

<特集「超高齢社会への提言～鍵は介護予防にあり～」>

フレイルティ & サルコペニアと介護予防

山田 陽介^{*1,2}, 山縣 恵美³, 木村みさか¹

¹京都府立医科大学大学院保健看護研究科保健看護専攻
京都府立医科大学医学部看護学科教養教育講座応用健康科学

²日本学術振興会特別研究員 (SPD)

³京都府立医科大学大学院保健看護研究科保健看護専攻
京都府立医科大学医学部看護学科看護学講座老年看護学

Frailty, Sarcopenia, and Long-term Care Prevention

Yosuke Yamada^{1,2}, Emi Yamagata³ and Misaka Kimura¹

¹Graduate School of Nursing and Health Care Science,
Master of Nursing for Health Care Science, Kyoto Prefectural University of Medicine
Laboratory of Applied Health Science, Department of Nursing, Kyoto prefectural of Medicine

²Research Fellow, Japan Society for the Promotion of Science

³Graduate School of Nursing and Health Care Science,
Master of Nursing for Health Care Science, Kyoto Prefectural University of Medicine
Department of Nursing, Gerontological Nursing, Kyoto prefectural University of Medicine

抄 録

高齢者には歳をとるに従って徐々に心身の機能が低下し、日常生活の活動性や自立度が低下し、そして要介護に状態に陥っていく過程が存在する。要介護の原因として80歳を超えるといわゆる“衰弱”が多くなるが、“衰弱”は特定の原因疾患が存在せず、複数の要因によって要介護状態に至る病態と推察される。これは医学的には“frailty”に基づいて現れる状態とされ、何らかの介入により予防や改善が可能と考えられている。frailtyの中心的コンポーネントにsarcopenia(加齢性筋肉減弱症)がある。本稿では、高齢者の介護予防への基礎資料として、frailtyとsarcopeniaの概念を整理した。

キーワード：Frailty, Sarcopenia, 介護予防。

Abstract

As elderly people get older, their mental and physical functions gradually decline, the levels of activity and independence in daily living decrease, and nursing care becomes necessary. “Debilitation” is a frequent cause of long-term care need in those aged over 80 years, and it is considered to be a state requiring nursing care due to multiple factors without any specific causative disorder. Medically, this is

平成24年9月21日受付

*連絡先 山田陽介 〒602-0857 京都市上京区清和院口寺町東入中御霊町410

youtaro0831@yahoo.co.jp

開示すべき潜在的利益相反状態はない。

considered to be a state based on “frailty” and to be prevented or reversed by some intervention. Sarcopenia is a major component of frailty. In this paper, we organized the concepts of frailty and sarcopenia to provide basic information for the evaluation of long-term care prevention in elderly people.

Key Words: Frailty, Sarcopenia, Long-term care prevention.

フレイルティの概念と評価法

1. フレイルティ (frailty: 虚弱) とは

高齢者の身体障害の要因を考えるときに、脳卒中や骨折などの急性疾患を伴うもの以外に、加齢を背景に徐々に日常生活動作障害に至る過程が存在する。frailtyはdisabilityとは区別される老年症候群 (geriatric syndrome) の一つであり、disabilityの主要な原因となる病態で、高齢者特有のものである。1980年以前は、フレイルティは高齢者全体を指していたが、1978年のアメリカ合衆国におけるFederal Council on Agingで「75歳以上で日常生活に何らかのサポートの必要な集団」と定義された。現在、フレイルティのコンセプトとしては、「加齢に伴う種々の機能低下 (予備力の低下) を基盤とし、種々の健康障害 (adverse health outcomes) に対する脆弱性 (vulnerability) 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の高齢者をさす。健康障害のなかには日常生活機能障害、転倒、独居困難、入院、生命予後などが含まれる。この病態は単一の疾患や単一臓器の機能低下によるものより、subclinicalな多臓器の機能の予備力が低下することが主要因となるものが多い^{1,2)}。いずれにしてもfrailtyは、加齢の影響や、これに伴う多くの併存症 (comorbidity) の影響を受けているはずであるが、生物学的な老化を基盤にする高齢者特有のものである²⁾。

frailtyと既存のdisabilityモデルを比較したのが図1である。frailtyの概念は、「“disability (身体機能障害)”がある種の疾病発症 (脳血管疾患や骨折など) に起因する」という疾病モデルではなく、高齢者では予備能力の低下 (ホメオスタシスの低下) が“disability”につながるという異なるシナリオを提供している²⁾。高齢者の健康障害が若齢者や成人と決定的に異なる

のは、生物学的老化が基盤にあることである。実際、高齢者が要介護認定になる理由として75歳を超えると「高齢による衰弱」が増え、90歳以上では約半数が衰弱である。高齢による衰弱は、特に病気はないが、歳とともにだんだん身体が弱くなる状態 (老年症候群)³⁾を言い、これがまさにfrailtyである^{2,3)}。

なお、一般にdisabilityの定義は、基本的、手段的日常生活動作が自立しておらず、日常生活に何らかの困難を伴う状態を指す⁴⁾。しかし、Friedやアメリカ・イタリアの老年医学者による“Frailty Working Group”によるコンセンサス・ガイドラインの提唱する概念では、frailtyとは、身体的に明らかな機能障害を伴っていない状態を指すとし^{4,5)}、明らかな機能障害のある場合は、disabilityとして区別している¹⁾。すなわち、Friedらの提唱するfrailtyの概念では、no frailty ⇔ frailty ⇔ disabilityの課程は一方向的でなく、可逆的で、予防や治療が可能であることを指す。

2. フレイルティの評価法

フレイルティには、physical frailtyと精神心理要因 (psychological problems) や社会要因 (social problems) を含む多次元frailtyが存在するはずであるが、physical frailtyを指す場合が多い¹⁾。Freidらは、the Cardiovascular Health Study (CHS)⁶⁾のデータを用いて1) 体重減少、2) 主観的活力低下、3) 握力の低下、4) 歩行速度の低下、5) 活動度の低下、の5項目のうち3項目以上当てはまればfrailtyとした(表1)。このCHS indexを用いた地域住民の調査では、65歳以上で7%、80歳以上だと30%がfrailtyと診断されるとの報告がある⁷⁾。CHS indexよりさらに簡便な尺度として、Ensrudらは、the Study of Osteoporotic Fracture (SOF)⁸⁾のデータを用い、1) 体重減少、2) 起立能力の低下、3) 活力の低下、の3項目のうち2項目以上当てはま

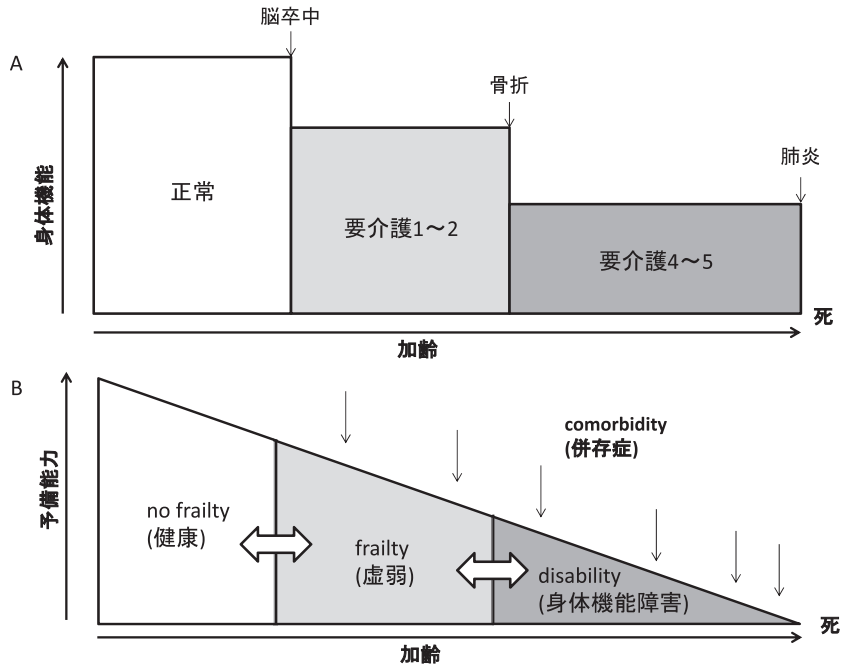


図1 老化に至るプロセス (文献2) を改変
 A モデル：障害を引き起こす疾病の蓄積により要介護状態に至る要介護疾病モデル
 B モデル：障害につながる疾病に罹患しなくても徐々に身体的能力が低下していき、ついには身体機能障害に至るフレイルティモデル

表1 フレイルティの評価法 (CHSindex)*

項目	定義
体重	一年で体重が $\geq 4.5\text{Kg}$ 以上減少
疲労感	自己評価 i) 先月ごろよりいつも以上に疲労感あり ii) ここ1ヶ月弱くなった
エネルギー使用量	生活活動量評価(レクリエーションなどの活動量を評価)**
動作	15feet (4.57m) 歩行で 女 \leq 身長159cm 7秒以上 @> 身長159cm 6秒以上 男 \leq 身長173cm 7秒以上 @> 身長173cm 6秒以上
筋力(握力)	女 $\text{BMI} \leq 23$ $\leq 17\text{kg}$ @ $\text{BMI}: 23.1 \sim 26$ $\leq 17.3\text{kg}$ @ $\text{BMI}: 26.1 \sim 29$ $\leq 18\text{kg}$ @ $\text{BMI} > 29$ $\leq 21\text{kg}$ 男 $\text{BMI} \leq 24$ $\leq 29\text{kg}$ @ $\text{BMI}: 24.1 \sim 26$ $\leq 30\text{kg}$ @ $\text{BMI}: 26.1 \sim 28$ $\leq 30\text{kg}$ @ $\text{BMI} > 28$ $\leq 32\text{kg}$

5項目のうち3項目があてはまるとフレイルティ

*: Fried LP, et al. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2001; 56: M146-56 から作成

**：簡易版ミネソタ余暇時間活動質問票に基づき、被験者にウォーキング、雑用(適度の努力を要する)、芝刈り、掃き掃除、庭いじり、ハイキング、ジョギング、自転車、運動用室内固自転車、ダンス、エアロビクス、ポーリング、ゴルフ、テニス(シングルスまたはダブルス)、ラケットボール、柔軟体操、水泳をやっているかどうかを尋ねる

れば frailty と定義している (表2)。この SOF index は将来の転倒, 身体機能障害, 骨折ならびに生命予後の予測因子としても十分機能することが証明されている。

我が国では, 介護予防の観点から二次予防対象者(かつては特定高齢者と呼んだ)をスクリーニングし, 予防プログラムにつなげようとするシステムが実施されている。表3には, この評価項目を上記の CHS index, SOF index とともに示した。

サルコペニアの概念と診断

1. サルコペニア sarcopenia とは

sarcopenia は「加齢に伴う筋力の低下, または老化に伴う筋量の減少」を指し, Rosenberg IH により提唱されたギリシャ語の “sarco” (英語で “flesh” 筋肉) と “penia” (英語で “loss” 喪失) から成る比較的新しい造語である⁹⁾。一般的に, 20歳代から70歳代までに, 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¹⁰⁻¹¹⁾。筋肉量の減少は, type II a 繊維を中心とした萎縮と繊維自体の減少に起因し¹²⁻¹³⁾, 一般に筋肉の減少分は脂肪に置き換えられると言われる¹⁴⁾。

サルコペニアは, 用語の成り立ちから, 従来, 筋量の減少が重視されてきた。しかし, 縦断的にみて加齢にともなう筋力低下が, 必ずしも筋量の減少と直線的な関係を示さない¹⁵⁾ ことや, 身体機能や健康指標との関連も筋量より筋機能に有意であることが示され, より筋機能を重視すべきとして, 「ダイナペニア (dynapenia)」という用語を提案する¹⁶⁾ 意見もあった。

このような中, sarcopenia の定義と診断基準については, 2010年4月13日に Age and Aging 誌のオンライン版で, ヨーロッパ老年医学会 (European Union Geriatric Medicine Society) のワーキンググループ (EWGSOP) がコンセンサスを発表した¹⁹⁾。このコンセンサスでは, サル

表2 SOF index

項目	回答
体重減少	5%以上の体重減少(2年間で)
起立	上肢を使用せず椅子から5回連続して立ち上がることができない
活力	Geriatric Depression Scaleの「最近活気にあふれていると思いますか?」の質問に対して「いいえ」

*: SOF: Study of Osteoporotic Fractures, を改編
上記の3つの質問に2つ以上当てはまる場合をフレイルティとする
Ensrud KE, et al. Arch Intern Med 2008; 168: 382-9

表3 二次予防対象者の選定項目とフレイルティの評価法

項目	CHS Index	SOF Index	二次予防対象者
栄養障害(低栄養、体重減少)	○	○	○
移動能力(歩行スピード・能力)	○	—	○
筋力(握力・椅子からの立ち上がりなど)	○	○	○
うつ・活力	○	○	○
身体活動度	○	—	○
口腔・嚥下機能	—	—	○
認知機能	—	—	○
IADL	—	—	○
社会とのつながり	—	—	○

○: 存在する項目, —: 欠損している項目

CHS: the Cardiovascular Health Study @ SOF: the Study of Osteoporotic Fractures

コペニアを老年症候群の一つとして位置づけ、治療方針を明らかにしていく必要があると宣言している。サルコペニアは発育発達期から始まる加齢過程の中で少しずつ生活の影響を受け、低栄養、ベッドレストや座位中心の生活、慢性疾患、特定の薬物療法など、複数の因子によって惹起され、移動機能障害、転倒骨折リスクの増加、日常生活活動（activities of daily life, ADL）遂行能力障害、要介護や死亡リスクの増加といった大きな代償を伴うことを指摘している¹⁷⁾。

このEWGSOPによるレポートでは、①筋量の減少を、必須の項目とした上で、②筋力の低下あるいは動作能力の低下のいずれか、を伴う場合に sarcopenia と診断する（表4）、とし、さらに、①筋量の減少のみを presarcopenia、②筋量減少と筋力の低下あるいは動作能力の低下のいずれかの低下がある場合を sarcopenia、③3つの全ての項目を満たす場合を severe sarcopenia としている¹⁷⁻¹⁸⁾（表5）。

2. サルコペニアの診断

1) 高齢者における筋量の評価

1960年にAllenら¹⁹⁾が、体内総カリウム量から加齢に伴う筋量減少を報告して以来、さまざま

な手法を用いて加齢と筋量との関連が報告されている。EWGSOPでは筋量評価を核磁気共鳴画像法（magnetic resonance imaging: MRI）、コンピュータ断層撮影（computed tomography: CT）、2重エネルギーX線吸収測定法（energy X-ray absorptiometry: DXA）、生体電気インピーダンス法（bioimpedance analysis: BIA）、あるいは体内カリウム測定で行うこととしている。これらに加え、近年は、超音波画像法を用いた評価法²⁰⁾も報告されている。これらの各種方法は、簡便性と正確性でそれぞれ一長一短がある。

このうちBIAは最も簡単で現場で広く用いられているが、市販の体組成計の多くはその推定式に年齢や性、体重といった変数が組み込まれており、加齢に伴う筋量変化を測定するのに適切ではない。電気抵抗は導体の直径の小さい部分で高く、手首・足首（あるいは手掌・足底）による電極を用いて全身を測定しようとする、実際には筋量が多い体幹が測定電気抵抗値に与える貢献度が低く、測定値は全身の筋量・水分分布の加齢、性、肥満度による変化の影響を受けるため、年齢や性、体重といった変数で

表4 サルコペニアの診断（EWGSOP*）

サルコペニアは、下記項目1)を裏付ける証拠に加え、2)あるいは3)を満たす場合に診断される
1) low muscle mass (低筋肉量)
2) low muscle strength (低筋力)
3) low physical performance (低動作機能)

* EWGSOP: European Working Group on Sarcopenia in Older People

文献 17-18) より作成

表5 サルコペニアの重症度（EWGSOP*）

stage (病期)	muscle mass (筋肉量)	muscle strength (筋力)	performance (動作機能)
presarcopenia	↓		
sarcopenia	↓	↓ または @	@
severe sarcopenia	↓	@	↓

* EWGSOP: European Working Group on Sarcopenia in Older People

文献 17-18) より作成

補正する必要がある。しかし、下腿、大腿など体部位別に測定を行うことで²¹⁾、その影響を除去でき、12電極誘導法を用いた部位別BIAでは、高齢者の体組成を年齢や性、体重といった変数を用いることなく、高精度に測定できる(図2)²²⁾。

ちなみに、加齢に伴う筋量変化は、上肢よりも下肢において、また下肢では遠位(下腿)よりも近位(大腿)において低下率が大きい(図3)。加齢に伴う筋量低下は男性に比べて女性において早期に起こるが、低下速度は男性のほうが初期値の高い分大きいともいわれる。加えて、下肢に筋量の顕著な左右差を有する人の割合は老年期で大きな値を示す²³⁾。

いくつかの先行研究において、筋量が身体機能障害や死亡率を予測する因子になることが報告されている²⁴⁻²⁵⁾。しかし、他の先行研究では、MRI、CT、DXAなどの画像法による筋量測定は身体機能障害や死亡率とあまり強く関係していないとしている²⁶⁾。この理由として、加齢に伴

う筋の質的な変化、特に筋内組成の変化が関係していると考えられており、CTやMRIを用いて筋内脂肪を定量化する試みが行われている²⁷⁾。しかし、筋内脂肪だけではなく、生体内骨格筋中に占める細胞外液量(ECW)が加齢に伴って増加しており、下肢における除脂肪組織や筋量からECWを取り除いた真の筋細胞量は、筋力や高齢者の身体能力、歩行機能と強く関連する²⁸⁾。そのため、筋量を評価する場合には、加齢に伴う筋の質的な変化を十分に考慮した測定を行う必要がある。その中で、部位別多周波生体電気インピーダンス分光法(S-BIS)は、簡便でありながら、MRIやCTでは測定できない情報も得ることができ、サルコペニア評価に応用できる可能性がある(図4)。

2) 筋量の評価基準

各種方法に基づく筋量評価基準がこれまでにいくつか報告されている。

DXA法を用いた骨格筋量の評価方法としては、四肢の除脂肪軟部組織量(kg)を身長(m)の二乗で除した数値(骨格筋量指数:skeletal muscle index [SMI]: kg/m^2)が一般的に用いられている。Baumgartnerら²⁹⁾は、この値が若・壮年者の平均値から、標準偏差の2倍を引いた値未満を骨格筋量減少と定めた。ヒスパニック系、非ヒスパニック系白人高齢者を対象にした彼らの調査によれば、男性: $\text{SMI} < 7.26 \text{ kg}/\text{m}^2$ 、女性: $\text{SMI} < 5.45 \text{ kg}/\text{m}^2$ がカットオフ値である。一方、真田ら³⁰⁾は、40歳以下のスポーツ競技者でない日本人(男性266名、女性263名)を対象に、DXA法を用いてSMIを算出し、それぞれの平均値を $8.67 \pm 0.90 \text{ kg}/\text{m}^2$ 、 $6.78 \text{ kg}/\text{m}^2$ と報告した。Baumgartnerらの判定基準に基づけば、日本人の骨格筋量減少の目安となるSMI値は、男性で $< 6.87 \text{ kg}/\text{m}^2$ 、女性で $< 5.46 \text{ kg}/\text{m}^2$ と算出される。

BIA法については、台湾の地域住民を対象に行われた報告³¹⁾によれば、男女それぞれのSMIのカットオフ値は、 $8.87 \text{ kg}/\text{m}^2$ 、 $6.42 \text{ kg}/\text{m}^2$ である。一方、Janssenら³²⁾は、BIA法を用いた全身の筋量測定から、正常筋量を男性 $\geq 10.76 \text{ kg}/\text{m}^2$ 、女性 $\geq 6.76 \text{ kg}/\text{m}^2$ 、中等度のsarcopeniaを男性:

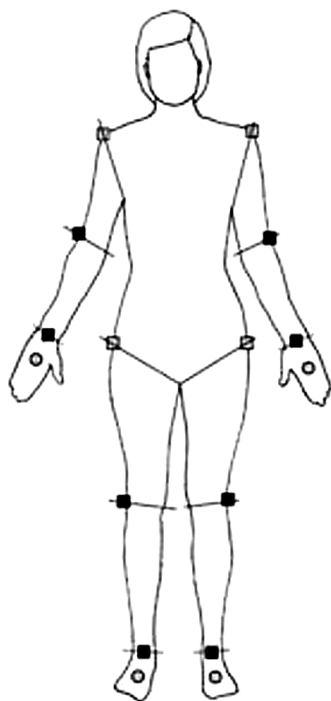


図2 部位別生体電気インピーダンス法の測定 (Yamada et al.) 22)

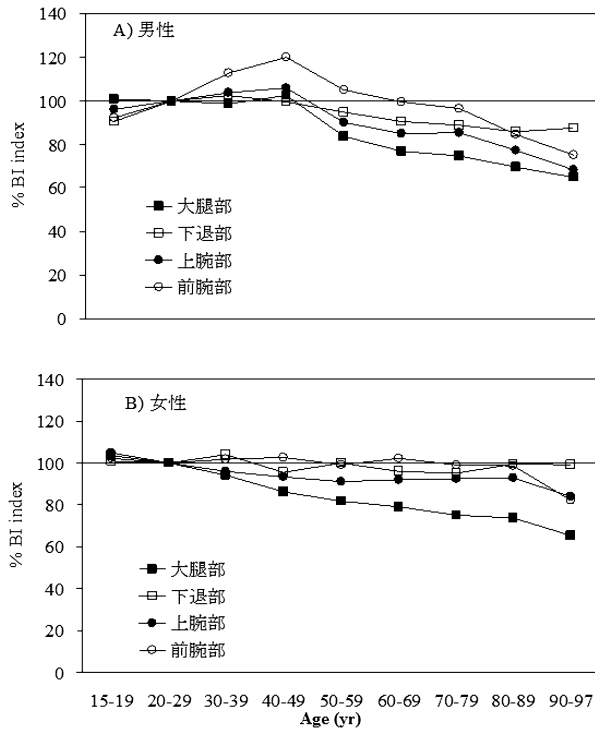


図3 筋量の加齢変化 (山田他) 23
20代のBIインデックスに対する割合で示す

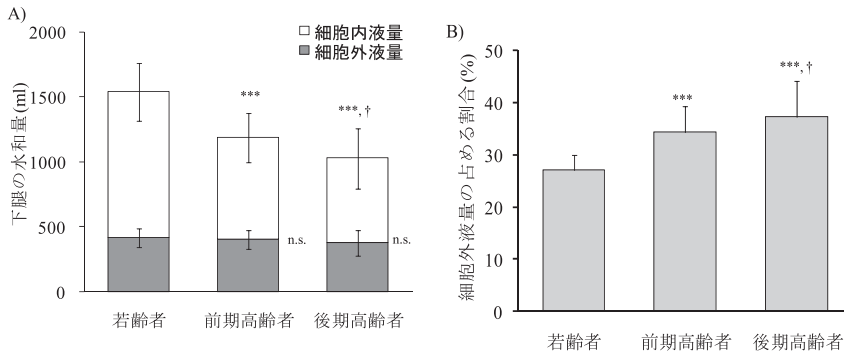


図4 高齢者における細胞内液と細胞外液 (Yamada et al) 28
下腿の水和量 (mean±SD). *** 若齢者と比べて $P < 0.001$, † 前期高齢者と比べて $P < 0.05$.

8.51~10.75 kg/m², 女性: 5.76~6.75 kg/m², 著しい sarcopenia を男性 ≥ 8.50 kg/m², 女性 ≥ 5.75 kg/m² としている。

一方, 上腕中央や下腿の周囲径の測定は, どこでも行い得る簡便な方法であるが, 加齢に伴う

皮膚の弾性の低下や肥満, 浮腫の影響を受けるため, 正確性の面で他の方法に比べて劣っている。基準値の目安としては, 下腿周囲長 < 31 cm で身体機能障害を示唆する報告³³⁾がある。また, 真田らは日本人を対象にした簡易骨格筋指数

(SMI)の推定式を報告している。推定式の決定変数は、男性ではBMI、腹囲、年齢の順で、女性ではBMI、握力、腹囲の順で取り入れられている³⁰⁾。

3) 高齢者における筋力の評価方法と評価基準
骨格筋は約400個とも約300種650個ともいわれ、どの部位の筋力を測定すればよいかという議論は尽きない。老化は脚からといわれるように下肢の筋機能は重要で、特に高齢者においては要介護が軽度の場合でも階段昇降能力や自力入浴能力が低下しているものの割合が多い(要支援者でも50%程度は自力での階段昇りが不能)³⁴⁾。階段昇り能力は股関節屈曲に関わる大腰筋の貢献が大きい³⁴⁾。また高齢者のADLとの大腿筋量との間には関連がある³⁴⁾。股関節屈曲トルクよりも膝関節屈曲・伸展トルクの測定のほうがやや簡易であるため、多人数を対象とする場合は膝関節伸展トルクを測定することが多い²⁶⁾。それでも測定に大掛かりな装置が必要であったり、高齢者(特に要介護者)では不慣れた動作のため正確な測定が難しい場合もある。一方、筋力を代表する指標として握力を用いることも多い²⁶⁾。握力は上肢の筋力で、歩行や移動機能との直接の関係性に関する議論もあるが、握力は様々な身体機能を良く反映し、加齢に伴う変化も正確に捉えることができ、転倒・骨折や虚弱、死亡リスクと強く関係する³⁶⁻³⁷⁾と報告されている。握力は測定方法を統一しやすく標準値の蓄積があることから、EWGSOPでは握力を主として用い、下肢筋力を研究目的として補助的に使用するとよいとコメントしている。筋力は、その力発揮様式によって等尺性、等速性、等張性筋力、あるいは短縮性、伸張性筋力に分類される。どの様式の筋力測定が高齢者の身体機能を評価する上で適切であるのかについては、まだまだこれからの研究が必要である。一方、最大発揮筋力よりも、力と収縮速度の積である筋パワーのほうが、身体機能を良く反映するのではないかという議論もある。下肢の筋パワーの測定法としては、特別な脚伸展パワー測定器を用いる方法のほかに、垂直跳びによる方法があり、垂直跳びによる方法は高

齢者でもよく用いられている²⁶⁾²⁸⁾³⁸⁻⁴⁰⁾。

なお、握力については、下肢筋力や膝伸展トルク、筋断面積と相関するという報告もあり、臨床的な予後予測のよい指標と考えられ、筋力低下の基準としては、男性で<30kg、女性で<20kgが目安とされている¹⁷⁾。

4) 高齢者における動作能力の評価方法と評価基準

EWGSOPによる動作能力の評価指標は歩行速度および体力テストバッテリーである。その中でも、歩行は、高齢者の移動を支える基盤で、直接 frailty にも関連している。通常歩行速度は、最も簡便で汎用性がある評価しやすい。そのため、EWGSOPによるサルコペニア診断アルゴリズムにも歩行速度が用いられており、0.8m/秒以下の歩行速度は動作能力の低下ありと判定している¹⁷⁻¹⁸⁾。その他には、Timed UP & GO Testも動的バランスを評価する方法として用いられている。これは、椅子に座った姿勢から3m先の目印を回って元の椅子に腰掛けるまでの時間を測定するものである。11秒以上かかる場合は、動作能力の低下が疑われる。

5) サルコペニア診断のアルゴリズム

EWGSOPでは、臨床的な診断アルゴリズムを具体的に提唱している。まず歩行速度を測定し、0.8m/秒以下であれば筋量を測定する。これにより、筋量減少があればサルコペニアと診断し、減少がなければサルコペニアと診断しない。0.8m/秒より速い人には握力を測定し、握力低下があれば筋量を測定する。そして、筋量低下があると判断されればサルコペニアと診断する。このようなアルゴリズムにより、段階的にサルコペニアを診断することを推奨している(図5)¹⁷⁻¹⁸⁾。

フレイルティとサルコペニア

1. フレイルティの中核をなすサルコペニア

フレイルティの評価項目には筋力などのサルコペニアに関する項目も必須項目として組み込まれている。従ってフレイルティと判定される対象者は、サルコペニアと判定される対象者でもある。

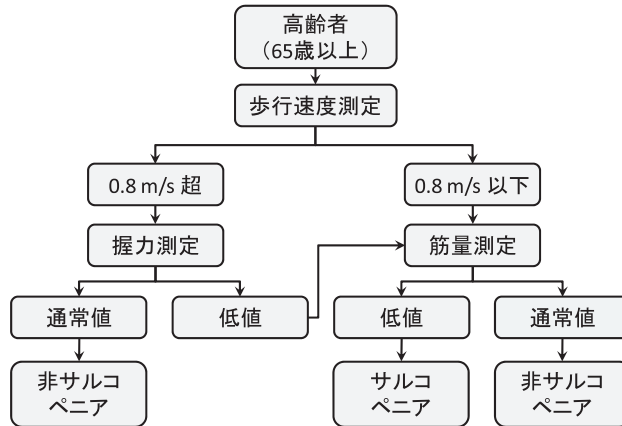


図5 ヨーロッパ老年医学会によるサルコペニア診断のコンセンサス文献(17-18)より作成

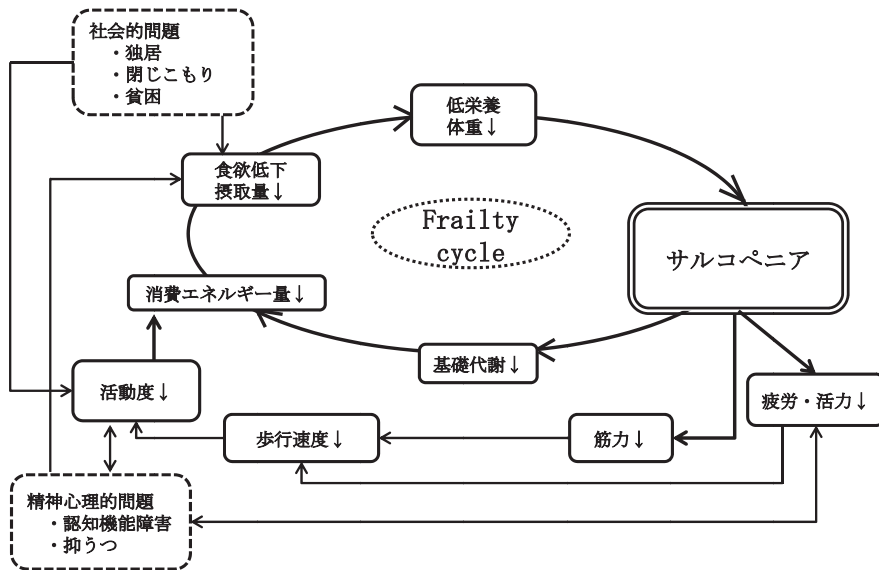


図6 フレイルティ・サイクル
Xue QL, et al. J Gerontol A BiolSci Med Sci 2008 ; 63 : 984-90

図6は、Friedらの提唱した frailty cycle を改定したものである⁴¹⁾。高齢者は種々の要因で活動量が低下しやすく、食欲低下等によって栄養摂取量が減少しやすいが、それがサルコペニアにつながり、筋量の減少により基礎代謝量が低下し、……次々に連鎖していく。サルコペニア自体により下肢筋力が低下し、転倒、歩行速度の減少、活動量の低下が誘発される。これらが

全てフレイルティの要因となる。これらに加え、フレイルティの社会的ドメインに問題があれば活動度が低下し、さらには食欲低下にもつながる。また、フレイルティの精神心理ドメインに問題があれば同様に活動度の低下を引き起こし、さらに疲労度、活力を低下させる。このサイクルに入り込めば結果的にサルコペニアにつながる。サルコペニアはフレイルティの中核

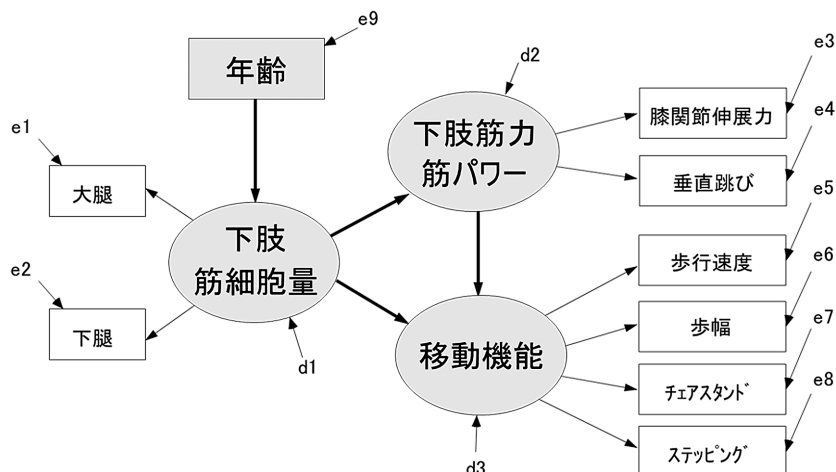


図7 加齢に伴う筋の廃用性症候群（サルコペニア）の模式図

をなしている。

2. フレイルティ・サルコペニアの予防と改善

1) フレイルティ・サルコペニアと栄養

低栄養はフレイルティの概念に極めて重要である。エネルギーやタンパク質の摂取量の低下がフレイルティに関わっているとの報告がある⁴²⁾。また、血中のカロチノイド、ビタミンE、ビタミンDの濃度が将来のフレイルティに関わっているとの報告もある⁴³⁾。しかし、これらの栄養素の補給がフレイルティの予防につながるかの検証は十分でない。

一方、地域住民を対象にした研究では、摂取エネルギー当たりのタンパク質摂取量が多いほど、3年後の除脂肪体重の低下率が少ないとの報告がある⁴⁴⁾。しかし、筋肉の30～40%を構成する分岐鎖アミノ酸（バリン、ロイシン、イソロイシン）の補充投与が高齢者の筋量維持に重要であると指摘されているが、無作為割付試験では栄養投与単独による筋量への明らかな効果は証明されていない。

2) フレイルティ・サルコペニアに対する介入効果（栄養と運動）

今までに栄養補給とレジスタンス運動による介入が多く実施されている。多くの結果は、運動単独、栄養補給単独よりもそのコンビネーションがフレイルティやサルコペニアへの改善

効果を期待できると報告されている⁴⁵⁻⁴⁶⁾。このことは日常生活における介入が極めて重要であり、効果的な介入を組み込むことにより、後期高齢者の要介護に至る過程を予防または遅らせる可能性があり、医療政策上も大変重要な課題と考える。

おわりに

高齢者の要介護の要因として、脳卒中や骨折などの急性疾患を伴うもの以外に、加齢を背景にしたサルコペニアの存在がある。特に、frailtyは多臓器機能の予備力が低下することが主要因で、高齢者特有のものである。一方、サルコペニアは筋量の減少や筋力をはじめとする体力低下を指し、これは高齢者のdisabilityに関連する重要な現象である（図7）。

sarcopeniaはfrailtyの中心コンポーネントであり、両者は相互に関連しながらdisabilityに繋がっているが、この背景になっている加齢変化については、適切な介入によって予防可能であることが少しずつ明らかにされている。一方、介護度が軽度であった者が重度化していく要因としては、認知症や持病の悪化、加齢による脆弱化、脳血管疾患・がん等、複数が関与していることが報告されている⁴⁷⁾。要介護になると、低栄養や活動性低下の原因となる痛み、うつ、

体調不良等により、廃用による老化、すなわち sarcopenia が一層促進され、図 6 に示す frailty cycle に入り込むものと考えられる。高齢期の健康づくり・介護予防は、老化と廃用の悪循環

を絶つこと、これへの挑戦である。このためにはたず運動の役割は大きく、加えて口腔ケアや栄養改善などにより、低栄養や感染症を防ぐことも非常に重要と考える。

文 献

- 1) 葛谷雅文. 老年医学における Sarcopenia & Frailty の重要性. 日老医誌 2009; 46: 279-285.
- 2) 葛谷雅文. フレイルティとは. 臨栄 2011; 119: 755-759.
- 3) 神崎恒一. 老年症候群とは. 臨栄 2011; 119: 750-754.
- 4) Fried LP, Ferrucci L, Darer J, Williamson JD, Anderson G. Untangling the concepts of disability, frailty, and comorbidity: implications for improved targeting and care. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2004; 59: 255-263.
- 5) Ferrucci L, Guralnik JM, Studenski S, Fried LP, Cutler GB Jr, Walston JD. Interventions on Frailty Working Group. Designing randomized, controlled trials aimed at preventing or delaying functional decline and disability in frail, older persons: a consensus report. J Am Geriatr Soc 2004; 52: 625-634.
- 6) Bandeen-Roche K, Xue QL, Ferrucci L, Walston J, Guralnik JM, Chaves P, Zeger SL, Fried LP. Phenotype of frailty: characterization in the women's health and aging studies. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2006; 61: 262-266.
- 7) Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, Seeman T, Tracy R, Kop WJ, Burke G, McBurnie MA. Cardiovascular Health Study Collaborative Research Group. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2001; 56: M146-156.
- 8) Ensrud KE, Ewing SK, Taylor BC, Fink HA, Cawthon PM, Stone KL, Hillier TA, Cauley JA, Hochberg MC, Rodondi N, Tracy JK, Cummings SR. Comparison of 2 frailty indexes for prediction of falls, disability, fractures, and death in older women. Arch Intern Med 2008; 168: 382-389.
- 9) Rosenberg IH. Sarcopenia: origins and clinical relevance. J Nutr 1997; 127: 990S-991S.
- 10) Marcell TJ. Sarcopenia: causes, consequences, and preventions. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2003; 58: M911-916.
- 11) Iannuzzi-Sucich M, Prestwood KM, Kenny AM. Prevalence of sarcopenia and predictors of skeletal muscle mass in healthy, older men and women. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2002; 57: M772-777.
- 12) Roubenoff R, Rall LC, Veldhuis JD, Kehayias JJ, Rosen C, Nicolson M, Lundgren N, Reichlin S. The relationship between growth hormone kinetics and sarcopenia in postmenopausal women: the role of fat mass and leptin. J Clin Endocrinol Metab 1998; 83: 1502-1506.
- 13) Faulkner JA, Larkin LM, Claflin DR, Brooks SV. Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles. Clin Exp Pharmacol Physiol 2007; 34: 1091-1096.
- 14) Lexell J, Taylor CC, Sjöström M. What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. J Neurol Sci 1988; 84: 275-294.
- 15) Goodpaster BH, Park SW, Harris TB, Kritchevsky SB, Nevitt M, Schwartz AV, Simonsick EM, Tylavsky FA, Visser M, Newman AB. 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 2006; 61: 1059-1064.
- 16) Clark BC, Manini TM. Sarcopenia ≠ dynapenia. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2008; 63: 829-834.
- 17) Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, Martin FC, Michel JP, Rolland Y, Schneider SM, Topinková E, Vandewoude M, Zamboni M. European Working Group on Sarcopenia in Older People. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. Age Ageing 2010; 39: 412-423.
- 18) Cooper C, Dere W, Evans W, Kanis JA, Rizzoli R, Sayer AA, Sieber CC, Kaufman JM, Abellan van Kan G, Boonen S, Adachi J, Mitlak B, Tsouderos Y, Rolland Y, Reginster JY. Frailty and sarcopenia: definitions and

- outcome parameters. *Osteoporos Int* 2012; 23: 1839-1848.
- 19) Allen TH, Anderson EC, Langham WH. Total body potassium and gross body composition in relation to age. *J Gerontol* 1960; 15: 348-357.
- 20) Miyatani M, Kanehisa H, Azuma K, Kuno S, Fukunaga T. Site-related differences in muscle loss with aging. "A cross-sectional survey on the muscle thickness in Japanese men aged 20 to 79 years." *Int J Sport Health Sci* 2003; 1: 34-40.
- 21) Tanaka NI, Miyatani M, Masuo Y, Fukunaga T, Kanehisa H. Applicability of a segmental bioelectrical impedance analysis for predicting the whole body skeletal muscle volume. *J Appl Physiol* 2007; 103: 1688-1695.
- 22) Yamada Y, Masuo Y, Yokoyama K, Hashii Y, Ando S, Okayama Y, Morimoto T, Kimura M, Oda S. Proximal electrode placement improves the estimation of body composition in obese and lean elderly during segmental bioelectrical impedance analysis. *Eur J Appl Physiol* 2009; 107: 135-144.
- 23) 山田陽介, 木村みさか, 中村榮太郎, 増尾善久, 小田伸午. 15~97歳日本人男女1006名における体肢筋量と筋量分布. *体力科学* 2007; 56: 461-472.
- 24) Janssen I. Influence of Sarcopenia on the Development of Physical Disability: The Cardiovascular Health Study. *J Am Geriatr Soc* 2006; 54: 56-62.
- 25) Volpato S, Romagnoni F, Soattin L, Blè A, Leoci V, Bollini C, Fellin R, Zuliani G. Body mass index, body cell mass, and 4-year all-cause mortality risk in older nursing home residents. *J Am Geriatr Soc* 2004; 52: 886-891.
- 26) Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, Di Iorio A, Corsi AM, Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol* 2003; 95: 1851-1860.
- 27) Delmonico MJ, Harris TB, Visser M, Park SW, Conroy MB, Velasquez-Mieyer P, Boudreau R, Manini TM, Nevitt M, Newman AB, Goodpaster BH. Health, Aging, and Body. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. *Am J Clin Nutr* 2009; 90: 1579-1585.
- 28) Yamada Y, Schoeller DA, Nakamura E, Morimoto T, Kimura M, Oda S. Extracellular water may mask actual muscle atrophy during aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2010; 65: 510-516.
- 29) Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR, Garry PJ, Lindeman RD. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol* 1998; 147: 755-763.
- 30) 真田樹義, 宮地元彦, 山元健太, 村上晴香, 谷本道哉, 大森由実, 河野 寛, 丸藤祐子, 塙 智史, 家光素行, 田畑 泉, 樋口 満, 奥村重年. 日本人成人男女を対象としたサルコペニア簡易評価法の開発. *体力科学* 2010; 59: 291-302.
- 31) Chien MY, Huang TY, Wu YT. Prevalence of sarcopenia estimated using a bioelectrical impedance analysis prediction equation in community-dwelling elderly people in Taiwan. *J Am Geriatr Soc* 2008; 56: 1710-1715.
- 32) Janssen I. Influence of sarcopenia on the development of physical disability: the Cardiovascular Health Study. *J Am Geriatr Soc* 2006; 54: 56-62.
- 33) Rolland Y, Lauwers-Cances V, Cournot M, Nourhashemi F, Reynish W, Rivière D, Vellas B, Grandjean H. Sarcopenia, calf circumference, and physical function of elderly women: a cross-sectional study. *J Am Geriatr Soc* 2003; 51: 1120-1124.
- 34) Nishiwaki T, Nakamura K, Ueno K, Fujino K, Yamamoto M. Health characteristics of elderly Japanese requiring care at home. *Tohoku J Exp Med* 2005; 205: 231-239.
- 35) 金 俊東, 久野譜也, 相馬りか, 増田和実, 足立和隆, 西嶋尚彦, 石津政雄, 岡田守彦. 加齢による下肢筋量の低下が歩行能力に及ぼす影響. *体力科学* 2000; 49: 589-596.
- 36) Sasaki H, Kasagi F, Yamada M, Fujita S. Grip strength predicts cause-specific mortality in middle-aged and elderly persons. *Am J Med* 2007; 120: 337-342.
- 37) Ahmad R, Bath PA. Identification of risk factors for 15-year mortality among community-dwelling older people using Cox regression and a genetic algorithm. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005; 60: 1052-1058.
- 38) Sipilä S, Koskinen SO, Taaffe DR, Takala TE, Cheng S, Rantanen T, Toivanen J, Suominen H. Determinants of lower-body muscle power in early postmenopausal women. *J Am Geriatr Soc* 2004; 52: 939-944.
- 39) 木村みさか, 平川和文, 奥野 直, 小田慶喜, 森本武利, 木谷輝夫, 藤田大祐, 永田久紀. 体力診断バッテリーテストからみた高齢者の体力測定値の分布お

- よび年齢との関連. 体力科学 1990; 38: 175-185.
- 40) 木村みさか. 高齢者への運動負荷と体力の加齢変化及び運動習慣. Japanese Journal of Sports Sciences 1992; 10: 722-728.
- 41) Xue QL, Bandeen-Roche K, Varadhan R, Zhou J, Fried LP. 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 2008; 63: 984-990.
- 42) Bartali B, Frongillo EA, Bandinelli S, Lauretani F, Semba RD, Fried LP, Ferrucci L. Low nutrient intake is an essential component of frailty in older persons. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2006; 61: 589-593.
- 43) Semba RD, Bartali B, Zhou J, Blaum C, Ko CW, Fried LP. Low serum micronutrient concentrations predict frailty among older women living in the community. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2006; 61: 594-599.
- 44) Houston DK, Nicklas BJ, Ding J, Harris TB, Tyllavsky FA, Newman AB, Lee JS, Sahyoun NR, Visser M, Kritchevsky SB. Health ABC Study. Dietary protein intake is associated with lean mass change in older, community-dwelling adults: the Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Study. Am J Clin Nutr 2008; 87: 150-155.
- 45) Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, Clements KM, Solares GR, Nelson ME, Roberts SB, Kehayias JJ, Lipsitz LA, Evans WJ. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. N Engl J Med 1994; 330: 1769-1775.
- 46) Bonnefoy M, Cornu C, Normand S, Boutitie F, Bugnard F, Rahmani A, Lacour JR, Laville M. The effects of exercise and protein-energy supplements on body composition and muscle function in frail elderly individuals: a long-term controlled randomised study. Br J Nutr 2003; 89: 731-739.
- 47) NPO 地域保健研究会. 軽度者の重度化要因をさぐる. 介護保険情報 2005; 6: 43-51.

著者プロフィール



山田 陽介 Yosuke Yamada

所属・職：京都府立医科大学応用健康科学教室・日本学術振興会特別研究員（SPD）

略歴：1999～2003 京都大学総合人間学部

2003～2008 京都大学大学院博士課程（人間・環境学博士）

2008～2009 京都大学高等教育研究開発推進センター

日本学術振興会特別研究員（PD）

2008～2008 University of Wisconsin-Madison, Visiting Fellow

2009～2011 福岡大学付置身体活動研究所ポスト・ドクター

2011～ 現職

主な業績：2010年 アメリカ老年学会 65周年記念論文賞（医学部門）受賞

（Award for 65th Anniversary Celebration Article in Journal of Gerontology）

2010年 国際二重標識水会議運営委員・講師

（Faculty of 2010 The Obesity Society, Doubly labeled water workshop, San Diego, CA, USA）

2010年 生理人類学会優秀論文賞受賞

2012年 運動疫学研究会学術集会優秀発表賞受賞

など、国内外で活躍中。