

2 たんぱく質

1. 基本的事項

たんぱく質は生命の維持に不可欠な物質であり、組織を構築するとともに、さまざまな機能を果たしている。すなわち、細胞膜をつくり、細胞骨格を形成し、体の骨格、筋肉、皮膚を構成している。酵素やホルモンとして代謝を調節し、ヘモグロビン、アルブミン、トランスフェリン、アポリポたんぱく質などは物質輸送に関与し、 γ -グロブリンは抗体として生体防御にはたっている。たんぱく質を構成しているアミノ酸は、たんぱく質合成の素材であるだけでなく、神経伝達物質やビタミン、その他の重要な生理活性物質の前駆体ともなっている。さらに、酸化されるとエネルギー源としても利用される。

生体は外界より酸素、水、栄養素を摂取し、体外に炭酸ガス、水、代謝産物を排泄することにより動的平衡状態を保っている。体たんぱく質も合成と分解を繰り返しており、種類によりその代謝回転速度は異なるが、いずれも分解されてアミノ酸となり、その一部は不可避免的に尿素などに合成されて体外に失われる。したがって、成人においてもたんぱく質を食事から補給する必要がある。成長期には、そのうえに新生組織の蓄積に必要なたんぱく質を摂取しなければならない。

2. 推定平均必要量・推奨量・目安量

2-1. 基本的な考え方

2-1-1. エネルギー摂取量

たんぱく質利用効率はたんぱく質、アミノ酸、窒素の摂取量により変化する。また、窒素化合物以外の栄養素の摂取量によりたんぱく質代謝は影響を受ける。エネルギー摂取量のたんぱく質代謝に対する効果は、エネルギーのたんぱく質節約作用として古くから知られている¹⁾。エネルギー不足はたんぱく質利用効率を低下させ、逆にエネルギー摂取量が増すと窒素出納は改善される²⁾。これにはインスリン分泌の増加によるたんぱく質合成の促進、分解の抑制が寄与している。また、成人を対象とした窒素出納に関する報告（361例）では、エネルギー摂取量と窒素出納のあいだに有意な正相関が認められている³⁾。以前のたんぱく質必要量に関する実験では、エネルギー出納が正の条件で行われる傾向があり、たんぱく質必要量が低く見積もられていた。しかし、最近ではエネルギー平衡状態で測定されるようになった。

たんぱく質の必要量は、エネルギーならびに他の栄養素の摂取量が十分であるという前提のもとに求められている。したがって、エネルギーや他の栄養素の摂取量が不足した状態では、たんぱく質摂取量が基準量を満たしていても、たんぱく質の栄養状態を正常に維持できない場合もあること、また、たとえエネルギーが平衡状態にあっても、高齢者や身体活動が低下している者あるいは低体重の者にあっては、基準量のたんぱく質を摂取していてもたんぱく質が不足状態となる場合があり得ることに留意すべきである。

2-1-2. 生活習慣

2-1-2-1. 身体活動・運動

活発に活動し、摂食量が多い人では容易にたんぱく質必要量を満たすことができ、また、たんぱく質の重要性も低い。しかし、不活発な人、高齢者などでは、食事に注意しないとたんぱく質やその他の栄養素不足を招きやすい。運動不足は体たんぱく質の異化状態を招き、適度の運動は食事性たんぱく質の利用を高め、また激しい運動はたんぱく質分解を亢進させることから、運動強度に応じてたんぱく質必要量はU字型を描く⁴⁾。また、小児や成人を対象とした研究において、適度の運動が成長を促進し、食事性たんぱく質の利用を高めることも報告されている^{5,6)}。

一般に、運動時には発汗による経皮窒素損失量が増大し、アミノ酸の異化亢進、体たんぱく質の合成低下と分解上昇がみられる。しかし、運動終了時以降に、体たんぱく質の合成が分解を上回るようになり、損失を取り戻すことが多い。また、軽度ないし中等度の運動（200～400 kcal/日）を行った場合には、たんぱく質必要量は増加しないことが報告されている^{7,8)}。このように、エネルギー供給が十分な状態においては「健康づくりのための運動指針 2006」で示されている程度の身体活動・運動では、たんぱく質必要量は増加しない場合が多い。

2-1-2-2. 休養・ストレス

日常のストレスに関しては、48時間の断眠や大学生の期末テスト時の窒素出納試験の報告しか見当たらず、窒素出納に及ぼす軽度のストレスの定量的な影響は明らかではない。また、日常のストレスは窒素出納実験の被験者にも作用しており、その影響は窒素平衡維持量の中にすでに含まれていることから、ストレスに対する安全率は見込まないことにした。

2-1-2-3. 喫煙・飲酒

喫煙は細胞にフリーラジカル障害を与え、飲酒は直接的、間接的に代謝に影響を与える。しかし、喫煙や飲酒とたんぱく質必要量との定量的な関係は明らかではない。

2-1-2-4. 個人差

これまでに報告されている窒素出納値には、研究間で10%から40%程度の大きな幅がみられる⁹⁾。この変動幅の中には個人間変動の他、個人内変動や、実験条件、実験誤差などの研究者による変動も含まれている。19研究の被験者235人のデータを解析した結果によると、観察された変動の40%は研究間の変動であり、残りの60%が各研究内の変動であると報告されている⁹⁾。また、同一被験者で繰り返し測定された成績から、各研究内の変動の2/3は個人内の変動であり、1/3が真の個人間変動であり、その変動係数は12%であった。しかし、変動曲線に偏りがあるので変動係数を12.5%とした。これより、推定平均必要量から推奨量を求めるときの推奨量算定係数を1.25とした。

2-2. 推定平均必要量・推奨量・目安量

2-2-1. 成人（推定平均必要量・推奨量）

窒素出納実験により測定された良質たんぱく質の窒素平衡維持量をもとに、それを日常食混合たんぱく質の消化率で補正して推定平均必要量を算定した。日常食混合たんぱく質の質については、

国民健康・栄養調査の食品群別たんぱく質摂取量とそれぞれのたんぱく質のアミノ酸組成からアミノ酸摂取量を算出し、アミノ酸スコアを求めると、1973年FAO/WHOアミノ酸評点パターン¹⁰⁾、1985年FAO/WHO/UNUアミノ酸評点パターン¹¹⁾、2007年WHO/FAO/UNU評点パターン¹²⁾のいずれを基準に用いても100を越えている。したがって質の補正は必要ない。

良質たんぱく質の窒素平衡維持量を検討した17の研究¹³⁻²⁷⁾の値を平均すると0.65g/kg体重/日(104mg窒素/kg/日)となる。この値をもって窒素平衡維持量とした(表1)。

女性(12人)で日常食混合たんぱく質の消化率を実測した研究では、平均で92.2%と報告されている¹⁸⁾。また、男性(6人)について測定した結果は95.4%であった²⁸⁾。これらより、日常食混合たんぱく質の消化率は90%とした。

$$\begin{aligned} \text{推定平均必要量 (g/kg 体重/日)} &= \text{窒素平衡維持量 (g/kg 体重/日)} \div \text{消化率} \\ &= 0.65 \div 0.90 = 0.72 \end{aligned}$$

$$\text{推定平均必要量 (g/日)} = \text{推定平均必要量 (g/kg 体重/日)} \times \text{基準体重 (kg)}$$

$$\text{推奨量 (g/日)} = \text{推定平均必要量 (g/日)} \times \text{推奨量算定係数}$$

表1 健康な成人における良質(動物性)たんぱく質の窒素平衡維持量

参考文献番号	対象人数	窒素平衡維持量 (g/kg 体重/日)
13)	3	0.64
14)	6	0.47
15)	21	0.63
16)	11	0.64
17)	7	0.63
18)	15	0.96
19)	28	0.77
20)	6	0.68
21)	13	0.90
22)	7	0.46
22)	7	0.93
23)	7	0.73
23)	7	0.57
24)	8	0.60
25)	19	0.46
26)	7	0.51
27)	7	0.48
平均	—	0.65

2-2-2. 高齢者(推定平均必要量・推奨量)

加齢により、最大換気量、腎血流量、肺活量等の生理機能は低下し、体組織では骨格筋が減少し、脂肪は増加傾向を示す。筋たんぱく質代謝は低下するが、内臓たんぱく質代謝はほとんど変化しない。たんぱく質の代謝回転速度や生理機能の低下は、高齢者のたんぱく質利用効率に影響を与える

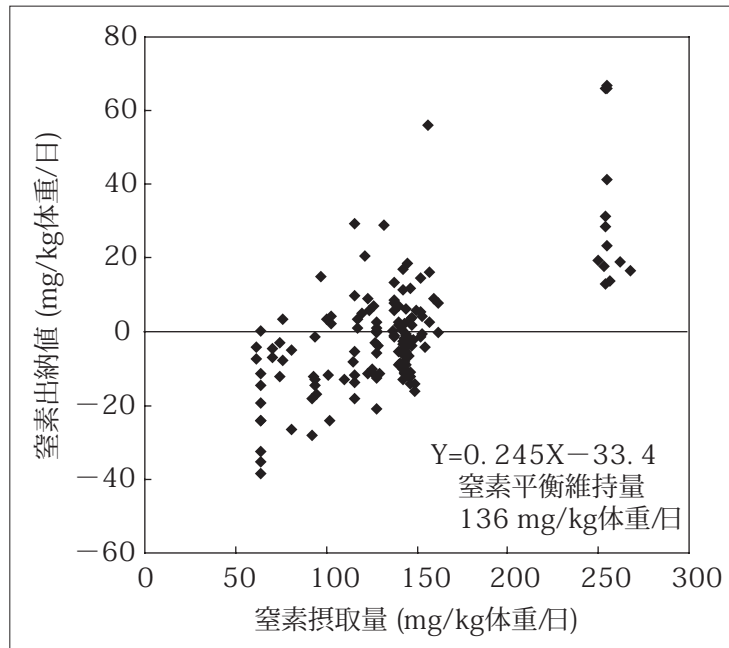


図1 高齢者の窒素出納（5つの研究^{22, 29-32)}より)

窒素摂取量を混合たんぱく質に補正（卵たんぱく質×100/90）。

雑多な窒素損失量：各研究における測定値、あるいは5 mg/kg 体重 /日（FAO/WHO/UNU, 1973）。

窒素出納 = 窒素摂取量 - 窒素排泄量。

と考えられるが、たんぱく質の推定平均必要量は若年成人と差は認められないとの報告もある⁹⁾。一般に、高齢者では、日常の生活活動は不活発となり、食欲低下と相まって食事摂取量が少なくなることが多い。このような生活習慣の違いもたんぱく質の推定平均必要量に影響を及ぼすと考えられる。

健康な高齢者が通常の食事を摂取している条件下で観察された窒素出納維持値の平均値を推定平均必要量とみなした。

高齢者のたんぱく質の推定平均必要量について検討した報告のうち、被験者個々の窒素出納結果が記載されていた5つの研究^{22, 29-32)}における60人の被験者の窒素出納144データを用いたプールド・アナリシスを行い、得られた平均値0.85g/kg 体重/日（136mg 窒素/kg 体重/日）を推定平均必要量とした（図1）。ただし、この値は、混合たんぱく質の消化率に90%、その他の窒素損失に実測値または5mgを用いて補正した後のものである。

なお、施設入居者や在宅ケア対象の高齢者では、低栄養状態にあり負の窒素出納を示す人が少ない³³⁾。身体活動量が低下すると骨格筋のたんぱく質代謝が低下し、たんぱく質の推定平均必要量は大きくなる。また、エネルギー摂取量が低い場合にもたんぱく質の推定平均必要量は大きくなるので、そのような対象については、健康人とは別にたんぱく質補給量を考慮する必要がある。

2-2-3. 小児（推定平均必要量・推奨量）

1～17歳の幼児、児童及び青少年の推定平均必要量は、たんぱく質維持必要量と成長に伴い蓄積されるたんぱく質蓄積量から要因加算法によって算出した（表2）。ただし、利用効率は体重維持の場合のたんぱく質利用効率である。

推定平均必要量 (g/kg 体重/日)

$$= (\text{たんぱく質維持必要量} \div \text{利用効率}) + (\text{たんぱく質蓄積量} \div \text{蓄積効率})$$

$$\text{推定平均必要量 (g/日)} = \text{推定平均必要量 (g/kg 体重/日)} \times \text{基準体重 (kg)}$$

推奨量は、推奨量算定係数を成人と同じ 1.25 として次式により算出した。

$$\text{推奨量 (g/日)} = \text{推定平均必要量 (g/日)} \times \text{推奨量算定係数}$$

ここで、たんぱく質維持必要量には、成長期の幼児、児童及び青少年を被験者として行われた窒素出納試験成績³⁴⁻⁴⁰⁾によって得られている値の平均値である 0.67 g/kg 体重/日 (107 mg 窒素/kg 体重/日) を採用した (表 3)。ただし、尿と便以外のその他の窒素損失 (平均±標準偏差) は、現在利用できる報告^{34, 41-44)}をもとに、 6.5 ± 2.3 mg 窒素/kg 体重/日 (5~9 mg 窒素/kg 体重/日) として、上記のたんぱく質維持必要量を算出した。また、幼児、児童及び青少年期といった発育過程によってたんぱく質維持必要量が異なるという根拠が見当たらないので、この値を小児すべての年齢にわたって用いた。

成長に伴うたんぱく質の蓄積量は、小児の各年齢における基準体重の増加量と基準体重に対する体たんぱく質の割合から算出した。小児の体重に対する体たんぱく質の割合は、出生時から 10 歳までの体組成値⁴⁵⁾、4 か月から 2 歳までの体組成値⁴⁶⁾、4 歳から 18 歳までの体組成⁴⁷⁾に基づき算出した。

利用効率には、9~14 か月齢について検討された結果 (1 歳児における体重維持の場合の利用効率が 70%、蓄積効率が 40%)³⁴⁾を用いた。なお、蓄積効率は小児では 40% とみなし、体重維持の場合の利用効率は、成長に伴い成人の値 (90%) に近づくと考えた。

表 2 小児の推定平均必要量の算出方法

年齢 (歳)	基準体重 (A) (kg)	体重増加量 (B) (kg/年)	体たんぱく質 (C) (%)	蓄積量 (D) (g/kg/日)	蓄積効率 (E) (%)	維持必要量 (F) (g/kg/日)	利用効率 (G) (%)	推定平均 必要量 (g/日)
男子								
1~2	11.7	2.1	13.2	0.065	40	0.67	70	13.1
3~5	16.2	2.1	14.7	0.052	40	0.67	70	17.6
6~7	22.0	2.5	15.5	0.048	40	0.67	70	23.7
8~9	27.5	3.4	14.5	0.049	40	0.67	70	29.7
10~11	35.5	4.5	13.9	0.048	40	0.67	75	36.0
12~14	48.0	4.2	13.9	0.033	40	0.67	80	44.2
15~17	58.4	2.0	15.0	0.014	40	0.67	85	48.1
女子								
1~2	11.0	2.1	13.0	0.068	40	0.67	70	12.4
3~5	16.2	2.2	14.1	0.052	40	0.67	70	17.6
6~7	22.0	2.5	14.1	0.044	40	0.67	70	23.5
8~9	27.2	3.1	13.7	0.043	40	0.67	70	28.9
10~11	34.5	4.1	14.6	0.048	40	0.67	75	34.9
12~14	46.0	3.1	14.8	0.027	40	0.67	80	41.7
15~17	50.6	0.8	11.9	0.005	40	0.67	85	40.5

ただし、蓄積量(D) = $B \times 1,000 \div 365 \times C \div 100 \div A$

$$\text{推定平均必要量 (g/日)} = (D \div E \times 100) + (F \div G \times 100) \times A$$

$$\text{推奨量 (g/日)} = \text{推定平均必要量 (g/日)} \times 1.25$$

表3 成長期におけるたんぱく質維持必要量

参考文献番号	年齢	対象人数	平均窒素必要量 (mg 窒素/kg 体重/日)	たんぱく質維持必要量 (g/kg 体重/日)
34)	9～17 か月	24	112	0.70
34)	9～17 か月	10	116	0.73
35)	18～26 か月	7	102	0.64
36)	17～31 か月	10	66	0.41
36)	17～31 か月	10	90	0.56
38)	22～29 か月	5	149	0.93
37)	34～62 か月	6	76	0.48
37)	34～62 か月	7	127	0.79
39)	8～9 歳	8	126	0.79
40)	12～14 歳	8	107	0.67
平均	—	—	107	0.67

なお、小児におけるたんぱく質摂取の重要性を考慮し、丸め処理には切り上げを用いた。

2-2-4. 乳児（目安量）

乳児の場合、たんぱく質必要量は、成人のように窒素出納法で決められないので、健康な乳児が摂取する母乳や人工乳などに含有されるたんぱく質量から算定されることになる。したがって、目安量の概念に基づいて策定した。

離乳期になると母乳以外のたんぱく質を摂取することとなり、たんぱく質の食事摂取基準の策定法が異なる。そこで、乳児期というライフステージを3区分、すなわち生後0～5か月、6～8か月、9～11か月に分けて策定することとした。

0～5か月児の場合、母乳栄養でたんぱく質欠乏をきたすことは報告されていない。したがって、哺乳量と母乳のたんぱく質濃度から目安量を算出した。乳児の哺乳量についてはわが国と諸外国とのあいだで明らかな差はみられず、乳児の哺乳量は0.63～0.86 L/日程度⁴⁸⁻⁵⁴⁾であるので、0.78 L/日^{53,54)}を用いた。母乳中たんぱく質濃度も人種間で差はないものと考えられ^{49,51,55-61)}、この間の平均母乳中たんぱく質濃度は12.6 g/Lとした。したがって、目安量は次のように求めた。

$$\text{目安量(g/日)} = 12.6(\text{g/L}) \times 0.78 (\text{L/日}) = 9.83$$

離乳期に入ると、乳児の栄養摂取状態は大きく変化する。6～8か月児における母乳以外の離乳食からのたんぱく質摂取量を日本人における報告⁵⁶⁾に基づき6.1g/日と見積もった。一方、この間の乳児の平均哺乳量は約0.60L/日であり^{51,57)}、母乳中のたんぱく質濃度は10.6g/Lとした^{45,50,52)}。したがって、母乳と母乳以外からのたんぱく質摂取量の目安量を次のように求めた。

$$\begin{aligned} \text{目安量(g/日)} &= \text{母乳中のたんぱく質濃度} \times \text{平均哺乳量} + \text{母乳以外の離乳食のたんぱく質量} \\ &= 10.6(\text{g/L}) \times 0.60(\text{L/日}) + 6.1(\text{g/日}) = 12.5 \end{aligned}$$

9～11か月児の母乳以外の離乳食のたんぱく質摂取量は、日本人における報告^{61,62)}に基づき17.9g/日と見積もった。一方、この間の乳児の平均哺乳量は約0.45L/日であり^{51,57)}、母乳中のたんぱく質濃度は9.2g/Lとした^{50,55-57)}。したがって、母乳と母乳以外からのたんぱく質摂取量の目安量を次のように求めた。

$$\begin{aligned} \text{目安量(g/日)} &= \text{母乳中のたんぱく質濃度} \times \text{平均哺乳量} + \text{母乳以外の離乳食のたんぱく質量} \\ &= 9.2(\text{g/L}) \times 0.45(\text{L/日}) + 17.9(\text{g/日}) = 22.0 \end{aligned}$$

人工乳栄養児における目安量 (g/日) は、人工乳のたんぱく質利用効率を考慮して参考として示した。人工乳のたんぱく質の利用効率を母乳の 70%¹¹⁾とみなし、次のように求めた。

$$\begin{aligned} 0 \sim 5 \text{ か月} &: 12.6(\text{g/L}) \times 0.78(\text{L/日}) \times 100/70 = 14.0 \\ 6 \sim 8 \text{ か月} &: 10.6(\text{g/L}) \times 0.60(\text{L/日}) \times 100/70 + 6.1(\text{g/日}) = 15.2 \\ 9 \sim 11 \text{ か月} &: 9.2(\text{g/L}) \times 0.45(\text{L/日}) \times 100/70 + 17.9(\text{g/日}) = 23.8 \end{aligned}$$

2-2-5. 妊婦：付加量（推定平均必要量・推奨量）

妊娠期の体たんぱく質蓄積量は体カリウム増加量より間接的に算定が可能である。体カリウム増加量に、カリウム・窒素比 (2.15 mmol カリウム/g 窒素)⁶³⁾、及びたんぱく質換算係数 (6.25) を用いて、体たんぱく質蓄積量は次式より計算できる。

$$\text{たんぱく質蓄積量(g/日)} = \text{体カリウム蓄積量} \div 2.15 \times 6.25$$

ただし、体たんぱく質蓄積量は、妊娠中の体重増加量により変化することを考慮に入れる必要があるため、最終的な体重増加量を 11 kg とし⁶⁴⁾、諸家の報告の対象の妊娠中体重増加量に対して補正を加えて、それぞれの研究における体カリウム増加量を求め、体たんぱく質蓄積量を表 4 のように算定した^{63, 65-67)}。

妊娠各期におけるたんぱく質蓄積量の比は、初期：中期：末期 = 0 : 1 : 3.9 であるという報告⁶⁷⁾を用いて、観察期間が中期・末期である報告については、この期間の総体たんぱく質蓄積量を求め (妊娠日数 280 × 2/3 を乗ずる)、単純に上記の比率で中期と末期に割り当てた後、それぞれの期間の 1 日当たりの体たんぱく質蓄積量を算出した。

こうして各研究から得られた値を単純平均して算出すると、初期：0 g/日、中期：1.94 g/日、末期：8.16 g/日となる。これらをたんぱく質の蓄積効率 (43%)⁶³⁾で割り、丸め処理を行って各期の付加量 (推定平均必要量) を初期：0 g/日、中期：5 g/日、末期：20 g/日とした。

表 4 妊娠期における体たんぱく質蓄積量

参考文献 番号	対象 人数	体カリウム 増加量 (mmol/日)	体たんぱく質 蓄積量 (g/日)	妊娠中に おける 観察期間	中期の 体たんぱく質 蓄積量 (g/日)	末期の 体たんぱく質 蓄積量 (g/日)
63)	10	3.41	9.91	末期		9.91
65)	27	1.71	4.97	中期・末期	2.03	7.91
66)	22	2.02	5.87	中期・末期	2.40	9.35
67)	34	1.18	3.43	中期・末期	1.40	5.46
平均値					1.94	8.16

2-2-6. 授乳婦：付加量（推定平均必要量・推奨量）

分娩により妊娠時に蓄積したたんぱく質のかなりの部分が失われるが、蓄積された体たんぱく質

の一部は母体内に残る。また、産褥期には体重減少や授乳によるたんぱく質の損失が生じる。そこで、妊娠によるたんぱく質蓄積残と体重増加残に対するたんぱく質付加量とは相殺されるものとした。したがって、授乳期のたんぱく質付加量は泌乳に対する付加量のみとなる。

離乳開始期までの6か月間を母乳のみによって授乳した場合、1日の平均哺乳量を0.78L/日とした^{53,54)}。この間の平均母乳中たんぱく質濃度は12.6g/Lとした^{49,51,55-61)}。食事性たんぱく質から母乳たんぱく質への変換効率は、1985年FAO/WHO/UNU報告¹¹⁾に基づき70%とした。授乳婦の付加量(推定平均必要量)は、これらの値を用い(12.6g/L×0.78L/日÷0.70=14.04g/日、丸め処理を行って15g/日)とした。付加量(推奨量)は、推奨量算定係数を1.25と仮定して、それをかけて17.6g/日(丸め処理を行って20g/日)とした。

2-3. 耐容上限量

たんぱく質の耐容上限量は、たんぱく質の過剰摂取により生じる健康障害を根拠に設定されなければならない。しかし現時点では、たんぱく質の耐容上限量を策定し得る明確な根拠となる報告は十分には見当たらない。そこで、耐容上限量は設定しないこととした。

しかし、40歳以下の健康な成人に1.9~2.2g/kg体重/日のたんぱく質を一定期間摂取させると、インスリンの感受性低下、酸・シュウ酸塩・カルシウムの尿排泄増加、糸球体ろ過量の増加、骨吸収の増加、血漿グルタミン濃度の低下などの好ましくない代謝変化が生じることが報告されている⁶⁸⁾。また、65歳以上の男性に2g/kg体重/日以上なたんぱく質を摂取させると、血中尿素窒素が10.7mmol/L以上に上昇し、高窒素血症が発症することが報告されている⁶⁹⁾。これらの報告より、成人においては年齢にかかわらず、たんぱく質摂取は2.0g/kg体重/日未満に留めるのが適当である。

3. 不可欠アミノ酸の推定平均必要量

不可欠(必須)アミノ酸とは、ロイシン、イソロイシン、バリン、リジン、トレオニン、トリプトファン、メチオニン、フェニルアラニン、ヒスチジンである。ヒスチジンは、これを含んでいない食事を与えた人でヘモグロビン濃度に対して有害作用が認められたことから⁷⁰⁾、不可欠アミノ酸であるとみなされている。

たんぱく質の栄養価は、それを構成するアミノ酸(とくに不可欠アミノ酸)組成により評価される。人の必要とする個々の不可欠アミノ酸量はその評価の基準となるため、不可欠アミノ酸必要量を正確に把握することは重要である。¹³C標識アミノ酸を用い、呼気への¹³CO₂排泄量からアミノ酸必要量を算定する方法⁷¹⁾によりアミノ酸必要量は求められる^{12,72)}。2007年にWHO/FAO/UNUから報告された成人の不可欠アミノ酸の推定平均必要量¹²⁾を表5に示した。ただし、上記のアミノ酸必要量の測定では、測定しようとするアミノ酸の摂取量を不足から過剰の範囲で変化させ、その他のすべてのアミノ酸の必要量は満たされた条件に設定されている。したがって、表5の合計の不可欠アミノ酸(総不可欠アミノ酸)量を摂取してもすべてのアミノ酸の必要量が満たされるわけではないことに注意すべきである。さらに、他の栄養素の摂取状態もたんぱく質・アミノ酸摂取量に大きく影響する。例えば、エネルギー摂取量が不足状態では、たんぱく質はエネルギー源として利用され、たんぱく質利用効率は低下する。逆に、エネルギー摂取量の増加は、たんぱく質摂取量が一定であっても、窒素出納値を改善する。これはエネルギーのたんぱく質節約作用として古くから知られている¹⁾。

表5 成人の不可欠アミノ酸の推定平均必要量¹

アミノ酸	推定平均必要量	
	(mg/kg 体重/日)	(mg/g たんぱく質)
ヒスチジン	10	15
イソロイシン	20	30
ロイシン	39	59
リジン	30	45
メチオニン+システイン	15	22
メチオニン	10	16
システイン	4	6
フェニルアラニン+チロシン	25	38
トレオニン	15	23
トリプトファン	4	6
バリン	26	39
総必須アミノ酸	184	277
たんぱく質推定平均必要量 ²	660	—

¹ 参考文献¹²⁾より引用。表中の数値は、¹³C 標識アミノ酸を用いて測定された種々の報告の中央値である。

² 成人のたんぱく質推定平均必要量については、本書では日本人のデータも含めて計算されており、0.65 g/kg 体重/日と算出されている。

乳幼児、児童及び青少年の不可欠アミノ酸の推定平均必要量では、たんぱく質推定平均必要量の項目において述べたように、体重維持のためのアミノ酸必要量に加えて成長に伴うアミノ酸必要量も加えられる。したがって、それぞれの不可欠アミノ酸の推定平均必要量は成人のそれらに比べて高い。これらの数値を求めるために実施された研究は極めて少なく、主に要因加算法によりその数値は算出されている。実験的データの裏づけは成人の不可欠アミノ酸の推定平均必要量のデータに比べて少ないが、乳幼児と青少年の年代別不可欠アミノ酸の推定平均必要量が2007年 WHO/FAO/UNU 報告¹²⁾に示されている。

食品たんぱく質のアミノ酸スコアは化学的に分析された食品中のアミノ酸組成を用いて計算されたものである。しかし、人が摂取する場合は、たんぱく質の消化率やアミノ酸の有効性についても考慮する必要がある。そこで、通常のアミノ酸評点パターンに、たんぱく質の消化率を加味したたんぱく質消化率補正アミノ酸評点パターンがより正確な評価法として用いられるようになってきた⁷³⁾。また、加熱、アルカリ処理などによってもアミノ酸の有効性は変化するので、これらの要因についても考慮する必要がある。

参考文献

- 1) Munro HN. Carbohydrate and fat as factors in protein utilization and metabolism. *Physiol Rev* 1951; 31: 449-88.
- 2) Kishi K, Inoue G, Yoshimura Y, et al. Quantitative interrelationship between effects of nitrogen and energy intakes on egg protein utilization in young men. *Tokushima J Exp Med* 1983; 30: 17-24.
- 3) Pellett PL, Young VR. The effects of different levels of energy intake on protein metabolism and of different levels of protein intake on energy metabolism: a statistical evaluation from the published literature. In: *Protein-energy interactions*. United Nations University, Tokyo, 1992.
- 4) Millward DJ, Bowtell JL, Pacy P, et al. Physical activity, protein metabolism and protein requirements. *Proc Nutr Soc* 1994; 53: 223-40.
- 5) Young VT, Munro HN, Matthews DE, et al. Relationship of energymetabolism to protein metabolism. In: Kleinberger G, Deutsch E, eds. *New Aspects of Clinical Nutrition*. 4th Congress of the European Society Parenteral and Enteral Nutrition (ESPEN), Vienna, September 1982: Proceedings. S. Karger Medical and Scientific Publishers, Basel, 1983: 43-74.
- 6) Calloway DH. Energy-protein relationships: In: Bodwell CE, Adkins JS, Hopkins DT, eds. *Protein quality in humans: assessment and in vitro estimation*. Avi Publishing Company, Westport, 1982: 148-68.
- 7) Kido Y, Tsukahara T, Rokutan K, et al. Japanese dietary protein allowance is sufficient for moderate physical exercise in young men. *J Nutr Sci Vitaminol* 1997; 43: 59-71.
- 8) Kido Y, Tsukahara T, Rokutan K, et al. Recommended daily exercise for Japanese does not increase the protein requirement in sedentary young men. *J Nutr Sci Vitaminol* 1997; 43: 505-14.
- 9) Rand WM, Pellett PL, Young VR. Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *Am J Clin Nutr* 2003; 77: 109-27.
- 10) FAO/WHO. *Energy and protein requirements (Technical Report Series 522)*. WHO, Geneva, 1973.
- 11) FAO/WHO/UNU. *Energy and protein requirements (Technical Report Series 724)*. WHO, Geneva, 1985.
- 12) WHO/FAO/UNU. *Protein and amino acid requirements in human nutrition (WHO Technical Report Series 935)*. WHO, Geneva, 2007.
- 13) Bourges H, Lopez-Castro BR. Protein requirements of young adult men fed a Mexican rural diet. *Arch Latinoam Nutr* 1982; 32: 630-49.
- 14) Egana JI, Uauy R, Cassorla X, et al. Sweet lupin protein quality in young men. *J Nutr* 1992; 122: 2341-7.
- 15) Huang PC, Lin CP. Protein requirements of young Chinese male adults for ordinary Chinese mixed dietary protein and egg protein at usual levels of energy intake. *J Nutr* 1982; 112: 897-907.

- 16) Inoue G, Fujita Y, Niiyama Y. Studies on protein requirements of young men fed egg protein and rice protein with excess and maintenance energy intakes. *J Nutr* 1973; 103: 1673-87.
- 17) Inoue G, Takahashi T, Kishi K, et al. The evaluation of soy protein isolate alone and in combination with fish in adult Japanese men. In: Torún B, Young VR, Rand WM, eds. Protein-energy requirements of developing countries: evaluations of new data (Food and Nutrition Bulletin Supplement, No. 5). United Nations University, Tokyo, 1981: 77-87.
- 18) Kaneko K, Ishikawa K, Setoguchi K, et al. Utilization and requirement of dietary protein taking into account the dermal and miscellaneous nitrogen losses in Japanese women. *J Nutr Sci Vitaminol* 1988; 34: 459-67.
- 19) Komatsu T, Kishi K, Yamamoto T, et al. Nitrogen requirement of amino acid mixture with maintenance energy in young men. *J Nutr Sci Vitaminol* 1983; 29: 169-85.
- 20) Scrimshaw NS, Wayler AH, Murray E, et al. Nitrogen balance response in young men given one or 2 isolated soy proteins or milk proteins. *J Nutr* 1983; 113: 2492-7.
- 21) Tontisirin K, Sirichakawal PP, Valyasevi A. Protein requirements of adult Thai males. In: Torún B, Young VR, Rand WM, eds. Protein-energy requirements of developing countries: evaluations of new data (Food and Nutrition Bulletin Supplement No. 5). United Nations University, Tokyo, 1981: 88-97.
- 22) Uauy R, Scrimshaw NS, Young VR. Human protein requirements: nitrogen balance response to graded levels of egg protein in elderly men and women. *Am J Clin Nutr* 1978; 31: 779-85.
- 23) Wayler A, Queiroz E, Scrimshaw NS, et al. Nitrogen balance studies in young men to assess the protein quality of an isolated soy protein in relation to meat proteins. *J Nutr* 1983; 113: 2485-91.
- 24) Yanez E, Uauy R, Ballester D, et al. Capacity of the Chilean mixed diet to meet the protein and energy requirements of young adult males. *Br J Nutr* 1982; 47: 1-10.
- 25) Young VR, Taylor YSM, Rand WM, et al. Protein requirements of man: efficiency of egg protein utilization at maintenance and submaintenance levels in young men. *J Nutr* 1973; 103: 1164-74.
- 26) Young VR, Fajardo L, Murray E, et al. Protein requirements of man: comparative nitrogen balance response within the submaintenance-to-maintenance range of intakes of wheat and beef proteins. *J Nutr* 1975; 105: 534-42.
- 27) Young VR, Puig M, Queiroz E, et al. Evaluation of the protein quality of an isolated soy protein in young men: relative nitrogen requirements and effect of methionine supplementation. *Am J Clin Nutr* 1984; 39: 16-24.
- 28) 檜垣仁, 塚原美佳, 木戸康博, 他. 日本人の日常摂取混合蛋白質の利用効率. 第43回日本栄養・食糧学会総会講演要旨集 1989: 192.
- 29) Cheng AHR, Gomez A, Bergan JG, et al. Comparative nitrogen balance study between young and aged adults using three levels of protein intake from a combination wheat-soy-milk mixture. *Am J Clin Nutr* 1978; 31: 12-22.
- 30) Gersovitz M, Motil K, Munro HN, et al. Human protein requirements: assessment of the

- adequacy of the current Recommended Dietary Allowance for dietary protein in elderly men and women. *Am J Clin Nutr* 1982; 35: 6-14.
- 31) Campbell WW, Crim MC, Dallal GE, et al. Increased protein requirements in elderly people: new data and retrospective reassessments. *Am J Clin Nutr* 1994; 60: 501-9.
 - 32) Casteneda C, Charnley JM, Evans WJ, et al. Elderly women accommodate to a low-protein diet with losses of body cell mass, muscle function, and immune response. *Am J Clin Nutr* 1995; 62: 30-9.
 - 33) 海老沢秀道, 大関知子, 市川みね子, 他. 養護老人ホーム利用者の窒素出納維持量. 必須アミノ酸研究 1992; 136: 9-12.
 - 34) Huang PC, Lin CP, Hsu JY. Protein requirements of normal infants at the age of about 1 year: maintenance nitrogen requirements and obligatory nitrogen losses. *J Nutr* 1980; 110: 1727-35.
 - 35) Intengan CL, Roxas BV, Loyola A, et al. Protein requirements of Filipino children 20 to 29 months old consuming local diets. In: Torún B, Young VR, Rand WM, eds. Protein-energy requirements of developing countries: evaluation of new data. United Nations University, Tokyo, 1981: 172-81.
 - 36) Torún B, Cabrera-Santiago MI, Viteri FE. Protein requirements of pre-school children: milk and soybean protein isolate. In: Torún B, Young VR, Rand WM, eds. Protein-energy requirements of developing countries: evaluation of new data. United Nations University, Tokyo, 1981: 182-90.
 - 37) Egana MJI, Fuentes A, Uauy R. Protein needs of Chilean pre-school children fed milk and soy protein isolate diets. In: Rand WM, Uauy R, Scrimshaw NS, eds. Protein-energy-requirement studies in developing countries: results of international research. United Nations University, Tokyo, 1984: 249-57.
 - 38) Intengan CL. Protein requirements of Filipino children 20-29 months old consuming local diets. In: Torún B, Young VR, Rand WM, eds. Protein-energy-requirement studies in developing countries: results of international research. United Nations University, Tokyo, 1984: 258-64.
 - 39) Gattas V, Barrera GA, Riumallo JS, et al. Protein-energy requirements of prepubertal school-age boys determined by using the nitrogen-balance response to a mixed-protein diet. *Am J Clin Nutr* 1990; 52: 1037-42.
 - 40) Gattas V, Barrera GA, Riumallo JS, et al. Protein-energy requirements of boys 12-14y old determined by using the nitrogen balance response to a mixed protein diet. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 499-503.
 - 41) Howat PM, Korlund MK, Abernathy RP, et al. Sweat nitrogen losses by and nitrogen balance of preadolescent girls consuming three levels of dietary protein. *Am J Clin Nutr* 1975; 28: 879-82.
 - 42) Korlund MK, Leung EY, Meiners CR, et al. The effects of sweat nitrogen losses in evaluating protein utilization by preadolescent children. *Am J Clin Nutr* 1976; 29: 600-3.
 - 43) Viteri FE, Martinez C. Integumental nitrogen losses of pre-school children with different levels and sources of dietary protein intake. In: Torún B, Young VR, Rand WM, eds.

- Protein-energy requirements of developing countries: evaluation of new data. United Nations University, Tokyo, 1981: 164-8.
- 44) Torún B, Viteri FE. Obligatory nitrogen losses and factorial calculations of protein requirements of pre-school children. In: Torún B, Young VR, Rand WM, eds. Protein-energy requirements of developing countries: evaluation of new data. United Nations University, Tokyo, 1981: 159-63.
 - 45) Fomon SJ, Haschke F, Ziegler EE, et al. Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am J Clin Nutr* 1982; 35: 1169-75.
 - 46) Butte NF, Hopkinson JM, et al. Body composition during the first 2 years of life: an updated reference. *Pediatr Res* 2000; 47: 578-85.
 - 47) Ellis KJ, Shypailo RJ, Abrams SA, et al. The reference children and adolescent models of body composition. *Ann NY Acad Sci* 2000; 904: 374-82.
 - 48) 高井俊夫, 久原良躬, 合瀬徹, 他. 母乳ならびに粉乳を ad libitum に与えた場合の観察 (第II報). *日本小児科学会雑誌* 1968; 72: 1583.
 - 49) Allen JC, Keller RP, Archer P, et al. Studies in human lactation: milk composition and daily secretion rates of macronutrients in the first year of lactation. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 69-80.
 - 50) Nommsen LA, Lovelady CA, Heinig MJ, et al. Determinants of energy, protein, lipid, and lactose concentrations in human milk during the first 12 months of lactation. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 457-65.
 - 51) 米山京子. 母乳栄養児の発育と母乳からの栄養素摂取量. *小児保健研究* 1998; 57: 49-57.
 - 52) 北村キミヨ, 落合富美江, 清水嘉子, 他. 母乳中の主要成分濃度の逐次的変化. *母性衛生* 2002; 43: 493-9.
 - 53) 鈴木久美子, 佐々木晶子, 新澤佳代, 他. 離乳前乳児の哺乳量に関する研究. *栄養学雑誌* 2004; 62: 369-72.
 - 54) 廣瀬潤子, 遠藤美佳, 柴田克己, 他. 日本人母乳栄養児 (0~5ヵ月) の哺乳量. *日本母乳哺育学会雑誌* 2008; 2: 23-8.
 - 55) 山本良郎, 米久保明得, 飯田耕司, 他. 日本人の母乳組成に関する研究 (第1報). *小児保健研究* 1981; 40: 468-75.
 - 56) 井戸田正, 桜井稔夫, 石山由美子, 他. 最近の日本人乳組成に関する全国調査研究 (第1報)—一般成分およびミネラルについて—. *日本小児栄養消化器病学会誌* 1991; 5: 145-58.
 - 57) 米山京子, 後藤いずみ, 永田久紀. 母乳の栄養成分の授乳月数に伴う変動. *日本公衛誌* 1995; 42: 472-81.
 - 58) 磯村晴彦. 母乳成分の分析—最近の日本人の母乳分析に関して—. *産婦人科の実際* 2007; 56: 305-13.
 - 59) Dewy KG, Lonnerdal B. Milk and nutrient intake of breast-fed infants from 1 to 6 months: Relation to growth and fatness. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1983; 2: 497-506.
 - 60) Butte NF, Garza C, O'Brian Smith E, et al. Human milk intake and growth in exclusively breast-fed infants. *J Pediatr* 1984; 104: 187-95.
 - 61) 中埜拓, 加藤健, 小林直道, 他. 乳幼児の食生活に関する全国調査—離乳食および乳汁から

- の栄養素等の摂取状況について一. 小児保健研究 2003; 62: 630-9.
- 62) 外間登美子, 安里葉子, 仲里幸子. 沖縄県中城村における離乳期の鉄の摂取状況—第2報, 離乳後期の栄養調査成績—. 小児保健研究 1998; 57: 45-8.
 - 63) King JC, Calloway DH, Margen S. Nitrogen retention, total body ⁴⁰K and weight gain in teenage pregnant girls. J Nutr 1973; 103: 772-85.
 - 64) Takimoto H, Sugiyama T, Fukuoka H, et al. Maternal weight gain ranges for optimal fetal growth in Japanese women. Int J Gynecol Obstet 2006; 92: 272-8.
 - 65) Pipe NGJ, Smith T, Halliday D, et al. Changes in fat, fat free mass and body water in human normal pregnancy. Br J Obstet Gynecol 1979; 86: 929-40.
 - 66) Forsum E, Sadurskis A, Wager J. Resting metabolic rate and body composition of healthy Swedish women during pregnancy. Am J Clin Nutr 1988; 47: 942-7.
 - 67) Butte NE, Ellis KJ, Wong WW, et al. Composition of gestational weight gain impacts maternal fat retention and infant birth weight. Am J Obstet Gynecol 2003; 189: 1423-32.
 - 68) Metges CC, Barth CA. Metabolic consequences of a high density-protein intake in adulthood: assessment of the available evidence. J Nutr 2000; 130: 886-9.
 - 69) Klein CJ, Stanek GS, Wiles CE 3rd. Overfeeding macronutrients to critically ill adults: metabolic complications. J Am Diet Assoc 1998; 98: 795-806.
 - 70) Kriengsinyos W, Rafii M, Wykes LJ, et al. Long-term effects of histidine depletion on whole-body protein metabolism in healthy adults. J Nutr 2002; 132: 3340-8.
 - 71) Pencharz PB, Ball RO. Different approaches to define individual amino acid requirements. Ann Rev Nutr 2003; 23: 101-16.
 - 72) 岸恭一, 木戸康博 (編集). タンパク質・アミノ酸の新栄養学. 講談社, 東京, 2007.
 - 73) FAO. Protein quality evaluation (FAO Food and Nutrition Paper 51). FAO, 1991.

たんぱく質の食事摂取基準 (g/日)

性別	男性				女性			
	推定平均 必要量	推奨量	目安量	耐容 上限量	推定平均 必要量	推奨量	目安量	耐容 上限量
0～5 (月)	—	—	10	—	—	—	10	—
6～8 (月)	—	—	15	—	—	—	15	—
9～11 (月)	—	—	25	—	—	—	25	—
1～2 (歳)	15	20	—	—	15	20	—	—
3～5 (歳)	20	25	—	—	20	25	—	—
6～7 (歳)	25	30	—	—	25	30	—	—
8～9 (歳)	30	40	—	—	30	40	—	—
10～11 (歳)	40	45	—	—	35	45	—	—
12～14 (歳)	45	60	—	—	45	55	—	—
15～17 (歳)	50	60	—	—	45	55	—	—
18～29 (歳)	50	60	—	—	40	50	—	—
30～49 (歳)	50	60	—	—	40	50	—	—
50～69 (歳)	50	60	—	—	40	50	—	—
70 以上 (歳)	50	60	—	—	40	50	—	—
妊婦 (付加量) 初期 中期 末期					+0	+0	—	—
					+5	+5	—	—
		+20	+25	—	—			
授乳婦 (付加量)					+15	+20	—	—