % 未満を統計的に有意とした。統計計算には Stat View, ver 5.0 (SAS Institute Inc.) を用いた。

結果

実験 1

図 1 には 1 日・体重 1 kg 当たりのたんぱく質摂取量と UUNE との関係を示した。両者の間に弱い相関関係が認められた ($R=0.3, P < 0.001$) が、変曲点は見られなかった。たんぱく質摂取量は 1.4 (0.5) g/kg 体重/日であった。1 日当たりのたんぱく質摂取量は 100.5 (34.4) g であった。

図 2 には、3 日間の実験期間のそれぞれの日で、各被験者が最も多くたんぱく質を摂取した食事 (MLP, meal with the largest amount of protein) からのたんぱく質摂取量と、UUNE との関係を示した。両者の間に弱い相関関係が認められた ($R=0.3, P < 0.01$) が、変曲点は見られなかった。MLP からのたんぱく質摂取量は 52.8 (11.8) g であり、体重 1 kg 当たりでは 0.7 (0.3) g であった。

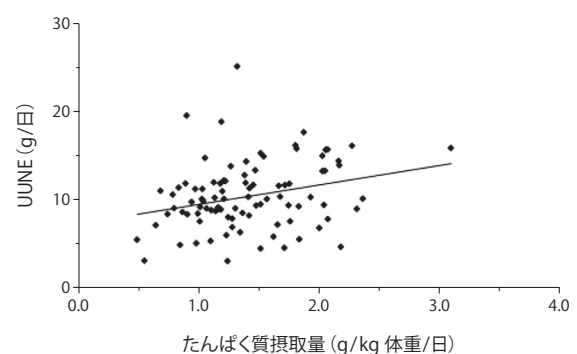


図 1 たんぱく質摂取量 (g/kg 体重/日) と UUNE との関係

週末を含む連続した 3 日間の実験期間の食事調査と全尿採取を実施した。実験期間中の運動量・食事内容は規制しなかったが、普段通りの生活を維持するよう依頼した。採尿は食事調査開始日の 1 食目の摂取前に排尿させ、その後の尿から翌日の 1 食目の摂取前に採取した尿を 1 日目の尿とした。2 日目以降も同様に実施し、3 日分の尿を採取した。UUNE; Urinary Urea Nitrogen Excretion、尿中尿素窒素排泄量。

図3には、MLPからのたんぱく質摂取量が各日の総たんぱく質摂取量に占める割合 (PPMLP, proportion of protein intake from the MLP to daily protein intake) と UUNE との関係を示した。PPMLP は 52.8 (11.8) % であった。PPMLP と UUNE との間には相関は認められず ($R=0.03, P=0.71$)、1日に摂取するたんぱく質の半分以上を1食でまとめて摂取しても UUNE は増加しなかった。しかし、PPMLP と MLP からのたんぱく質摂取量には相関関係 ($R=0.5, P<0.001$) が認められた。このことから、PPMLP が高くなるほど MLP からのたんぱく質摂取量も多くなることが示唆された。しかし、PPMLP と 1日・体重 1 kg 当たりのたんぱく質摂取量には相関関係は認められず ($R=0.02, P=1.76$)、1食で多量のたんぱく質を摂取していても1日の総たんぱく質摂取量が多

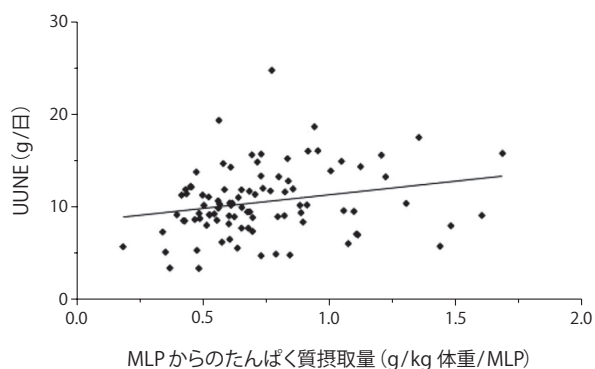


図2 MLPからのたんぱく質摂取量 (g/kg 体重/MLP) と UUNE (g/日) との関係

MLP, meal with the largest amount of protein ; 3日間の実験期間のそれぞれの日に各被験者が最も多くたんぱく質を摂取した食事。詳細は図1の説明を参照。

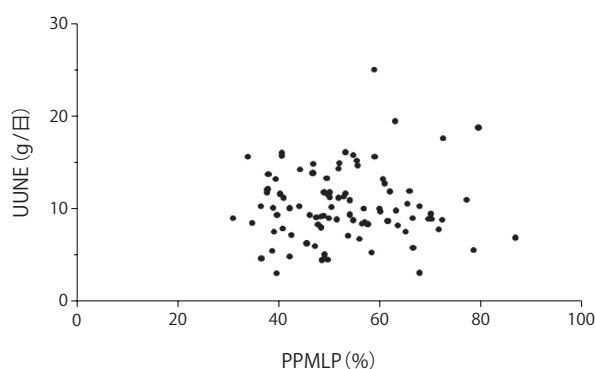


図3 PPMLP と UUNE との関係

PPMLP, proportion of protein intake from the MLP to daily protein intake ; 3日間の実験期間のそれぞれの日における MLP からのたんぱく質摂取量が各日の総たんぱく質摂取量に占める割合。詳細は図1の説明を参照。

いわけではなかった。

クレアチニン排泄量あたりに換算した UUNE と 1日当たりのたんぱく質摂取量、MLP からのたんぱく質摂取量、そして PPMLP との関係においても、窒素排泄量に変曲点は認められなかった。

血清尿素窒素濃度は 10.7 (2.79) mg/dl で、全被験者が正常値範囲内であった。尿中クレアチニン排泄量は、採尿 1日目が 1.8 (0.6) g、2日目が 2.0 (0.5) g、3日目が 2.0 g (0.5) g であり、3日間で差はなかった。

実験 2

表1に各条件におけるエネルギーとたんぱく質の摂取状況を示した。エネルギー摂取量は条件間で差はなかった。Nのたんぱく質摂取量は 2 g/kg 体重/日を目標としたが、実際の摂取量は 1.8 g/kg 体重/日だった。Sp と Ps のたんぱく質摂取量は 2.3 g/kg 体重/日で、N よりも 0.5 g/kg 体重/日、上乗せされていた。たんぱく質摂取量は1日の総量でも体重当たりでも、Sp と Ps が N よりも有意に多かった。MLP からのたんぱく質摂取量は、Ps が N 及び Sp よりも有意に高値であった。PPMLP も Ps が N 及び Sp よりも有意に高値であった。

1日当たりの UUNE は、Ps で N よりも有意に多く ($P=0.018$)、Sp は N よりも多い傾向 ($P=0.067$) にあったが、Ps と Sp には差がなかった (N, 13.7 (2.4) g ; Sp, 16.5 (4.6) g ; Ps, 17.4 (2.4) g)。

図4には、各条件での1日・体重 1 kg 当たりの総たんぱく質摂取量と UUNE との関係を示した。各条件とも UUNE に変曲点は認められなかった。各条件における MLP からのたんぱく質摂取量及び (図5)、PPMLP (図6) と UUNE との関係においても、UUNE に変曲点は認められなかった。UUNE を尿中クレアチニン排泄量あたりに換算した場合も、UUNE に変曲点は認められなかった。

考 察

本研究ではまず実験1で、日常的にトレーニングをしている体育系男子学生が通常の生活で摂取しているたんぱく質量の範囲内で、UUNE に変曲点が存在するかどうか調べ、体たんぱく質合成に

有効に利用される1食当たりの上限量を推測できるかどうか検討した。

その結果、本研究ではPPMLPとUUNEには相関関係が認められず変曲点も見られなかった。この理由として、PPMLPの高かった被験者では欠食していたり、極端にたんぱく質が少ない食事を摂っていたりしていたため、MLPからのたんぱく質摂取量が多くても、1日当たりの総たんぱく質摂取量が多いわけではなかったことが考えられた。実際、本研究での体重1kg当たりのたんぱく質摂取量の平均値は1.4gであったが1.0g以下の者もいた。このように、1日の総たんぱく質摂取量が

日常的にトレーニングをしている体育系男子学生の摂取量としては不十分な場合があったことが、PPMLPが高くてもUUNEが増加しなかった要因の一つであることが推察された。

そこで実験2では、欠食や極端にたんぱく質摂取量が少ない食事を改善し、1日のたんぱく質摂取量の必要量を満たした条件で検討した。また実験2では、たんぱく質摂取量を、現時点で上限と考えられている2.0g/kg体重/日より多い2.3g/kg体重/日に増大させるとともに、増大分を3食に均等割にして摂取する条件(Sp)と、1食にまとめて摂取する条件(Ps)で検討した。

表1 各条件における栄養摂取状況

	エネルギー 摂取量	たんぱく質 摂取量		たんぱく質 エネルギー比	MLPからの たんぱく質摂取量		PPMLP
	(kcal)	(g)	(g/kg)	(%)	(g)	(g/kg)	(%)
N	3274 (323)	115.8 (14.2) ^b	1.8 (0.2) ^b	14.2 (1.4)	54.7 (12.8) ^b	0.8 (0.2) ^b	46.3 (7.3) ^b
Sp	3353 (494)	149.4 (29.5) ^a	2.3 (0.4) ^a	16.0 (5.0)	63.4 (15.7) ^b	1.0 (0.2) ^b	42.0 (3.3) ^b
Ps	3688 (639)	148.9 (26.2) ^a	2.3 (0.4) ^a	16.3 (2.2)	83.0 (20.2) ^a	1.3 (0.3) ^a	55.6 (8.0) ^a

平均(SD). a,b アルファベットの異なる条件に有意差あり (P<0.05 Tukey-kramer)

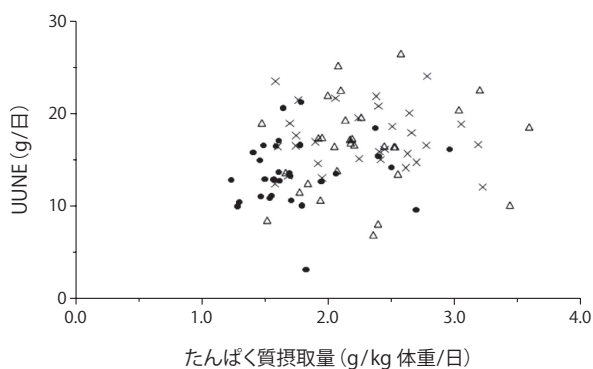


図4 たんぱく質摂取量 (g/kg 体重/日) と UUNE との関係

1日・体重1kg当たり2.0gのたんぱく質を3食で摂取するN(●—Normal)、Nの3食に体重1kg当たり0.5gのたんぱく質を均等に上乘せるSp(×---Spread)、Nの3食のうちの1食に体重1kg当たり0.5gのたんぱく質をまとめて上乘せるPs(△—Pulse)の3条件とし、各条件には1週間以上のウォッシュアウト期間をおきクロスオーバーで実施した。条件Nは最初の実験したが、SpとPsは順不同で行なった。実験期間は各条件とも9日間とし、7日目から休日を含む3日間の全尿を、実験1と同様に採取した(詳細は図1の説明を参照)。実験期間中の運動量や食事の時刻・内容は規制せず通常の生活を維持するよう依頼した。

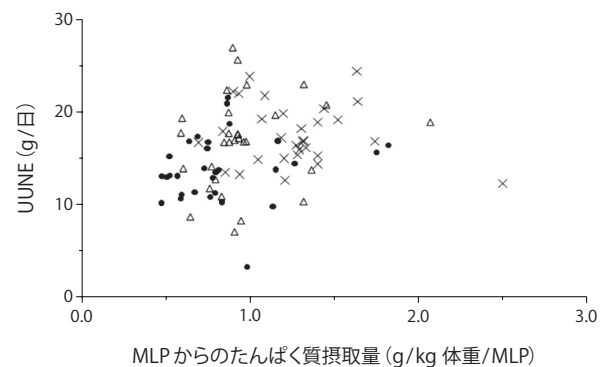


図5 MLPからのたんぱく質摂取量とUUNEとの関係
詳細は図6の説明を参照。

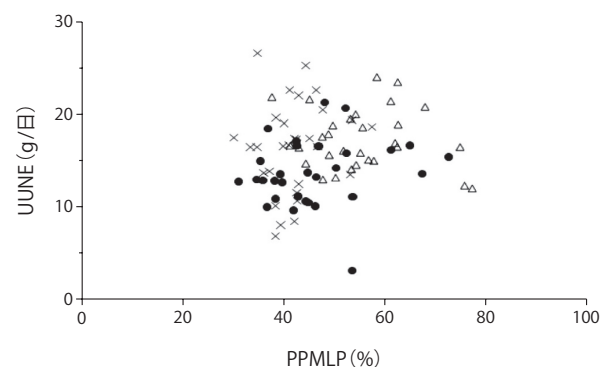


図6 PPMLPとUUNEとの関係
詳細は図6の説明を参照。

その結果、1日の総たんぱく質摂取量、MLP からのたんぱく質摂取量及び PPMLP と UUNE との関係において、どの条件においても変曲点は認められなかった。また条件間にも差は認められなかった。これらの結果から、日常的にトレーニングをしている体育系男子学生が通常の食事で無理なく摂取できるたんぱく質摂取量の範囲内では、1食にまとめて摂取しても3食に均等割にして摂取しても、尿素窒素排泄が急激に増大する変曲点は現れず、1食当たりのたんぱく質摂取量の上限も推測出来ないことが示唆された。

しかし、アスリートは、本研究でのたんぱく質摂取量よりも多量のたんぱく質を摂取していることは少なくない [11 - 14]。本研究よりも多量のたんぱく質を摂取した場合には、UUNE に変曲点が存在するかもしれず、これは今後の検討課題と考えられる。

本研究での MLP からのたんぱく質の平均摂取量は 52.8 g、最大量は 86.8 g であった。これは一般の人の1食当たりのたんぱく質よりも多めである。たんぱく質の消化・吸収率は 90%程度とされている [15]。しかし、本研究のように1回当たりの摂取量が多い場合は消化・吸収率が影響を受ける可能性がある。本研究では糞中窒素排泄は測定していないので、UUNE に変曲点が認められなかった理由に、1食で多量のたんぱく質を摂取した時には吸収量が減少したために尿素生成が増大せず、結果として UUNE が増えなかった可能性も排除出来ない。

Arnal らは若齢女性が 14 日間、1.7g/kg 除脂肪体重 / 日のたんぱく質の 80% を 1 食にまとめて摂取した場合 (Ps) と各食事に均等に分散させて摂取した場合 (Sp) で窒素の体内貯留に差がなかったことを認めており [6]、本研究結果と一致している。しかし、Arnal らは高齢女性では窒素の体内貯留は Ps が Sp よりも多かったことを報告している [7]。高齢女性で Ps が窒素の体内貯留を増大した理由として、食後の同化作用が高齢女性でより強く刺激されたことが考えられるとしている。筋肉たんぱく質の合成はアミノ酸によって刺激されるが、高齢ラットの筋肉たんぱく質合成を刺激

するためには若齢ラットよりも高濃度のアミノ酸が必要なことが報告されている [16]。すなわち、高齢者では食後の血中アミノ酸濃度が高濃度になる Ps のほうが体たんぱく質合成に有効と考えられる。本研究の被験者は若齢だが、男性であることと運動トレーニングをしている点が、Arnal の若齢者を被験者とした研究と異なる。我々は、運動は体たんぱく質合成を刺激し、この刺激は男性のほうが女性よりも高いと考えられるので、同じ若齢者を対象としても、たんぱく質の摂取パターンの影響は Arnal の研究とは異なるかもしれないと考えた。しかし、本研究では、若齢女性を対象とした Arnal らの結果と同様に Ps は窒素の体内貯留を増大しなかった。このことから、たんぱく質を 1 食にまとめて摂取しても 1 日の食事に均等に分けて摂取しても窒素出納に差異をもたらさない要因は、性差ではなく年齢であることが推察される。

摂取後の血中アミノ酸濃度には、摂取したたんぱく質源の消化・吸収速度が影響する。たんぱく質源は消化・吸収の速い物のほうが遅い物よりも、摂取後早期の血中アミノ酸濃度や体たんぱく質合成を高める [17 - 19]。しかし、摂取後の時間が経過するにつれて、消化・吸収の遅いたんぱく源を摂取した場合のほうが体たんぱく質の同化作用が高くなる [17 - 19]。この関係は運動後に摂取した場合でも同様であり [20]、トレーニングによる筋繊維の肥大もトレーニング後に消化・吸収の遅いたんぱく質を含む物を摂取した場合のほうが高かったことが報告されている [21]。本研究での摂取後の血中アミノ酸濃度は、Ps のほうが Sp よりも高かったと考えられる。本研究では UUNE に Ps と Sp には差がなかったが、Ps で N よりも有意に多く、Sp は N よりも多い傾向にあったが有意差はなかった。すなわち、本研究でも一度に大量のアミノ酸が血中に供給される状況は体たんぱく質合成に有利とはいえないことを示唆している。

本研究では、UUNE を摂取したたんぱく質が体たんぱく質合成に有効に利用されているかどうかの指標をとした。Wolfe は、窒素出納を維持する

たんぱく質摂取量はたんぱく質の必要最小限と解釈し、望ましいたんぱく質の必要量の評価には筋肉や内臓の機能を用いるべきではないかと提案している [22]。本研究は、UUNE の変曲点が存在するかどうかを調べることを目的としたこと、9 日間という実験期間は筋肉量の変化を観察するには十分な期間ではないと考えられたことから、筋肉量や筋力などの変化を評価しなかった。しかし、本研究のようなアスリートのたんぱく質の必要量に関する研究では、窒素出納だけでなく、筋肉量や筋力等の変化を評価項目に加えることが重要と考えられる。

まとめ

本研究では、日常的にトレーニングをしている男子アスリートが通常の生活で摂取しているたんぱく質量の範囲内で、UUNE に変曲点が存在するかどうか調べ、体たんぱく質合成に有効に利用される 1 食当たりの上限量を推測できるかどうか検討した。その結果、本研究でのたんぱく質摂取状況下では、UUNE の変曲点を指標とした 1 食当たりの上限量は推測できなかった。

謝辞

研究に際し、被験者として快く本研究に協力して下さった本学学生の被験者の方々に熱く御礼申し上げます。

キーワード たんぱく質、上限摂取量、1 食当たりの摂取量、尿中尿素窒素排泄量

<参考文献>

- [1] Durmin JV, Garlick, Jackson AA, Schurch B, Shetty PS and Waterlow JC. Report of the IDECG Working Group on lower limits of energy and protein and upper limits of protein intake. International Dietary Energy Consultative Group. Eur J Clin Nutr. 1999;53 Suppl 1:S174-S176.
- [2] Tarnopolsky MA, Atkinson SA, MacDougall J.D, Chesley A, Phillips S and Swartz,HP. Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. J Appl Physiol. 1992;73:1986-1995.
- [3] Louise MB. The IAAF Consensus on Nutrition for Athletics: Updated Guidelines. Int J Sport Nutr Metab, 2007;17:411-415.
- [4] 小清水孝子, 柳沢香絵, 横田由香里. スポーツ選手の栄養調査・サポート基準値策定及び評価に関するプロジェクト報告. 栄養学雑誌. 2006;64:205-208.
- [5] 落合敏. 栄養教育の基礎知識と関係法規. 栄養教育論. 東京:

医歯薬出版株式会社. 2005. p.26.

- [6] Arnal MA, Mosoni L, Boirie Y, Houlier ML, Morin L, Verdier E, Ritz P, Antoine JM, Prugnaud J, Beaufrère B, Mirand PP. Protein feeding pattern does not affect protein retention in young women. J Nutr. 2000;130:1700-4.
- [7] Arnal MA, Mosoni L, Boroe Y, Houlier ML, Verdier E, Ritz P, Antoine JM, Prugnaud J, Beaufrère B, Mirand PP. Protein pulse feeding improves protein retention in elderly women. Am J Clin Nutr. 1999;69:1202-8.
- [8] Rafoth RJ, Onstad GR. Urea synthesis after oral protein ingestion in man. J Clin Invest. 1975;56:1170-4.
- [9] Fouillet H, Juillet B, Bos C, Mariotti F, Gaudichon C, Benamouzig R, Tomé D. Urea-nitrogen production and salvage are modulated by protein intake in fed humans: results of an oral stable-isotope-tracer protocol and compartmental modeling. Am J Clin Nutr. 2008;87:1702-14.
- [10] 井上なぎさ, 岡田佐知子, 岡村浩嗣. 一人暮らしの中高齢者のための簡便な朝食の検討. ライフケアジャーナル. 2008;1:42-47.
- [11] Tarnopolsky MA, MacDougall JD, Atkinson SA. Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass. J Appl Physiol. 1988;64:187-93.
- [12] Hoffman JR, Ratamess NA, Kang J, Falvo MJ, Faigenbaum AD. Effect of protein intake on strength. J Int Soc Sports Nutr. 2006;3:12-8.
- [13] Lundy B, O'Connor H, Pelly F, Caterson I. Anthropometric characteristics and competition dietary intakes of professional rugby league players. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2006;16:199-213.
- [14] Innocencio da Silva Gomes A, Gonçalves Ribeiro B, de Abreu Soares E. Nutritional profile of the Brazilian Amputee Soccer Team during the precompetition period for the world championship. Nutrition. 2006;22:989-95.
- [15] 厚生労働省策定 日本人の食事摂取基準 第一出版編集部編 (2005年版). 第一出版株式会社 p.45.
- [16] Dardevet D, Sornet C, Balage M, Grizard J. Stimulation of in vitro rat muscle protein synthesis by leucine decreases with age. J Nutr. 2000;130:2630-5.
- [17] Boirie Y, Dangin M, Gachon P, Vasson MP, Maubois JL, Beaufrère B. Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. Proc Natl Acad Sci USA. 1997;94:14930-5.
- [18] Martial D, Yves B, Clara GR, Pierre G, Jacques F, Philippe C, Olivier B, Bernard B. The digestion rate of protein is an independent regulating factor of postprandial protein retention. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2001;280:E340-E348.
- [19] Dangin M, Guillet C, Garcia-Rodenas C, Gachon P, Bouteloup-Demange C, Reiffers-Magnani K, Fauquant J, Ballèvre O, Beaufrère B. The rate of protein digestion affects protein gain differently during aging in humans. J Physiol. 2003;549:635-44.
- [20] Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Macdonald MJ, Macdonald JR, Armstrong D, Phillips SM. Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage. Am J Clin Nutr. 2007;85:1031-40.
- [21] Hartman JW, Tang JE, Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Lawrence RL, Fullerton AV, Phillips SM. Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. Am J Clin Nutr. 2007;86:373-81.
- [22] Wolfe RR. Protein Summit : consensus areas and future research. Am J Clin Nutr 2008;87:1582S-3S.

Estimation of the protein upper limit for one meal with urinary urea nitrogen excretion in male adult athletes

Nagisa INOUE, Sachiko OKADA, Keiko YAJI, Ayumi HIROTA and Koji OKAMURA
Exercise Nutrition, Graduate School of Health and Sport Sciences, Osaka University of Health and Sports Sciences

Purpose: The protein upper limit for one meal remains to be elucidated. This study assumed that a flexion point of urinary urea nitrogen excretion (UUNE) exists at the point of the upper limit.

Methods: In study 1, adult males completed a 3-day dietary record and urine collection. In study 2, adult males received 3 dietary treatments; consumed 1.8 g protein/kg BW/day (N, Normal), and 0.5 g/kg BW protein was added to N over 3 meals (Sp, Spread) or to one meal (Ps, Pulse). Each treatment lasted for 9 days and dietary record and whole urine were collected during the last 3 days.

Results: Study 1; the protein intake was 1.4 (SD 0.5) g/kg BW/day, 0.7 (0.3) g/kg BW with the meal containing the largest amount of protein (MLP) and the proportion of protein with MLP (PPMLP) was 52.8 (11.8)%, whereas no flexion point of UUNE was observed. Study 2; the protein intake was 1.8 (0.2) g/kg BW/day for N, 2.3 (0.4) g/kg BW/day for Sp, and 2.3 (0.4) g/kg BW/day for Ps ($N < Sp = Ps$, $P < 0.05$); with MLP it was 0.8 (0.4) g/kg BW for N, 1.0 (0.2) g/kg BW for S, and 1.3 (0.3) g/kg BW for Ps ($N = Sp < Ps$, $P < 0.05$). The PPMLP was 46.3 (7.3)% for N, 42.0 (3.3)% for Sp, and 55.6 (8.0)% for Ps ($N = Sp < Ps$, $P < 0.05$). No flexion point of UUNE was observed in all treatments.

Conclusion: Since no UUNE flexion point was observed in the current study, the protein upper limit for one meal could not be estimated.

Keyword protein, upper limit intake, intake with one meal, urea nitrogen excretion