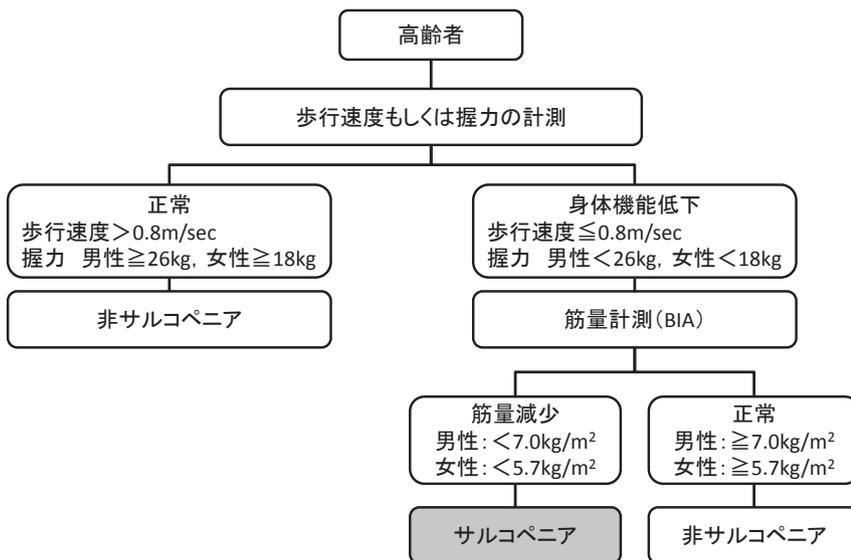


November Special

サルコペニア 研究

定義と研究の流れ、
バイオメカニクスのアプローチ

サルコペニアのアルゴリズム (AWGS)



「サルコペニア」という言葉は頻繁に見聞きするようになったが、サルコペニアの定義は当初より広がってきている。加齢による筋量の減少から、「加齢」の条件でなくとも、筋量が減少すればサルコペニアと呼ぶようになったという。運動、栄養、疾患などが関係してくるが、サルコペニアは全身的なものでもなく、部分的にも生じる。本誌では、運動との関係でバイオメカニクスのアプローチを行ってられる畠中先生に取材、併せてサルコペニアの文献レビューを三木先生にお願いした。

- 1 サルコペニア研究 畠中泰彦 P.2
—— 理学療法士によるバイオメカニクスのアプローチ
- 2 サルコペニア研究のレビュー 三木貴弘 P.12
—— 研究の流れと、関連因子について

1

サルコペニア研究

サルコペニア研究

——理学療法士によるバイオメカニクスのアプローチ

畠中泰彦

鈴鹿医療科学大学保健衛生学部
理学療法学科長、教授
理学療法士、博士（工学）

今年9月に『姿勢・動作・歩行分析』（PT・OTビジュアルテキスト、羊土社）という書籍を刊行された畠中泰彦先生は、サルコペニアに対して工学的アプローチを行っている。ここでは、近年話題になっているサルコペニアについて、その定義の広がりや研究動向について、また畠中先生グループのアプローチについて聞いた。後半、同研究室の院生で、転倒とサルコペニアに関して研究中の理学療法士、加藤康太先生にも参加していただいた。

理学療法士で工学的バックグラウンド

——先生は工学部卒で理学療法士。

もともとは理学療法士ですが、仕事をしながら立命館大学工学部で学びました。機械の制御が専門で、理学療法との関係で言えば、筋力測定装置やロボットになります。その後工学部の大学院にも進みました。

——理学療法士としては珍しいほう？

東京では、東京理科大学や工学院大学などで学んだ理学療法士はかなりいると思います。今は理学療法でも大学院は多くなりましたから、そちらの大学院に進む人が多く、昔に比べると、工学部の大学院に進む人は少なくなりましたが。

——工学に関心が高かった？

もともとロボット義足の仕事があったということがあります。現在、本学でもっばら行っているのは動作解析です。Viconシステムがあり、筑波大学で開発されたロ

ボットスーツ HAL というのがあります。が、本学の白子（しろこ）キャンパスで、HAL を使ってトレーニングできるスタジオがあります。そこでトレーニングしている患者さんに協力していただき、こちらで計測したりしています。

——ヒトに対して、工学的手法で動作解析を行う。

トレーニングの方法を考えたりしています。

——その流れでサルコペニアの研究もされている。

私の研究室にも博士課程でサルコペニアを研究している院生がひとりいて、彼は老健の仕事をしているのですが、筋力トレーニングのメニューを決めるのに定量的なものがあまりない。トレーニングに関する学会などにも参加しているのですが、体育の分野ではトレーニングメソッドはたくさんあっても、評価についてはあまり詳しく検討されていないように思われます。私の研究室の手法として、モーションキャプチャーを用いてモデル解析を行っていますが、彼は、その手法を用いて実際に運動している画像データから筋力を推定計算しています。最大筋力を推定してメニューを組むという方法です。

——それは一般人対象。

高齢者です。そこから始まっていますが、さらに四日市の主体会病院理学療法士（転倒予防指導士）として勤務している加藤康太君という院生がいて、あとで話してもらいますが、その病院ではデイケアも行っていて、転倒とサルコペニアが関係していると言われていても、どう関係しているかという研究は少なく、サルコペニアの定義自



はたなか・やすひこ先生



かとう・こうた先生

体も歴史とともに広がってきています。

高齢者だから筋力が弱いのではなく、運動していないから筋力が低下しているのではないかという人もいます。しかし、私は、運動できなくなるのがサルコペニアだと思います。

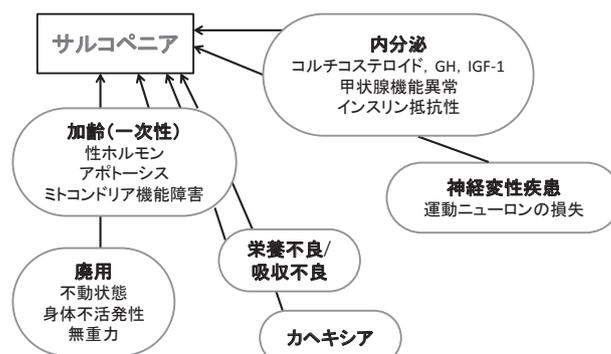
——サルコペニアは筋肉が減少していく現象。

サルコペニアとは？

- 1989年, Rosenbergは、『骨格筋量の加齢による減少』=『サルコペニア』と定義した。
- 2010年, 高齢者のサルコペニアに関する欧州のワーキンググループ(EWGSOP)は, 筋肉量の減少と筋機能の低下(筋力低下あるいは身体機能低下)の両方の存在をサルコペニアと診断した。
- サルコペニアは運動障害, 転倒と骨折のリスク増大, 日常生活動作能力の低下などの特徴がある。

図 1

サルコペニアのメカニズム



Cruz-Jentoft AJ, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. Age and Ageing 2010.より

図 2

原因によるサルコペニアの分類

<一次性的サルコペニア>

加齢性サルコペニア: 加齢以外に明らかな原因がないもの

<二次性的サルコペニア>

活動に関連するサルコペニア: 寝たきり, 不活発なスタイル, (生活)失調や無重力状態が原因となり得るもの

疾患に関連するサルコペニア: 重症臓器不全(心臓, 肺, 肝臓, 腎臓, 脳), 炎症性疾患, 悪性腫瘍や内分泌疾患に付随するもの

栄養に関するサルコペニア: 吸収不良, 消化管疾患, および食欲不振を起こす薬剤使用などに伴う, 摂取エネルギーおよび/またはタンパク質の摂取量不足に起因するもの

Cruz-Jentoft AJ, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. Age and Ageing 2010.より

図 3

サルコペニアの診断・評価法

■筋量(筋肉量)

- 二重エネルギーX線吸収測定法(DXA):
四肢の筋量(kg)を身長(m)の2乗で除したSMI(skeletal muscle index, kg/m²)を用いる。
健康な成人(18~40歳)におけるSMIの平均値のマイナス2SD=サルコペニア (Baumgartner, 1998)
- 生体インピーダンス法(BIA):
DXAと同様にSMIを評価に用いる。
- MRI, CT
- 身体測定法: 下腿周径

■筋力

- 握力
- 膝伸筋力: 等尺性収縮, 等速性収縮

■身体機能

- 簡易身体能力バッテリー(SPPB): 立位バランス能力, 歩行, 立ち上がり動作の総合的評価。
- 通常歩行速度
- TUG

図 4

そうです。そういう状態を表しているもので、握力がどれくらい減少したら、下肢の周径がどれくらい減少したら、サルコペニアであるとされています。

——病的なこともあるし、加齢や運動不足、栄養の問題などが関係している。

そうです。

——生理学的に自然にそうになっていくけれど、それを抑えられるか、あるいはそのスピードを抑えられるか、できればもとの状態に戻せるかがテーマになる？

そこが一番大事なのですが、もともとの原因が何かを見つけるのが難しいところです。

——なぜ筋肉が減っていくか。

加齢と言えば加齢なのですが、元気な高

齢者もたくさんいらっしゃいます。

——80代のボディビルダーもいる。

そうです。ただ、マスターズ陸上などを見ていると、短距離で走れるフォーム

は70代の前半と後半では明らかにフォームが異なります。80代になると、70代前半とはフォームは明らかに違ってきます。走っているようには見えなくなります。どれだけ運動していても差が出てくるのがサルコペニアなのでしょうが、現状では筋量、筋力低下があればサルコペニアと言われます。

サルコペニアの定義の広がり と 診断・評価

——サルコペニアの定義が広い。

図1がサルコペニアの定義ですが、1989年、Rosenbergが最初に、「骨格筋量の加齢による減少」をサルコペニアと定義しました。そして、2010年、高齢者のサルコペニアに関するヨーロッパのワーキ

サルコペニアの診断基準

対象	測定方法	EWGSOP		日本		AWGS	
		男性	女性	男性	女性	男性	女性
筋量	DXA	7.23~ 7.26kg/m ²	5.5~ 5.67kg/m ²	6.87kg/m ²	5.46kg/m ²	7.0kg/m ²	5.4kg/m ²
	BIA	8.87kg/m ²	6.42kg/m ²	7.0kg/m ²	5.8kg/m ²	7.0kg/m ²	5.7kg/m ²
筋力	握力	30kg	20kg	25~31kg	20kg	26kg	18kg
身体機能	普通歩行速度	0.8m/秒		1.0m/秒		0.8m/秒	
	SPPB(最高12点)	8点		提示なし			

DXA:健康な成人(18~40歳)におけるSMIの平均値の-2SD(YANの-2SD) ※YAN=Young Adult Mean
BIA:DXAと同様にSMIが指標

図5

ンググループは、筋肉量の減少と筋機能の低下(筋力低下あるいは身体機能低下)の両方をサルコペニアと診断しました。サルコペニアには、運動障害、転倒と骨折のリスク増大、日常生活動作能力の低下などの特徴があります。

サルコペニアのメカニズムは図2に示したとおりです(Cruz-Jentoftら、2010)。

また、原因によるサルコペニア分類は図3に示すように、もともと加齢に伴い、加齢以外に明らかな原因がないものを「加齢性サルコペニア」とし、これが「一次性サルコペニア」です。これに対して、「二次性サルコペニア」と呼ばれるものが、図3にあるように、活動に関連するサルコペニア、疾患に関連するサルコペニア、栄養に関連するサルコペニア(出典前出)。つまり、今は、加齢に加え、不活動、疾患、栄養不足によって、筋量が減少した状態もサルコペニアと呼ぶようになっています。

サルコペニアかどうかを診断・評価する方法が図4に示したもので、筋量、筋力、身体機能の3点で、その診断基準が図5です。DXA(二重エネルギーX線吸収測定法)は骨塩量、BIA(生体インピーダンス法)はInBodyのような体組成計で測定した数値です。ヨーロッパと日本、アジアで少しずつ数値が異なっています。

—それはなぜ?

ヨーロッパの診断基準ができてから、日

サルコペニアの診断基準

※EWGSOP:欧州のワーキンググループ

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 2010; 39: 412-23.

※日本

DXA値: Sanada K, Miyachi M, Tanimoto M, et al. A cross-sectional study of sarcopenia in Japanese men and women: reference values and association with cardiovascular risk factors. Eur J Appl Physiol 2010; 110: 57-65.

BIA値: Tanimoto Y, Watanabe M, Sun W, et al. Association between muscle mass and disability in performing instrumental activities of daily living (IADL) in community-dwelling elderly in Japan. Arch Gerontol Geriatr 2012; 54: e230-3.

※AWGS:アジアのワーキンググループ

Chen LK, et al. Sarcopenia in Asia: consensus report of the asian working group for sarcopenia. J Am Med Dir Assoc. 2014; 15(2): 95-101.

図6

サルコペニアのアルゴリズム(EWGSOP)

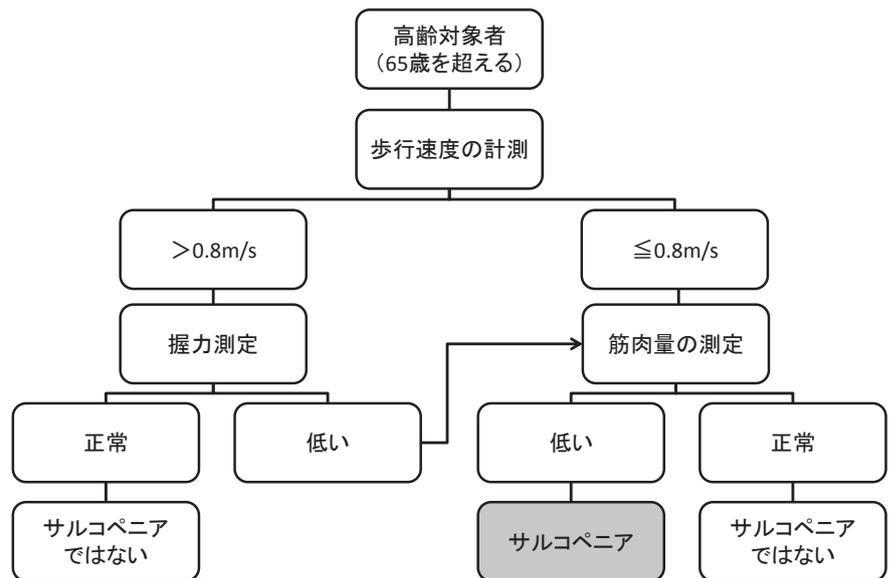


図7

本人を含めアジア人は少し異なるだろうということで、アジア人のサルコペニアの定義を別のグループがつけました。日本でも日本の研究者によって日本の基準が設けられています(図6)。

—なぜアジア人は異なる?

人種によって違いがあります。筋そのものが遺伝で決まってくるので。陸上競技短距離で決勝に出る選手はほとんどが黒人ですが、MRIで見ると、大腰筋の太さがほかの人種とは大きく異なっています。大

腰筋は大腿部を持ち上げる(屈曲させる)筋ですが、それが顕著に太い。一方で腸骨筋が薄いとされています。この部分は突き詰めると、人種差別につながり得るので、研究もあまり積極的に行われていないということもあります。

そういう意味で、ヨーロッパ人とアジア人は異なるだろうということで、ヨーロッパとアジアの「アルゴリズム」が出されています。

ヨーロッパのアルゴリズムが図7で、ま

サルコペニアのアルゴリズム (AWGS)

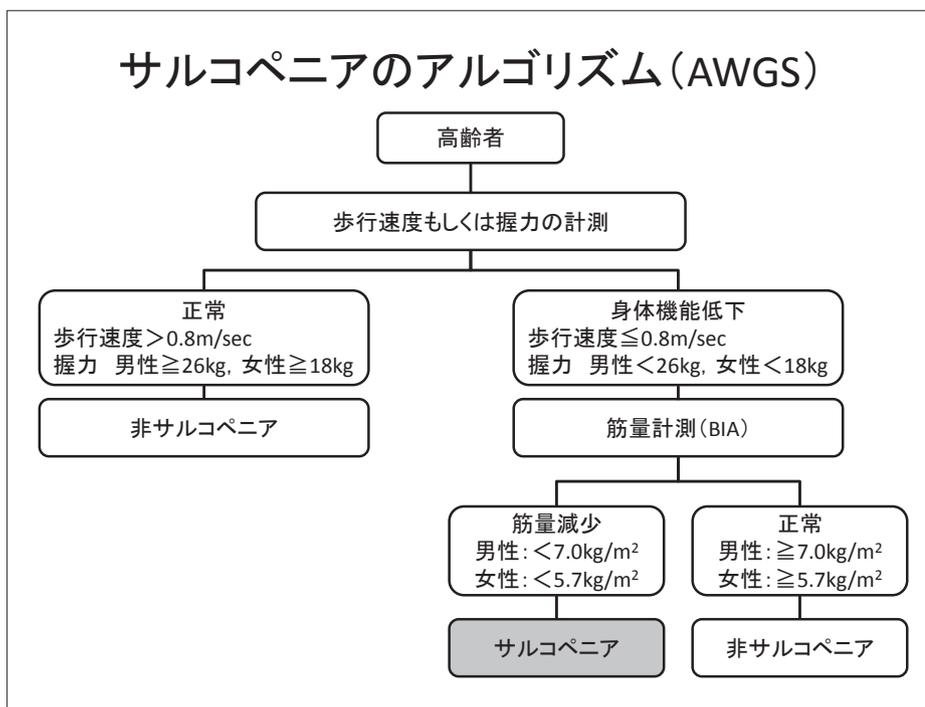


図 8

サルコペニアの簡易判定法 (NILS-LSA※)

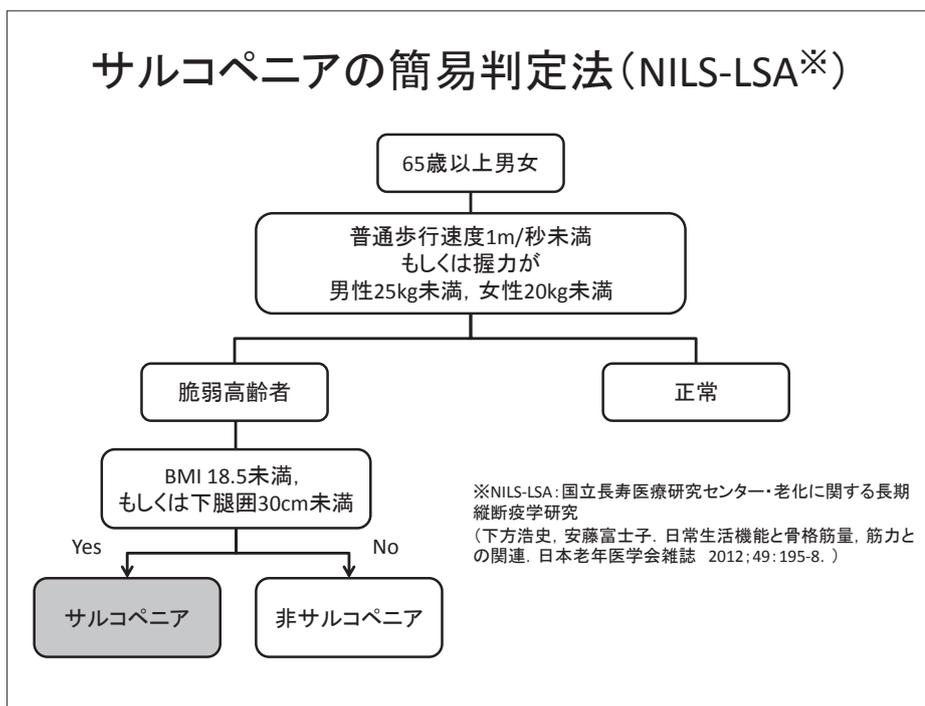


図 9

ず歩行速度 (10m) を計測し、0.8m/s 以下の人については、筋肉量を測定し、低いとサルコペニア、歩行速度はある程度速くても (0.8m/s 超)、握力が低いと筋肉量を測定し、低ければサルコペニアというものです。図 8 がアジアのアルゴリズムです。

歩行速度か握力を測定し、図に示したように、一定の値より小さければ、筋肉量を測定し、男性なら 7.0kg/m²、女性なら 5.7kg/m² 未満であればサルコペニアとされます。

これに対して、日本では国立長寿医療研究センターの老化に関する長期縦断疫学研

究で「サルコペニアの簡易判定法 (NILS-LSA)」というものを作成しています (図 9)。これは、歩行速度か握力をみて、脆弱高齢者と判断され、BMI が 18.5 未満もしくは下腿囲が 30cm 未満であればサルコペニアとするものです。しかし、それでもまだ大雑把な概念だと思われます。サルコペニアに関する研究を整理したのが図 10 で、「サルコペニアと転倒」に関する研究をまとめたのが図 11 (P.7) です。当研究室では、前出の加藤康太君が現在、「サルコペニアと転倒」をテーマに研究を始めています。

—では、サルコペニアはどういう目的でつくられた概念?

もともとは加齢とともに筋肉は減少する。それは自然だろうと思われていたのですが、「隠れ肥満」ではないですが、外見的にはわからないけれど、筋量が減少している人がいるということがスタートでした。そこから定義が広がっていきました。—問題は、これからどうするか。

そうです。まだこれからの課題です。現場の理学療法士が「この人はサルコペニアがあるので、筋トレをお願いします」と言われたときに、どの筋が弱いのか、今は MMT (徒手筋力テスト) を行い、弱いところをトレーニングする。しかし、MMT で弱いとされる筋をトレーニングするのが目的ではないと思います。この人はサルコペニアがあるので、転倒して骨折などケガをするおそれがあるので、それを予防しようということにはつながると思います。あるいは、サルコペニアがあっても、あまり歩けなくて、このままだと寝たきりになるおそれがあるというときに、それぞれの筋に対する対処法はあると思っています。ただ、転倒と筋力強化についても、エビデンスがしっかりした研究はそれほどないのが現状です。

—実体というより、現象的なものをみる。

どこにサルコペニアがあるというのではなく、診断基準にのっとり、この人はサルコペニア陽性、この人はサルコペニア陰性

2

サルコペニア研究

サルコペニア研究のレビュー — 研究の流れと、関連因子について

三木貴弘

理学療法士

ここでは、理学療法士である三木氏に、サルコペニアの文献を整理し、研究の流れ、今後の研究の展望などについてまとめていただく。特集1と一部重複する部分もあるが、文献レビューとして概観していただいた。

サルコペニアは比較的新しい概念であり日本語では「加齢性筋肉減少症」という。しかしながら、現在は単純に筋肉量の減少だけをさすわけではなく、より広い意味でサルコペニアという言葉が使われている。

本稿では、サルコペニアをさまざまな角度から捉え、サルコペニア研究の今までの流れ、これからの流れ、サルコペニアに関連する因子、疾患を論文から紐解いていきたい。

1. サルコペニアとは何か？

過去から現在の流れ

サルコペニアは1980年代にRosenbergが「筋肉」と「減少」を組み合わせたギリシャ語（それぞれSarx, Penia）を使用しサルコペニアという新しい単語を作成したと言われており、「加齢に伴う筋肉量の減少」という意味になる。それゆえにサルコペニアは筋肉量に着目されることと一般的に理解されているが、近年の研究結果により、「筋肉量減少による身体機能の低下」という広い概念で捉えられ始めてきている。

サルコペニアの世界的な研究グループ、EWGSOP（European Working Group on Sarcopenia in Older People）は、筋

肉量減少、筋力低下、そして身体機能低下の3つの因子に分ける必要があり、その3つが相関している、とのレポートを2010年に発表している。そしてそれが今のサルコペニアの新しい概念、定義として定着しつつある。そのため、サルコペニア＝筋力低下、という単純な図式ではなく、身体機能低下という広い概念でサルコペニアを捉える必要があることを最初に述べておく。

2. サルコペニアの分類

サルコペニアの分類は、一次的なサルコペニアと二次的サルコペニアに分類されることが現在では一般的である。一次的サルコペニアは加齢性サルコペニアとも呼ばれており、加齢以外に明らかな原因がないものと定義されており、一方、二次的サルコペニアは、活動に関連するサルコペニア、疾患に関連するサルコペニア、栄養に関連するサルコペニア、と3つにさらに分類され、それぞれ若年者でもサルコペニアの状態になりうることを示している。そこからわかるように、サルコペニアは筋肉量だけに着目するのではなく日常生活動作（ADL）活動、糖尿病などに代表される疾患、栄養状態などもサルコペニアを判断、予防するのに極めて重要である、ということが最近明らかになっている。これらの各分野については後述する。

3. サルコペニア測定の過去から

現在の流れ

サルコペニアの測定方法を最初に確立させたのはBaumgartnerらの研究グループである。彼らはDXA法を使用し、四肢の筋肉量を測定し、それによるサルコペニア

を定義した。具体的には若年層のSkeletal muscle mass index（SMI）の平均の2SD以下をサルコペニアを定義することにした。

しかしながら、DXA法は測定に時間がかかっていたり、さらに近年では被曝の問題も指摘されているために、新しい測定法、インピーダンスを用いて筋肉量を測定する方法が提示された。その方法がインピーダンス（BIA）法、である。それぞれの診断基準の数値は前項（P.4）の図5に示されたとおりである。

そして現在、2006年にNewmanらが“Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort.”という論文で、DXA法での筋肉量と死亡率は相関が低いことを明らかにした。そして四肢の筋肉量よりも握力が死亡率を予測するのに適している、と結論を出した。その研究により、現在はサルコペニアの測定に握力を用いることが一般的になっている。

さらに、Dumurgierらがthe BMJにて2009年に発表した論文、“Slow walking speed and cardiovascular death in well functioning older adults: prospective cohort study”で、歩行速度と死亡率との関連を発表した。これは3208名の高齢者（65歳以上）の歩行速度を継続的に計測した結果、もっとも遅い群の死亡率が高かったという結果になった。これにより、歩行速度も含む身体機能はサルコペニアの重要な一因として考慮されるように近年ではなっている。

これらをまとめると、サルコペニアを診

断するには、筋肉量、筋力、身体機能を測定する必要があり、それらはそれぞれ推奨されているテストがある(前項図7~9、P.4~5を参照)。しかしながら、現在のひとつの問題として、診断基準が世界統一されていないことが挙げられる。それを次に説明する。

4. サルコペニアの診断基準の過去から現在の流れと世界の診断基準

サルコペニアの診断基準は実は世界では統一されていない。先述したEWGSOP (European Working Group on Sarcopenia in Older People) のレポート(2010年発表)では、筋肉量、筋力、身体機能の3つを測定する必要があるとし、それぞれの具体的な数値は前項の図7(P.4)を見ていただきたい。

また、Society of Sarcopenia, Cachexia and Wasting Disorders Trialist Workshop (SSCWD) の診断基準は若干異なる。2011年に発表された論文“Sarcopenia With Limited Mobility: An International Consensus”によると、筋力の数値は除外し、BIA法またはDXA法による筋肉量と、6m Walkingテストなどによる身体機能の低下をサルコペニアの診断基準としている。

さらに、サルコペニアに関する研究は欧米が先行しているため、欧米での基準が一般的に使用されることが多いが、アジアでも独自に判断基準がある。それは欧米人と日本人が人種の違いからも欧米人の判断基準がそのままアジア人に適応できるかは疑問であるために、アジア人を中心に研究グループが2013年に設立されている。ASIAN WORKING GROUP FOR SARCOPEANIA (AWGS)である。AWGSによるサルコペニアの診断基準は、前項の図8(P.5)のとおりである。

このように2015年現在、サルコペニアの値は各自類似した診断基準ではあるが、世界で統一されていないことは課題のひとつだと思われる。統一された診断基準がな

いために世界各国の横断的な研究や比較ができず、世界での実態を把握することは難しい。また国内でも2013年にアジアでの研究グループが診断基準を作成したが、国内に浸透しているとは言い難く、国内でもどの診断基準を使用するかは各自の判断に任せられている、というのが実状だ。今後、世界統一の診断基準ができることでさらにサルコペニア研究の発展が見込まれるはずである。

5. サルコペニアと栄養

サルコペニアと栄養は密接な関係があることはさまざまな研究結果からも明らかである。栄養学的指標として、ビタミンD、タンパク質、抗酸化物質、脂肪酸などが挙げられることが多い。

(1) サルコペニアとビタミンD

Fulster Sらによる論文、“A prospective study of the associations between 25-hydroxyvitamin D, sarcopenia progression and physical activity in older adults”にビタミンDとサルコペニアとの関連が書かれている。それによると、686人の高齢者(平均年齢62±7歳)に対して、ビタミンDと身体能力の低下の関連を調べ、ビタミンD濃度(血中25-ヒドロキシビタミンD濃度)が低いことと、身体機能、筋力低下との関連性が有意にあることを述べている。

また、The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolismで2003年に発表された論文、“Low Vitamin D and High Parathyroid Hormone Levels as Determinants of Loss of Muscle



「サルコペニア」にはまだ世界統一の診断基準がない
(写真とサルコペニアの直接の関係はありません)

Strength and Muscle Mass(Sarcopenia)”の中でも、ビタミンDの欠乏は、身体能力、とくに筋力低下との相関があることが男女ともに明らかになっており、ビタミンD摂取がサルコペニア予防のひとつの有効な手段であることは言えそうである。

(2) サルコペニアとタンパク質

タンパク質は筋肉にもっとも影響する栄養素として知られているが、実際のところ、タンパク質とサルコペニアとの関連はあるのだろうか。

American Society for Clinical Nutritionで2008年に発表された論文、“Dietary protein intake is associated with lean mass change in older, community-dwelling adults”によると、タンパク質摂取量と脂肪を除いた体重の減少は相関があり、高齢者のタンパク質の不