

1-2 たんぱく質

1. 基本的事項

1-1. 定義と分類

たんぱく質（蛋白質、たん白質、タンパク質、protein）とは、20種類のL-アミノ酸がペプチド結合してできた化合物である。たんぱく質は、生物の重要な構成成分の一つであり、構成するアミノ酸の数や種類、またペプチド結合の順序によって種類が異なり、分子量4,000前後のものから、数千万から億単位になるウイルスたんぱく質まで多種類が存在する。ペプチド結合したアミノ酸の個数が少ない場合にはペプチドという。たんぱく質を構成するアミノ酸は20種であり、直接コドンに暗号化されている。ヒトはその20種のうち、11種を他のアミノ酸又は中間代謝物から合成することができる。それ以外の9種は食事によって摂取しなければならず、それらを不可欠アミノ酸（必須アミノ酸）という。不可欠アミノ酸はヒスチジン、イソロイシン、ロイシン、リシン、メチオニン、フェニルアラニン、トレオニン、トリプトファン、そしてバリンである。

1-2. 機能

たんぱく質は、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働いている。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としても利用される。

たんぱく質が欠乏すると、カシオコアとなる。たんぱく質の過剰症は報告されていない。

1-3. 消化、吸収、代謝

摂取した食品中のたんぱく質は、胃の胃酸やペプシン、膵液中のエンドペプチダーゼ（トリプシン、キモトリプシン、エラスターゼ）とエキソペプチダーゼ（カルボキシペプチダーゼ）の働きにより遊離アミノ酸とオリゴペプチドに分解される。オリゴペプチドは、小腸上皮細胞の刷子縁膜に局在するオリゴペプチダーゼの働きでトリペプチド、ジペプチド、遊離アミノ酸にまで分解される。小腸における遊離アミノ酸の吸収は、複数の輸送担体により行われる。この輸送担体には Na^+ 依存性と Na^+ 非依存性のものがある。また、ジペプチドやトリペプチドはアミノ酸輸送系とは異なるペプチド輸送担体によって小腸細胞内に取り込まれ、細胞内ペプチダーゼによって加水分解される。ペプチド輸送担体は、 H^+ 依存性である。

腸管より吸収された遊離アミノ酸は、門脈を経て肝臓に入り、そこで肝たんぱく質や血清たんぱく質などが合成され、一部は可欠アミノ酸（非必須アミノ酸）に変化し、一部はそのまま血液中に送出される。血液中のアミノ酸は、各組織に取り込まれ組織たんぱく質の供給源として、また、ホルモンや生理活性物質、核酸などの構成成分となる。さらに、酸化されるとエネルギーとしても利用される。体たんぱく質は、合成と分解を繰り返しており、動的平衡状態を保っている。たんぱく質の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として体外に失われる。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、その上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. 欠乏の回避

2-1. 要求量を決めるために考慮すべき事項

日本人の食事摂取基準（2010年版）のたんぱく質の食事摂取基準は、窒素出納維持量を基に算定されている。窒素出納法によりたんぱく質の食事摂取基準を算定するためには、①技術的問題点、②たんぱく質摂取量の変更に伴う代謝適応、③エネルギーのたんぱく質節約作用、④生活習慣、⑤個人間変動について考慮しなければならない。

2-1-1. 窒素出納法の技術的問題点

窒素出納法では、全ての窒素摂取量と全ての窒素排泄量について正確に定量する必要がある。窒素摂取量は、こぼしたものや皿に残っているものなど摂取できなかった食物の全てを集めることは難しく、摂取量を高く見積もられる可能性が高い。身体からの窒素排泄量は、主に尿と糞便であるが、これ以外にも皮膚、汗、落屑、毛髪、爪など様々な体分泌物による損失もある。これら総排泄量は、高く見積もられるよりも低く見積もられる可能性が高い。以上のように、たんぱく質摂取量を高く見積もり、たんぱく質排泄量を低く見積もるので、誤って正の窒素出納という結果になりやすい。したがって、窒素出納法では、正に誤って算出され、たんぱく質又はアミノ酸必要量が低く見積もられる傾向となる。

2-1-2. たんぱく質摂取量の変更に伴う代謝変化

食事性たんぱく質の摂取量を変えた場合には、通常、その後適応するまで一定の期間を置く必要がある。代謝が新しいたんぱく質摂取量に適応するのに時間がかかるだけでなく、身体の尿素プールもたんぱく質摂取量の変化に対して調整を必要とするからである。たんぱく質摂取量の増減により尿素プールは拡大したり縮小したりするが、半減期は約8～12時間であり、新しいサイズに達するまでに48時間以上を要する。その間、尿素窒素排出量はアミノ酸酸化の指標とはならない。

適応に必要な正確な期間について、1985年FAO（国連食糧農業機関）/WHO（世界保健機関）/UNU（国際連合大学）報告¹⁾では、各年齢層と性別で最初の5～7日間のうちに主な調整は完了するという結論を出した。この結論に基づくと、1週間以下の期間しか設けていない窒素出納研究では信頼できるデータが得られる可能性は低く、1～3週間の食事期間を設けて実施した研究を採用しなければならない。

2-1-3. エネルギーのたんぱく質節約作用

たんぱく質利用効率は、たんぱく質、アミノ酸、総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²⁾。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が増すと窒素出納は改善される³⁾。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間に有意な正相関が認められている⁴⁾。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

—平衡状態で測定されるようになった。

2-1-4. 生活習慣

2-1-4-1. 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、その他の栄養素不足を招きやすい。たんぱく質必要量と身体活動の関係について、運動不足は体たんぱく質異化状態を招き、適度の運動は食事性たんぱく質の利用を高め、一方、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⁵⁾。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^{6,7)}。

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。なお、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^{8,9)}。

2-1-4-2. 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、その影響は窒素出納維持量の中に既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。

2-1-4-3. 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関係は明らかではない。

2-1-5. 個人間変動

これまでに報告されている窒素出納維持量には、研究者間で10%から40%程度の大きな幅が見られる。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%は研究者間の変動であり、残りの60%が各研究者内の変動であると報告されている¹⁰⁾。また、同一被験者で繰り返し測定された成績から、各研究者内の変動の2/3は個人内変動であり、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、推奨量の設定方法

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（動物性）たんぱく質のたんぱく質維持必要量を基に、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算定の参照値を算定し、その上に個人間変動を加えて推奨量を算定した。日常食混合たんぱく質の質については、平成22年、23年国民健康・栄養調査¹¹⁾の結果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¹²⁾、1985年FAO/WHO/UNUアミノ酸評点パターン¹⁾、2007年FAO/WHO/UNU評点パターン¹³⁾のいずれを基準に用いても100を超えている。したがって、質の補正は必要ない。

良質（動物性）たんぱく質の窒素出納維持量を検討した17の研究¹⁴⁻²⁸⁾の値を平均するとたんぱく質維持必要量は0.65 g/kg 体重/日（104 mg 窒素/kg 体重/日）となる。この値をもってたんぱく質維持必要量とした（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¹⁹⁾。また、男性（6人）について測定した結果は95.4%であった²⁹⁾。これらより、日常食混合たんぱく質の消化率は90%とし、以下の式で推定平均必要量を算定した。推奨量は、個人間の変動係数を12.5%と見積もり、推定平均必要量に推奨量算定係数1.25を乗じた値とした。

$$\text{推定平均必要量算定の参照値 (g/kg 体重/日)} = \text{たんぱく質維持必要量} \div \text{消化率} = 0.65 \div 0.90 = 0.72$$

$$\text{推定平均必要量 (g/日)} = \text{推定平均必要量算定の参照値 (g/kg 体重/日)} \times \text{参照体重 (kg)}$$

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

表1 健康な成人における良質（動物性）たんぱく質のたんぱく質維持必要量

参考文献番号	対象人数 (人)	たんぱく質維持必要量 (g/kg 体重/日)
14)	3	0.64
15)	6	0.47
16)	21	0.63
17)	11	0.64
18)	7	0.63
19)	15	0.96
20)	28	0.77
21)	6	0.68
22)	13	0.90
23)	7	0.46
23)	7	0.93
24)	7	0.73
24)	7	0.57
25)	8	0.60
26)	19	0.46
27)	7	0.51
28)	7	0.47
平均	—	0.65

2-2-2. 高齢者（推定平均必要量、推奨量）

成人期においては、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（18～31歳）と差は認められないとの報告もある¹⁰⁾。一般に、高齢者では、日常の生活活動は不活発となり、食欲

低下とあいまって食事摂取量が少なくなることが多い。このようなライフスタイル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量の平均値を推定平均必要量算定の参照値とみなした。

高齢者のたんぱく質の推定平均必要量算定の参照値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研究^{23,59-62)}の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0.85 g/kg 体重/日 (136 mg 窒素/kg 体重/日)を推定平均必要量算定の参照値とした(図1)。ただし、この値は、混合たんぱく質の消化吸収率に90%、その他の窒素損失に実測値又は5 mg/kg 体重/日を用いて補正した後のものである。また、推奨量は、個人間の変動係数を成人と同様に12.5%と見積もり、推定平均必要量に推奨量算定係数1.25を乗じた値とした。

$$\text{推定平均必要量 (g/日)} = \text{推定平均必要量算定の参照値 (g/kg 体重/日)} \times \text{参照体重}$$

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

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⁶³⁾。また、たんぱく質摂取量が低下している高齢者では、虚弱(フレイルティ)が高度にみられることが報告されている⁶⁴⁾。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、健康な人とは別にたんぱく質補給量を考慮する必要がある。

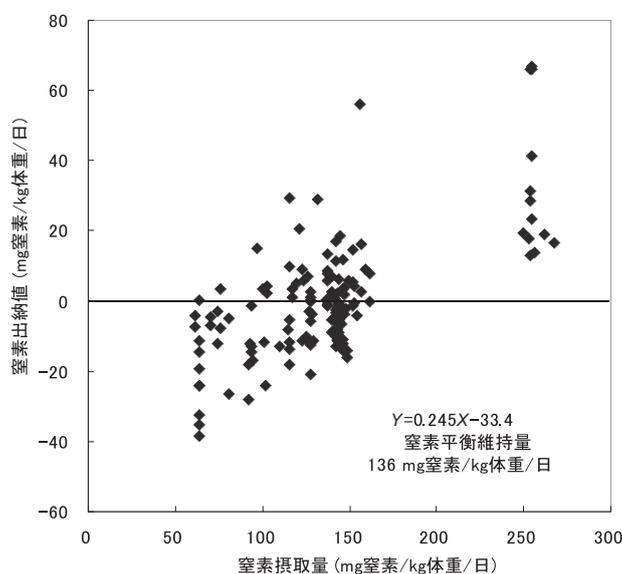


図1 高齢者の窒素出納 (五つの研究^{23,59-62)}より)

2-2-3. 小児 (推定平均必要量、推奨量)

1~17歳の小児の推定平均必要量算定の参照値は、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。推定平均必要量は、推定平均必要量算定の参照値に参照体重を乗じた値とした。推奨量は、個人間の変動係数を成人と同様に12.5%と見積もり、推定平均必要量

に推奨量算定係数 1.25 を乗じた値とした。

推定平均必要量算定の参照値 (g/kg 体重/日)

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

推定平均必要量 (g/日) = 推定平均必要量算定の参照値 (g/kg 体重/日) × 参照体重 (kg)

推奨量 (g/日) = 推定平均必要量 (g/日) × 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 (9~62 か月)、児童 (8~9 歳) 及び青少年 (12~14 歳) を被験者として行われた窒素出納試験成績³⁰⁻³⁶⁾ によって得られた値の平均値である 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は、現在利用できる報告^{30, 37-40)} を基に、 6.5 ± 2.3 mg 窒素/kg 体重/日 (5~9 mg 窒素/kg 体重/日) として、上記の維持必要量を算出した。幼児、児童及び青少年期といった発育過程によって維持必要量が異なるという根拠が見当たらないので、この値を小児全ての年齢にわたって用いた。

たんぱく質蓄積量は、成長に伴うたんぱく質の蓄積量として、小児の各年齢階級における参照体重の増加量と参照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⁴¹⁾、4 か月齢から 2 歳までの体組成値⁴²⁾、4 歳から 18 歳までの体組成値⁴³⁾ に基づき算出した。

利用効率には、9~14 か月児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%)³⁰⁾ を用いた。なお、蓄積効率は小児期を通して 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。

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。

表2 小児の推定平均必要量、推奨量

男 子									
年 齢 (歳)	(A) 参照 体重 (kg)	(B) 体重 増加量 (kg/年)	(C) 体たんぱく 質 (%)	(D) たんぱく質 蓄積量 (g/kg 体重/日)	(E) 蓄積 効率 (%)	(F) たんぱく質 維持必要量 (g/kg 体重/日)	(G) 利用 効率 (%)	推定 平均 必要量 (g/日)	推奨量 (g/日)
1~2	11.5	2.1	13.2	0.064	40	0.67	70	12.9	16.1
3~5	16.5	2.1	14.7	0.050	40	0.67	70	17.9	22.3
6~7	22.2	2.7	15.5	0.051	40	0.67	70	24.1	30.1
8~9	28.0	3.2	14.5	0.046	40	0.67	70	30.0	37.5
10~11	35.6	4.7	13.9	0.050	40	0.67	75	36.3	45.3
12~14	49.0	5.1	13.9	0.039	40	0.67	80	45.9	57.3
15~17	59.7	2.0	15.0	0.014	40	0.67	85	49.1	61.4
女 子									
年 齢 (歳)	(A) 参照 体重 (kg)	(B) 体重 増加量 (kg/年)	(C) 体たんぱく 質 (%)	(D) たんぱく質 蓄積量 (g/kg 体重/日)	(E) 蓄積 効率 (%)	(F) たんぱく質 維持必要量 (g/kg 体重/日)	(G) 利用 効率 (%)	推定 平均 必要量 (g/日)	推奨量 (g/日)
1~2	11.0	2.2	13.0	0.070	40	0.67	70	12.5	15.6
3~5	16.1	2.1	14.1	0.051	40	0.67	70	17.5	21.8
6~7	21.9	2.5	14.1	0.045	40	0.67	70	23.4	29.3
8~9	27.4	3.4	13.7	0.046	40	0.67	70	29.4	36.7
10~11	36.3	5.1	14.6	0.057	40	0.67	75	37.6	47.0
12~14	47.5	3.0	14.8	0.026	40	0.67	80	42.8	53.6
15~17	51.9	0.7	11.9	0.004	40	0.67	85	41.5	51.8

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

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

推奨量 = 推定平均必要量 $\times 1.25$

表3 小児におけるたんぱく質維持必要量

参考文献 番号	年齢等	対象人数	平均窒素出納維持量 (mg 窒素/kg 体重/日)	たんぱく質維持必要量 (g/kg 体重/日)
30)	9～17 か月	24	112	0.70
30)	9～17 か月	10	116	0.73
31)	18～26 か月	7	102	0.64
32)	17～31 か月	10	66	0.41
33)	17～31 か月	10	90	0.56
34)	22～29 か月	5	149	0.93
33)	34～62 か月	6	76	0.48
33)	34～62 か月	7	127	0.79
35)	8～9 歳	8	126	0.79
36)	12～14 歳	8	107	0.67
平均	—	—	107	0.67

2-2-4. 妊婦（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することができる。妊娠後期の平均の体カリウム増加量は 2.08 mmol/日であり⁶⁵⁻⁶⁸⁾、これにカリウム・窒素比 (2.15 mmol カリウム/g 窒素)⁶⁵⁾、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を次式により算出した。

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

ここで、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。すなわち、体たんぱく質蓄積量は、最終的な体重増加量を 11 kg とし⁶⁹⁾、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。

妊娠各期におけるたんぱく質蓄積量の比は、初期：中期：後期=0：1：3.9 であるという報告⁶⁸⁾を用いて、観察期間が中期・後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後期に割り当てた後、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、後期：8.16 g/日となる。また、たんぱく質の蓄積効率を 43%⁶⁵⁾ とした。妊婦の付加量 (推定平均必要量) は、これらの値を用い、初期 (0 g/日÷0.43=0 g/日、丸め処理を行って 0 g/日)、中期 (1.94 g/日÷0.43=4.51 g/日、丸め処理を行って 5 g/日)、後期 (8.16 g/日÷0.43=18.98 g/日、丸め処理を行って 20 g/日) とした。付加量 (推奨量) は、個人間の変動係数を 12.5% と見積り、推定平均必要量に推奨量算定係数 1.25 を乗じて、初期 0 g/日 (丸め処理を行って 0 g/日)、中期 5.64 g/日 (丸め処理を行って 10 g/日)、後期 23.73 g/日 (丸め処理を行って 25 g/日) とした。

表4 妊娠によ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)	後期の 体たんぱく質 蓄積量 (g/日)
65)	10	3.41	9.91	後期	—	9.91
66)	27	1.71	4.97	中期・後期	2.03	7.91
67)	22	2.02	5.87	中期・後期	2.40	9.35
68)	34	1.18	3.43	中期・後期	1.40	5.46
平均値			—		1.94	8.16

2-2-5. 授乳婦（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日当たりの平均泌乳量を0.78 L/日とし⁴⁴⁻⁵⁰⁾、この間の母乳中のたんぱく質濃度の平均値は12.6 g/Lとした^{45, 46, 51-56)}。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¹⁾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（12.6 g/L×0.78 L/日÷0.70=14.04 g/日）、丸め処理を行って15 g/日とした。付加量（推奨量）は、個人間の変動係数を12.5%と見積もり、推奨量算定係数を1.25を乗じて、17.6 g/日（丸め処理を行って20 g/日）とした。

2-3. 目安量の設定方法

2-3-1. 乳児

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乳児用調製粉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、目安量概念に基づいて策定した。また、乳児用調製粉乳のたんぱく質の利用効率は、その科学的根拠が報告されていない。そこで、人工栄養児のたんぱく質の食事摂取基準を設定することは見合わせ、参考値として示した。

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算定方法が異なる。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か月に分けて設定することとした。

2-3-1-1. 乳児 0～5か月（目安量）

0～5か月の乳児の場合、母乳栄養でたんぱく質欠乏を来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我が国と諸外国との間で明らかな差は見られず、乳児の哺乳量は0.63～0.86 L/日程度⁴⁴⁻⁵⁰⁾であるので、0.78 L/日を用いた。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る^{45, 47, 51-56)}。この間の母乳中たんぱく質濃度の平均値は、12.6 g/Lとした。

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

2-3-1-2. 乳児 6～8 か月（目安量）

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か月の乳児における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⁵⁷⁾に基づき6.1 g/日と見積もった。一方、この間の乳児の平均哺乳量は約0.60 L/日であり^{46,47)}、母乳中のたんぱく質濃度は10.6 g/Lとした^{46,51,53)}。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。

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

2-3-1-3. 乳児 9～11 か月（目安量）

9～11か月の乳児における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^{57,58)}に基づき17.9 g/日と見積もった。一方、この間の乳児の平均哺乳量は約0.45 L/日であり^{46,47)}、母乳中のたんぱく質濃度は9.2 g/Lとした^{46,51-53)}。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。

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

2-3-1-4. 人工栄養児（目安量）

人工栄養児のたんぱく質の食事摂取基準は、乳児用調製粉乳のたんぱく質利用効率を考慮して参考値として示した。ここで、人工栄養児の参考値は、乳児用調製粉乳のたんぱく質の利用効率を母乳の70%¹⁾とみなし、目安量の参考値として次のように求めた。

$$0\sim5 \text{ か月 (g/日)} : 12.6 \text{ (g/L)} \times 0.78 \text{ (L/日)} \div 0.70 = 14.0$$

$$6\sim8 \text{ か月 (g/日)} : 10.6 \text{ (g/L)} \times 0.60 \text{ (L/日)} \div 0.70 + 6.1 \text{ (g/日)} = 15.2$$

$$9\sim11 \text{ か月 (g/日)} : 9.2 \text{ (g/L)} \times 0.45 \text{ (L/日)} \div 0.70 + 17.9 \text{ (g/日)} = 23.8$$

3. 過剰摂取の回避

3-1. 耐容上限量の設定

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設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。

4. 生活習慣病の発症予防及び重症化予防

生活習慣病（高血圧、脂質異常症、糖尿病、慢性腎臓病）の発症と重症化には遺伝要因と環境要因（生活習慣）の相互作用から成り立っている。そのため、生活習慣病の発症予防並びに重症化予防において生活習慣改善の意義は大きい。

4-1. 生活習慣病との関連

4-1-1. たんぱく質と発症予防との関連

たんぱく質の摂取不足が脳卒中のリスクとなる可能性が指摘されており⁷⁰⁾、疫学的にもたんぱく質摂取量と脳卒中発症率との間に有意な負の関連を認めた研究が存在する⁷¹⁻⁷³⁾。しかし、有意な関連を認めなかった研究もあり⁷⁴⁾、結論はまだ出ていない。

たんぱく質の由来により、心血管危険因子に対するアウトカムや、死亡率に大きな差が見られる。しかし、一致した見解は得られていない^{75,76)}。高齢者の肥満では、内臓脂肪が増加しても筋肉量が減少するため、BMIでは肥満の程度が過小評価されがちである⁷⁷⁻⁷⁹⁾。減量する場合、生活機能を悪化させないように筋肉と骨量の喪失を最小限にする必要があり、食事療法だけでなく運動療法も考慮しなければならない^{80,81)}。

健康な人でも、たんぱく質を過剰に摂取すると、1週間程度の短期では腎血行動態に変化をもたらして尿中アルブミンが増加するが⁸²⁾、中期的には腎機能へ与える影響はほとんどない⁸³⁻⁸⁵⁾。たんぱく質が糖尿病腎症のない糖尿病において、腎症発症リスクになるとする明らかな根拠はない。しかし、日本人を含む調査によれば、たんぱく質の過剰摂取が糖尿病や心血管疾患の発症リスク増加につながる可能性がある⁸⁶⁻⁹⁰⁾。たんぱく質エネルギー比率が20% エネルギーを超えた場合の健康障害として、糖尿病発症リスクの増加、心血管疾患の増加、がんの発症率の増加、骨量の減少、BMIの増加などが挙げられる。たんぱく質と糖尿病発症リスクとの関係を認めた研究⁹¹⁻⁹⁴⁾並びに、最近の系統的レビュー⁹⁴⁾では、これらのどの事象についても明らかな関連を結論することはできないとしながら、たんぱく質エネルギー比率が20% エネルギーを超えた場合の安全性は確認できないと述べ、注意を喚起している。

4-1-2. たんぱく質と重症化予防との関連

たんぱく質と高血圧の関係については、未治療で血圧値が120～159/80～99 mmHgの患者において、たんぱく質は軽度の降圧効果を有するとの報告がある⁹⁵⁻⁹⁸⁾。大豆たんぱく質⁹⁸⁾、乳製品や低脂肪乳製品⁹⁹⁻¹⁰¹⁾でも、降圧効果が認められている。しかし、その作用は軽微であるので、たんぱく質は、他の食事性因子との組合せも考えて、バランスよく摂取すべきである。

進行したCKD患者に対するたんぱく質制限は、末期腎不全に至るまでの時間を延長することから¹⁰²⁾、主に中等度（CKD ステージ G3b、ステージの解説は『参考資料2』を参照）から重度のCKD患者に対する食事療法として推奨されている¹⁰³⁾。軽度CKDにおいて、過剰なたんぱく質の摂取が腎機能に悪影響をもたらすかどうかは、報告によって一定していない^{104,105)}。高齢CKD ステージ G3aの患者では、一般的にその他の原因で死亡する確率の方が高い¹⁰⁶⁾。また、たんぱく質摂取量が低下している高齢CKD患者では、虚弱（フレイルティ）が高頻度に見られることも報告されている^{107,108)}。これらのことから、高齢軽症CKD患者に対し、健康な高齢者の推奨量以下のたんぱく質制限を行うことは適切でないと考えられる。

糖尿病では、早期腎症の時期には微量アルブミン尿が出現するが、低たんぱく質食による微量アルブミン尿の減少、早期腎症から顕性腎症への進展の予防について、科学的根拠は十分でない。糖尿病性腎症は、非糖尿病性腎症と比べて腎機能悪化速度が早く、CKD ステージ G3a でも尿たんぱく陽性のことが多い。これらのことから、日本腎臓学会のガイドラインでは、CKD ステージ G3 から 0.8~1.0 g/kg 標準体重/日のたんぱく質摂取が推奨されている¹⁰³⁾。

これまで、成人患者と同様、小児 CKD 患者に対しても、腎機能低下の抑制を目的として低たんぱく質食が試みられてきた¹⁰⁹⁻¹¹³⁾。しかし、厳格な低たんぱく質食は成長障害を来す可能性も指摘されている¹¹²⁾。小児 CKD ではたんぱく質制限による腎機能障害進行の抑制効果は明らかでないため、たんぱく質制限は推奨されていない。

CKD 患者におけるたんぱく質の上限量を定める科学的根拠は明確ではないが、国際的な腎臓病学団体である KDIGO (Kidney Disease : Improving Global Outcomes) のガイドラインでは、進行するリスクのある CKD 患者では 1.3 g/kg/日を超えるたんぱく質を摂取しないことを推奨している¹⁰⁹⁾。

4-2. 目標量の設定方法

『Ⅱ 各論、1 エネルギー・栄養素、1-5 エネルギー産生栄養素バランス』の項にまとめて記載した。

5. その他

5-1. 不可欠アミノ酸の推定平均必要量

不可欠アミノ酸とは、ロイシン、イソロイシン、バリン、リシン、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窒素出納が負となり、ヘマトクリット、ヘモグロビン、血清アルブミン、血漿と筋肉中のヒスチジン濃度が低下すると共に多くの例で皮膚病変が見られ、これらの異常がヒスチジン投与によって元の状態に復することが認められたことから^{114,115)}、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（特に不可欠アミノ酸）組成により評価される。ヒト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、呼吸への ¹³CO₂ 排泄量からアミノ酸必要量を算定する方法が開発された¹¹⁶⁾。それには、24 時間のアミノ酸出納法、直接アミノ酸酸化法、指標アミノ酸酸化法があり、これらの方法の信頼性は比較的高く測定における種々の利点もあることから、現在ではこれらの方法によりアミノ酸必要量が求められている^{13,117)}。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¹³⁾ 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、その他の全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）量を摂取しても全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。

小児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られているように、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。実験的データの裏付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、乳児（6～11 か月）と小児（1～17 歳）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¹³⁾に示されている（表 5）。

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、ヒトが摂取する場合は、たんぱく質の消化吸収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^{118,119)}。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。

表5 不可欠アミノ酸の推定平均必要量¹

			His	Ile	Leu	Lys	SAA	AAA	Thr	Trp	Val	合計
組織アミノ酸パターン ²			27	35	75	73	35	73	42	12	49	421
維持アミノ酸パターン ³			15	30	59	45	22	38	23	6	39	277
たんぱく質必要量 (g/kg 体重/日) に対するアミノ酸必要量 (mg/kg 体重/日) ⁴												
年齢 (歳)	維持量	成長量 ⁵	His	Ile	Leu	Lys	SAA	AAA	Thr	Trp	Val	合計
0.5	0.66	0.46	22	36	73	63	31	59	35	9.5	48	376
1~2	0.66	0.20	15	27	54	44	22	40	24	6.4	36	267
3~10	0.66	0.07	12	22	44	35	17	30	18	4.8	29	212
11~14	0.66	0.07	12	22	44	35	17	30	18	4.8	29	212
15~17	0.66	0.04	11	21	42	33	16	28	17	4.5	28	200
18以上	0.66	0.00	10	20	39	30	15	25	15	4.0	26	183
評点パターン (mg/g たんぱく質) ⁶												
年齢 (歳)	His	Ile	Leu	Lys	SAA	AAA	Thr	Trp	Val	合計		
0.5	20	32	66	57	28	52	31	8.5	43	336		
1~2	18	31	63	52	25	46	27	7.4	41	310		
3~10	16	30	61	48	23	41	25	6.6	40	291		
11~14	16	30	61	48	23	41	25	6.6	40	291		
15~17	16	30	60	47	23	40	24	6.4	40	286		
18以上	15	30	59	45	22	38	23	6.0	39	277		

His:ヒスチジン, Ile:イソロイシン, Leu:ロイシン, Lys:リシン, SAA:含硫アミノ酸, AAA:芳香族アミノ酸, Thr:トレオニン, Trp:トリプトファン, Val:バリン

¹ 参考文献 13) 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。成人のたんぱく質の推定平均必要量の参照値については、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『2-2-1. 成人』参照。

² 全身たんぱく質のアミノ酸組成。

³ 成人の維持パターン。

⁴ 維持(維持量×維持アミノ酸パターン)と成長(成長量×組織アミノ酸パターン)のための食事必要量中に含まれるアミノ酸の合計。

⁵ 食事たんぱく質の利用効率 58%で補正した各年齢層での組織蓄積量。

⁶ 各年齢におけるアミノ酸必要量 (mg/kg 体重/日) を各年齢におけるたんぱく質必要量 (mg/kg 体重/日) で割って求めた。

参考文献

- 1) FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements. Technical Report Series 724, WHO, Geneva. 1985.
- 2) Munro HN. Carbohydrate and fat as factors in protein utilization and metabolism. *Physiol Rev* 1951; **31**: 449-88.
- 3) 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.
- 4) 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*. UNU. 1992.
- 5) Millward DJ, Bowtell JL, Pacy P, *et al.* Physical activity, protein metabolism and protein requirements. *Proc Nutr Soc* 1994; **53**, 223-40
- 6) Young VT, Munro HN, Matthews DE, *et al.* Relationship of energy metabolism to protein metabolism. *In: New aspects of clinical nutrition*. Basel: Karger, 1983; 43-73.
- 7) Calloway DH. Energy-protein relationships: *In* Bodwell CE, Adkins JS, Hopkins DT eds. Protein quality in humans. Assessment and in vitro estimation. Westport, Connecticut: Avi Publishing Company, 1982; 148-68.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) Rand WM, Pellett PL and Young VR. Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *Am J Clin Nutr* 2003; **77**: 109-27.
- 11) 厚生労働省. 国民健康・栄養調査 (平成 22 年, 23 年).
http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkou_eiyouchousa_tokubetsushuukei_h22.pdf
- 12) FAO/WHO. Energy and protein requirements. Technical Report Series 522, WHO, Geneva. 1973.
- 13) WHO/FAO/UNU. Protein and amino acid requirements in human nutrition. WHO Technical Report Series 935, WHO, Geneva. 2007.
- 14) Bourges H, Lopez-Castro BR. Protein requirements of young adult men fed a Mexican rural diet. *Arch Latinoam Nutr* 1982; **32**: 630-49.
- 15) Egana JI, Uauy R, Cassorla X, *et al.* Sweet lupin protein quality in young men. *J Nutr* 1992; **122**: 2341-7.
- 16) 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.
- 17) 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.
- 18) 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: Protein-energy requirements of developing countries: evaluations of new data*. *In: Torún B, Young VR, Rand WM, (eds)*. United Nations

- University, Tokyo. 1981: 77-87. (Food & Nutrition Bulletin Supplement no. 5.)
- 19) Kaneko K, Koike G. Utilization and requirement of egg protein in Japanese women. *J Nutr Sci Vitaminol* (Tokyo) 1985; **31**: 43-52.
 - 20) Komatsu T, Kishi K, Yamamoto T, *et al.* Nitrogen requirement of amino acid mixture with maintenance energy in young men. *J Nutr Sci Vitaminol* (Tokyo) 1983; **29**: 169-85.
 - 21) 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.
 - 22) Tontisirin K, Sirichakawal PP, Valyasevi A. Protein requirements of adult Thai males. *In: Protein-energy requirements of developing countries: evaluations of new data. In: Torún B, Young VR, Rand WM, eds. Tokyo: United Nations University, 1981: 88-97. (Food & Nutrition Bulletin Supplement no. 5.)*
 - 23) 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.
 - 24) 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.
 - 25) 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.
 - 26) 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.
 - 27) 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.
 - 28) 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.
 - 29) 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.
 - 30) 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.
 - 31) Intengan CL, Roxas BV, Loyola A, *et al.* Protein requirements of Filipino children 20 to 29 months old consuming local diets. *In: Protein-energy requirements of developing countries: Evaluation of new data. Torun B, Young VR, Rand WM, (eds). United Nations University, Tokyo. 1981: 172-81.*
 - 32) Torun B, Cabrera-Santiago MI, Viteri FE. Protein requirements of pre-school children: milk and soybean protein isolate. *In: Protein-energy requirements of developing countries: Evaluation of new data. Torun B, Young VR, Rand WM, (eds). United Nations University, Tokyo. 1981: 182-90.*
 - 33) Egana MJI, Fuentes A, Uauy R. Protein needs of Chilean pre-school children fed milk and soy protein isolate diets. *In: Protein-energy-requirement studies in developing countries: Results of international. Rand WM, Uauy R, Scrimshaw NS, (eds). United Nations University, Tokyo. 1984: 249-57.*

- 34) Intengan CL. Protein requirements of Filipino children 20-29 months old consuming local diets. *In: Protein-energy-requirement studies in developing countries: Results of international.* Torun B, Young VR, Rand WM, (eds). United Nations University, Tokyo. 1984: 258-64.
- 35) 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.
- 36) 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.
- 37) Howat PM, Korslund 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.
- 38) Korslund 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.
- 39) Viteri FE, Martinez C. Integumental nitrogen losses of pre-school children with different levels and sources of dietary protein intake. *In: Protein-energy requirements of developing countries: Evaluation of new data.* Torun B, Young VR, Rand WM, (eds). United Nations University, Tokyo. 1981: 164-8.
- 40) Torun B, Viteri FE. Obligatory nitrogen losses and factorial calculations of protein requirements of pre-school children. *In: Protein-energy requirements of developing countries: Evaluation of new data.* Torun B, Young VR, Rand WM, (eds). United Nations University, Tokyo. 1981: 159-63.
- 41) 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.
- 42) Butte NF, Hopkinson, JM, Wong WW, *et al.* Body composition during the first 2 years of life: an updated reference. *Pediatr Res* 2000; **47**, 578-85.
- 43) 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.
- 44) 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
- 45) 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.
- 46) 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.
- 47) 米山京子. 母乳栄養児の発育と母乳からの栄養摂取量. 小児保健研究 1998; **57**: 49-57.
- 48) 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.
- 49) 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.
- 50) 廣瀬潤子, 遠藤美佳, 柴田克己, 他. 日本人母乳栄養児 (0~5 ヶ月) の哺乳量. 日本母乳哺育学会雑誌 2008; **2**: 23-8.
- 51) 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.
- 52) 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) —一般成分及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.
- 53) 米山京子, 後藤いずみ, 永田久紀. 母乳成分の授乳月数に伴う変動. 日本公衛誌 1995; 42: 472-81.
- 54) 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.
- 55) 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.
- 56) 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.
- 57) 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—離乳食及び乳汁からの栄養素等の摂取状況について—. 小児保健研究 2003; 62: 630-9.
- 58) 外間登美子, 安里葉子, 仲里幸子. 沖縄県中条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.
- 59) 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.
- 60) 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.
- 61) 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.
- 62) 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.
- 63) 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.
- 64) Kobayashi S, Asakura K, Suga H, *et al.* High protein intake is associated with low prevalence of frailty among old Japanese women: a multicenter cross-sectional study. *Nutr J* 2013; 12: 164-73.
- 65) King JC, Calloway DH, Margen S. Nitrogen retention, total body ⁴⁰K and weight gain in teenage pregnant girls. *J Nutr* 1973; 103: 772-85.
- 66) 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.
- 67) 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.
- 68) Butte NF, 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.
- 69) 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.
- 70) Chiba T, Itoh T, Tabuchi M, *et al.* Dietary protein, but not carbohydrate, is a primary determinant of the onset of stroke in stroke-prone spontaneously hypertensive rats. *Stroke* 2009; 40: 2828-35.

- 71) Sauvaget C, Nagano J, Hayashi M, *et al.* Animal protein, animal fat, and cholesterol intakes and risk of cerebral infarction mortality in the adult health study. *Stroke* 2004; **35**: 1531-7.
- 72) Prentice RL, Huang Y, Kuller LH, *et al.* Biomarker-calibrated energy and protein consumption and cardiovascular disease risk among postmenopausal women. *Epidemiology* 2011; **22**: 170-9.
- 73) Larsson SC, Virtamo J, Wolk A. Dietary protein intake and risk of stroke in women. *Atherosclerosis* 2012; **224**: 247-51.
- 74) Preis SR, Stampfer MJ, Spiegelman D, *et al.* Lack of association between dietary protein intake and risk of stroke among middle-aged men. *Am J Clin Nutr* 2010; **91**: 39-45.
- 75) Bendtsen LQ, Lorenzen JK, Bendtsen NT, *et al.* Effect of dairy proteins on appetite, energy expenditure, body weight, and composition: a review of the evidence from controlled clinical trials. *Adv Nutr.* 2013; **4**: 418-38.
- 76) Bowen J, Noakes M, Clifton PM. Effect of calcium and dairy foods in high protein, energy-restricted diets on weight loss and metabolic parameters in overweight adults. *Int J Obes (Lond)* 2005; **29**: 957-65.
- 77) 小林一貴, 横手幸太郎. 老年期における肥満症の考え方. *Pharma Medica* 2012; **30**: 47-52.
- 78) Mathus-Vliegen EM. Obesity Management Task Force of the European Association for the Study of Obesity. Prevalence, pathophysiology, health consequences and treatment options of obesity in the elderly: a guideline. *Obes Facts* 2012; **5**: 460-83.
- 79) Villareal DT, Apovian CM, Kushner RF, *et al.* American Society for Nutrition; NAASO, The Obesity Society. Obesity in older adults: technical review and position statement of the American Society for Nutrition and NAASO, The Obesity Society. *Am J Clin Nutr* 2005; **82**: 923-34.
- 80) 盛岡のぞみ, 草間かおる, 長坂祐二. 高齢者肥満の現状と生活習慣介入に関する系統的レビュー. *DAIGAKUIN*; 113-9
- 81) Villareal DT, Chode S, Parimi N, *et al.* Weight loss, exercise, or both and physical function in obese older adults. *N Engl J Med.* 2011; **364**: 1218-29.
- 82) Frank H, Graf J, Amann-Gassner 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**: 1509-16
- 83) Brinkworth GD, Buckley JD, Noakes M, *et al.* Renal function following long-term weight loss in individuals with abdominal obesity on a very-low-carbohydrate diet vs high-carbohydrate diet. *J Am Diet Assoc* 2010; **110**: 633-8
- 84) Friedman AN, Ogden LG, Foster GD, *et al.* Comparative effects of low-carbohydrate high-protein versus low-fat diets on the kidney. *Clinical journal of the American Society of Nephrology: CJASN* 2012; **7**: 1103-11
- 85) Tirosh A, Golan R, Harman-Boehm I, *et al.* Renal function following three distinct weight loss dietary strategies during 2 years of a randomized controlled trial. *Diabetes Care* 2013; **36**: 2225-32
- 86) Pan A, Sun Q, Bernstein AM, *et al.* Red meat consumption and risk of type 2 diabetes: 3 cohorts of US adults and an updated meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 2011; **94**: 1088-96
- 87) Kurotani K, Nanri A, Goto A, *et al.* for the Japan Public Health Center-based Prospective Study Group. Red meat consumption is associated with the risk of type 2 diabetes in men but not in women: a Japan Public Health Center-based Prospective Study. *Br J Nutr* 2013; **110**: 1910-8.

- 88) Wang ET, de Koning L, Kanaya AM. Higher protein intake is associated with diabetes risk in South Asian Indians: the Metabolic Syndrome and Atherosclerosis in South Asians Living in America (MASALA) study. *J Am Coll Nutr* 2010; **29**: 130-5
- 89) Sluijs I, Beulens JW, van der Schouw YT, *et al.* Dietary intake of total, animal, and vegetable protein and risk of type 2 diabetes in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) -NL study. *Diabetes Care* 2010; **33**: 43-8
- 90) Ericson U, Sonestedt E, Gullberg B, *et al.* High intakes of protein and processed meat associate with increased incidence of type 2 diabetes. *Br J Nutr* 2013; **109**: 1143-53
- 91) Wang ET, de Koning L, Kanaya AM. Higher protein intake is associated with diabetes risk in South Asian Indians: the Metabolic Syndrome and Atherosclerosis in South Asians Living in America (MASALA) study. *J Am Coll Nutr* 2010; **29**: 130-5
- 92) Sluijs I, Beulens JW, van der Schouw YT, *et al.* Dietary intake of total, animal, and vegetable protein and risk of type 2 diabetes in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) -NL study. *Diabetes Care* 2010; **33**: 43-8
- 93) Ericson U, Sonestedt E, Gullberg B, *et al.* High intakes of protein and processed meat associate with increased incidence of type 2 diabetes. *Br J Nutr* 2013; **109**: 1143-53
- 94) Pedersen AN, Kondrup J, Børsheim E. Health effects of protein intake in healthy adults: a systematic literature review. *Food Nutr Res* 2013; **57**: 21245
- 95) Appel LJ, Sacks FM, Carey VJ, *et al.*, Laranjo NM, Charleston J, McCarron P, Bishop LM for the OmniHeart collaborative research group: Effects of protein, monounsaturated fat, and carbohydrate intake on blood pressure and serum lipids; results of the OmniHeart randomized trial. *JAMA*. 2005; **294**: 2455-64.
- 96) Wang YF, Yancy WS Jr, Yu D, *et al.* The relationship between dietary protein intake and blood pressure: results from the PREMIER study. *J Hum Hypertens* 2008; **22**: 745-54.
- 97) He J, Wofford MR, Reynolds K, *et al.* Effect of dietary protein supplementation on blood pressure. A randomized, controlled trial. *Circulation* 2011; **124**: 589-95.
- 98) Donq JY, Tong X, Wu ZW, *et al.* Effect of soya protein on blood pressure: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Nutr* 2011; **106**: 317-26.
- 99) Hodgson JM, Zhu K, Lewis JR, *et al.* Long-term effects of a protein-enriched diet on blood pressure in older women. *Br J Nutr* 2012; **107**: 1664-72.
- 100) Ralstone RA, Lee JH, Truby H, *et al.* A systematic review and meta-analysis of elevated blood pressure and consumption of dairy foods. *J Hum Hypertens* 2012; **26**: 3-13.
- 101) Usinger L, Reimer C, Ibsen H. Fermented milk for hypertension. *Cochrane Database Syst Rev* 2012; CD008118
- 102) Fouque D, Laville M. Low protein diets for chronic kidney disease in non diabetic adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2009; 3: CD001892
- 103) 日本腎臓学会. エビデンスに基づく CKD 診療ガイドライン 2013. *日本腎臓学会誌* 2013; **55**: 581-982
- 104) Knight EL, Stampfer MJ, Hankinson SE, *et al.* The impact of protein intake on renal function decline in women with normal renal function or mild renal insufficiency. *Ann Intern Med* 2003; **138**: 460-7
- 105) Halbesma N, Bakker SJ, Jansen DF, *et al.*; PREVEND Study Group. High protein intake associates with cardiovascular events but not with loss of renal function. *J Am Soc Nephrol* 2009; **20**: 1797-804.

- 106) Obi Y, Kimura T, Nagasawa Y, *et al.* Impact of age and overt proteinuria on outcomes of stage 3 to 5 chronic kidney disease in a referred cohort. *Clinical journal of the American Society of Nephrology: CJASN* 2010; **5**: 1558-65
- 107) Shlipak MG, Stehman-Breen C, Fried LF, *et al.* The presence of frailty in elderly persons with chronic renal insufficiency. *Am J Kidney Dis.* 2004; **43**: 861-7.
- 108) Fried LF, Boudreau R, Lee JS, *et al.* Health, Aging and Body Composition Study. Kidney function as a predictor of loss of lean mass in older adults: health, aging and body composition study. *J Am Geriatr Soc* 2007; **55**: 1578-84.
- 109) KDIGO Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney Int* 2013; Suppl. **3**: 1-150
- 110) 服部元史, 川口 洋, 伊藤克己, 他. 保存期小児慢性腎不全患者に対する低蛋白(低リン)食療法の試み. *日本小児科学会雑誌* 1992; **96**: 1046-57.
- 111) Jureidini KF, Hogg RJ, van Renen MJ, *et al.* Evaluation of long-term aggressive dietary management of chronic renal failure in children. *Pediatr Nephrol* 1990; **4**: 1-10.
- 112) Wingen AM, Fabian-Bach C, Schaefer F, *et al.* Randomised multicentre study of a low-protein diet on the progression of chronic renal failure in children. *Lancet* 1997; **349**: 1117-23.
- 113) Uauy RD, Hogg RJ, Brewer ED, *et al.* Dietary protein and growth in infants with chronic renal insufficiency: a report from the Southwest Pediatric Nephrology Study Group and the University of California, San Francisco. *Pediatr Nephrol* 1994; **8**: 45-50.
- 114) 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.
- 115) Kopple JD, Swendseid ME. Evidence that histidine is an essential amino acid in normal and chronically uremic man. *J Clin Invest* 1975; **55**: 881-91.
- 116) Pencharz PB, Ball RO. Different approaches to define individual amino acid requirements. *Ann Rev Nutr* 2003; **23**: 101-16.
- 117) 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, 2005.
- 118) FAO. Protein quality evaluation. FAO Food and Nutrition Paper 51, 1991.
- 119) FAO. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. FAO Food and Nutrition Paper 92, 2011.

たんぱく質の食事摂取基準

(推定平均必要量、推奨量、目安量：g/日、目標量（中央値）：% エネルギー)

性別	男性				女性			
年齢等	推定平均必要量	推奨量	目安量	目標量 ¹ (中央値 ²)	推定平均必要量	推奨量	目安量	目標量 ¹ (中央値 ²)
0～5 (月)*	—	—	10	—	—	—	10	—
6～8 (月)*	—	—	15	—	—	—	15	—
9～11 (月)*	—	—	25	—	—	—	25	—
1～2 (歳)	15	20	—	13～20 (16.5)	15	20	—	13～20 (16.5)
3～5 (歳)	20	25	—	13～20 (16.5)	20	25	—	13～20 (16.5)
6～7 (歳)	25	35	—	13～20 (16.5)	25	30	—	13～20 (16.5)
8～9 (歳)	35	40	—	13～20 (16.5)	30	40	—	13～20 (16.5)
10～11 (歳)	40	50	—	13～20 (16.5)	40	50	—	13～20 (16.5)
12～14 (歳)	50	60	—	13～20 (16.5)	45	55	—	13～20 (16.5)
15～17 (歳)	50	65	—	13～20 (16.5)	45	55	—	13～20 (16.5)
18～29 (歳)	50	60	—	13～20 (16.5)	40	50	—	13～20 (16.5)
30～49 (歳)	50	60	—	13～20 (16.5)	40	50	—	13～20 (16.5)
50～69 (歳)	50	60	—	13～20 (16.5)	40	50	—	13～20 (16.5)
70 以上 (歳)	50	60	—	13～20 (16.5)	40	50	—	13～20 (16.5)
妊婦 (付加量)	/				+0	+0	—	—
初期					+5	+10	—	—
中期					+20	+25	—	—
後期								
授乳婦 (付加量)	/				+15	+20	—	—

*乳児の目安量は、母乳栄養児の値である。

¹ 範囲については、おおむねの値を示したものである。

² 中央値は、範囲の中央値を示したものであり、最も望ましい値を示すものではない。