

特集1 言語聴覚士に必要な運動生理学

リハビリテーションと栄養

総説▶

山縣誉志江

Yoshie Yamagata

栢下 淳

Jun Kayashita

要旨 低栄養状態の高齢者が増えている。高齢者の栄養管理においては、特にエネルギーとタンパク質が重要である。エネルギーでは、リハビリテーションにより消費されたエネルギー量も考慮する必要がある。フレイルおよびサルコペニアの発症予防を目的とした場合、1.0 g/kg 体重/日以上タンパク質の摂取が望ましい。十分なエネルギー量を確保したうえでタンパク質を摂取することにより、タンパク質がエネルギー源として利用されることを防ぐことができる。また、高齢者では食欲の低下や嚥下機能の低下による食事形態の調整で摂取できる栄養価が下がるため、栄養補助食品を利用することが勧められる。

キーワード▶ 低栄養、フレイル、エネルギー、タンパク質、嚥下調整食、形態調整

I. はじめに

近年、急速に高齢化が進み、2018年の高齢化率（65歳以上人口の割合）は28.1%となった¹⁾。このうち、65～74歳人口の割合は13.9%、75歳以上人口の割合は14.2%であり、75歳以上人口が65歳～74歳人口を上回った。このように高齢化が進む中、種々の疾患を抱え、身体機能に障害を持つ高齢者が増えており、リハビリテーションの必要性が増している。しかし、リハビリを行っている患者の43.5%が低栄養状態であることが報告されている²⁾。低栄養の場合、リハビリテーションの帰結が悪くなるため、適切な栄養管理が必要である。

また、身体機能障害に至る前の虚弱状態であるフレイル (frailty) は、後期高齢者が要介護状態となる原因として近年注目されている。フレイルは、低栄養との関連が強く、適切な介入により健常な状態へ改善することが可能である³⁾。このような観点から高齢者のリハビリテーションを進めていくうえで、栄養状態を良好に保つことの重要性がうかがえる。高齢者の栄養管理においては、特にエネルギーとタンパク質の確保が重要となる。

II. エネルギー

食事から摂取するエネルギーの量と、身体活動などで消費するエネルギーの量のバランスをエネルギー出納バランスという。体重と体格 (body mass index: BMI) は、エ

ネルギー出納バランスの結果である。日本人の食事摂取基準2020年版では、エネルギー収支バランスの維持の指標として体重とBMIの変化を用いている⁴⁾。65歳以上の高齢者が目標とするBMIの値は、21.5～24.9 kg/m²である。これは、49歳未満の目標とするBMIの18.5～24.9 kg/m²に比べ高い範囲である。65歳以上の目標とするBMIの範囲は、疫学研究によって総死亡率が最も低かったBMIである22.5～27.4 kg/m²を基に、疾患別の発症率とBMIの関連、死因とBMIの関連、喫煙や疾患の合併によるBMIや死亡リスクへの影響、日本人のBMIの実態に配慮し、総合的に判断し設定された。このBMIの範囲を目標として食事量を調整する必要がある。

安静時のエネルギー消費量は、基礎代謝量を用いて求める。健常な成人では、エネルギー消費量の50～70%程度は基礎代謝量が占める。健常者に比べ活動範囲が狭い疾病者では、エネルギー消費量のうちの基礎代謝量の占める割合が高い。対象者の正確なエネルギー消費量を求めるには、呼吸を機器分析する必要があるが、個々の患者の呼気分析をすることが困難なため、基礎代謝量を推定する推定式が用いられることが多い。いくつかの推定式があるが、ここでは3つの推定式を紹介する。

W: 体重 (kg), H: 身長 (cm), A: 年齢 (歳)

① Harris-Benedict の式

男性: $66.5 + 13.75 \times W + 5.0 \times H - 6.76 \times A$

女性: $655.1 + 9.56 \times W + 1.85 \times H - 4.68 \times A$

県立広島大学人間文化学部健康科学科

[連絡先] 栢下 淳: 県立広島大学人間文化学部健康科学科 (〒734-8558 広島県広島市南区宇品東一丁目1番71号)

TEL: 082-251-9790 FAX: 082-251-9790 E-mail: kayashita@pu-hiroshima.ac.jp

表1 活動係数

活動因子	活動係数
寝たきり(意識低下状態)	1.0
寝たきり(覚醒状態)	1.1
ベッド上安静	1.2
ベッド外活動	1.3~1.4
一般職業従事者	1.5~1.7

(日本静脈経腸栄養学会：静脈経腸栄養ハンドブック，
南江堂，2011，p151)

②基礎代謝基準値（日本人の食事摂取基（2020年版））

基礎代謝基準値 (kcal/kg 体重/day) × W

基礎代謝基準値：65～74 歳 男性 21.6 kcal/kg 体重/
日，女性 20.7 kcal/kg 体重/
75 歳以上 男性 21.5 kcal/kg 体重/
日，女性 20.7 kcal/kg 体重/日

③国立健康・栄養研究所の式（Ganpule らの式）

男性：(0.0481 × W + 0.0234 × H - 0.0138 × A - 0.4235)
× 1000/4.186

女性：(0.0481 × W + 0.0234 × H - 0.0138 × A - 0.9708)
× 1000/4.186

①式は日本人以外を，②および③式は日本人を対象に作成された推定式である。臨床現場においては，①の Harris-Benedict の式を使用することが多いが，日本人 365 人で実測した値と各推定値を比較した研究では，②式や③式に比べ，誤差が大きいことが報告されている⁵⁾。この報告では，③式が平均値で最も誤差が少ない結果であった。しかしながら，いずれの推定式を用いた場合でも，個人を対象とした場合には誤差が生じることに留意する必要がある。

疾病者の場合は，

推定エネルギー必要量 (kcal) = 基礎代謝量 (kcal/日) × 活動係数 × 障害係数
として考えることが多い。活動係数は表1，障害係数を表2に示す。

以上のように，エネルギー必要量を推定する場合は，推定式を利用することが多いが，誤差が生じる可能性が高いため，あくまでも目安と考え，体重 (BMI) をモニタリングしながら調整する必要がある。

以上のエネルギー消費量は，基礎代謝量 × 活動係数 (Af: activity factor) で推定エネルギー必要量を推定したものであるが，エネルギー消費量は，安静時代謝量 × メッツ (METs) から計算できる。メッツとは，座位安静時代謝量の何倍に相当するかを示した身体活動の強度の指標である。健康な成人のさまざまな身体活動におけるメッツ

表2 障害因子と障害係数

障害因子	障害係数
飢餓状態	0.6~0.9
術後(合併症なし)	1.0
小手術	1.2
中等度手術	1.2~1.4
大手術	1.3~1.5
長管骨骨折	1.1~1.3
多発外傷	1.4
腹膜炎・肺血症	1.2~1.4
重症感染症	1.5~1.6
熱傷	1.2~2.0
60%熱傷	2.0
発熱(1℃ごと)	+0.1

(日本静脈経腸栄養学会：静脈経腸栄養ハンドブック，
南江堂，2011，p151)

値は，一覧表⁶⁾としてまとめられているので参照されたい。リハビリテーションに関連するメッツを表3に示す。ベッドサイドでのリハは1.0~1.5メッツ，機能訓練室でのリハは1.5~6メッツ程度であることが多い⁷⁾。メッツを利用したエネルギー消費量の簡易計算式は，以下で示される。

エネルギー消費量 (kcal) = 体重 (kg) × メッツ × 時間 (h)

例えば，体重 50 kg の患者が合計 3 時間のリハビリテーションを行った場合のエネルギー消費量は次のように計算される。

理学療法	ストレッチ	50 (kg) × 2.5 (メッツ) × 0.5 (時間) = 62.5 kcal
	階段昇降	50 (kg) × (3.5+8.8) / 2 (メッツ) × 0.5 (時間) = 154 kcal
作業療法	更衣訓練	50 (kg) × 2.0 (メッツ) × 0.5 (時間) = 50 kcal
	上肢筋トレ	50 (kg) × 3.5 (メッツ) × 0.5 (時間) = 87.5 kcal
言語療法	会話訓練	50 (kg) × 1.5 (メッツ) × 1 (時間) = 75 kcal
消費エネルギー量 ≒ 430 kcal		

このように，リハビリテーションにより 430 kcal が消費されたことを考慮し，摂取エネルギー量をコントロールする必要がある。

Ⅲ. タンパク質

日本人の食事摂取基準 2020 年版において，65 歳以上のタンパク質の目標量（生活習慣病の発症予防のための指標）は，15~20%エネルギーである。49 歳未満の 13~20%エネルギー，50~64 歳の 14~20%エネルギーに比べ，

表3 身体活動のメッツ

メッツ	身体活動
1.0	静かに座る
1.2	静かに立つ
1.3	本や新聞等を読む(座位)
1.5	座位での会話・食事, タイプ, 入浴(座位), 編み物・手芸, 車の運転, 軽いオフィスワーク
1.8	立位での会話
2.0	更衣, 整容, シャワー(立位), 歩行(平地, 54 m/分未満), 料理(座位, 立位), 洗濯
2.3	皿洗い(立位), 洗濯物の片づけ, 立ち仕事
2.5	歩行(平地, 54 m/分), 掃除, ストレッチング
3.0	歩行(平地, 67 m/分), 階段下り, 屋内掃除, レジスタンストレーニング(軽・中等度)
3.3	歩行(平地, 81 m/分)
3.5	体操(軽・中等度)
4.0	歩行(平地, 95~100 m/分), 通勤
5.0	歩行(平地, 107 m/分)
6.0	レジスタンストレーニング(高強度)
7.0	ジョギング
8.0	階段上り

(Ainsworth BE, et al : Compendium of physical activities : an update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports exerc 32(Suppl) : S498-S516, 2000.)

下限値を高く設定されている。%エネルギーとは、摂取した総エネルギー量に占めるタンパク質 (1 g = 4 kcal) のエネルギーの割合を示す。65歳以上の高齢者のエネルギー産生栄養素バランスの目標量は、必要なエネルギー量を確保したうえで、タンパク質 15~20%エネルギー、脂質 20~30%エネルギー、炭水化物 50~65%エネルギーである。この値は、摂取エネルギーが不足していない場合の算定である。

必要なタンパク質量から考えると、成人のタンパク質の推奨量 (ほとんどの人が必要量を充足する量) は、0.92 (g/kg 体重/日) である。体重が 50 kg の場合、0.92 (g/kg 体重/日) × 50 (kg) = 46 (g/日) が、推奨量となる。特に 75 歳以上であって加齢に伴い身体活動量が低下したものなど、摂取エネルギー量が低いものでは、目標量の下限が推奨量を下回る場合があり得るが、そのような場合は推奨量以上の摂取を目指す。さらに、日本人の食事摂取基準 2020 年版では、フレイルおよびサルコペニアの発症予防を目的とした場合、65 歳以上の高齢者では、少なくとも 1.0 g/kg 体重/日以上 of タンパク質を摂取することが望ましいとされている。なお、慢性腎疾患を有する患者の場合、ステージ 2 (GFR 60 mL/min 以上) まではタンパク質を制限しない。ステージ 3a (GFR 45~59 mL/min) の場合でタンパク質 0.8~1.0 g/kg、ステージ 3b から 5 (GFR 15 未満~44 mL/min) の場合でタンパク質 0.6~0.8 g/kg の制限を行う⁸⁾。ただし、摂取エネルギーの不足がないことが前提となる⁹⁾。

タンパク質は、4 kcal/g のエネルギーを産生する。日本人の食事摂取基準 2020 年版で算定されているタンパク質

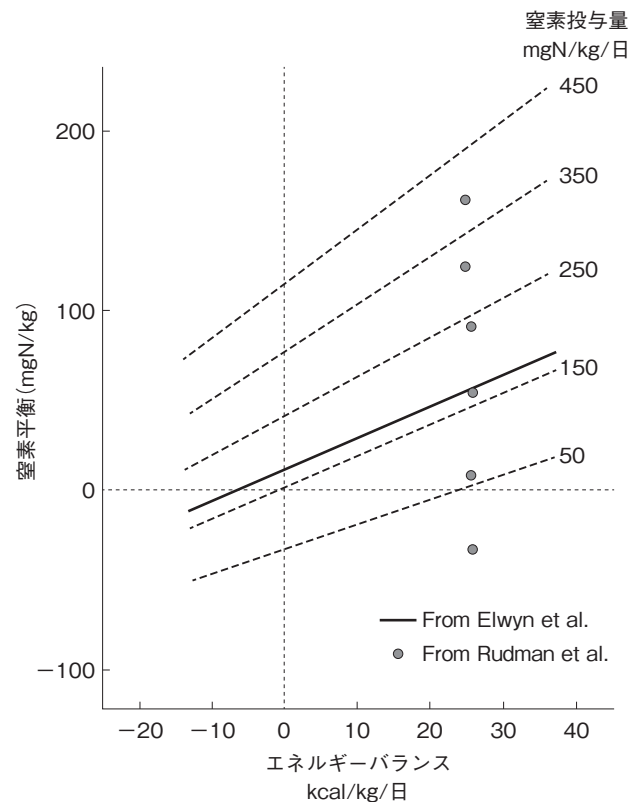


図1 種々の窒素投与量における窒素平衡とエネルギー平衡 (文献9)を改変)

の必要量は、消費エネルギーと摂取エネルギーがほぼ等しい場合の結果である。図1に、種々の窒素投与量における窒素平衡とエネルギー平衡を示す。エネルギーバランス (「摂取エネルギー量」 - 「消費エネルギー量」) が 0 のとき、窒素投与量 150 mgN/kg 体重/日で、窒素平衡 (「食事から

表4 ロイシンの多い食品(可食部 100 g あたり)

	エネルギー (kcal)	タンパク質 (g)	BCAA (mg)	ロイシン (mg)
牛肉(サーロイン)	456	12.9	2,360	1,100
豚肉(ロース脂肪なし)	202	21.1	3,650	1,700
鶏肉(もも皮なし)	127	19.0	3,290	1,500
鶏卵	151	12.3	2,370	1,000
牛乳	67	3.3	690	320
ヨーグルト(全脂無糖)	62	3.6	790	350
くろまぐる(赤身)	125	26.4	4,500	2,000

摂取する窒素(タンパク質)の量 - 「体内から排出される窒素(タンパク質)の量」が0となる。150 mgN/kg 体重/日とは、タンパク質に換算すると0.94 g/kg 体重/日に相当する。しかし、エネルギーバランスが負になった場合、窒素投与量が150 mgN/kg 体重/日では、窒素平衡は負となる。「窒素平衡が負」とは、骨格筋の分解が合成を上回り、骨格筋が減少している可能性が高い。食欲不振などで継続的に食事が低下した場合には、タンパク質をエネルギーとして使用する量が増加するため、タンパク質の要求量が増加する。そのため、十分なタンパク質の供給が必要である。

しかし、タンパク質は、摂取すればするだけ筋肉や筋力の増強につながるわけではない。タンパク質には、アミノ酸プールという概念があり、体が必要と判断したときは摂取した栄養素が利用されるが、十分に飽和しているときはそれ以上蓄積せずに、他の目的に利用されたり、尿中に排泄される。そのため、タンパク質が十分に摂取できている人がさらにプロテインなどのサプリメントなどでタンパク質を摂取しても、筋肉や筋力の増強、生活能力の改善はしたとはいえないという結果がメタアナリシスで示されている¹⁰⁾。一方、日本の研究を含む4つの横断研究と海外の3つの縦断研究のシステムティック・レビューの結果では、タンパク質摂取量が多いことが、フレイルの発症リスク低下と関連すると結論付けられている¹¹⁾。そのため、上述したように、食事がしっかり摂れていない人においては、摂取したタンパク質がエネルギー源として利用されてしまわないように、十分なエネルギーの確保をしたうえで、筋肉量の増加や筋力増強のためにタンパク質を十分に摂取すべきである。

最近発表された17の介入試験の結果のメタアナリシスでは、運動とタンパク質の補充との組合せによって、運動単独に比べて、有意に優れた筋肉量と筋力の改善が得られることが報告されている¹²⁾。さらに、ESPEN (European Society for Clinical Nutrition and Metabolism) では、健康な高齢者は1.0~1.2 g/kg 体重/日、急性や慢性の疾患による低栄養または低栄養のリスクがある高齢者は1.2~

1.5 g/kg 体重/日、日常的にレジスタンストレーニングや有酸素運動を行っている高齢者はできるだけ多くのタンパク質を摂取するよう推奨している^{13,14)}。これらのことから、運動療法と栄養療法を組み合わせる行うことの重要性がうかがえる。

タンパク質は、アミノ酸が数十~数千つながり構成されている。体内に存在する20種類のアミノ酸のうち、ヒトの体内での合成では必要量に満たないため、食事から摂取する必要があるアミノ酸を「必須アミノ酸」と呼ぶ。必須アミノ酸には、トリプトファン、リジン、メチオニン、フェニルアラニン、スレオニン、バリン、ロイシン、イソロイシン、ヒスチジンの9種類が該当する。アミノ酸バランスが良い食品とは、必須アミノ酸が体が必要とする割合で含まれている食品である。アミノ酸バランスの評価は、「アミノ酸スコア」で表すことができ、理想的な割合のときアミノ酸スコアは100となる。アミノ酸スコアが100の食品としては、牛肉、豚肉、鶏肉、魚、鶏卵、牛乳、大豆などがある。また、アミノ酸の中で、バリン、ロイシン、イソロイシンはBCAA (branched chain amino acid; 分岐差アミノ酸) と呼ばれ、筋肉のエネルギー源となる。鶏肉、鶏卵、まぐろなどに多く含まれている。筋肉の増強にはBCAAのうち、特にロイシンの摂取が有用とされている。これは、ロイシンがmTOR (mammalian target of rapamycin: 哺乳類ラパマイシン標的タンパク質) と呼ばれる酵素を活性化し、タンパク質合成を促す因子として働く¹⁵⁻¹⁷⁾ためであると考えられている。リハビリテーションを行う際には、BCAA、特にロイシンが多い食品を摂取することで回復が促進される可能性があるため、積極的に摂取したい。ロイシンの多い食品を表4に示す。

また、タンパク質の摂取方法としては、ある食事に偏るのではなく3食まんべんなく食べることが筋肉合成には効率が良いことが報告されている¹⁸⁾。

IV. 形態調整と栄養価

高齢者は、嚥下筋力の低下、唾液分泌の低下、脳血管疾

患による麻痺などが原因で、嚥下機能が低下しやすい。嚥下機能が低下すると、食事や水分の摂取量が減り、低栄養や脱水を招きやすい状態となる。嚥下機能の低下した患者の割合は、急性期病院 13.6%、回復期病院 31.6%、老健施設 45.3%、特養施設 59.7%と報告されており、多くの患者や入所者が嚥下調整食の対象となっている¹⁹⁾。嚥下調整食は、軟らかく仕上げるために加水量が多くなり、水分含量が多い。そのため、単位重量当たりの栄養価が低くなるという弱点がある。主食を例とすると、ご飯 100 g ではエネルギー 168 kcal、タンパク質 2.5 g に対し、全粥 100 g では 71 kcal、1.1 g と半分以下となる。1 食あたりの主食の摂取量を 150 g (茶碗に軽く一杯) として 1 日 3 食摂取する場合、ご飯では 750 kcal、12 g 摂取に対し、全粥では 330 kcal、6 g と半分以下になる。また、主菜となるハンバーグ 100 g でも同様に、常食では 198 kcal、10.6 g であるが、ペースト状に調整すると 146 kcal、7.8 g となる²⁰⁾。これにより、仮に健常者と同じ分量の食事を摂取できた場合でも、摂取できるエネルギーおよび栄養価が少ない。清水らは回復期リハビリ病院で入院時の嚥下調整食摂取した患者は骨格筋量が少ないこと、低栄養であること、FIM が低いことを報告している²¹⁾。形態調整をすることで栄養価が下がるため、嚥下調整食は、低栄養のリスク要因の一つであると考えられる。対応として、MCT (medium chain triglyceride: 中鎖脂肪酸油) や濃厚栄養剤を利用することは、摂取する栄養価を上げるために有用と考えられる。これらを嚥下調整食に添加することで、付着性が低下する、味にコクが出る等、良い影響が出るものもあり、実際にもいくつかの病院や施設で提供されている。

文 献

- 1) 内閣府：平成 30 年度版高齢者白書，2018。
- 2) 西岡心大，高山仁子，渡邊美鈴，漆原真姫，桐谷裕美子，脇岡 澄：本邦回復期リハビリテーション病棟入棟患者における栄養障害の実態と高齢脳卒中患者における転帰，ADL 帰結との関連。日本静脈経腸栄養学会雑誌，30：1145-1151，2015。
- 3) 下方浩史，安藤富士子：高齢者の「サルコペニア」ならびに「虚弱」とその対策 疫学研究からのサルコペニアとそのリスク 特に栄養との関連，日老医誌，49：721-725，2012。
- 4) 厚生労働省：「日本人の食事摂取基準」策定検討会報告書，2019。
- 5) Miyake R, et al：Validity of predictive equations for basal metabolic rate in Japanese adults, JNSV, 57：224-232, 2011。
- 6) 国立健康・栄養研究所，メッツ値表
- 7) 若林秀隆：PT・OT・ST のためのリハビリテーション栄養—栄養ケアがリハを変える，医歯薬出版，40-41頁，2010。
- 8) 日本腎臓学会 サルコペニア・フレイルを合併した 保存期 CKD の食事療法の提言 サルコペニア・フレイルを合併した CKD の食事療法検討 WG. 日腎会誌，61(5)：525-556, 2019。
- 9) Elwyn DH：Energy and nitrogen metabolism：scientific basis for clinical practice. In：Problems in General Surgery, 8：14-22. Lippincott, Philadelphia, PA, 1991。
- 10) Ten Haaf DSM, Nuijten MAH, Maessen MFH, Horstman AMH, Eijsvogels TMH, Hopman MTE：Effects of protein supplementation on lean body mass, muscle strength, and physical performance in nonfrail community-dwelling older adults：a systematic review and meta-analysis. Am J Clin Nutr, 108：1043-1059, 2018。
- 11) Coelho-Júnior HJ, Rodrigues B, Uchida M, et al：Low protein intake is associated with frailty in older adults：A systematic review and meta-analysis of observational studies. Nutrients, 10：E1334, 2018。
- 12) Liao CD, Tsao JY, Wu YT, et al：Effects of protein supplementation combined with resistance exercise on body composition and physical function in older adults：a systematic review and meta-analysis. Am J Clin Nutr, 106：1078-109, 2017。
- 13) Deutz NE, et al：Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging：recommendations from the ESPEN Expert Group. Clin Nutr, 33：929-936, 2014。
- 14) Bauer J, et al：Evidence-based recommendations for optimal dietary protein intake in older people：a position paper from the PROT-AGE Study Group. J Am Med Dir Assoc, 14：542-559, 2013。
- 15) Drummond MJ, et al：Nutritional and contractile regulation of human skeletal muscle protein synthesis and mTORC1 signaling. J Appl Physiol, 106：1374-1384, 2009。
- 16) Anthony JC, et al：Orally administered leucine stimulates protein synthesis in skeletal muscle of postabsorptive rats in association with increased eIF4F formation. J Nutr, 130：139-145, 2000。
- 17) Anthony JC, et al：Leucine stimulates translation initiation in skeletal muscle of postabsorptive rats via a rapamycin-sensitive pathway. J Nutr, 130：2413-2419, 2000。
- 18) Mamerow MM, et al：Dietary protein distribution positively influences 24-h muscle protein synthesis in healthy adults. J Nutr, 144(6)：876-880, 2014。
- 19) 平成 24 年 摂食嚥下に係る調査研究事業報告書 (国立長寿医療研究センター)。
- 20) 栢下 淳 編著：嚥下食ピラミッドによるペースト・ムース食レシピ 230, 医歯薬出版株式会社，東京，2013。
- 21) Shimizu A et al：Texture-modified diets are associated with decreased muscle mass in older adults admitted to a rehabilitation ward Geriatrics & Gerontology International, 18：698-704, 2018。