

化学と生物

生命・食糧・環境

May
2014

ISSN 0453-073X
KASEAA 52(5)275-346(2014)
Vol.52, No.5

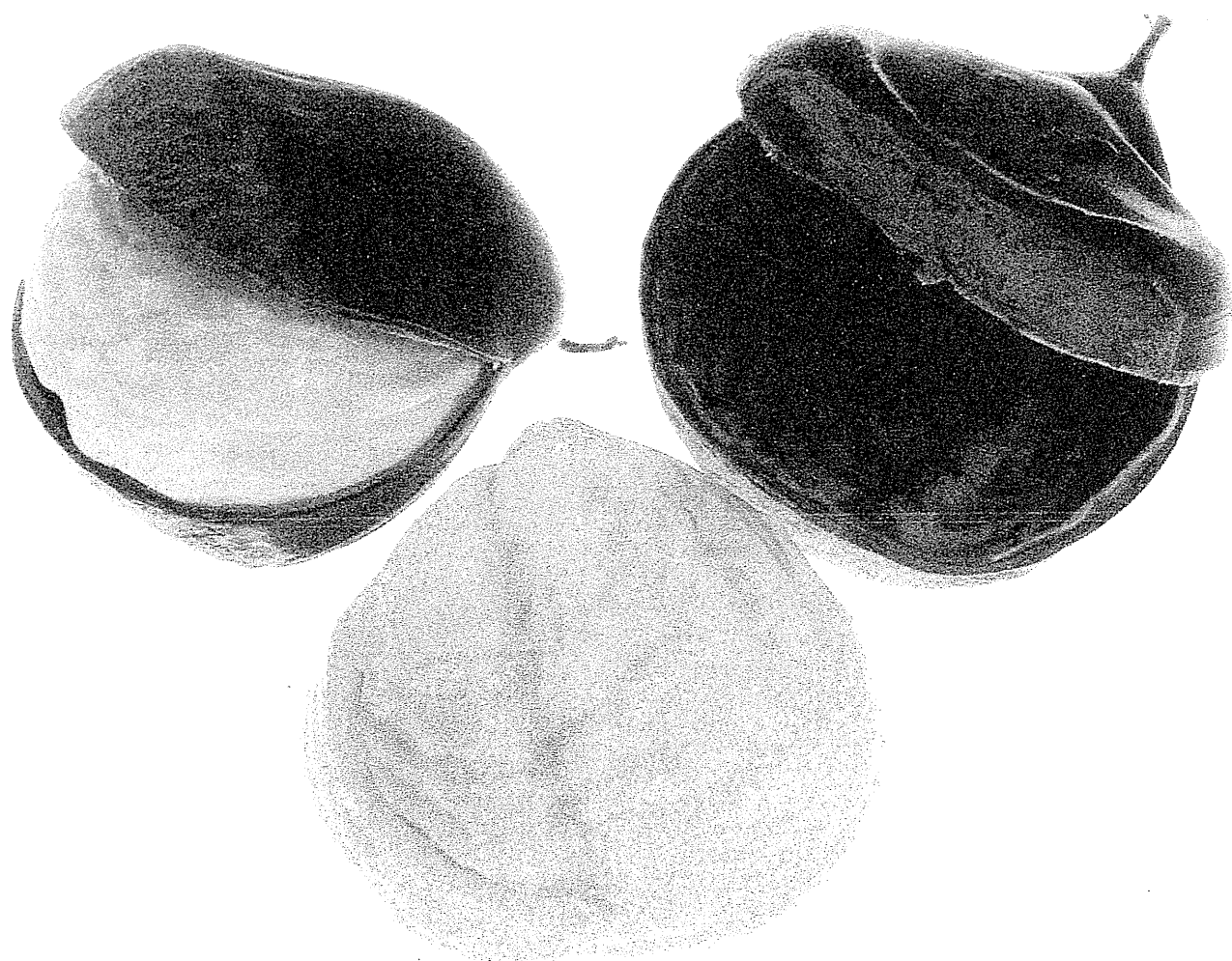


- サルコペニアと栄養
- 甘いもの嫌いのゴキブリ
- メタン生成と嫌気メタン酸化の酵素化学
- 天然化合物の探索と創製 **新連載**



日本農芸化学会 会誌

● 渋皮のむけるニホングリに希望の光

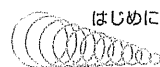


サルコペニアと栄養

葛谷雅文

名古屋大学大学院医学系研究科

加齢とともに骨格筋量が減少するが、極度に低下する現象をサルコペニアと称し、高齢者のふらつき、転倒・骨折、虚弱状態との関連で、昨今重要視されてきている。その要因はさまざまな仮説が提唱されているが、栄養、特にタンパク質摂取量の低下が大きな要因として注目され、最近では介入研究も報告されてきている。さらにはビタミンDなどとの関連も最近注目されてきており、今後十分な栄養と適度な運動を励行することにより、サルコペニア予防が期待されている。



はじめに

サルコペニアの話をする前に、現在の日本の医療の状況を知っていただく必要があると思う。ご存知のように日本をはじめ、先進国に共通の社会的、そして医療上の問題として人口の高齢化、患者の高齢化の問題がある。人口の高齢化とは、相対的に子ども、労働人口が減少し、高齢者（一般的には65歳以上を指す）が増えた状態を指す。日本は平成24年の段階で高齢化率（総人口当たりの65歳以上の人口の割合）は24%程度である。しかし、高齢化率はさらに上昇する事が予測されており、2025年問題と言われるように、団塊の世代が後期高齢者（75歳以上）に到達するときには高齢化率30%を超すと想定されている。さらに、少子化も加わり、今後日本では75歳以上の人口しか増えないこともわかっている。このように人口の高齢化に伴い、明らかに医療がかかってくる対象者も高齢化してきているのは当然のことである。今後さらに75歳以上の年代が増加する超高齢社会では、医療のターゲットになる年齢層も上昇し、健康問題も生活習慣病予防だけでなく、寝たきり予防、健康寿命延長、自立した生活の維持、介護予防などの重要度が増してきている。今後高齢者がさらに増えることにより医療費さらには介護費用が増大することが危惧されている。特に介護保険で要介護認定を受ける対象者は現在要支援を含めると500万人以上存在しており、2000年に介護保険制度が導入されたときに比較して3倍以上に要介護認定者数は増加している。超高齢社会に突入しているわが国においては今後要介護高齢者を増やさない対策、すなわち介護予防対策は喫緊の課題である。もちろん脳卒中をはじめとする疾病予防の重要性は言うまでもないが、後期高齢者が要介護になる原因として無視できないのは、「認知症」「転倒」と並んで「高齢による衰弱（虚弱、

フレイルティ）」であることがすでにわかっている。高齢者の虚弱と骨格筋の減少は密接に関連していることはすでに認識されている。このような背景があり、最近種々の分野で骨格筋減少が注目されるに至っている。

サルコペニアは「加齢に伴う筋力の低下、または老化に伴う筋肉量の減少」を指し、Rosenbergにより提唱された比較的新しい造語である¹⁾。一般的に70歳までに20歳台に比較すると骨格筋面積は25～30%、筋力は30～40%減少し、50歳以降毎年1～2%程度筋肉量は減少すると一般に言われている²⁾。サルコペニアの存在は、高齢者では「ふらつき」、「転倒」、さらには「虚弱（フレイルティ）」に密接に関連し、その先には要介護状態が待ち受けている³⁾。したがって、サルコペニアの原因を究明し、それに沿った介入法を開発、導入することは介護予防の観点からも超高齢社会に突入したわが国においては、医療・介護政策上の観点からも極めて重要であることは、上で述べたとおりである。

サルコペニアのメカニズム、特に栄養との関連

1. サルコペニアの要因（図1）

加齢とともに骨格筋は筋線維数の減少だけではなく、一つひとつの筋線維自体も萎縮する。主に減少する筋線維はタイプII筋線維で、速筋と言われるものである。しかし、最近ではタイプIIだけではなく、80歳を超えるとタイプI筋線維

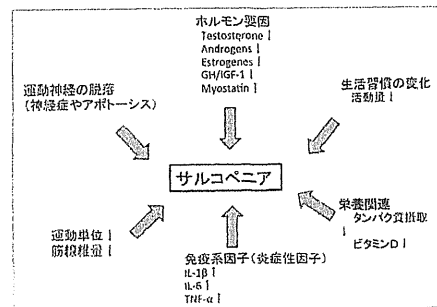


図1 ■ サルコペニアの要因

も同様に減少してけるとする報告も多い。興味あることに四肢骨格筋の加齢に伴う減少は上肢よりも下肢でより著しいと報告されている⁴⁾。

筋肉自体の減少に伴い、脂肪や細胞間質が増加する。実際CTやMRI検査では筋肉組織の減少に伴い、脂肪や細胞外線維などが筋肉間に浸潤しているのが観察される。下記にあるように筋肉間ならびに筋肉内の脂肪の沈着は炎症の引き金になる可能性もあり、さらに骨格筋萎縮を加速する可能性もある。筋線維を支配している運動神経細胞（運動ニューロン）は脊髄にあって、ここから出た神経線維は幾重にも分枝して筋線維に到達する。運動ニューロンとそれが支配している筋線維をまとめて運動単位というが、加齢とともに、この運動単位が減少することが知られている⁴⁾。また骨格筋再生に重要で骨格筋細胞周囲に存在する筋芽細胞に分化する衛星細胞自体の数も減少と報告され、さらには加齢により筋衛星細胞の筋芽細胞への分化が抑制されているとの報告が多い⁵⁾。筋肉細胞自体の萎縮は筋タンパク質の減少を伴っており、筋肉タンパクの同化・異化バランスがこの病態にかかわっている可能性が高い。このようにサルコペニアは多因子がかかわっている病態である可能性が高い（図1）。

2. タンパク質とサルコペニア

筋肉タンパク質はさまざまな状況下で分解するため、筋肉量を維持するためには筋細胞内でのタンパク質合成が必須である。筋肉タンパク質の合成にはその原料となるアミノ酸が必須であり、さらにその上流にあるタンパク質の摂取が必須である。また必須アミノ酸、特にロイシンは直接筋肉細胞に働き、筋タンパク質合成シグナルを促進させる作用があることも知られる。加齢とともに摂取したタンパク質が効率的に吸収されないのではないか、との報告も以前は認められたが、現在では少なくとも多くの健康な高齢者では若年者と同様に摂取されたタンパク質は消化管で分解、吸収され加齢の影響は疾病を合併していない限りあまりないことが報告されている。また、加齢とともに筋肉でのタンパク質合成能が低下するのではないかの見解もあり、実際、アミノ酸摂取に対しての筋肉のタンパク質同化反応の感受性が低下しているとの報告がある⁶⁾。

人間の必要タンパク質量は19歳以上で一律に体重から推定された0.8 g/kg（体重）/日が推奨されており、栄養バランスからみて高齢者と若年者での体重当たりのタンパク質必要量は相違がないとされている。しかし、実際には高齢者ではタンパク質摂取量は20～40%程度推奨量より少ないとされる。摂取タンパク質を増やすことだけでなく筋肉量が増加するかどうかは議論があるところだが、減少を予防することはできる可能性がある。地域高齢者の観察研究（the Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Study）では摂取カロリー当たりのタンパク質量により3年後の除脂肪体重ならびに四肢除脂肪体重の低下率が変化しタンパク質摂取が多いほどその低下率が低いことが報告された⁷⁾（図2）。図2は除脂肪体重のデータであるが四肢の除脂

肪体重（骨格筋量）も同様な結果である。この5分位の第一階級の体重（kg）当たりの一日タンパク質摂取量は平均0.7 gで第5階級では1.1 gである。これ以上にタンパク質摂取を増やせたらどうか興味があるが、少なくとも0.7～1.1 g/kg/日までは直線的に除脂肪体重の減少は抑えられている。

一方、高タンパク質の摂取による体への悪影響（腎毒性など）が指摘されているが、腎疾患がない場合には極端な高タンパク質食でない限り（2.0 g/kg/日まで）、重大な副作用につながることはまれである。実際筋肉量の減少をきたしやすい高齢者が筋肉量を維持するには0.8 g/kg/日では不十分で、1.0～1.3 g/kg/日程度の摂取が必要との指摘もある。欧米からの報告では1.6 g/kg/日のタンパク質で運動による筋肉量増加を認めたとか、1.0 g/kg/日が筋肉量の低下を予防する最低限のタンパク質摂取量だなどの報告もある^{8,9)}。現在、日本人の食生活摂取基準では高齢者でも成人と同様男性で推定平均必要量を50 g/日、推奨量を60 g/日、女性で推定平均必要量を40 g/日、推奨量を50 g/日としているが、今後この量でサルコペニア予防が実現できるかの検証が必要である¹⁰⁾。

3. アミノ酸とサルコペニア

正常な筋肉タンパク質代謝のためにはアミノ酸の筋肉への供給が不可欠である。アミノ酸には体内で合成できるか、できないかにより非必須アミノ酸と必須アミノ酸に分けるが、筋肉のタンパク質同化作用は主に必須アミノ酸に依存していることが知られる。筋肉構成しているアミノ酸のうち30～40%が必須アミノ酸であるとも言われている。必須アミノ酸がなぜ筋肉においてタンパク質同化として機能するかはなお十分解明されていないが、必須アミノ酸の供給は単にタンパク質合成の原料として使用されるだけでなく、筋肉細胞に

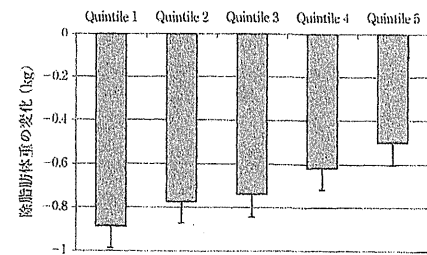


図2 ■ カロリーで調整されたタンパク質摂取量の5分位の3年間の除脂肪体重の変化（n=2066）。

年齢、性別、人種、調査場所、総カロリー摂取量、登録時の除脂肪体重、身長、喫煙、アルコール摂取習慣、身体活動度、ステロイドホルモンの使用、併存症、入院歴で調整、傾向検定 $p=0.002$ 。総摂取カロリー当たりのタンパク質摂取カロリー（%）ならびに総タンパク質摂取量（g/kg/日）: Quintile 1: 11.2%, 0.7 g/kg/日; Quintile 2: 12.7%, 0.7 g/kg/日; Quintile 3: 14.1%, 0.8 g/kg/日; Quintile 4: 15.8%, 0.9 g/kg/日; Quintile 5: 18.2%, 1.1 g/kg/日。文献7より引用。

直接働いてタンパク質合成を刺激している。必須アミノ酸の中でも分枝鎖アミノ酸（ロイシン、イソロイシン、バリン）、さらにはその中でもロイシンは筋タンパク質合成刺激が強いことが知られる⁽¹¹⁾。分枝鎖アミノ酸はそれ以外に筋肉エネルギー源となる唯一のアミノ酸でもある。必須アミノ酸であるロイシンによる介入の多くは体タンパク質合成の増加や除脂肪体重の増加に成功している。ロイシンは70-kDa ribosomal protein S6 kinase (p70S6K) や eukaryotic initiation factor 4E binding protein-1 (4E-BP1) を含む the mammalian target of rapamycin (mTOR) pathway を介してタンパク質同化作用を示すことが知られる。mTOR の活性化経路として最近 Rag (a small subfamily of GTPases), MAP4K3 (a germinal center kinase-related kinase), ならびに Vps34 (a PI3 kinase) などの経路が報告されている⁽¹²⁾。

一方、高齢者では若年者と比較しロイシンのタンパク質同化作用が低下しているとの報告がある。その機構としては高齢者での骨格筋では若年者と比較し mTOR ならびにその下流の S6K の経路の活性化が低下していると言われている。しかし、十分なロイシンに対してはタンパク質同化作用は健在で筋肉タンパク質の合成に傾く。このことは高齢者の骨格筋ではロイシンが低濃度だとそのタンパク質同化の刺激が弱く、タンパク質合成に働かない可能性がある。しかし、十分量のロイシンが加えられれば若年者と同様にタンパク質合成が増加することを意味する。



運動と栄養

栄養の補給だけでは骨格筋の増強作用は不十分であることが指摘され、運動との併用が効果的と報告されている⁽¹³⁾。一方、運動、特にレジスタンス運動のサルコペニアに対する効果がいくつか報告されている。しかし、運動だけでも効果は少ないと言われている。実際、空腹時での運動では筋肉でのタンパク質合成は誘導されるが、同時に分解も促進されることが報告されており、十分なタンパク質の供給がレジスタンス運動にも必要である⁽¹⁴⁾。上でも述べたが、報告によると、高齢者で運動とともに 1.6 g/kg/日のタンパク質摂取で筋肉量の増大を認め、最低限 1.0 g/kg/日のタンパク質摂取が必要とされている。



ビタミンD

高齢者ではビタミンD欠乏に陥りやすい。ビタミンD血中濃度とサルコペニアとの関連は横断的のみならず縦断的研究でも報告されている。たとえば65歳以上の高齢者で 25-hydroxyvitamin D の値と3年後のサルコペニアの存在との関係を検討すると、ビタミンDが低値であるとサルコペニアのリスクが増加する⁽¹⁵⁾。ビタミンDは1,25(OH)D核内受容体を介してカルシウム・リン輸送、リン脂質代謝、筋細胞

の増殖、分化に影響を与えることが知られている。一方、ビタミンDによる筋力の増強、転倒予防に関する介入試験の結果は必ずしも一致していない⁽¹⁶⁾。しかし最近のビタミンD低値の高齢者を対象とした介入試験では筋力、転倒に対して良好な効果が報告されている⁽¹⁷⁾。今後さらなるデータの蓄積が期待される。

- 1) I. H. Rosenberg: *Am. J. Clin. Nutr.*, **50**, 1231 (1989).
- 2) 葛谷雅文: *日老医誌*, **46**, 279 (2009).
- 3) I. Janssen, S. B. Heymsfield, Z. M. Wang *et al.*: *J. Appl. Physiol.*, **89**, 81 (2000).
- 4) J. Lexell, K. Henriksson-Larsen, B. Winblad *et al.*: *Muscle Nerve*, **6**, 588 (1983).
- 5) A. Bigot, V. Jacquemin, F. Debacq-Chainiaux *et al.*: *Biol. Cell.*, **100**, 189 (2008).
- 6) E. Volpi, B. Mittendorfer, B. B. Rasmussen *et al.*: *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, **85**, 4481 (2000).
- 7) D. K. Houston, B. J. Nicklas, J. Ding *et al.*: *Am. J. Clin. Nutr.*, **87**, 150 (2008).
- 8) W. W. Campbell, T. A. Trappe, R. R. Wolfe & W. J. Evans: *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.*, **56**, M373 (2001).
- 9) W. W. Campbell, C. A. Johnson, G. P. McCabe & N. S. Carnell: *Am. J. Clin. Nutr.*, **88**, 1322 (2008).
- 10) 厚生労働省: 日本人の食事摂取基準 (2010年度版), 「日本人の食事摂取基準」策定検討会報告書, 2009.
- 11) M. H. Stipanuk: *Nutr. Rev.*, **65**, 122 (2007).
- 12) M. Leenders & L. J. van Loon: *Nutr. Rev.*, **69**, 675 (2011).
- 13) M. A. Fiatarone, E. F. O'Neill, N. D. Ryan *et al.*: *N. Engl. J. Med.*, **330**, 1769 (1994).
- 14) G. Biolo, K. D. Tipton, S. Klein *et al.*: *Am. J. Physiol.*, **273**, E122 (1997).
- 15) M. Visser, D. J. Deeg & P. Lips: *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, **88**, 5766 (2003).
- 16) K. A. Stockton, K. Mengersen, J. D. Paratz *et al.*: *Osteoporos. Int.*, **22**, 859 (2011).
- 17) K. Zhu, N. Austin, A. Devine *et al.*: *J. Am. Geriatr. Soc.*, **58**, 2063 (2010).

プロフィール



葛谷 雅文 (Masafumi KUZUYA)

<略歴> 1989年名古屋大学大学院医学系研究科内科系老年科学修了/1991年米国立老化研究所研究員/1996年名古屋大学医学部附属病院(老年科)助手/1999年同講師/2002年名古屋大学大学院医学系研究科健康社会医学専攻発育・加齢医学講座(老年科学分野)助教授/2007年同准教授/2011年名古屋大学大学院医学系研究科健康社会医学専攻発育・加齢医学講座(地域在宅医療学・老年科学分野)教授/2013年4月同大学医学部附属病院地域医療センター、センター長(兼務)/同年11月同大学予防早期医療創成センター教授(兼務)/2014年同大学未来社会創成機構教授(兼務)<研究テーマと抱負> 専門分野: 老年医学、栄養・代謝、サルコペニア、動脈硬化、認知症、地域在宅医療

■ 実地臨床で遭遇する栄養管理

高齢者

予防医療の一環としての高齢者栄養療法の視点

葛谷雅文

Summary

- 栄養に関する問題、とくに予防医療における問題は、主にメタボリックシンドロームを代表とする過栄養の問題と、高齢者で頻度が高くなる低栄養の問題がある。
- 高齢者の低栄養の問題はフレイル、サルコペニアに直結し、今後介護予防政策上も大変重要な課題であると認識する必要がある。
- いつまでメタボリックシンドロームに関して注意喚起をする必要があり、いつからフレイルを考えて低栄養予防にギアチェンジをしなければならないのか、という大きな問題がある。

過栄養の問題と年齢

肥満ならびにメタボリックシンドロームの存在は、明らかに糖尿病、脂質異常症をはじめとした代謝疾患の発症リスクになるばかりか、動脈硬化疾患をはじめとする心血管イベント、生命予後との強い関係があるのは明らかである。一般にメタボリックシンドロームの有病率は成人よりむしろ高齢者で高いことが報告され、もっとも高い有病率は男性では60歳代で、女性では70歳代であるとの報告が多い¹⁾。しかし、高齢者のこれらの過栄養状態を成人と同様に考えるべきかは議論がある。

高齢者でのメタボリックシンドロームと生命予後(全死亡も心血管死も含め)との関係は成人と比較すると低下し、生命予後のリスクにはなっていないとの報告が多い^{2,3)}。肥満に関しても若年者と比較し、BMIの全死亡ならびに心血管死へのリスクは明らかに加齢とともに軽減し、日本人の高齢者の疫学調査においても

BMIが少なくとも30 kg/m²未満においては生命予後のリスクは上昇しない^{4,5)}。

以上のように、生命予後を考えたときに、過栄養の指標であるBMIや肥満の存在は、高齢者では若年者とその医療管理上の性格が異なることを念頭に置いておく必要がある。

低栄養問題とフレイル、サルコペニアの問題

超高齢社会を迎えたわが国において、健康寿命の延伸が昨今取りざたされるが、いかに要介護状態にならず自立した生活ができる期間を延長するかが重要となる。日本人の要介護にいたる原因は、前期高齢者では4~5割が脳血管障害によるが、要介護認定を受けている数は圧倒的に後期高齢者に多く、後期高齢者で要介護状態にいたる原因としては、「認知症」、「骨折、転倒」、「高齢による衰弱」などのいわゆる老年症候群を原因とするケースが急増し、要介護認

キーワード：高齢者、フレイル、サルコペニア、低栄養
 ぐずや まさふみ：名古屋大学大学院医学系研究科地域在宅医療学老年科学

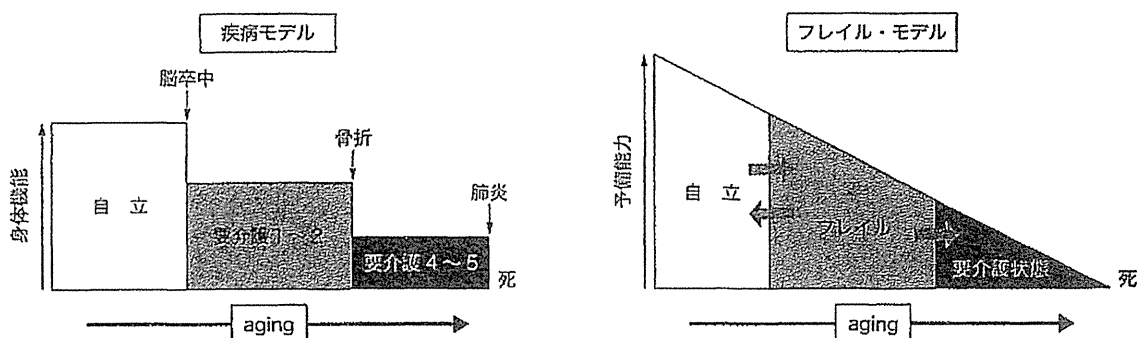


図1 要介護にいたるプロセス：疾病モデルとフレイル・モデル

定を受ける要因としては全体の5割以上を占める。このなかで「高齢による衰弱」は日本老年医学会が提唱する「フレイル」とほぼ同義である。フレイルとは老化に伴う種々の機能低下(予備能力の低下)を基盤とし、さまざまな健康障害に対する脆弱性が増加している状態、すなわち健康障害に陥りやすい状態を指す。フレイルは要介護状態にいたる前状態と考えられ、その時点での適切な介入により、回復可能な時期であるともいえる。フレイルの概念は既存の「身体機能障害がある種の疾病発症(脳血管障害や骨折など)に起因する」という疾病モデルではなく、高齢者では老化に伴う予備能力の低下(ホメオスタシスの低下)が身体機能障害につながるという、異なるシナリオを提示している(図1)。

一般的にフレイルの診断は、①体重減少、②主観的疲労感、③日常生活活動量の減少、④身体能力(歩行速度)の減弱、⑤筋力(握力)の低下、のうち3項目が当てはまる場合とし、1~2項目が当てはまる場合はフレイル前段階と診断する⁶⁾。このなかの体重減少は、1年間で意図的ではない体重減少が4~5 kg存在する場合である。

また、近年、加齢とともに四肢骨格筋量ならびに筋力が低下することを「サルコペニア」と定義し、上記のフレイルとの関連や易転倒性に強く関連している病態として注目されている。このサルコペニアの原因は多因子が関連してい

ることが想定されているが、そのなかで筋肉蛋白質の合成低下が注目され、その原因として高齢者の蛋白質摂取量の低下が指摘されるにいたっている⁶⁾。

図2にFriedらの提唱したフレイル・サイクルを改訂したものを示した⁷⁾。高齢者は種々の要因で栄養摂取量が減少しやすく、そのことが栄養障害を起こし、それがサルコペニアにつながり、筋肉量の減少により基礎代謝が低下し、……と次々と連鎖していく。サルコペニア自体により下腿筋力が低下し、転倒、歩行速度の低下、活動度の低下が誘発される。これらすべてがフレイルの要因となる。

高齢者では、生理的に成人にはない多数の低栄養に陥るリスクが存在する。一般的には男性では65歳を、女性では75歳を超える時期より徐々に体重が低下することが多い。したがって高齢者を診察する際に、体重の変動に関しては定期的に確認する必要がある。

過栄養と低栄養の境界

上記の相反する栄養状態に対する指導をどうするかが問題である。紛らわしいことに現在、特定健診(メタボ健診)が40~74歳までを対象とし、肥満ならびにメタボリックシンドロームと診断された場合には過栄養是正の指導がされる。一方で、介護予防事業では65歳以上の高

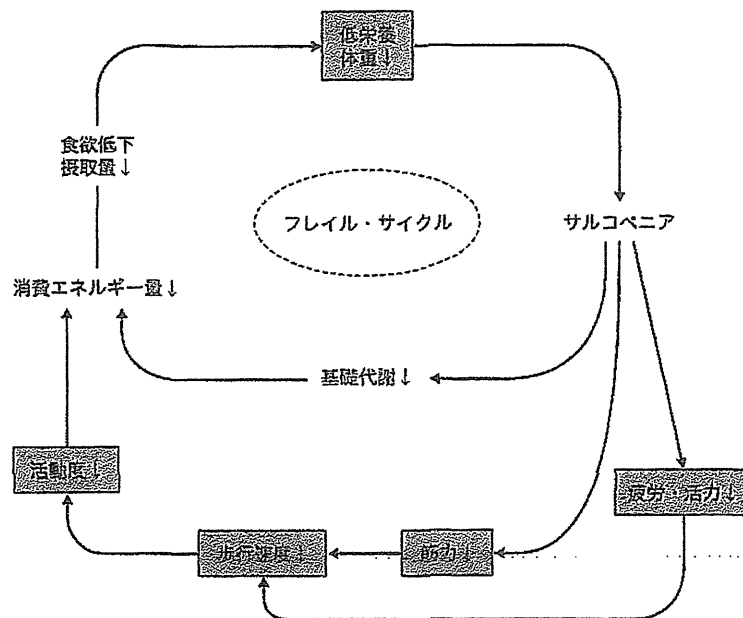


図2 フレイル・サイクルと低栄養

[文献7)より引用, 改変]

高齢者に対して市町村では基本チェックリストで低栄養状態の把握をしている。すなわち、地域の65～74歳はメタボリックシンドローム予防と低栄養予防が並行して走っており、地域は大変混乱している。

上記に記載したように、メタボリックシンドロームに関しては65歳未満に対してしっかり管理することが勧められ、低栄養予防策に関しては主として75歳以上の高齢者がターゲットになる。また、間の65～74歳の前期高齢者はそれぞれのリスクを考えて、個別対応にすべきである。すなわち、BMI値のみにこだわり年齢や疾病背景を考慮しない、画一的な指導(とくに75歳以上の高齢者に65歳未満と同様な減量を勧めるような指導)は控える必要がある。

症例

60歳時にかかりつけ医からいわれたことを20年間忠実に守り続けた82歳の女性
「20年ほど前に、かかりつけ医の先生からコ

レステロールや油ものをなるべく避けるように、また体重も減量するように指導されました。別に糖尿病があるわけではありません。それ以降、メタボが怖いこともあり、減量を心がけ、卵や乳製品、油ものは摂らないようにしています。もちろん肉は鳥のささみだけです。でも、この食事療法のおかげで、当時52kgの体重でしたが今は15kgほど減って、37～38kgです。この1年間に5kgほど体重が落ちました。最近疲れやすくなったし、長い距離を歩けなくなりました。ペットボトルのふたも開けにくくなっています」

解説

この症例の問題は、以前受けた指導が20年後の現在にも適応されると考え違いをしている点である。かかりつけ医は、この間違っただけを修正せねばならない。脂質は大変効率のよい栄養素であり、現在の状況では、むしろ控えることは健康障害に導くかもしれない。成人のメタボ対策の刷り込みは、高齢者では解除していくことが重要である。それがフレイル、サ

ルコペニア予防につながる。実際、本症例はフレイルの診断基準を満たしている。このままで放置するとこの高齢女性は間違った思い込みにより、フレイルを介して要介護状態に陥る。

高齢者肥満とサルコペニア、フレイル

欧米では、高齢者肥満はサルコペニック肥満として注目されている。これは四肢骨格筋量ならびに筋力の低下とともに肥満を合併しているケースを指す。単なるサルコペニアよりもサルコペニック肥満では身体機能や日常生活動作の障害に強く関連し⁸⁾、さらにはフレイルにもつながることが報告されている^{9,10)}。

わが国の高齢者でもこの概念が通用するかは今後の研究が待たれる。しかし、これら欧米からの報告にある肥満とはBMI \geq 30 kg/m²を指すことが多く、BMI \geq 30 kg/m²の者の割合が米国の約10分の1にすぎないわが国の高齢者に当てはめてよいのかは疑問ではある。2012年度の国民健康・栄養調査で70歳以上のBMI \geq 30 kg/m²の者の割合は2.8% (男性2.3%、女性3.2%)である。一方で、BMI \leq 20 kg/m²の割合は前期高齢者で14.9%、75歳以上では18.8%と報告されており、低栄養に傾く割合が多いのが実情である¹¹⁾。

文 献

- 1) Hu G et al : Prevalence of the metabolic syndrome and its relation to all-cause and cardiovascular mor-

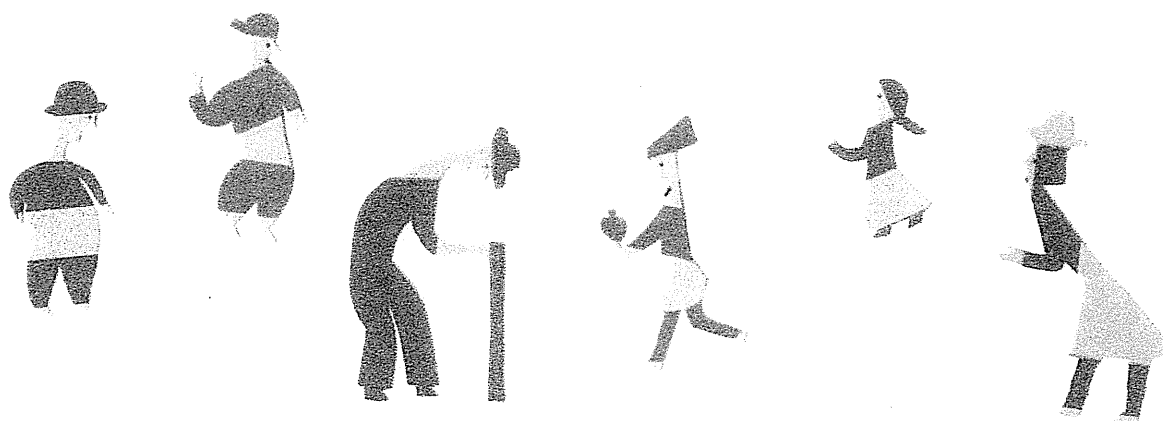
- tality in nondiabetic European men and women. Arch Intern Med 164 : 1066-1076, 2004
- 2) Hildrum B et al : Metabolic syndrome and risk of mortality in middle-aged versus elderly individuals : the Nord-Trøndelag Health Study (HUNT). Diabetologia 52 : 583-590, 2009
- 3) Thomas F et al : The impact of the metabolic syndrome—but not of hypertension—on all-cause mortality disappears in the elderly. J Hypertens 29 : 663-668, 2011
- 4) Matsuo T et al : Age- and gender-specific BMI in terms of the lowest mortality in Japanese general population. Obesity (Silver Spring) 16 : 2348-2355, 2008
- 5) Tamakoshi A et al : BMI and all-cause mortality among Japanese older adults : findings from the Japan collaborative cohort study. Obesity (Silver Spring) 18 : 362-369, 2010
- 6) 厚生労働省 : 「日本人の食事摂取基準 (2015年版) 策定検討会」報告書 : 参考資料-1-対象特性 : 高齢者。 <<http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10901000-Kenkoukyoku-Soumuka/0000042643.pdf>>
- 7) Xue QL et al : Initial manifestations of frailty criteria and the development of frailty phenotype in the Women's Health and Aging Study II. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 63 : 984-990, 2008
- 8) Baumgartner RN et al : Sarcopenic obesity predicts instrumental activities of daily living disability in the elderly. Obes Res 12 : 1995-2004, 2004
- 9) Bouchard DR et al : Sarcopenic/obesity and physical capacity in older men and women : data from the Nutrition as a Determinant of Successful Aging (NuAge)-the Quebec longitudinal Study. Obesity 17 : 2082-2088, 2009
- 10) Blaum CS et al : The association between obesity and the frailty syndrome in older women : the Women's Health and Aging Studies. J Am Geriatr Soc 53 : 927-934, 2005
- 11) 厚生労働省 : 平成24年国民健康・栄養調査結果の概要。 <<http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-10904750-Kenkoukyoku-Gantaisakukenkouzoushinka/0000032813.pdf>>

Public Health Nutrition

ウェルネス 公衆栄養学

2014
年版

[編集] 前大道教子
松原知子



医歯薬出版株式会社

Chapter 4

栄 養 疫 学

S U M M A R Y

- ▶ 栄養疫学は人の集団を対象として、健康や疾病とその栄養との関係を明らかにすることを目的としている。
- ▶ 家庭調査としての食生活調査は、栄養疫学の基本である。このChapterでは、食事調査を実施するときの留意点、測定の方法、べしに得られた結果の評価のための指標等を学ぶ。

4-1. 栄養疫学の概要

1 栄養疫学の役割

栄養学の基礎研究には動物実験が多く用いられる。特にラットやマウスなどの齧歯類が用いられることが多いが、動物実験で得られた結果が人間でも同じように当てはまるわけではない。生理代謝機能やかかる病気も齧歯類と人間では大きく異なる。栄養学が目指す最終的な目標は、栄養を通して人の健康を守ることである。どのような栄養がどのように人の健康に影響を与えるのかを確認し、その結果から、どのように栄養素を摂取していくことが重要なのかを明らかにして、病気の予防、健康の維持、増進に役立てていく。それが栄養疫学である。

曝露 (exposure)
集団になんらかの影響を与えること。曝露要因はその影響を与える要因を示す。

疫学は、1人の人間ではなく人の集団を対象として、健康や疾病とその規定要因との関連を明らかにすることを目的としている。規定要因を危険因子あるいはリスクファクター、曝露要因という。栄養疫学では曝露要因は食事、栄養であり、その量的な指標となる食事摂取量、栄養摂取量は曝露情報である。

わが国では、悪性新生物、心疾患、脳血管疾患が3大死因であり、これらは生活習慣が主な要因であるために生活習慣病とよばれる。糖尿病、高血圧症、脂質異常症は動脈硬化を進行させ、脳血管障害、心疾患などの循環器疾患を引き起こす。肥満はこれらの疾病の最大の原因であり、食習慣がその基盤にある。栄養疫学は日本人の健康問題を解決するための最も重要な役割を担っている。

2 公衆栄養活動への応用

公衆栄養活動では、疫学により明らかにされた栄養と疾病の関係など、科学的根拠に基づいた活動をすることが重要である。また、公衆栄養活動はアセスメント、計画、実施、評価というサイクルで実施されるが、対象地域や集団の実態を把握するために、疫学の手法を応用したアセスメントや評価を行う。

4-2. 曝露情報としての食事摂取量

1 食物と栄養素

すべての生物は生命を維持するために、栄養素などを必要とする。動物では栄養素などは食物として摂取される。人では毎日の食事として栄養素を摂取しているが、食事にはまず生命活動を維持するために必要なエネルギーが含まれる。そして、主要栄養素としてのたんぱく質、脂質、糖質、微量栄養素としてのビタミン、ミネラル類などが含まれている。このほかに健康維持や疾病予防には重要ではあるが通常は栄養素には含まれないフラボノイド類などの抗酸化物質やオリゴ糖などの難消化性多糖体なども含まれている。さらに食品添加物や有害物質なども同時に含まれていることも忘れてはならない。

食生活を評価するためには、量的な評価として食事調査による食品別の食物摂取量、栄養素摂取量などの推定が行われる。また、食生活の質的な評価としては、食品への嗜好や食事の様式などの食習慣調査が行われる。

2 食事摂取量の個人内変動と個人間変動

人は毎日毎日、同じ食事をとっているわけではない。多くの人が毎日の生活や好みに応じてメニューを変え、多彩な食生活を楽しんでいる。休日と平日では食事は異なるし、四季の変化が豊かな日本では、それぞれの季節ごとに旬の食品がある。

こうした同じ個人での食事の変動を個人内変動という。1日ごとの変動は日間変動といい、日本のように多くの食材が容易に入手でき、和食、洋食、中華など料理の種類が豊富な国では、その変動は大きい。また、曜日によっても食事内容は異なり、休日には外食を楽しんだりすることも多いだろう。1日だけの食事調査は、集団全体の食事の評価には役立つかもしれないが、特定の個人の食事摂取を正確に評価することはほぼ不可能である。さらにわが国では季節変動にも注意が必要である。たとえば、果物の摂取には季節差の影響が大きく、果物に多く含まれるビタミンCなどの摂取は季節による大きな変動がある。

食事の個人差も大きい。若者と高齢者、男性と女性では食事は大きく異なっている。性別や年齢だけでなく、同じ性別年齢であっても、嗜好、体格、運動量、教育、収入などが異なれば食事の内容は異なってくる。こうした個人ごとの差を個人間変動という。このように食事調査の結果は個人内変動、個人間変動の影響を大きく受けるため、評価が難しいことが多い。調査時期、調査の曜日などにも注意を払って、結果をみていく必要がある。

フラボノイド

天然に存在する化合物で、強い酸化作用があり、色素性をもつものが多い。

抗酸化物質

老化や動脈硬化を促進するような、酸素が関与する有害な反応を減弱もしくは除去する物質。

オリゴ糖

ブドウ糖や果糖などの単糖類が2~10個程度結びついた糖類の総称。腸内のビフィズス菌を増やし、腸内環境を整える働きがある。

個人内変動

同一の個人における特性の変動。1日ごとの変動や年間を通しての変動などを含む。

個人間変動

個人差。個人個人の違いによる特性の変動。年齢や性別、遺伝要因、環境要因などの影響がある。

表 4-1 個人の日常的な食事摂取量を 10% 以内の誤差で推定するのに必要な調査日数

		男性	女性			男性	女性
栄養素など	エネルギー	13	12	食品群	穀類	16	15
	たんぱく質	20	21		いも類	417	335
	脂質	52	43		糖類	341	377
	炭水化物	13	13		菓子類	1,138	462
	カルシウム	47	47		油脂類	307	258
	リン	20	20		雑穀類	3,403	2,533
	鉄分	28	27		豆類	141	140
	ナトリウム	32	31		魚介類	136	162
	カリウム	29	21		肉類	579	618
	レチノール	2,620	3,810		卵類	205	222
	カロチン	169	140		乳類	255	147
	ビタミンB	45	34		野菜類	71	65
	ビタミンB ₆	28	28		果実類	560	255
アイアン	61	63	きのこ類	874	1,114		
ビタミンC	105	80	海藻類	1,316	932		
				嗜好飲料類	106	97	

(Ogawa K, et al. Eur J Clin Nutr 52: 781-785, 1999 より)

3 日常的（平均的）な食事摂取量

食事には個人内変動があるが、同じ調査を長期間にわたって続ければ、特定の個人の日常的な、平均的な食事摂取量を推定することができる。個人の日常的な食事摂取量を推定するにはどのくらいの日数の調査が必要だろうか。個人内変動は栄養素ごとに異なる。多くの食品に含まれる主要栄養素よりも、特定の食品にしか含まれないような微量栄養素のほうが変動は大きく、調査にはより多くの日数が必要となる。

表 4-1 に個人の日常的な食事摂取量を 10% 以内の誤差で推定するのに必要な調査日数を示した。エネルギーやたんぱく質などの主要栄養素、ミネラル類では 2 週間から 2 カ月近く、ビタミン類では 2 カ月から 3 カ月以上も必要であると推定されている。食品別の摂取量でも、穀類のようにほとんど毎日決まって食べるものについては数日の調査で十分なこともあるが、果物のように季節変動が大きいもの、菓子類のように必ずしも毎日同じように食べるものではない食品では摂取量の推定には数百日を要すると推定されている。

このように特定の個人の栄養素摂取量の日常的・平均的な推定は極めて難しく、食事調査に基づいて栄養指導などを行う場合には、注意が必要である。一方、集団としての平均的な栄養素摂取量の推定は調査人数を増やすことで、短い調査期間で可能となる。3 日間の食事調査で数十人から数百人の対象者があれば、集団全体としての平均的な栄養素摂取量の推定が可能である。1

日だけの調査でも人数を増やせば十分可能であり、厚生労働省の国民健康・栄養調査は現在では1日の調査となっている。

特定の集団の平均的な食事摂取量の評価には、対象の選定も重要である。全員の調査ができない場合には、集団の一部に対して調査を行うことになるが、協力的な人たちだけに調査を行えば、健康に関心をもつ人たちが多くなってしまい、全体の平均からは離れた調査結果になってしまうことに注意しなければならない。

4-3. 食事摂取量の測定方法

地域住民や特定の集団での栄養問題を発見しようとするときには、その集団に対しての食事摂取量の測定および評価は欠かせない。多数の集団を対象とした食事摂取量の測定方法には、被験者の記憶による思い出し法、実際に摂取した食事の内容を記録してもらう記録法などがある。また、食事として実際に摂取した量ではなく、血液検査、尿検査などによる生化学的指標の評価、体重や体脂肪率などの身体計測値による評価によって、食事摂取量が足りないのか、過剰なのかを判定することもできる。

生化学的指標

血液や尿の生化学的な分析によって求められた成分量からの指標。

1 24時間食事思い出し法

24時間思い出し調査は通常、管理栄養士・栄養士による面談で行われ、被験者に前日の24時間もしくは過去24時間のあいだに摂取した食事の内容をすべて思い出してもらい、栄養素摂取量を求めるものである。対象者の負担が少なく、協力を得やすい。食事内容には日々の変動が大きく、個人の栄養摂取の判定には適していないが、多数の集団で行えば集団全体としての栄養素摂取状態の判断を行うことができる。24時間思い出し法による調査を同じ人に何度もくり返すことで精度を上げることも可能である。調査は対象者の記憶力に左右されることが多いため、高齢者や小児では実際に摂取したものをすべて思い出してもらうことは難しい。フードモデルや実物大写真、食器などを用いて各食品の摂取量を聞き出す。面接を行う管理栄養士・栄養士の技量による影響も大きい。

フードモデル

実物大で実物そっくりに作られた食品模型、食事調査や栄養指導に使われることが多い。

2 記録法

本人または家族の食事の内容を1~7日間程度にわたってすべて記録してもらい、その結果をもとに栄養素摂取の解析を行うものである。摂取量を秤で計量する秤量法、大きさや形状を記録する目安量法、カメラを使う写真記録法がある。実施に際しては、管理栄養士・栄養士による指導や確認が必要で

ある。食事記録法は思い出し法に比べて、記録をするための作業が繁雑であり対象者の負担が大きい。調査期間が長くなるほど精度は増すが、負担はさらに大きくなる。また、調査を意識して料理が日常と異なった内容になることもあることに注意しなければならない。

①秤量法

秤を用いて対象者の食物摂取量を正確に計測する方法である。一つひとつの食品を計量して記録していくことは面倒であり、食器と一緒に計測してしまうなど秤の使い方の間違いもある。レストランなどに秤を持って行くわけにはいかないため、外食がある場合には秤量法は事実上不可能である。調味料など少量しか使用しない食品では秤量が難しい。このように秤量を行うのが難しい場合には目安量が使われる。国民栄養調査は、以前は3日間の秤量法による世帯ごとの食事記録法が採用されてきた。1995年から1日だけの調査に切り替わっている。秤量法による調査を行うには秤が必要であるが、正確な秤が必ずしもすべての家庭にもあるわけではないことにも留意しなければならない。

②目安量法

食品の摂取量を計量スプーンでの換算、パンの枚数、果実の個数、びんや缶の本数、個数などを単位とした目安量で記録する方法である。目安量の把握の仕方には個人差が大きい。食品ごとの目安量の決め方、記録の仕方について、実際の調査の前にフードモデルなどを用いての管理栄養士・栄養士による十分な教育、訓練が必要である。

③写真記録法

対象者に毎食、食事の前後に食事の内容を撮影してもらい、あらかじめ用意したスケールと一緒に撮影してもらい、食器のサイズがわかり、摂取量の判定精度が上がる。使い捨てカメラやデジタルカメラが使われる。食事の前と後で撮影することで、実際に何をどれだけ食べて、何を残したかを判定できる。写真記録法単独で行われることもあるが、秤量法や目安量法による調査の精度を上げるために写真記録が併用されることもある。高齢者ではカメラの操作に不慣れであったりすることもあり、またカメラを用意する必要がある。費用がかかることが問題である。

3 食物摂取頻度調査法とその妥当性・再現性

食物や食品の摂取頻度を調査して、食習慣や栄養素などの摂取の状況を調査する方法を食物摂取頻度調査 (food frequency questionnaire) という。略してFFQといわれる。代表的な数十種類から200種類くらいまでの食品について、その摂取頻度を調査し、食品の摂取量を推定しようとする調査法である。対面調査だけでなく郵送での調査も可能で、簡便に行うことができる。

定性的 FFQ
 摂取量の調査を行わず、摂取頻度のみで食習慣を調査する食物摂取頻度調査法。

半定量式 FFQ
 代表的な食品や料理の摂取頻度と平均的な1回摂取量を質問票にて調査し、食習慣や食品摂取量を検討する調査方法。

ポーションサイズ
 特定の食品や料理についての1食あたりの平均的な摂取量。地域、性別や年齢などで異なることが多い。

摂取頻度だけの調査を定性的 FFQ という。頻度に加えて摂取量の調査も行うか、あるいは各食品の日本人における1回の平均的摂取量を用いることにより、日常的な平均的な栄養素摂取量を推定することもできる。また、各食品の1食あたりの摂取量を3~5段階ほどに分けて、摂取頻度とともに調査して摂取量を推定する方法を半定量式 FFQ という。調査する食品数は限られており、食品リストになければ反映されない。一般に過去1カ月、あるいは1年間の食物摂取頻度を調査するが、みかんなど特定の季節にしか食べられない食品に関しては、出回る時期での平均的な摂取頻度、量から、1年間の平均値を求める作業も必要である。推定された栄養素摂取量について個人が集団の中で、どのくらいの順位にいるかを判定することはできるが、対象集団の栄養素摂取量の推定には用いることは難しい。

地域の特産品のように、地域によって特徴的に食べられる食品もある。また、同じ“うどん”でも関西と関東では、調味料使用や食品構成の内容が大きく異なる。年齢によっても同じ料理が若者では量が多く油っこい内容であり、高齢者では量が少なめであっさりした内容となっていることが多い。米飯の摂取量に関しては、ごはん茶碗何杯というような形で1食あたりの摂取量が調査されるが、ごはん茶碗は“夫婦茶碗”の例でもわかるように、男性用と女性用ではサイズが異なる。女性では摂取量を過大に評価されてしまう可能性がある。調査をする地域で、対象となる年齢層や性別を考慮して FFQ の調査票を作成する必要がある。そのためには地域で食事記録調査を行い、料理や食品の摂取頻度、標準的な1食あたりの摂取量（ポーションサイズ）、各料理の食品構成を調査し、それらのデータを元にして FFQ を作成することが望ましい。

FFQ の再現性は、同一の人に同じ FFQ の調査票を用いて一定の期間において調査を繰り返して行い、食事摂取量の一致度を調べることで検討できる。対象者に調査結果を返すことで、特定の栄養素摂取量や食品の摂取が過剰あるいは不足しているということがわかると、食習慣を変更してしまうことがある。このように対象者が食習慣を変化させている場合には再現性は悪くなる。また、季節によっても摂取する食品が異なるため調査結果が変化してしまうことにも注意が必要である。

FFQ の妥当性は、FFQ で推定された栄養素摂取量がどれだけ真の摂取量に近いかで検討する。実際には真の摂取量を知ることにはほぼ不可能であり、一般には3日間以上の食事記録法を季節ごとに行い、それらの平均値と FFQ での栄養素摂取量との推定値との差や相関を計算することで妥当性の検討が行われる。24時間思い出し法が用いられることもある。また、妥当性の検討には血液検査など生化学的生体指標との比較で行われる場合もある。

4 陰膳法とマーケットバスケット法

一般的な食品に含まれる栄養素や成分は日本食品標準成分表に掲載されており、これを用いて食事記録と照合し、個々の栄養素や成分の摂取量を求めることができる。しかし、食品成分表にない栄養成分や化学物質の摂取量を推定する場合には、食品の化学的分析を行い、摂取量を推定しなければならない。こうした解析のために陰膳法やマーケットバスケット法が用いられることが多い。化学的分析を行うために分析法ともいわれる。

①陰膳法

実際に対象者が摂取した食事と同じものを、たとえば各家族でもう1人前多く食事をつくってもらうなどして収集する。集めた食事内容を化学的に分析し、食事に含まれる栄養成分や化学物質の量を推定する。このような調査に協力してもらう場合、食事の内容が普段とは異なるものに変更されやすいことに気をつける必要がある。

②マーケットバスケット法

マーケットバスケットは買物かごのことであるが、マーケットバスケット法は、日常摂取される代表的な食品を一般小売店で購入して、それらの食品に含まれる特定の成分を化学的に分析して含有量を求める方法である。それぞれの食品の平均的な摂取頻度や摂取量を対象集団で求めて、これを用いて食品ごとの成分の摂取量を推定し、全食品についての合計の摂取量を求める。

5 食生活状況調査

食習慣を含めた食生活状況調査は、食事の摂取状況と密接な関連をもち、重要である。食事の時間や摂取状況、地域の特性、食器など食生活に関連する道具（食具）、過去の食生活について調査する食事歴調査などもこれに含まれる。食生活状況調査の主な項目を表4-2に示す。

食事調査や食生活状況調査では、質問票による調査が行われることが多い。質問票による調査については、「Chapter 5 公衆栄養マネジメント」を参照されたい。

6 食事摂取量を反映する身体測定値・生化学的指標

1 体格・身体組成

①体重、体格指数

一般に肥満は栄養過多の指標であり、やせ（るいそう）は栄養不良の指標である。ただし、体格には遺伝的要因も大きく影響し、一概に肥満者は栄養摂取過剰、やせた人は栄養不足であるわけではないことに留意せねばならない。体重の減少は、栄養不良の重要な指標である。1年で10%以上あるいは

表 4-2 食生活状況調査

● 外食、欠食、間食、夜食の状況	● 料理伝承
● 共食者（食事をともにする者）	● 食事儀礼（行事食、食卓作法、食物禁忌）
● 食事時間	● 食事歴（過去の食生活）
● 食事所要時間	● 食具調査
● 食事場所	所有する調理道具の種類、数、使用状況
● 調理担当者	食器の種類、数および使用状況
	台所・食事室の設備

半年間で5%以上の体重減少がみられた場合には、病的原因による栄養不良である可能性がある。しかし、やせていても体重減少が6カ月以内にみられなかった場合は必ずしも病的というわけではない。

肥満、やせの判定には体格指数（BMI）を用いられることが多い。世界基準であるWHOの判定基準ではBMI 30以上を肥満としているが、日本肥満学会では肥満とする基準をBMI 25以上としている。日本人ではBMIが30未満であっても、25を超えていれば、25以下の人に比べて糖尿病や高血圧症、脂質異常症の発症リスクが2倍以上に高くなることが知られている。一方、BMIによるやせの基準は、BMIが18.5未満である場合とされている。

生後3カ月を過ぎた乳幼児に適用されるカウプ指数は体重(g)/[身長(cm)]²×10で計算され、BMIと同じ値になる。乳児16～18、幼児満1歳で15.5～17.5、満4、5歳で14.5～16.5程度が標準である。学童期は主にローレル指数=体重(kg)/[身長(m)]³×10が用いられている。120～130が標準であり、160以上で肥満と判断される。

ブローカ指数は成人の標準体重を表す指数で、身長(cm)－100で求める。日本では身長が高い人で標準体重としては大き過ぎる値をとるため、(身長(cm)－100)×0.9で求めるブローカ式桂変法が用いられる。

②ウエスト周囲径

メタボリックシンドロームの診断で用いられるウエスト周囲径は、立位、軽呼吸時、臍レベルで測定をする。脂肪蓄積が著しい場合には、腹部の皮下脂肪が垂れ下がってしまい、臍の位置が下がっている場合がある。この場合には肋骨下縁と前上腸骨棘（腰骨の一番上の部分）の midpoint の高さで測定する。男性で85 cm以上、女性で90 cm以上あれば内臓脂肪蓄積と診断される。内臓脂肪量の判定のためには、腹部CTスキャンやMRIによる内臓脂肪面積の計測がより正確である。

③体脂肪率・体脂肪量

最近では体脂肪計が安価に売り出されており、体脂肪率を容易に測ることができるようになった。現在使われている体脂肪率計はインピーダンス法を用いるものがほとんどである。脂肪組織が筋肉組織に比べて電気を通しにくい性質を利用し、身体に微量の電流を流して、身体の電気抵抗から体脂肪量を

内臓脂肪面積

腹部CTスキャンなどで臍部を通る腹部断面を撮影し、腹腔内の脂肪の面積を測定する。100 cm²以上で内臓肥満(内臓脂肪型肥満)と診断される。

体脂肪率

体重に占める体脂肪の割合。BMIが正常でも体脂肪率が高い場合には、筋量の低下が疑われる。

インピーダンス法

体内に軽い電流を流して、体内水分量を測定して、体脂肪率を計算する測定方法。体重と組み合わせて乗るタイプ、手で握るタイプなどがある。

表 4-3 体脂肪率による肥満の判定

	非肥満	軽度肥満	中等度肥満	重度肥満
男性（全年齢）	20%未満	20.0～24.9%	25.0～29.9%	30%以上
女性（10～14歳）	25%未満	25.0～29.9%	30.0～34.9%	35%以上
女性（15歳以上）	30%未満	30.0～34.9%	35.0～39.9%	40%以上

：日本肥満学会編：肥満・肥満症の指導マニュアル第2版，医尚薬出版，1997

推定する。測定は簡便だが，体内の水分量に影響を受けやすい，特に飲食や運動，排尿などの影響が強く，測定時の状況により得られる値が大きく異なることがある。さらに電気抵抗から体脂肪率を導く推定式がメーカーによって異なり，測定値が違ってしまふことがある。推定式は一般成人を対象にしているため，幼児や高齢者，妊婦，筋肉量の多い人などでは正確な結果が得られないなどの問題点がある。適正とされる体脂肪率は成人男性で20%未満，成人女性で30%未満であり，これを超えれば肥満と判定される（表4-3）。

皮下脂肪の評価には皮脂厚計が用いられてきた。皮脂厚計で皮膚をつまみ，皮下脂肪厚の測定を行う。上腕背面中央部（上腕三頭筋部），肩甲骨下端で測定が行われることが多い。簡便に測定できるが，測定の再現性に乏しい。超音波断層を用いての皮下脂肪厚の測定は，手技の差による影響が少なく，皮脂厚計よりも正確に実施できるが，機械が高価で疫学調査などでは使用しにくい。また，放射線を用いた二重エネルギーX線吸収法（DXA法）では，正確な体脂肪量，体脂肪率を求めることができるが，装置が大規模で，高額であり，また放射線被曝もあることから，一般の疫学調査では使用されない。

④筋肉量・除脂肪体重

加齢に伴う筋肉量の減少をサルコペニアという。高齢者の低栄養は筋肉量の低下をきたし，転倒や歩行困難など日常生活を送るうえでの支障となる。筋肉量の評価は難しい。放射線を用いて全身のスキャンを行うDXA法では，体脂肪量だけでなく，骨量，骨密度も頭部，体幹，上肢，下肢などの部位別に測定することができる。DXA法では筋肉量を直接測定することはできないが，体重から体脂肪重量を引いて求めた除脂肪体重（LBM）や，さらに骨量を引いて求めた除脂肪除骨体重が筋肉量の指標として用いられる。筋肉量の評価やサルコペニアの診断にはDXA法が最も正確であるが，原則として医療機関でしか実施することができない。このため簡便に測定できる上腕周囲長，大腿周囲長，下腿周囲長などが筋肉量の指標として用いられることがある。上腕周囲長から上腕筋圍（AMC）を推定して指標とすることもある。最近ではインピーダンス法でも筋肉量の推定が可能な装置が開発されている。

2 生化学的指標

①血液検査

栄養状態を評価する血液検査としては，血清コレステロールやトリグリセリド

二重エネルギーX線吸収法
低レベルの放射線を用いた装置で，全身や特定の部位をスキャンして，骨密度，体脂肪量などを測定する方法。

サルコペニア
高齢者にみられる筋肉量の減少をいう。筋量の減少に伴い筋力が低下し，日常生活に支障をきたすようになる。

除脂肪体重
脂肪重量を除いた体重。骨や内臓，体内の水分などが含まれるが，一般的には筋量の指標として使われる。

上腕筋圍（AMC）
上腕周囲長（AC）と上腕三頭筋部皮脂厚（TSF）から $AMC = AC - \pi \times TSF$ で計算できる。さらに， $AMC^2 / 4\pi$ で上腕筋面積（AMA）が求められる。

コレステロール
脂質の成分の1つ。細胞膜の構成成分やホルモンの前駆体として重要だが，過剰になると動脈硬化を促進させる。

トリグリセリド
中性脂肪ともよばれる脂質の成分の1つである。脂肪細胞中にエネルギーとして蓄えられる。

表 4-4 栄養評価指標としての血清たんぱく質

	栄養指標	半減期	特徴
静的指標	アルブミン	21日	測定時付近の平均的栄養状態を反映する指標
	コリンエステラーゼ	11日	
動的指標	トランスフェリン	7日	短期間の栄養状態の変化を評価する指標
	プレアルブミン	1.9日	
	レチノール結合たんぱく	0.5日	

イド（中性脂肪）などの血清脂質、血清たんぱく、特にアルブミンなどが用いられる。

血清脂質は一般に高栄養では高値になり、低栄養では低くなるが、体質や遺伝による影響も強い。HDL コレステロールは善玉コレステロールともよばれ、その値が高いと動脈硬化の進行を予防し、長寿につながるといわれるが、肥満や糖尿病、喫煙で低下する。反対に運動や適度な飲酒はHDL コレステロールを上昇させる。

血清中には多くのたんぱく成分が含まれ、栄養評価に用いられるが、半減期の長さで、測定時付近の平均的栄養状態を反映する静的指標、短期間の栄養状態の変化を評価する動的指標に分類される（表 4-4）。血清たんぱくの約 60% を占めるアルブミンは低栄養の指標となるが、半減期が長いので低栄養状態がかなり進まないで低値とならない。また、重症の肝障害やネフローゼ症候群のような疾患では大きく低下するので判定には注意が必要である。コリンエステラーゼは肝細胞で産生されるたんぱく質であるが、高栄養で高値となり、低栄養で低値となる特徴をもつ。ただし、アルブミン同様、肝疾患や肝機能障害の影響を受けるので、判定に用いる際には注意が必要である。プレアルブミン（トランスサイレチン）も肝細胞で産生されるたんぱく質で、血中半減期がアルブミンの約 21 日と比べて、約 2 日と短い。このためプレアルブミンの測定で低栄養の進行を早期に判定することができる。トランスフェリンは血中で鉄と結合する糖たんぱくであるが、半減期は約 7 日であり同様に早期の低栄養の判定に役立つ。

ヘモグロビンは赤血球中に含まれている鉄と結合したたんぱく質であり、酸素を運ぶ重要な働きを担っている。鉄分の摂取が少なくなると、血中ヘモグロビン濃度が減り、栄養摂取の指標となる。血中尿素窒素（BUN）は腎不全など腎機能が低下したときに上昇する。たんぱく質の分解により生じたアミノ酸からアンモニアが生成され、肝臓で代謝されて尿素となる。血中に放出された尿素は、腎臓の尿細管で再吸収され残りが尿中に排出される。腎機能が低下したり、脱水で尿量が低下したりすると再吸収量が増加し、BUN は増加することになる。血清クレアチニン（Cr）も腎機能の指標であり、腎不全などでは BUN と Cr が同時に高値となるが、脱水では BUN のみが高くな

HDL コレステロール
高密度リポたんぱく質（HDL）中に含まれるコレステロール。動脈硬化を防ぐ善玉コレステロールといわれる。

半減期
ある物質の量が半分になるのにかかる期間。血清中のたんぱく質のような生体成分では、代謝によって半分の量に減ってしまう時間数または日数で示される。

り BUN/Cr 比が高くなる。BUN/Cr 比は脱水の有用な診断であり、比率が 10 以上で脱水が疑われる。高齢者では脱水となっても口渇感が生じにくく、対応が遅れてしまうことも多いので、こうした指標も参考にすべきであろう。

過度のアルコール摂取や肥満は肝細胞に脂肪を蓄積させ、肝機能を障害する。特に肝機能検査の 1 つである γ -GTP はアルコール摂取量をよく反映し、習慣性のアルコール摂取の客観的判断にも用いられる。またアルコール摂取が多いとトリグリセライドや血清尿酸も高くなる。

血糖値は糖尿病などがなければ栄養状態に大きくは影響を受けない。糖尿病には自己免疫による障害でインスリンが量的不足となり発症する 1 型糖尿病と、高栄養や肥満が要因となる 2 型糖尿病がある。糖尿病の指標としては空腹時血糖、75 g 経口ブドウ糖負荷の 2 時間血糖値が使われるが、ヘモグロビン A1c (HbA1c) が疫学調査では用いられることが多い。

尿検査

ナトリウムは一部が汗などとして排出されるが、ほとんどは尿中に排泄されるため、尿検査で食塩の摂取量を推定することができる。しかし、尿中のナトリウム濃度は 1 日を通して一定ではないため、1 日の食塩摂取量をみるためには、1 回の尿だけでは判定できず、24 時間蓄尿する必要がある。一方、カリウムは多くが糞便中に排泄されるため、尿による摂取量の判定は正確には行えない。

栄養素摂取の不足が続くと脂肪が分解されて、代謝産物としてのケトン体が尿中に出ようになる。尿中クレアチニン、尿中 3-メチルヒスチジンは全身の筋量の指標としても使われることがある。また、尿中窒素排泄量は体内でのたんぱく質燃焼量を反映し、たんぱく質摂取量を推定する指標として用いられる。

3 身体所見

医師の診察により栄養に関連する身体所見が見いだされることがある。栄養不良時にみられる身体所見としては、貧血によって眼瞼結膜が赤味を失い、毛髪の色素が薄くなり、黒髪が茶色くなる。また毛髪が抜け落ちることもある。爪は薄くなり、スプーンのように反り返ってしまう。これをスプーンネイル (spoon nail) という。

また、栄養不良で血清たんぱく、特にアルブミンが低下すれば血清浸透圧が維持できず、浮腫が生じる。血清たんぱく低下が甚だしい場合には、腹水や胸水が生じる場合もある。ビタミン B₁ が欠乏するとやはり浮腫が生じ、腱反射が失われる。ビタミン B₁ の欠乏症の診断には膝蓋腱反射の消失が診断に役立つ。栄養不良時には、下痢、低血圧、徐脈、疲労感、倦怠感、体温低下などの身体症状があらわれることもある。

一方、栄養過多の身体所見としては高コレステロール血症による黄色腫が

γ -GTP

肝機能検査の項目の 1 つ。アルコール摂取にて高値となるが、肝炎などでも高値になることがある。

ヘモグロビン A1c

血中でブドウ糖がヘモグロビンに結合してグリコヘモグロビンを形成された指標。過去 1、2 カ月の血糖値の状態がわかる値となる。

ケトン体

脂肪酸ならびにアミノ酸の不完全代謝産物。筋糖などで糖がエネルギー源として利用できない場合、脂肪およびたんぱく質が分解され、尿中に検出される。

クレアチニン

筋肉の中に含まれるクレアチンが分解されてきた老廃物。直接尿に排泄されるので筋肉量や運動量に相関する。

3-メチルヒスチジン

骨格筋を構成するアミノ酸。分解後再利用されずに 95% 以上が尿中に排泄されるので筋肉量の指標となる。

膝蓋腱反射

膝蓋骨の下の膝蓋靭帯を軽く叩くと、大腿四頭筋が収縮して膝関節が伸展する反射。ビタミン B₁ 欠乏による脚気などでは反射が消失するのが特徴とされる。