

あることは間違いがないが、特別な測定器が必要なため、臨床での実地使用には限界がある。

4. 運動機能評価法

運動機能評価には、認知症などの本人の有する他の要因が筋力測定法以上に関与し、評価方法にも大変多くの種類があるため、定まった方法がある状態ではないが、運動機能は身体的自立に直結しているのをこれを評価することは非常に重要である。

1) Short physical performance battery (SPPB)

欧州の合意で一番に取り上げられたが、わが国では広く使われている訳ではない。以前より老年医学で使われているパフォーマンス能力を調べる指標で、両足をそろえた位置やタンDEMポジションによる立位でのバランス能力、4m歩行時間、椅子からの立ち上がり5回の時間の3指標を調べ、各指標を0から4までのカテゴリーに分け、0が「不能」、4が「ベスト」で、合計12点が最高点とする方法である¹⁷⁾。欧州の基準におけるカットオフ値は8点以下とされている¹⁾。

2) 通常歩行速度

加齢とともに低下する歩行速度は、歩調と歩幅で規定され、高齢で生じる歩幅の急速な減少に大きく影響される。この歩幅減少は、脚長の減少に加えて、膝関節の最大伸展が接地前に終了して屈曲位で接地するために起こる。そして、通常歩行速度は下肢筋力と強い関連性を有していることは以前より知られており¹⁸⁾、SPPBにも含まれている項目であるが、単独でも臨床使用が可能とされている。欧州の基準における

カットオフ値は0.8 m/秒未満とされている¹⁾。

3) Timed up & go テスト (TUG)

3m TUGは、わが国の運動器不安定症の診断基準で取り上げられている動的バランスを評価できる方法で、椅子に座った姿勢から立ち上がり、3m先の目印でターンして椅子に座るまでの時間である。欧州の基準では、カットオフ値の提示はなかったが、運動器不安定症の診断では11秒以上とされている¹⁹⁾。

5. 鑑別診断

サルコペニアにおける筋量や筋力の減少に伴う症候は、かなり緩徐に進行するので、急性の病像を示す疾患群と区別することは比較的簡単と思われるが、同じようにゆっくりとした経過で筋量や筋力が落ちて行き、移動能力などの運動機能も徐々に低下する疾患などでは、鑑別が難しい場合も少なくない。

廃用性筋萎縮、がんなどの悪液質、アノレキシアなどでは、緩徐な経過で筋力低下が認められる病態がある(表4)。悪液質では、激しい体重減少だけでなく脂肪量も低下し、サイトカイン産生の著しい亢進とともに蛋白質分解も亢進する。一方、食欲不振や急激なダイエットに伴う筋量減少では、脂肪量は低下するもの、サイトカイン産生や蛋白質分解は正常であるので、体重減少は中等度である²⁰⁾。廃用性筋萎縮は、高齢者が動けない、または動かないために筋が可逆的に萎縮した状態であり、鑑別が難しい。特に、高齢者が臥床安静を強制された場合には、若年者より筋量減少が大きい²¹⁾。

6. 臨床における治療

現時点で一般的になされているサルコペニア

表 4 サルコペニアと鑑別するべき病態 (文献 20 より引用改変)

	サルコペニア	廃用性筋萎縮	悪液質	アノレキシア
体重減少	軽度	軽度	重度	中等度
除脂肪体重	中等度減少	軽度減少	重度減少	軽度減少
蛋白質分解	増加	通常	顕著に増加	通常
脂肪量	増加または正常	増加または正常	顕著に減少	減少
食欲不振	なし	なし	あり	あり
サイトカイン	上昇または正常	—	顕著に上昇	正常

表 5 サルコペニアの治療 (文献 16 より引用改変)

運動 —エアロビック/抵抗運動—
ビタミン D 補給
高蛋白質補助栄養食品：カゼイン，ロイシン
蛋白質同化ホルモン：テストステロン，ナンドロロン
選択的アンドロゲン受容体モデュレーター (SARMs)：オスタリン
アンジオテンシン変換酵素 (ACE) 阻害薬：プリンドプリル
開発中の薬物：アンチミオスタチン，グレリン作動薬

の治療¹⁶⁾の基本は、運動と栄養のどちらか、あるいは両方を実践して、筋量や筋力、運動機能を回復させることである (表 5)。転倒を治療のアウトカムにした場合に高いエビデンスがある治療法は、各種の運動療法とビタミン D 補給による栄養療法である。

運動療法としては、エアロビクスと抵抗運動は、筋肉量や筋力を増強し、脂肪蓄積を減少させる。12 週間の高強度の抵抗運動で、大腿中央部の筋断面積を 11%、膝伸展筋力を 100%増加させたとする報告がある²²⁾。また、包括的集団運動訓練や太極拳、そして家庭での個別運動訓練は、それぞれ転倒を減少させ²³⁾、身体活動性が高いことはサルコペニアの進行を遅らせるので²⁴⁾、特に、階段昇降や散歩、ダンス、庭の手入れなどの自発的な活動を積極的に行うことが望ましい。

栄養療法としては、ビタミン D は、ビタミン D 不足例においては筋力低下に関連し、転倒の独立した危険因子であるため、ビタミン D レベ

ルの低い対象にビタミン D を補給することにより、転倒リスクは減少する²⁵⁾。さらに、カロリー補助食品などを、食事の合間や食事に摂食することも重要である。十分な蛋白質やアミノ酸の補給によって筋量、筋力の回復を期待でき、高齢者の窒素バランスを保つためには、0.8 g/kg/日の蛋白質が必要であり、特に、高齢者のサルコペニアを予防するためには 1.2~1.5 g/kg/日の蛋白質が必要である²⁶⁾。

ホルモン療法としては、男性では総テストステロンは 30 歳以降年に 1%ずつ低下し、特に活性型テストステロンは 2%ずつ減少していくため²⁷⁾、高濃度のテストステロンを投与すると、性腺機能低下の高齢男性では、筋力は 20~60%の増強にすぎないが、身体機能も向上するとされる²⁸⁾。ナンドロロンは、高齢者の筋量や身体機能を増加させる効果を示す。最近、経口薬として、選択的アンドロゲン受容体モデュレーターが開発され、骨代謝のみならず筋形成にも関与し、これに属するオスタリンは、除脂肪量

や筋力を増加させている²⁹⁾。

成長ホルモンは、栄養不良の高齢者に対して窒素バランスと歩行速度を改善するが、筋力改善のエビデンスは限られている。グレリンは胃の基底部から生産されるホルモンで、食欲や成長ホルモンを増加させて、記憶を改善させ、心不全患者では握力を改善させている。

おわりに

サルコペニアの概念と診断基準は、欧州にお

ける合意形成によって運動機能を含む内容となり、その本態にまた一步近づいた状態である。しかしながら、わが国における評価法の選択やカットオフ値の決定については、日本人のデータの積み重ねが必要で、今後、その面でのいっそうの研究が急務である。その結果が臨床にフィードバックされるまでは、欧州の基準を参考にそれぞれの現場で可能なやり方で、まずはサルコペニア診療を開始することが肝要と思われる。

文 献

- 1) Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, et al : Sarcopenia : European consensus on definition and diagnosis : Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing* 39 : 412-423, 2010
- 2) Delmonico MJ, Harris TB, Lee JS, et al : Alternative definitions of sarcopenia, lower extremity performance, and functional impairment with aging in older men and women. *J Am Geriatr Soc* 55 : 769-774, 2007
- 3) Goodpaster BH, Park SW, Harris TB et al : The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults : The health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 61 : 1059-1964, 2006
- 4) Thomas DR : Loss of skeletal muscle mass in aging : Examining the relationship of starvation, sarcopenia and cachexia. *Clin Nutr* 26 : 389-399, 2007
- 5) Baumgartner RN, Waters DL, Gallagher D, et al : Predictors of skeletal muscle mass in elderly men and women. *Mech Ageing Dev* 107 : 123-136, 1999
- 6) 原田 敦 : 骨密度測定の応用 : 軟部組織量の測定. (福永仁夫・編 : 骨粗鬆症の診断と鑑別 - 骨密度測定と脊椎画像診断 -). 医薬ジャーナル社, 東京, 2005, 144-147
- 7) Doherty TJ : Invited review : Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol* 95 : 1717-1727, 2003
- 8) Wang ZM, Visser M, Ma R, et al : Skeletal muscle mass : Evaluation of neutron activation and dual-energy X-ray absorptiometry methods. *J Appl Physiol* 80 : 824-831, 1996
- 9) Hansen RD, Williamson DA, Finnegan TP, et al : Estimation of thigh muscle cross-sectional area by dual-energy X-ray absorptiometry in frail elderly patients. *Am J Clin Nutr* 86 : 952-958, 2007
- 10) Janssen I, Baumgartner RN, Ross R, et al : Skeltal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. *Am J Epidemiol* 159 : 413-421, 2004
- 11) Janssen I, Heymsfield SB, Baumgartner RN, et al : Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol* 89 : 465-471, 2000
- 12) Overend TJ, Cunningham DA, Paterson DH, et al : Thigh composition in young and elderly men determined by computed tomography. *Clin Physiol* 12 : 629-640, 1992
- 13) Lang TE, Cauley J, Tylavsky F, et al : Computed tomography measurements

- of thigh muscle cross-sectional area and attenuation coefficient predict hip fracture : The health, aging and body composition study. *J Bone Miner Res* 2009, doi : 10.1359/jbmr. 090807
- 14) Rolland Y, Lauwers-Cances V, Cournot M, et al : Sarcopenia, calf circumference, and physical function of elderly women : A cross-sectional study. *J Am Geriatr Soc* 51 : 1120-1124, 2003
 - 15) Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, et al : Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility : An operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol* 95 : 1851-1860, 2003
 - 16) Lang T, Streiper T, Cawthon P, et al : Sarcopenia : Etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. *Osteoporos Int* DOI 10.1007/s00198-009-1059-y
 - 17) Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, et al : A short physical performance battery assessing lower extremity function : Association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol* 49 : M85-M94, 1994
 - 18) Buchner DM, Larson EB, Wagner EH, et al : Evidence for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. *Age Ageing* 25 : 386-391, 1996
 - 19) 日本整形外科学会ホームページ : <http://www.joa.or.jp/jp/index.asp>
 - 20) Morley JE : Sarcopenia : Diagnosis and treatment. *J Neutr Health Aging* 12 : 452-456, 2008
 - 21) Kortebein P, Ferrando A, Lombeida J, et al : Effect of 10 days of bed rest on skeletal muscle in healthy older adults. *JAMA* 297 : 1772-1774, 2007
 - 22) Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP, et al : Strength conditioning in older men : Skeletal hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol* 64 : 1038-1044, 1988
 - 23) Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ, et al : Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev* 2009, Issue 2. Art. No. : CD007146. doi 10.1002/14651858. CD007146. pub2
 - 24) Hughes VA, Roubenoff R, Wood M, et al : Anthropometric assessment of 10-y changes in body composition in the elderly. *Am J Clin Nutr* 80 : 475-482, 2004
 - 25) Bischoff-Ferrari HA, Dawson-Hughes B, HB Staehelin HB, et al : Fall prevention with supplemental and active forms of vitamin D : A meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ* 339 : b3692 doi : 10.1136/bmj. b3692, 2009
 - 26) Paddon-Jones D, Short KR, Campbell WW, et al : Role of dietary protein in the sarcopenia of aging. *Am J Clin Nutr* 87 : 1562S-1566S, 2008
 - 27) Feldman HA, Longcope C, Derby CA, et al : Age trends in the level of serum testosterone and other hormones in middle-aged men : Longitudinal results from the Massachusetts male aging study. *J Clin Endocrinol Metab* 87 : 589-598, 2002
 - 28) Wang C, Swerdloff RS, Iranmanesh A, et al : Transdermal testosterone gel improves sexual function, mood, muscle strength, and body composition parameters in hypogonadal men. *J Clin Endocrinol Metab* 82 : 407-413, 2000
 - 29) Evans WJ, Smith M, Morley JE, et al : Ostarine increases lean body mass and improves physical performance in healthy elderly subjects : Implications for cancer cachexia patients. *J Clin Oncol* 25 : 9119, 2007

Q8
uestion

第1章 認知症とは？—転倒予防に必要な認知症高齢者の基礎知識

認知症高齢者と骨粗鬆症との関連は

原田 敦, 松井康素, 下方浩史

認知症は転倒の内的要因の1つです¹⁾。そして、転倒はもちろん骨折を直接引き起こす強力な要因です。したがって、認知症が転倒を介して骨折の要因となるわけです。他方、骨粗鬆症は骨折の主要要因です。それでは、認知症は骨粗鬆症に関連するのでしょうか？

● 高齢骨折患者に認知症が合併する理由

骨粗鬆症性骨折の代表であるとともに、転倒による骨折の代表でもある大腿骨近位部骨折の患者では、明らかに認知症の合併が多く、我々の施設での調査でも、軽度認知機能障害(mild cognitive impairment; MCI)を含めると74%と大変に高率でした²⁾。このように高齢の骨折患者には、認知症やMCIの状態を合併していることは、多くの医療介護関係者には既知の事実として受けとめられています。

しかし、高齢骨折患者に認知症が合併する理由の解釈としては、多くの場合、認知症が重度外傷を生じるような危険な条件の転倒リスクを深刻に増大させるために、大腿骨近位部骨折等が生じていると考えられています。この考え方には、医療介護の現場の者の納得は得られやすく、研究者もあまり異論や疑問を呈さないようです。しかし、もう1つの解釈として、認知症そのものも骨粗鬆症リスクとも関連しており、認知症が何らかの経路で骨強度を低下させ、その結果、転倒等による軽微な外力でも骨折するという説明も、その可能性はまったく否定的にとらえられているわけではありません。

● 認知症と骨粗鬆症との因果関係

それでは、認知症と骨粗鬆症との間には直接的な因果関係があるのでしょうか。いうまでもなく、骨粗鬆症とは骨強度が低下して骨折しやすくなる病態で、

骨強度は骨量と骨質で決定されると規定されています³⁾。骨強度決定因子のうち、骨量は二重エネルギーエックス線吸収法 (DXA) や超音波法などによって測定されています。

1) DXAによる骨密度と認知症との関連

最も信頼度が高いDXAによる骨密度と認知症との関連性については、共著者の松井による国立長寿医療研究センター長期縦断疫学調査に示されています。参加した地域高齢住民1,066人(60歳～79歳)、女性532人、男性534人のDXAによる腰椎や大腿骨近位の骨密度と認知機能をMini-Mental State Examination (MMSE) で評価し、その関連性を検討したところ、**図1**のように、認知機能障害と低骨密度との関連が示唆されました。それは海綿骨領域で60代女性、70代男性において顕著でした。このような結果は、米国における大規模疫学調査でも確認されており、言語記憶障害の出現頻度は骨密度の高い群ほど下がり、高齢者の骨密度は言語記憶障害と関連するという結果が報告されています。その理由としてエストロゲン露出累積の関連性が示唆されていますが、確かなメカニズムは不明とされました⁴⁾。

2) 超音波骨評価値と認知症との関連

次に検診などで多用されている超音波骨評価値と認知症との関連性について述

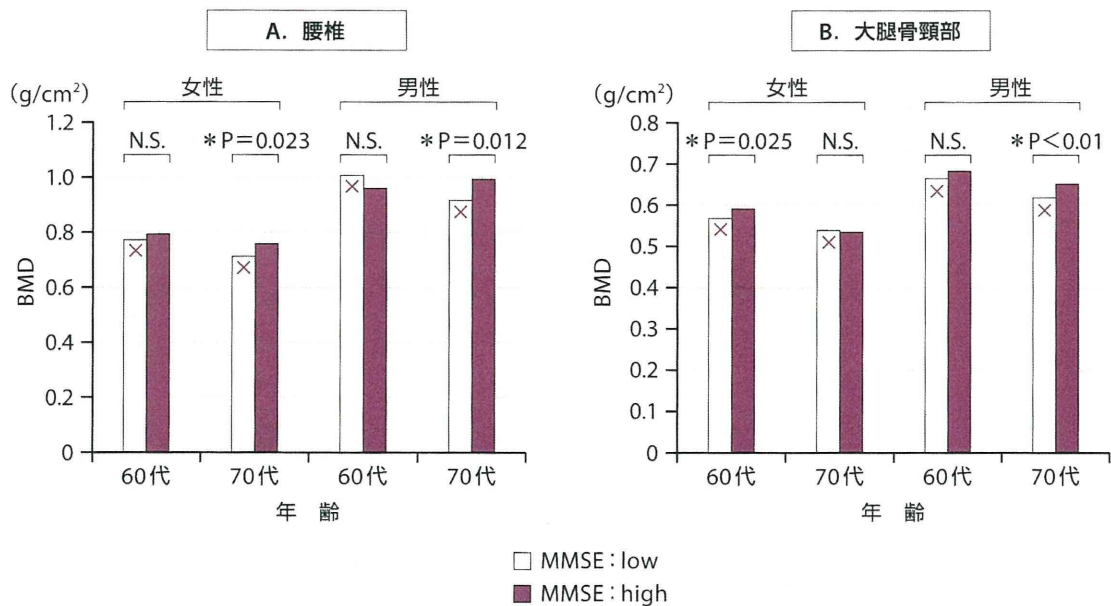


図1 ● 骨密度 (BMD) と MMSE

腰椎と大腿骨頸部のBMDがMMSEと関連性を有することが一般住民の調査で明らかになっている。ただし、明らかな認知症と診断される前の段階での結果である

べます。我々が介護施設入所の女性高齢者を対象に実施したヒッププロテクター試験の489名の開始時横断データから、MMSEを従属変数とし、踵骨超音波骨評価値である音速(SOS)、年齢、身長、体重を独立変数として線形回帰で解析したところ、SOSはMMSEと弱い有意な負の相関を有し($r = 0.221$, $p = 0.000$)、骨量と認知症が独立した関係にある可能性は否定されませんでした。以上のように、骨密度や超音波骨評価値など骨量が低いと認知機能も下がるという関係が示唆されています。

● ホモシステインと認知症の関連

一方、骨質に関しては、微細構造、骨代謝回転、マイクロクラックなど多くの内容が含まれますが、その中で最近注目を浴びている骨基質のコラーゲン架橋変性を反映するとされるホモシステインと認知症の関係は、血清ホモシステイン濃度と認知機能が関連するという報告が観察研究を中心としてなされ、その濃度が高いと認知機能が低下する傾向にあるとされ⁵⁾、ホモシステインから認知症と骨質の両方が悪影響を受けている可能性はあります。しかしながら、葉酸やビタミンB₁₂、ビタミンB₆の補給で血清ホモシステイン濃度を下げても認知機能は有意に改善しなかったという結果^{6, 7)}もあり、両者の関係には未確定の部分が多いのです。

● 認知症と骨粗鬆症の両方のリスクを低下させる可能性のある薬剤

骨粗鬆症薬剤であるラロキシフェンが、認知症と骨粗鬆症の両方のリスクを低下させるといわれています。ラロキシフェンは脊椎骨折のリスクを低下させる強力なエビデンスを有する骨粗鬆症の治療薬ですが、閉経後女性を対象に認知症の効果を分析した解析では、認知症患者269名中、特に軽度認知症(MCI)において本剤によって認知症リスクが減少した($RR = 0.67$)と報告されています⁸⁾。

以上、骨粗鬆症が骨量と骨質の両面から認知機能と関係しているかもしれないというデータを示しました。大腿骨近位部骨折は骨粗鬆症と転倒によって生じますが、認知症はこの両者のリスクを高めている可能性があり(図2)、診断と治療の両面で両者の関連性がもっと注目され、さらなる研究の進展が期待されます。

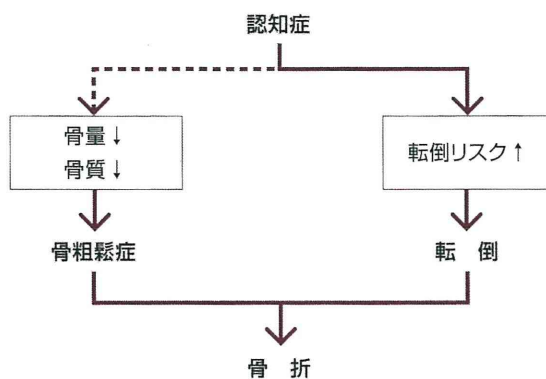


図2 ● 認知症と骨粗鬆症には何らかの関連性はあるようだ

太い矢印は、高いエビデンスのそろった強力な関連性を示すが、点線の矢印は低いレベルのエビデンスしかなく、認知症と骨粗鬆症との間にはそのサロゲートであるMMSEや骨密度、ホモシステイン等の関連性しか検討されていない

文献

- 1) 鈴木隆雄：転倒外来の実際. 臨床医 28：1830-1833, 2002.
- 2) 鷺見幸彦：脳から見た高齢者の転倒の実態. 転倒予防医学百科. 武藤芳照 編, 日本医事新報社, 2008, p84-88.
- 3) Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. *NIH Consensus Statement* 17：1-36, 2000.
- 4) Zhang Y, Seshadri S, Ellison RC, *et al*: Bone Mineral Density and Verbal Memory Impairment Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Am J Epidemiol* 154：795-802, 2001.
- 5) Shah S, Bell RJ, Davis SR：Homocysteine, estrogen and cognitive decline. *Climacteric* 9：77-87, 2006.
- 6) Kuo HK, Sorond FA, Chen JH, *et al*: The role of homocysteine in multisystem age-related problems：a systematic review. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60：1190-1201, 2005.
- 7) McMahon JA, Green TJ, Skeaff CM, *et al*: A Controlled Trial of Homocysteine Lowering and Cognitive Performance. *N Engl J Med* 354：2764-2772, 2006.
- 8) Yaffe K, Krueger K, Cummings SR, *et al*: Effect of Raloxifene on Prevention of Dementia and Cognitive Impairment in Older Women：The Multiple Outcomes of Raloxifene Evaluation (MORE) Randomized Trial. *Am J Psychiatry* 162：683-690, 2005.

第2節 サルコペニアの危険因子

I. サルコペニアのスクリーニング指標

Summary

- ヨーロッパ・コンセンサスとして、サルコペニアのスクリーニングのための歩行速度、握力、筋量の3つからのアルゴリズムが出されている。
- サルコペニアの評価には筋力も重要であり、そのためには比較的容易に測定できる握力もスクリーニング指標としては有用である。
- 運動不足と低栄養、特に蛋白質摂取の不足、カロテノイドやビタミンDの不足がサルコペニアの重要な危険因子である。
- 適度な運動と適切な栄養摂取に心がけることで、筋量や筋力の低下を防ぐことは十分可能であると考えられる。

はじめに

サルコペニアの語源はギリシア語の sarx、英語での flesh (肉) と、penia、英語で loss (減少) からきており、高齢者における筋量の減少と筋力低下を意味する。筋力が低下して歩行をはじめとする運動機能が低下すれば、高齢者の生活機能や生活の質 (quality of life : QOL) も大きく低下してしまう。サルコペニアは高齢者の転倒・骨折、寝たきりなどの要因ともなり、老年症候群 (geriatric syndrome) の一つとして重要である¹⁾。

老化に伴い、神経・筋機能は低下し、筋量、筋力が低下することは知られている。しかし、このような老化に伴う変化が避けがたいものなのか、あるいは何らかの介入で予防できるものか、もし予防可能ならば、どのような介入が有

効なのかを明らかにしていく研究は、老化・老年病研究の中でも極めて重要である。サルコペニアのスクリーニング指標は、サルコペニアの診断や危険因子の検討に必要である。縦断的な観察研究や介入研究を行い、有用なスクリーニング指標の開発を行っていくことが望まれる。

1. サルコペニアの指標

CT や MRI による全身のスキャンは、実際の筋肉の容積を正確に測定するためには有用であるが、移動が難しく高額な機器であり、放射線被曝や体内金属による問題もあり、多数の集団を対象としたスクリーニング検査としては不適である²⁾。

二重エネルギー X 線吸収法 (dual energy X-ray absorptiometry : DXA) による全身のスキャ

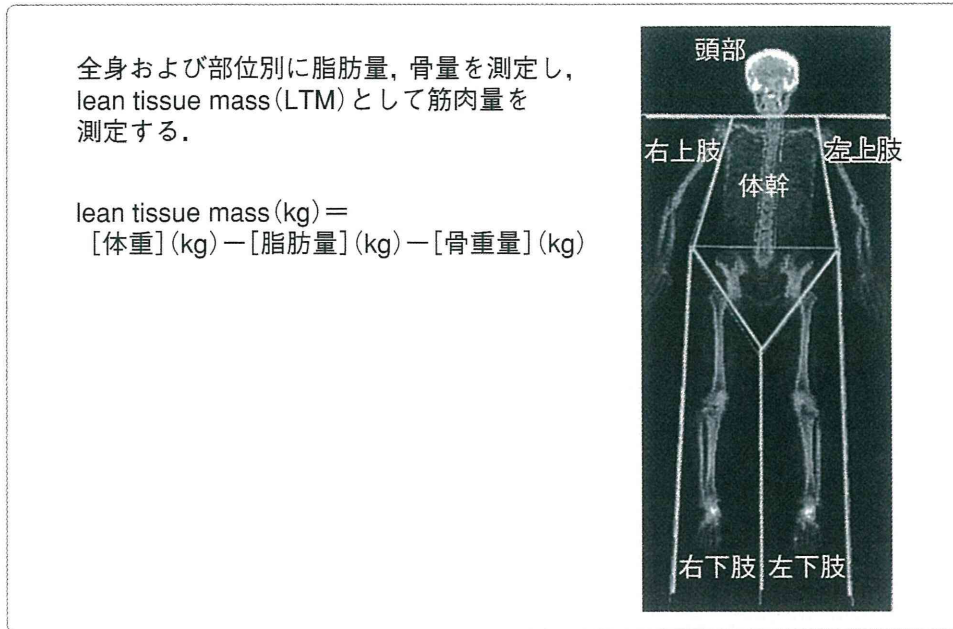


図1 二重エネルギー X線吸収法 (DXA) による筋肉量の推定

ンでは，全身および部位別に重量，脂肪量，骨量を測定することができる。頭部，体幹，左右上下肢の各部位ごとの重量から脂肪量，骨量を除いた徐脂肪徐骨重量 (lean tissue mass : LTM) として筋肉量を測定する (図1)。脂肪，骨を除いた重量を筋量として推定するため内臓の重量などが筋量として含まれてしまうことに注意が必要である。

筋肉量からのサルコペニアの指標として DXA 法で求めた四肢筋量 (kg) を身長 (m) の二乗で除した値 (appendicular skeletal muscle mass/height² : ASM/HT²) が用いられることが多い。ASM/HT²の基準値は若年者における平均値から標準偏差の2倍を引いた値が使われている³⁾。DXAによる放射線被曝量はわずかで，短時間で検査ができるが，やはり高額で移動が難しいためにスクリーニング検査としては利用することは難しい。

インピーダンス法は，両手もしくは両足を介して身体に微小電流を流し，生体の電気インピーダンスを測定し，そこから身体組成を推定する方法である。微小電流の周波数を変化させ

て使用することで，脂肪だけではなく，筋量や骨密度も推定できる。電極部位として両手，両足の4カ所を使用すれば，左右上下肢，体幹の5部位の筋量の推定も可能である。比較的安価で，簡単に筋量を推定できるために，筋量のスクリーニングには適しているといえる。

しかし，生体を電氣的に検査するために，体内水分量による影響が大きく，食事や就寝の影響があり日内変動が大きい^{1,2)}。心不全などで浮腫がある場合にも正確な測定はできない。生体電気インピーダンスから体脂肪率や筋量を推定する計算式が測定機器製造各社によって異なり，機器によるばらつきが大きい。心臓ペースメーカーが誤作動を起こす可能性があることにも注意が必要である。

身体計測値から筋量を推定する方法もある。Martinら⁴⁾は屍体を使って，全身骨格筋量を身長と四肢の周囲長から推定する次のような式を20年以上前に発表している。

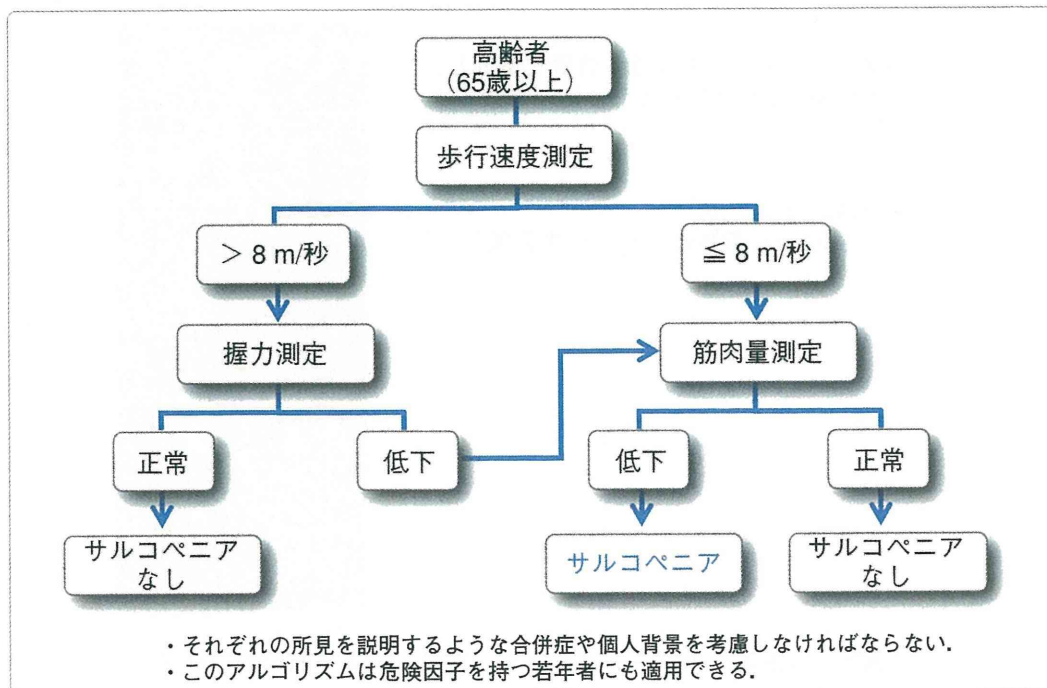


図2 サルコペニアの診断アルゴリズム (文献1より引用改変)

$$\begin{aligned} \text{全身骨格筋量} &= \text{身長} \times 0.0533 (\text{大腿周囲長})^2 \\ &+ 0.0987 (\text{前腕周囲長})^2 \\ &+ 0.0331 (\text{下腿周囲長})^2 - 2445 \end{aligned}$$

全身骨格筋量は kg で身長は cm, 大腿周囲長は同部位の皮下脂肪厚で補正した cm, 前腕周囲長は cm, 下腿周囲長は同部位の皮下脂肪厚で補正した cm である。標準誤差は 1.53 kg, R² は 0.97 である。

上腕の最大周囲長は単独でも高齢者では筋量の指標の一つとして使用できる。上腕部の皮下脂肪厚の測定と合わせて、皮下脂肪量を計算で除いた上腕筋量の指標として上腕筋周囲長 (arm muscle circumference : AMC) や上腕筋面積 (arm muscle area : AMA) も筋量の指標として使用されることがある。

$$\begin{aligned} \text{上腕筋周囲長} &= \text{上腕周囲長 (cm)} \\ &- 3.14 \times \text{上腕部皮下脂肪厚 (mm)} / 10 \\ \text{上腕筋面積} &= \text{上腕筋周囲長 (cm)}^2 / (4 \times 3.14) \end{aligned}$$

同様に、下腿や大腿部の周囲長が筋量の指標として使用されることもある。

最大筋力は筋の断面積に比例することはよく知られているが、筋肉の「質」は加齢とともに変化し、高齢者では若年者ほどは筋量と筋力は比例しない。サルコペニアは語源からは筋量の減少を示すが、高齢者の運動機能維持のためには、むしろ筋力の方が重要であろう。筋力の指標としては握力が最も簡便で有用である。歩行など高齢者の生活にとって重要な動作に關与する脚筋力の測定には特別な機器が必要であり、スクリーニング検査には適していない。

Miller ら⁵⁾は、サルコペニアのスクリーニングのために簡易型サルコペニア測定法 (short portable sarcopenia measure : SPSM) を開発した。SPSM では、インピーダンス法による徐脂肪 BMI [除脂肪体重 (kg) / 身長 (m)²], 握力 (kg) / 身長 (m), 椅子の座り立ち 5 回の時間 (秒) を用いて、それぞれに 1, 1.5, 2 をかけて合計した数値を計算し、サルコペニアの指標としている⁵⁾。

表1 サルコペニアの分類 (文献1より引用改変)

分類	原因
原発性サルコペニア	
加齢性サルコペニア	加齢以外の原因がない
二次性サルコペニア	
身体活動性サルコペニア	ベッド上安静, 運動しない生活スタイル, 廃用, 無重力状態
疾患性サルコペニア	高度な臓器障害 (心臓, 肺, 肝臓, 腎臓, 脳), 炎症性疾患, 悪性腫瘍, 内分泌疾患
栄養性サルコペニア	吸収不良, 胃腸疾患, 食思不振を引き起こす薬物の使用に伴うエネルギー, 蛋白質摂取不足

ヨーロッパにおける老年学, 栄養学などの学会によるワーキンググループである The European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) は, 2010年にサルコペニアの定義と診断についてのヨーロッパ・コンセンサスとして, 歩行速度, 握力, 筋量の3つからサルコペニアの有無を判断するアルゴリズムを作成している (図2)¹⁾.

2. サルコペニアの危険因子

EWGSOPでは, サルコペニアを, 加齢以外に明らかな誘因がない原発性サルコペニア (primary sarcopenia) と, 加齢以外の何らかの要因がサルコペニアを引き起こす二次性サルコペニア (secondary sarcopenia) に分類し, さらに二次性サルコペニアを, ベッド上安静, 運動しない生活スタイル, 廃用, 無重力身体などが原因となる活動性サルコペニア (activity-related sarcopenia), 高度な臓器障害, 炎症性疾患, 悪性腫瘍に伴う悪液質, 内分泌疾患などによる疾患性サルコペニア (disease-related sarcopenia), 吸収不良, 胃腸疾患, 食思不振を引き起こす薬物の使用に伴うエネルギーおよび蛋白質摂取不足などによる栄養性サルコペニア (nutrition-related sarcopenia) の3つに分けている (表1)¹⁾.

これまでに報告されているサルコペニアの危険因子には, 遺伝的素因, 性別, 加齢, 身長, 体重, BMI, 閉経, エストロゲン, テストステロン, 総体脂肪量, 身体活動, カロテノイド, ビタミンD, 分岐鎖アミノ酸および蛋白質摂取量などがある. 遺伝的な素因としては, myostatin の Lys153Arg 多型, α -actinin 3 の R577X 多型が筋量や筋力に関連しているとの報告がある^{6,7)}. しかし, スポーツ選手では, こうした遺伝子多型の影響があっても, 一般の高齢者では, むしろ生活習慣などの影響の方が大きいと思われる.

3. 加齢とサルコペニア

運動神経線維のうち, 筋線維を支配して実際の筋収縮に関与する α 運動ニューロンは, 加齢とともに50%も低下するといわれる. 特に, 下肢では軸索が長くなって障害を受けやすい. また, 筋の増殖に必要な骨格筋組織特異的幹細胞であるサテライト細胞も数が減少することが知られている. 食欲の低下や運動不足, 性ホルモンの分泌低下, 炎症反応の増大などサルコペニアを引き起こす様々な要因が, 加齢に伴って増加する^{8,9)}.

米国での New Mexico 高齢者調査では, 70歳

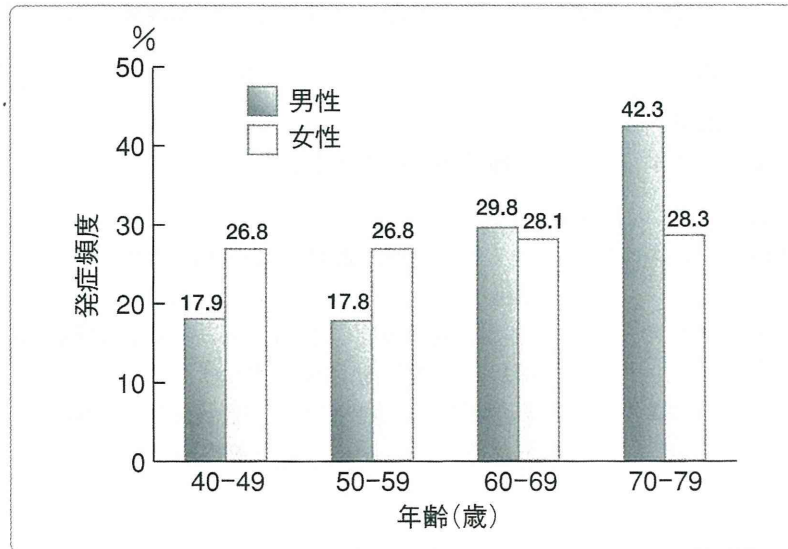


図3 年齢・性別にみたサルコペニアの頻度 (NILS-LSA)

DXA 法により性別の 40 歳代前半の 20 パーセンタイル値を基準としてサルコペニアの判定を行った。男性では Cochran-Mantel-Haenszel 検定で $p \text{ trend} < 0.01$ であり、年代上昇で割合が有意に上昇していたが、女性では年齢による変化はなかった。

未滿では 20%程度であるが、80 歳以上になると 50%以上がサルコペニアとなるとしている³⁾。われわれが行っている一般の地域住民を対象とした「国立長寿医療研究センター・老化に関する長期縦断疫学研究 (NILS-LSA)」では DXA による筋量の測定を実施している。NILS-LSA のデータ解析では、男性で加齢に伴いサルコペニアの頻度が増加するが、女性では少なくとも 80 歳未滿までは、サルコペニアの割合は増加していなかった (図 3)。診断基準にもよるが、男女で加齢によるサルコペニアの進行が異なる可能性がある。

4. 身体活動とサルコペニア

廃用性症候群による筋萎縮は、高齢者のサルコペニアの最大の要因であろう。運動不足による筋量や筋力の低下はどの年代にも起こり得る。しかし、高齢者では筋の再生・増殖機能が低下しており、いったん減少した筋量は回復が難しい。筋量が低下し筋力が低下すれば、運動

が困難になり、さらに筋量が低下するという悪循環に陥りやすい。

5. 性ホルモンとサルコペニア

閉経により内臓脂肪は増加し、骨密度が低下し、筋量および筋力が低下する。一方、エストロゲンの投与はこれらの変化を予防する効果があるとされる。テストステロンの筋増殖効果はよく知られている¹⁰⁾。高齢男性のテストステロンの低下と筋量、筋力の低下が報告されている。加齢に伴い、性ホルモン結合グロブリン (sex hormone binding globulin: SHBG) が増加し、生体作用を持つ遊離テストステロンが大きく低下する。テストステロンは蛋白質合成を促進する。テストステロンの低下は蛋白質合成能の低下をきたし、筋を萎縮させる。さらに、テストステロンの低下は筋サテライト細胞数の低下を引き起こし、筋の再生・増殖能を低下させるといわれている¹¹⁾。

6. カロテノイドとサルコペニア

高齢者の筋力低下，身体機能低下はフリーラジカルによる酸化ストレスが原因の一つとなっている可能性が指摘されている。酸化ストレスは骨格筋の DNA を傷つけ，蛋白質や脂質に障害を与える^{12,13)}。

抗酸化作用を持つカロテノイドが不足すると，高齢者では筋力低下や歩行障害をきたすことが，いくつかの疫学的研究で報告されている。米国の Women's Health and Aging Studies では，年齢，人種，喫煙，心血管性疾患，関節炎，血清インターロイキン-6 (interleukin-6: IL-6) を調整して検討したところ，血清総カロテノイドの低下は握力，腰や膝の筋力の低下と有意に関連していた¹⁴⁾。イタリア，トスカーナ州キャンティ地区の地域在住高齢者での研究でも，βカロテン摂取量が高齢者の膝伸展筋力と関連していた¹⁵⁾。

NILS-LSA のデータでは血清カロテノイドと体力・運動や日常生活動作 (activities of daily living: ADL) との関係が示されている (表 2)。外出に不安がある人，階段の昇降や長距離の歩行が困難である人では，血清カロテノイドが低値を示した。一方，筋力や余暇活動時間，1日平均歩数は血清カロテノイドと正の相関を示し，特に日常活動量を示す1日平均歩数はすべての血清カロテノイドで正の関連を示していた。摂取エネルギーで調整したβカロテン摂取量も正の関連を示したことから，単に「元気な人がたくさん食べている」のではなく，多く摂取する人が体力的にも健康であり，また，ADLの低下している人ではカロテノイドが不足している状況が明らかになった。

7. ビタミン D とサルコペニア

血中の 25-OH ビタミン D レベルは，経口摂

取あるいは皮膚で産生されたビタミン D の量を反映する指標である。25-OH ビタミン D は老化とともに低下することが知られている。ビタミン D はカルシウム代謝に関連するビタミンであり，摂取量の不足は骨粗鬆症などの骨疾患の要因となる。このビタミン D が，筋肉とも関連することが明らかになってきた。

ビタミン D 受容体は筋肉中に存在し，ビタミン D が低下することにより筋の同化作用が下がってしまう。また，ビタミン D 受容体の遺伝子多型が高齢者のサルコペニアの要因の一つであることも報告されている¹⁶⁾。ビタミン D の低下が，高齢者の転倒や身体機能障害の要因であるとの報告がある^{17,18)}。

アムステルダム縦断加齢研究 (Longitudinal Aging Study Amsterdam) での 3 年間の追跡研究では，ベースラインの 25-OH ビタミン D が低値の場合には，高値の場合に比べて 3 年後にサルコペニアとなるオッズ比は 2.57 (95%信頼区間 1.40~4.70) であった。このような結果から，ビタミン D の摂取の不足が，高齢者のサルコペニアを引き起こす可能性があると思われる¹⁹⁾。

8. 蛋白質，アミノ酸とサルコペニア

筋肉は蛋白質からなっており，蛋白質摂取量，アミノ酸摂取量が低下すれば，筋量は当然低下する。1食当たりの蛋白質量が 20~25 g である時が筋蛋白質の合成が最も高いとされている^{20,21)}。食事摂取基準では，健康な 70 歳以上者に必要な蛋白質量は 1.06 g/体重 (kg) であり，男性 60 g，女性 50 g 以上が必要とされている。しかし，一般的な高齢者の食事では，この蛋白質摂取量を維持することが難しい場合が多い。

体内で合成できない必須アミノ酸のうち，ロイシン，イソロイシン，バリンは炭素骨格が分岐した構造を持つことから分岐鎖アミノ酸と呼ばれる。これらの分岐鎖アミノ酸は，筋肉を作

表2 血清カロテノイドおよびカロテノイド摂取量と筋力、身体活動との関連 (NILS-LSA の結果から)

	血清濃度										平均摂取量									
	ルテイン		リコペン		αカロテン		βカロテン		βクリプトキサンチン		ゼアキサントチン		αカロテン		βカロテン		βクリプトキサンチン		βカロテン当量	
	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性	男性	女性
脚伸展パワー			*	*	****	****	***	***	*	*			*	*		***				
右膝伸展筋力	*	*	***	***	*	*	***	***					*	*	*	*			*	*
左膝伸展筋力			*	*	**	**	**	**												
余暇身体活動量	***	***	***	***	*	*	***	***			***	***	**	**						
2.5METs 余暇身体活動量	***	***									***	***	***	***		**	*	*	***	**
4.5METs 余暇身体活動量	*	*	*	*			*	*			*	*								
6.5METs 余暇身体活動量																				
8.5METs 余暇身体活動量																				
1日の平均歩数	*	*	**	**	*	****	****	****	*	*	*	*			*	*			*	*

重回帰分析, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001, **** : p<0.0001, すべて正の関連。
 平均摂取量での解析における調整変数：年齢・喫煙・季節差・総摂取エネルギー・BMI (男性),
 年齢・閉経・季節差・総摂取エネルギー・BMI (女性)。

る主な蛋白質であるアクチンとミオシンの主成分である。十分な分岐鎖アミノ酸を摂取することで筋肉の消耗を防ぐことができる可能性がある^{22,23)}。分岐鎖アミノ酸は、肉類、乳製品、レバーなどに多く含まれるが、高齢者ではこうした食品は敬遠されることが多いことも、高齢者のサルコペニアの要因となっている可能性がある。

おわりに

サルコペニアのスクリーニング指標には確立したものはない。筋量の推定には、現在のところ、インピーダンス法が唯一、スクリーニングとして使用できるが、測定誤差が大きく、実用性に問題がある。上腕最大周囲長など、身体計測によるスクリーニングの方がむしろ実用的かも知れない。さらに、筋力の評価も重要で、そのためには比較的容易に測定できる握力もスク

リーニング指標としては有用であると思われる。運動不足と低栄養、特に蛋白質摂取の不足、カロテノイドやビタミンDの不足がサルコペニアの重要な危険因子である。老化による避け

がたい生理的な変化もあるが、適度な運動と適切な栄養摂取に心がけることで、筋量や筋力の低下を防ぐことは十分可能であると考えられる。

文 献

- 1) Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, et al : Sarcopenia : European consensus on definition and diagnosis : Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing* [Epub ahead of print] : 1-12, 2010.
- 2) Lukaski H : Sarcopenia : Assessment of muscle mass. *J Nutr* 127 : 994S-997S, 1997
- 3) Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, et al : Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol* 147 : 755-763, 1998
- 4) Martin AD, Spentz LF, Drinkwater DT, et al : Anthropometric estimation of muscle mass in men. *Med Sci Sports Exerc* 22 : 729-733, 1990
- 5) Miller DK, Malmstrom TK, Andresen EM, et al : Development and validation of a short portable sarcopenia measure in the African American Health Project. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 64 : 388-394, 2009
- 6) Clarkson PM, Devaney JM, Gordish-Dressman H, et al : ACTN3 genotype is associated with increases in muscle strength in response to resistance training in women. *J Appl Physiol* 99 : 154-163, 2005
- 7) Ivey FM, Roth SM, Ferrell RE, et al : Effects of age, gender, and myostatin genotype on the hypertrophic response to heavy resistance strength training. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 55 : M641-648, 2000
- 8) Volpi E, Nazemi R, Fujita S : Muscle tissue changes with aging. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 7 : 405-410, 2004
- 9) Doherty TJ : Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol* 95 : 1717-1727, 2003
- 10) Maltais ML, Desroches J, Dionne IJ : Changes in muscle mass and strength after menopause. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 9 : 186-197, 2009
- 11) Solomon AM, Bouloux PM : Modifying muscle mass : The endocrine perspective. *J Endocrinol* 191 : 349-360, 2006
- 12) Semba RD, Lauretani F, Ferrucci L : Carotenoids as protection against sarcopenia in older adults. *Arch Biochem Biophys* 458 : 141-145, 2007
- 13) Weindruch R : Interventions based on the possibility that oxidative stress contributes to sarcopenia. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 50 : 157-161, 1995
- 14) Semba RD, Blaum C, Guralnik JM, et al : Carotenoid and vitamin E status are associated with indicators of sarcopenia among older women living in the community. *Aging Clin Exp Res* 15 : 482-487, 2003
- 15) Cesari M, Pahor M, Bartali B, et al : Antioxidants and physical performance in elderly persons : The Invecchiare in Chianti (InCHIANTI) study. *Am J Clin Nutr* 79 : 289-294, 2004
- 16) Roth SM, Zmuda JM, Cauley JA, et al : Vitamin D receptor genotype is associated with fat-free mass and sarcopenia in elderly men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 59 : 10-15, 2004
- 17) Suzuki T, Kwon J, Kim H, et al : Low serum 25-hydroxyvitamin D levels associated with falls among Japanese community-dwelling elderly. *J Bone Miner Res* 23 : 1309-1317, 2008
- 18) Kwon J, Suzuki T, Yoshida H, et al : Concomitant lower serum albumin and

vitamin D levels are associated with decreased objective physical performance among Japanese community-dwelling elderly. *Gerontology* 53 : 322-328, 2007

- 19) Visser M, Deeg DJ, Lips P : Low vitamin D and high parathyroid hormone levels as determinants of loss of muscle strength and muscle mass (sarcopenia) : The Longitudinal Aging Study Amsterdam. *J Clin Endocrinol Metab* 88 : 5766-5772, 2003
- 20) Paddon-Jones D, Short KR, Campbell WW, et al : Role of dietary protein in the sarcopenia of aging. *Am J Clin Nutr* 87 : 1562S-1566S, 2008
- 21) Paddon-Jones D, Rasmussen BB : Dietary protein recommendations and the prevention of sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 12 : 86-90, 2009
- 22) Dreyer HC, Volpi E : Role of protein and amino acids in the pathophysiology and treatment of sarcopenia. *J Am Coll Nutr* 24 : 140S-145S, 2005
- 23) Fujita S, Volpi E : Amino acids and muscle loss with aging. *J Nutr* 136 : 277S-280S, 2006

[下方浩史/安藤富士子]

第4節 高齢者におけるサルコペニアの発見と 対処法の構築

Summary

- サルコペニアは、disability or mortality, 転倒・骨折の予知因子である。
- 筋肉量を評価する精度の高い手法は、CT法、MRI法、DXA法であるが、疫学調査の手法としては不向きである。大規模集団を扱う疫学研究では、形態測定値、BIA法の採用も推奨される。
- サルコペニアと関連する要因は様々で複雑であるが、不活動や栄養など、可変要因の改善に焦点を当てた対処法の構築が有効である。
- サルコペニア高齢者の一つの特徴は、骨粗鬆症に伴う骨折危険性の高いことが挙げられる。
- サルコペニア高齢者における骨格筋の増加、体力の向上には、運動指導、栄養指導ともに有効であるとの知見を得た。

はじめに

中年期を過ぎると人間諸組織の機能が変化し、環境変化への適応能力の低下ないし機能喪失が徐々に増してくる。その背景要因に、身体の構成要素である体脂肪や除脂肪組織量 (lean body mass : LBM) の変化が挙げられる (図1)¹⁾。中でも、加齢に伴って徐々に進行する骨格筋量の減少や筋力の衰えを意味する“sarcopenia”は²⁾、disability or mortality, 転倒・骨折の predictor であることが多くの疫学調査で指摘され^{3,4)}、その対処法をいかに立てるかは、介護予防、健康寿命の延長のために重要な課題である。

しかし、地域在住高齢者の中から、サルコペ

ニア高齢者を発見し、適する対処法を立てることは容易な作業ではない。それは、サルコペニアの定義、骨格筋量の推定、採用する選定基準が研究者によって異なり、ゴールドスタンダードが確立されていないからである。

1. 地域高齢者における サルコペニアの発見

サルコペニアは「骨格筋量の減少」を意味する概念であるが、サルコペニア高齢者を発見するためには、骨格筋量の正確な推定が必要である。筋肉量を評価する精度の高い手法は、computed tomography (CT) 法、magnetic resonance imaging (MRI) 法、dual energy X-ray absorpti-

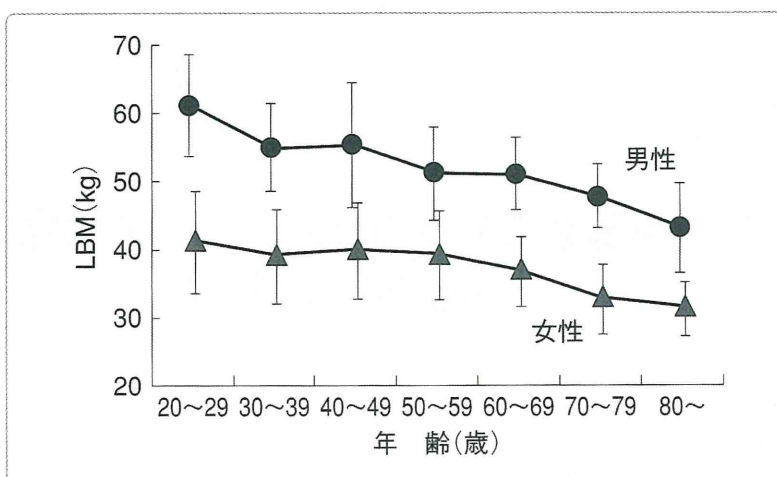


図1 DEXA 法による LBM の年代別の比較 (文献1より引用)

ometry (DXA) 法などが挙げられる。しかし、これらの測定には、高価な実験室装置や設備が要求され、計測に専門的な知識や資格が必要であり、大規模集団を扱う疫学調査の手法としては不向きである。骨格筋量を推定するための多様な手法が検討されているが、疫学研究に適用し得る代表的な方法を簡略に紹介する。

1) 形態測定値による推定

形態測定値による筋肉量の評価については、1921年の Matiegka⁵⁾の試み以来、いくつかの研究が報告されている。1990年、Martinら⁶⁾は、50~94歳の男性死体の筋肉量を妥当基準に設定し、筋肉量と四肢の周囲(前腕囲 $r=0.96$, 大腿囲 $r=0.94$, 下腿三頭囲 $r=0.84$, 腕囲 $r=0.82$)との高い相関関係を示し、四肢の皮下脂肪厚値で補正すれば、精度が上昇することに着目し、男性の骨格筋量 (total skeletal muscle mass: MM) を推定する次の式を提案している。

$$\begin{aligned} \text{MM} = & \text{STAT}(0.0553 \text{ CTG}^2 + 0.0987 \text{ FG}^2 \\ & + 0.0331 \text{ CCG}^2) - 2445 \\ & [\text{SEE} = 1.53 \text{ kg}, \text{ R}^2 = 0.97] \dots\dots (1) \end{aligned}$$

MM = 骨格筋量(g), STAT = 身長(cm),
CTG = 大腿前部皮下脂肪厚で補正した大腿囲
(cm), FG = 補正なしの前腕囲(cm), CCG = 下

腿三頭皮下脂肪厚で補正した下腿三頭筋囲
(cm).

Leeら⁷⁾は、20~81歳の男性135名、女性109名を対象に、MRIより求めた骨格筋量 (skeletal muscle mass: SM, 妥当基準) を形態側値より推定する皮下脂肪厚-周径囲 (モデル1), 体重-身長 (モデル2) を開発し、提案している。

モデル1:

$$\begin{aligned} \text{SM}(\text{kg}) = & \text{Ht} \times (0.00744 \times \text{CAG}^2 \\ & + 0.00088 \times \text{CTG}^2 + 0.00441 \times \text{CCG}^2) \\ & + 2.4 \times \text{性} - 0.048 \times \text{年齢} + \text{人種} + 7.8 \\ & [\text{R}^2 = 0.91, \text{ SEE} = 2.2 \text{ kg}] \dots\dots (2-1) \end{aligned}$$

(性: 男性=1, 女性=0) (人種: アジア人=-2.0, アフリカ系米国人=1.1, 白人・ヒスパニック人=0)

モデル2

$$\begin{aligned} \text{SM}(\text{kg}) = & 0.244 \times \text{体重} + 7.80 \times \text{身長} - 6.6 \times \text{性} \\ & - 0.098 \times \text{年齢} + \text{人種} - 3.3 \\ & [\text{R}^2 = 0.86, \text{ SEE} = 2.8 \text{ kg}] \dots\dots (2-2) \end{aligned}$$

(性: 男性=1, 女性=0) (人種: アジア人=-1.2, アフリカアメリカ人=1.4, 白人・ヒスパニック人=0)

これらは、全身の骨格筋量を推定する式であり、推定式より求めた筋肉量に基づいたサルコ

表1 性・年齢・人種別にみたサルコペニアの有症率 (文献4より引用)

年齢群 (歳)	男性		女性	
	ヒスパニック (n=221)	白人 (n=205)	ヒスパニック (n=209)	白人 (n=173)
<70	16.9	13.5	24.1	23.1
70~74	18.3	19.8	35.1	33.3
75~80	36.4	26.7	35.3	35.9
80<	57.6	52.6	60.0	43.2

ペニア判定の試みはなかった。しかし、Baumgartner ら⁴⁾は、1993~1995年に地域在住高齢男女808名(男性426名,女性382名)のDXA法より求めた四肢の骨格筋量(appendicular skeletal muscle mass:ASM)を、次の式より推定し、「ASM(kg)/身長²(m²)」の値が、18~40歳の健康成人の平均値の2SD以下をサルコペニアと定義している。

$$\begin{aligned} \text{ASM(kg)} = & 0.248(\text{体重}) + 0.0483(\text{身長}) \\ & - 0.1584(\text{臀部囲}) + 0.0732(\text{握力}) \\ & + 2.5843(\text{性}) + 5.8828 \\ & [R^2=0.91, \text{SEE}=1.58 \text{ kg}] \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

この式より求めたサルコペニアのカットオフ値は、男性7.26 kg/m²,女性5.45 kg/m²と設定し、有症率を調べたところ(表1),70歳以下の高齢者で13.5~24.1%の範囲であるが、80歳以上になると43.2~60.0%に高まるとともにdisabilityと密接に関連することを報告している。

Tanko ら⁸⁾は、18~85歳の女性754名を対象とした研究において、DXA法より求めた18~39歳の健康な女性216名のASM(kg)/Ht²(m²)を基準値(6.8±0.7kg)に用いている。この基準値の2SD以下をサルコペニアと定義した時のカットオフ値は、ASM=5.4 kg/m²であり、ASMを推定する式を提案している。

$$\begin{aligned} \text{ASM} = & -13.3 - 0.005(\text{年齢,歳}) \\ & + 0.11(\text{体重,kg}) + 16.1(\text{身長,m}) \\ & [SEE=1.7 \text{ kg}, R^2=0.76] \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

この式に基づく有症率は、40~49歳で3.3%、

50~59歳で3.8%と低いものの、60~69歳で9.4%、70歳以上で12.3%と上昇することを報告している⁶⁾。

2) 生体電気インピーダンス法 (bio-electrical impedance analysis : BIA) による推定

ヒトの身体組成を、安全かつ迅速に測定できるBIA法については、多くの研究者によってその妥当性が検証されていることから、多人数を対象にする疫学研究で汎用されている手法である。BIA法をサルコペニア判定に適用するために、Janssen ら⁹⁾は、18~86歳の男女388名を対象に、MRI法により求めた骨格筋量(SM)を妥当基準として、BIA法に基づく骨格筋量の推定式を提案している。

$$\begin{aligned} \text{SM mass(kg)} = & (\text{身長}^2/R \times 0.401) \\ & + (\text{性} \times 3.825) + (\text{年齢} \times -0.071) + 5.102 \\ & [R^2=0.86, \text{SE}=2.7 \text{ kg (9\%)}] \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

身長=cm, R=BIAレジスタンス(ohms), 性(男性=1, 女性=0), 年齢=歳。

さらに、この式より求めたSMと生活機能障害との関連性を検討しており、障害発生のハイリスクカットオフ値は、男性8.50 kg/m²以下(オッズ比4.71),女性5.75 kg/m²以下(オッズ比3.31)と提案している¹⁰⁾。

一方、Chien ら¹¹⁾は、Janssenらの式を台湾在住の高齢者に適応して、18~40歳の基準値は、