

高齢者と筋力トレーニング —サルコペニアの予防・改善のための運動プログラムについて— The effect of a resistance training program on sarcopenia in Japanese elderly people

佐野村学

Manabu Sanomura

帝京大学医療技術学部スポーツ医療学科

Department of Sport and Medical Science, Faculty of Medical Technology, Teikyo University,
359 Otsuka, Hachioji, Tokyo, Japan

Abstract

The average life expectancy in Japan has increased over the years, yet the total population peaked in 2010, and it is projected to continue to decline. However, it is estimated that the proportion of the population aged 65 and older will continue to increase. As the total population continues to decline and the ratio of elderly people increases, various problems and challenges will arise. One of the challenges is how to improve the health of the elderly and their quality of life, as well as extend their healthy life expectancy. In this paper, we describe an exercise program for the prevention and improvement of sarcopenia—a common problem in the elderly—by muscle strength training.

キーワード：：高齢者、サルコペニア、筋力トレーニング、転倒予防、ロコモティブシンドローム

Keywords: Elderly, Sarcopenia, Resistance training, Fall prevention, Locomotive syndrome

はじめに

今日において、本邦では男女の平均寿命が延伸し続けており、他国との比較においても上位を占め、世界でも類をみない長寿国となっている。我が国の総人口の推移をみると¹⁾、2010年をピークに減少し、今後も減少傾向が続くことが推計されているが、65歳以上の人口割合をみると、2021年10月現在で28.8%であり、2042年にはそのピークを迎えることが推測されている。今日、4人に1人が65歳以上の高齢者といわれている中、2036年には総人口の33.3%を占め、3人に1人が65歳以上の高齢者になることが予測されている。今後、総人口の減少に加えて65歳以上の高齢者人口の占める割合が増加し続けることによって、ますます少子高齢化が進み、現在および将来においてさまざまな問題が取り上げられている。例えば、国民医療費や要介護者等¹⁾の増加などによる医療保険や社会福祉問題などである。これらの問題に対して、長期的な国民の健康増進を狙いとして、また、QOL²⁾の向上とともに健康寿命³⁾の延伸を狙いの一つとして、第3次国民健康づくり対策である21世紀における第2次国民健康づくり運動「健康日本21（第

二次）」が施行されている²⁾。この健康づくり施策では、前述したさまざまな問題に対する将来的な展望を見据え、高齢者を対象とした健康増進や疾病予防策が重要視されている。高齢者の健康や体力の増進のための身体活動や運動に関する具体的な目標については、1日の歩数や運動習慣者の割合などが設定されている²⁾。

高齢者の身体的特徴について、加齢による変化をみると、特に骨格筋量の減少とそれに伴う筋力の低下が顕著である³⁾。そして、特に下肢の筋肉量の低下や筋力の低下が主な原因となり、移動能力の低下や転倒リスクが高まるなどのQOLの低下につながる問題が挙げられている。転倒については、骨粗鬆症の要因も含めて骨折が主な原因となり、寝たきりなどの自立した生活の喪失、さらには要介護者等につながるといった大きな問題が起こり、それらの予防も課題となっている¹⁾。これらの筋肉量や筋力の低下といった身体的要因に関連する疾患として、特に高齢者に発症しやすいサルコペニアやフレイル、ロコモティブシンドロームが挙げられる⁴⁾。そこで、初めに本総説のテーマであるサルコペニアについて説明する。

- ¹ 要介護者等：介護保険制度における要介護または要支援の認定を受けた者のこと
- ² QOL：Quality of Life（生活の質）
- ³ 健康寿命：日常生活が制限されることなく生活できる期間のこと

サルコペニアとその実態

サルコペニアは、ギリシャ語で筋肉「sarx（sarco：サルコ）」と喪失「penia（ペニア）」を合わせた造語であり、1989年にRosenbergによって「加齢による骨格筋量の減少」と定義されている。また、2010年にはヨーロッパサルコペニアワーキンググループ（EWGSOP：

European Working Group on Sarcopenia in Older People）による診断基準が発表され、「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）の両方が存在すること」と定義されている。今日においては、サルコペニアを「高齢期にみられる骨格筋量減少と筋力もしくは身体機能の低下」と定義している⁵⁾。サルコペニアの診断基準は、ヨーロッパやアメリカ、アジア諸国のワーキンググループによって、各々の国の高齢者を対象に検証したデータなどを基に地域ごとの診断基準が策定されている。アジア圏では、2014年にアジアサルコペニアワーキンググループ（AWGS：Asian Working Group for Sarcopenia）によって診断基準が発表され、最新の診断基準は2019年10月に発表されている⁶⁾（図1）。

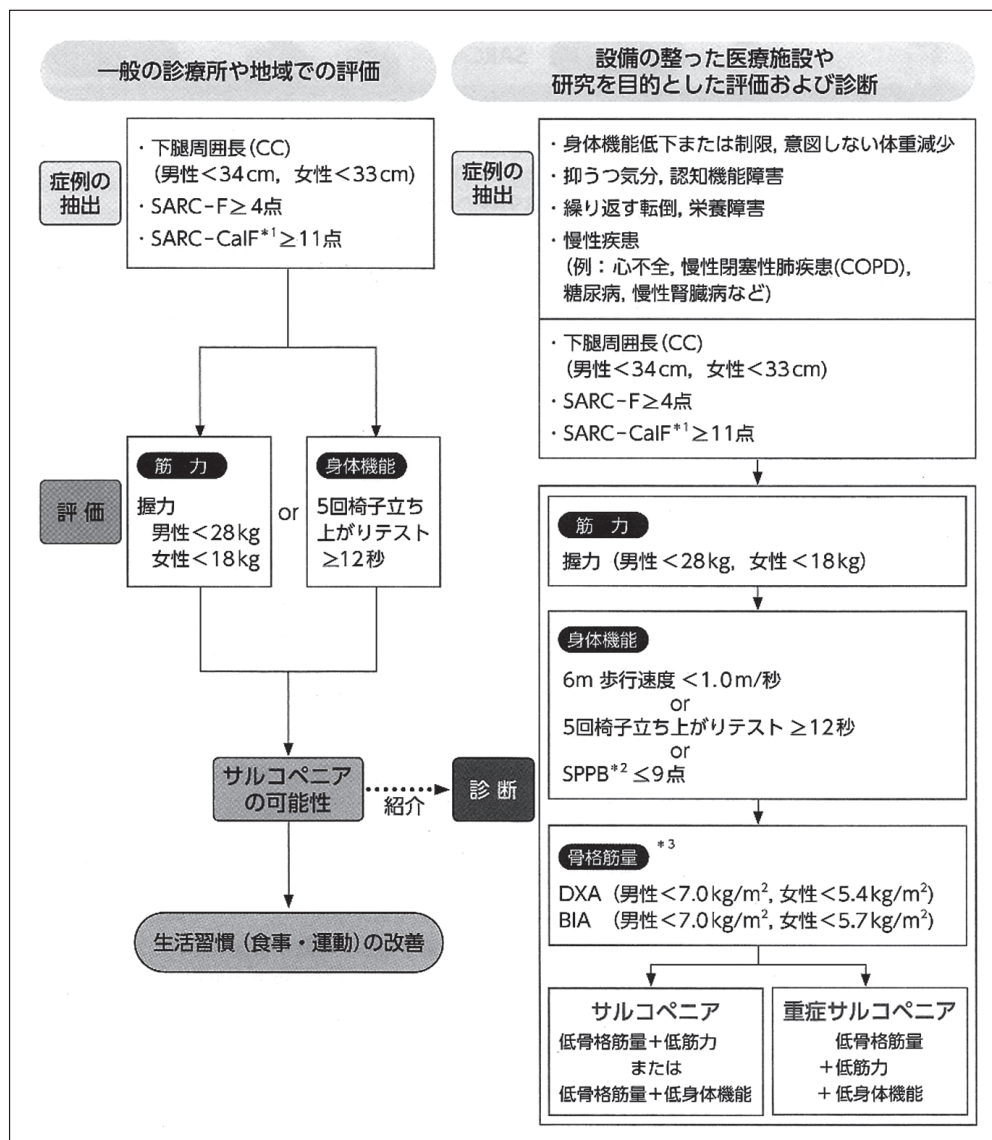


図1 AWGS2019におけるサルコペニア診断アルゴリズム（文献5より一部改変）

AWGS：Asian Working Group for Sarcopenia
 CC：Calf Circumference
 SARC-F：Strength, Assistance in walking, Rise from a chair, Climb star, Falls
 SPPB：Short Physical Performance Battery
 DXA、BIA：次頁参照

ここからは、AWGSによるサルコペニアの評価・診断方法について説明する。

サルコペニアの診断は、筋肉量、筋力、身体機能の3つの評価から行われ、それぞれにいくつかの測定方法が用いられている⁶⁾ (図1)。例えば筋肉量の測定・評価については、スクリーニングにおいて、下腿部の周径囲長が男性で34cm未満、女性で33cm未満の人は症例の対象者となり、また、最終評価では、DXA (デキサ)⁴⁾法やBIA⁵⁾法による骨格筋量の測定により評価される。筋力については、握力が男性で28kg未満、女性で18kg未満の場合、身体機能については、6m歩行速度が1.0m/分未満の場合や5回椅子立ち上がりテストで12秒以上の場合には陽性と判定される。他にもいくつかあるが、主にこれらの評価をもってサルコペニアの有無の診断が行われている。筋肉量と筋力、もしくは筋肉量と身体機能が陽性と認められた場合にサルコペニアと診断され、筋肉量、筋力、身体機能の全てが陽性と認められた場合は重症サルコペニアと診断される⁶⁾。

⁴⁾ DXA : Dual-energy X-ray Absorptiometry (二重エネルギー X 線吸収測定法)

⁵⁾ BIA : Bioelectrical Impedance Analysis (生体電気インピーダンス法)

サルコペニアの実態については、国内の地域住民を対象としたサルコペニア有病者数を調査した報告によると、65歳以上の高齢者の有病者数は男性で132万人、女性で139万人と推定されている⁷⁾。尚、同調査ではサルコペニアと診断された人の約6割が筋肉量低下と筋力低下であったことが報告されている。その他、特に女性にみられるサルコペニア有病者の特徴として、筋力低下が要因となり診断される例が多数みられている。これら筋力低下によるサルコペニアのことをディナペニア (Dynapenia) と称している⁸⁾。

サルコペニアが他の疾患に及ぼす影響については、肥満症、脂質異常症、心血管疾患、2型糖尿病などのリスクが高まること、その他、認知機能低下や骨粗鬆症との関連性も高く、さらには死亡リスクが高まることも報告されている⁵⁾。サルコペニアはロコモティブシンドローム、フレイルとの関連が高く、ロコモティブシンドロームのロコモ度1に該当した人の100%がフレイルの有病者であり、98.5%がサルコペニア有病者であったとの報告もみられている⁴⁾。以上のようにサルコペニアはさまざまな疾患に影響を及ぼすほか、前述した転倒と転倒による骨折が生じやすくなり、結果的に要介護者等になる可能性が高い。サルコペニア有病者は非サルコペニア

に比べて1.81倍の転倒や転倒傾向がみられ、その他の調査では3.23倍高い転倒発生率を示す報告もみられている⁹⁾。国内における地域在宅高齢者の転倒者の割合は10～25%で男性より女性に多く発生していることが報告されているが、転倒者の骨折に至る割合は6～12%である¹⁰⁾。令和3年高齢社会白書によると¹¹⁾、介護が必要になった原因と認定者数の割合について、全体の3番目の衰弱 (フレイル) に続いて骨折・転倒が4番目であり、男女別に見ると、男性は5番目、女性は2番目となっている (衰弱は男女ともに3番目)。骨折の中でも大腿骨近位部 (大腿骨頸部や転子部) 骨折は、骨粗鬆症とともに骨の修復が進みにくく、寝たきり生活になる大きな原因の一つとなっている¹⁰⁾。

サルコペニアの予防法として、栄養や食事、運動、薬物療法などに関する報告が多数みられるが、サルコペニア有病者に対する運動介入もその改善に有効であり、推奨されている⁵⁾。システムティックレビューによると¹²⁾、検証数が少ないことやサルコペニア診断基準に準じた検証が少ないなどの理由により、エビデンスレベルは低いとされているが、運動療法がサルコペニア改善に寄与するといった報告が複数みられている¹³⁻¹⁵⁾。また、運動習慣の有無や歩数などの活動量とサルコペニアとの関連性について有意な関係を示す報告がみられている¹²⁾。ここからは、サルコペニア有病者に対する運動介入例について、筋肉量、筋力、身体機能の項目を評価対象にした、また日本人を対象とした報告を取りあげて解説する。

サルコペニアの予防・改善のための運動プログラムについて

サルコペニアやディナペニアなどに対する筋力トレーニングの介入検証を行ったランダム化比較試験 (RCT : Randomized Controlled Trial) の報告の中から検証したシステムティックレビューでは、3つの論文が対象になっている¹³⁻¹⁵⁾。また、もう一つのサルコペニアとフレイルを対象とした運動介入のRCTの報告から検証したシステムティックレビューでは、25の論文について検証されている¹⁶⁾。いずれの検証からもKimらによる日本人を対象とした3つの論文が取り上げられており¹³⁻¹⁵⁾、サルコペニア有病者に対する運動療法が筋肉量、筋力、身体機能などに及ぼす影響について報告している。そこで、この検証で実際に行われた運動プログラムの内容と介入方法、結果などについて説明する。対象は75歳以上の女性高齢者として、栄養と運動、運動のみ、栄養のみ、コントロールの4つのグループにランダムに分けて検証しているが、ここでは運動のみに関する内容につい

て説明する。ここで行われた運動は、レジスタンストレーニング（以下、筋力トレーニングと表記する）を中心に、その他、バランスや歩行トレーニングなどの複数の体力要素の向上を狙いとした包括的な運動プログラム（Comprehensive Training Program）として作成されている¹³⁾。このプログラムについては、1回60分で行われる内容になっており、実施頻度は週2回、期間は3ヶ月に設定している。運動プログラムの内容は、5分程度のウォーミングアップ、30分程度の筋力トレーニング、20分程度のバランストレーニングや歩行トレーニング、5分程度のクーリングダウンで構成されている。特に筋肉量や筋力の増加を狙いとした筋力トレーニングを中心に構成され、転倒予防や移動（歩行）能力向上を狙いとしたバランストレーニングや歩行トレーニングが実施されている（表1を参照）。

各項目の具体的な内容について、筋力トレーニングについては、特に下肢を中心に行われており、その部位は大腿部（大腿四頭筋、ハムストリングス）、下腿部（下

腿三頭筋、前脛骨筋）、殿部（中殿筋）、腰部（腸腰筋）を狙いとして、それぞれの部位に対する代表的なトレーニングが選択されている。トレーニングの順番は、座位で行うものから立位で行うトレーニングに移行している。反復回数については、各種目8回を基本として、無理なく出来るようになったらアンクルウエイト（足首に重りをつけるもので、0.5～1.5kgのものを選択）や伸縮バンドを用いて負荷をかけることとしている。その他、スクワットなどの主要なトレーニングやアンクルウエイトなどを付けて行うトレーニング以外に自覚的運動強度（Borg Scale¹⁷⁾）を指標とし、12～14（ややきつい）程度を目安に行っている。効果的に筋肉量や筋力を増加させる為には、高齢者であっても一定以上の強度が必要とされており¹⁸⁾、ここではアンクルウエイトや伸縮バンドを用いて負荷をかけているところに他の介入方法とは異なる点がみられる。その他、このプログラムの実施にあたり、インストラクターやアシスタントトレーナーが直接指導に入り、対象者個々の達成度を確認しつつアン

表1 サルコペニア有病者を対象とした包括的運動プログラムの内容（文献13より一部改変）

1. ウォーミングアップ（5分）
ストレッチングなど
2. 筋力トレーニング（30分）
座位で行う下肢のトレーニング
ヒールレイズ（踵上げ）
トゥーレイズ（つま先上げ）
ニーリフト（膝上げ）
ニーエクステンション（膝のばし）
立位で行う下肢のトレーニング
ヒールレイズ
ニーリフト
ニーフレクション（膝曲げ）
ラテラルレッグレイズ（脚の横上げ）
スクワットなど
その他のトレーニング
アームカール（肘曲げ）
アームエクステンション（肘伸ばし）
※アンクルウエイト（0.5、0.75、1、1.5kg）や伸縮バンドを使用して実施
強度はボルグスケールで12～14（ややきつい）程度とする
3. バランストレーニング・歩行トレーニング（20分）
片脚立ち、タンデム立位、その他各種の歩行トレーニングなど
4. クーリングダウン（5分）
ストレッチングなど

筋力トレーニングを中心に構成され、その他、バランストレーニングや歩行トレーニングを行うプログラムになっている。

クルウエイトなどの強度を上げていることもトレーニング効果を得る有効な手段であると考えられる。バランストレーニングについては、片脚立ち、タンデム（継ぎ足）立位、タンデム歩行などが行われ、歩行トレーニングについては、歩行時の安定性の向上やストライドを伸ばすことを狙いとしたエクササイズが行われている。歩行トレーニングは、例えば立位でのつま先上げやかかと上げ、連続ステップ、方向転換をしながらの歩行などが行われ、また、歩行時の脚を前方に振り出す際につま先を挙げた状態を意識することや床を蹴る時に母趾球を意識して蹴ることなどの指導が行われている。

効果検証は、運動プログラム実施前後の四肢の骨格筋量、通常歩行速度、最大歩行速度、膝関節伸展筋力などであるが、結果は下肢の筋肉量と通常歩行スピードが有意に増加し（それぞれ $p=0.05$ 、 $p<0.01$ ）、プログラム実施群は非実施群に比べて通常歩行スピードが有意に増加した（ $p=0.01$ ）¹³⁾。また、先述したレビューの対象となった3つの検証結果からは¹²⁾、四肢の骨格筋量が0.38kgの増加、通常歩行速度と最大歩行速度はそれぞれ0.11m/秒、0.26m/秒の向上、膝伸展筋力は0.11Nm/kg および8.55Nmの増加を示している。

その他の日本人高齢者を対象としたサルコペニアに対する運動介入に関する報告について以下に解説する。自体重での筋力トレーニングがサルコペニアもしくはディナペニアに及ぼす効果について検証した内容について¹⁹⁾、ここでは自体重でのニーリフト、ヒップエクステンション、ラテラルレッグレイズ、ニーエクステンション、ヒールレイズ、体幹屈曲トレーニングなどを行い、これらの種目を各20回、3セット実施している。このプログラムは基本的に自宅で行うこととしており、時間は30分で出来る内容で、ウォーミングアップ5分、筋力トレーニング20分、クーリングダウン5分で構成されている。頻度は週2回、期間は12週間に設定している。このプログラムの特徴は、筋力トレーニングをゆっくりとしたスピードで行う点にあるが、先行報告から、高齢者に対するスロートレーニングが筋肉量を有意に増加させるなどの多数の報告がみられている²⁰⁾。その他、伸縮バンドも用いて負荷をかけながら行っている。もう一つの報告は²¹⁾、運動プログラムがサルコペニアもしくはプレサルコペニアに及ぼす効果について検証しており、ここでも自宅で筋力トレーニングを中心に行う内容になっている。トレーニングの内容は、ロコモティブシンドロームの予防・改善プログラムを基本としたものである²²⁾。バランス能力を高めるための片脚立ちを1分間、そして下肢の筋力向上を狙いとしたゆっくりとしたスピードでのスクワットを6回、ヒールレイズ20回をそれぞれ3

セット行い、その他、歩行トレーニングを1日に20～30分実施することを目標にして、6ヶ月間行うこととしている。以上の実施により、膝関節伸展筋力や伸展トルクの有意な増加、大腿四頭筋の筋肉量増加などの結果がみられている。

以上、高齢者のサルコペニア有病者を対象とした筋力トレーニングを中心とした運動プログラムが筋肉量、筋力、身体機能に及ぼす影響について説明したが、サルコペニアの予防と改善には、筋肉量と筋力の増加、移動（歩行）能力向上や転倒予防を狙いとして、筋力トレーニングが必須であること、加えてバランストレーニングや歩行トレーニングなどを行う包括的運動プログラムが現在推奨されているプログラムであるといえる。尚、上記の内容とほぼ同様な内容で構成された運動プログラムは、フレイルの予防・改善²³⁾や介護予防の為の運動プログラム²⁴⁾としても有用であることが報告されている。

高齢者に対する筋力トレーニングの運動処方ガイドライン

ここで、ACSM⁶⁾の運動処方に関するガイドラインから、高齢者および骨粗鬆症患者を対象とした筋力トレーニングの運動処方について表2に示す²⁵⁾。高齢者を対象とした筋力トレーニングについては、胸部、腰背部、腹部、大腿部、下腿部、殿部、肩部などの主要筋群に対するトレーニングを行うこととして、強度は1RM⁷⁾の60～80%、もしくは自覚的運動強度において、0～10のスケールで5～6（中強度）から7～8（高強度）とし、回数はそれぞれ8～12回、セット数は1～3セット行うことが推奨されている。トレーニング頻度は週2回以上として、トレーニング負荷は、マシンやフリーウエイトなどのトレーニングで段階的に強度を上げていくこととし、また、自体重でのトレーニングを行うこととしている。その他、階段の昇降や主要な筋群のストレッチングなどが推奨されている。

⁶⁾ ACSM: American College of Sports Medicine (アメリカスポーツ医学会)

⁷⁾ 1RM: One Repetition Maximum (1回最大筋力)

以上、高齢者を対象としたサルコペニアの予防・改善のための運動プログラムを例に、筋力トレーニングを主として構成されたプログラムの有効性とACSMの高齢者を対象とした筋力トレーニングの運動処方について解説した。

表2 ACSMによる高齢者を対象とした筋力トレーニングの運動処方（文献25より一部改変）

	高齢者	骨粗鬆症
Frequency (頻度)	週2日以上	週の連続しない1～2日から開始し、週2～3日まで増やすことも可
Intensity (強度)	初心者は低強度(例：1RMの40～50%)から開始し、徐々に中～高強度(1RMの60～80%)もしくは0～10のスケールで中強度(5～6)～高強度(7～8)まで進めてよい	ラスト2回を実施することが難しいと感じる抵抗負荷に調整する 耐性がある者では、高強度トレーニングも有益である
Time (時間)	主要筋群を含む8～10種類の運動：各8～12回の繰り返しを1～3セット	8～12回の繰り返し1セットから開始し、2週間程度で2セットまで増やす：セッションあたり8～10種類以内の運動とする
Type (種類)	進行性のウエイトトレーニングプログラムもしくは体重をかける自重トレーニング、階段昇降、主要筋群を使うその他のストレッチ	適切な説明を受け、安全性を配慮したうえで、標準的な器具を用いて行う

ACSM：American College of Sports Medicine（アメリカスポーツ医学会）

1RM：One Repetition Maximum（1回最大筋力）

まとめ

サルコペニアの予防・改善を目的とした筋力トレーニングの狙いと具体的なトレーニング方法については、加齢による筋肉量と筋力の低下がもっとも著しい下肢のトレーニングが最優先される。さらに、身体の中で最も筋肉量が多い筋肉であり、また、加齢による減少が最も大きい大腿四頭筋²⁶⁾をターゲットにしたトレーニングが優先される。大腿四頭筋は、主に膝関節伸展運動の作用を持ち、歩行や階段昇降、しゃがむ・立ち上がるなどの日常生活を送るために必要とされ、将来にわたり自立した生活を営むための必須となる筋肉である。また、大腿四頭筋の筋肉量や筋力の維持・向上は、膝OA⁸⁾などの膝関節障害予防にも寄与し、結果的にQOLの維持・向上に影響を及ぼす大切な筋肉とされる。トレーニング方法については、最も代表的な種目であるスクワット、その他、ニーエクステンション（座位での膝伸ばし運動など）が挙げられる。大腿部のその他のトレーニングでは、ニーフレクション（立位での膝曲げ運動など）が、下腿部については比較的大きな筋肉である下腿三頭筋を狙いとしたカーフレイズ（かかと上げ運動）、その他の下腿部のトレーニングであるトーレイズ（つま先上げ運動）が代表的なトレーニングである。転倒予防の観点からは、歩行、階段や坂道を昇る時、また、少しの段差などでつまづかないように、膝がきちんと上がる為の股関節屈曲運動の主な作用である腸腰筋を鍛えることが大切であり、ニーリフト（膝上げ）トレーニングなどが挙げられる。また、先ほど述べたトーレイズも、階段や少しの段差などでつまづかないように、つま先を挙げる筋肉である前脛骨筋を鍛えることが大切である。その他、立

位時や歩行時において、特に片脚での立脚時の姿勢保持のための骨盤や体幹の安定性に寄与する中殿筋の強化も大切であり、ラテラルレッグレイズ（立位での脚の横上げや側臥位での脚を上へ挙げる運動などの股関節外転トレーニング）が推奨される。これらの筋力トレーニングについて、基本的に強度は1RMの80%以上、回数は8～15回、セット数は1～3セット、頻度は週2～3回が推奨される（強度、回数、セット数については段階的に増加させる）²⁷⁾。以上が高齢者を対象とした推奨される筋力トレーニングの内容であるが、トレーニングの回数については、反復出来なくなるまで行うこと（Momentary Muscle Failure）が筋肉量と筋力向上の為のポイントの1つとされる²⁴⁾。本総説では、サルコペニアの予防や改善のための運動プログラムについて解説してきたが、サルコペニアと関連するフレイルやロコモティブシンドロームの予防・改善にも、上記の筋力トレーニングが基本的に推奨されることが多数報告されている^{28, 29)}。

⁸⁾ 膝OA：Knee Osteoarthritis（変形性膝関節症）

最後に

加齢などによる筋肉量や筋力低下が要因となり、さまざまな疾患や障害を引き起こすサルコペニアを取り上げて、その予防・改善のための推奨される運動プログラムについて解説した。冒頭で説明させていただいたとおり、今日および今後も続く総人口の減少と高齢者人口の割合の増加などから、諸々問題とされている医療保険や社会福祉などに対して、現在進められている健康日本21（第

二次)の具体的な目標の達成と将来に向けた大きな目標である健康寿命の延伸を達成することが大切である。サルコペニアのみならず、フレイルやロコモティブシンドロームも同様に、これらの予防・改善のために、運動の必要性、特に筋肉量と筋力の増加を目的とした筋力トレーニングの有用性を伝えていくことが大切であると考ええる。

参考文献

- 1) 内閣府：令和3年高齢社会白書。令和2年度高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況，2021。
- 2) 厚生労働省：健康日本21（第二次）。国民の健康の増進の総合的な推進を図るための基本的な方針。 https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_01.pdf, (参照：2021年9月10日)
- 3) 谷本芳美, 渡辺美鈴, 河野令, 広田千賀, 高崎恭輔, 河野公一：日本人筋肉量の加齢による特徴。日本老年医学会雑誌 47 (1)：52-57, 2010。
- 4) Yoshimura N, Muraki S, Iidaka T, Oka H, Horii C, Kawaguchi H, Akune T, Nakamura K, Tanaka S: Prevalence and co-existence of locomotive syndrome, sarcopenia, and frailty: the third survey of Research on Osteoarthritis/Osteoporosis Against Disability (ROAD) study. *J Bone Miner Metab* 37 (6): 1058-1066, 2019.
- 5) サルコペニア診療ガイドライン作成委員会：サルコペニア診療ガイドライン（一部改訂）。第1版，ライフサイエンス出版，東京，2020。
- 6) Chen LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, Chou MY, Iijima K, Jang HC, Kang L, Kim M, Kim S, Kojima T, Kuzuya M, Lee JSW, Lee SY, Lee WJ, Lee Y, Liang CK, Lim JY, Lim WS, Peng LN, Sugimoto K, Tanaka T, Won CW, Yamada M, Zhang T, Akishita M, Arai H: Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *J Am Med Dir Assoc* 21 (3): 300-307, 2020.
- 7) 下方浩史, 安藤富士子：フレイル・サルコペニアの長期縦断疫学研究。体力科学 66 (2): 133-142, 2017。
- 8) Shimokata H, Ando F, Yuki A, Otsuka R: Age-related changes in skeletal muscle mass among community-dwelling Japanese: a 12-year longitudinal study. *Geriatr Gerontol Int* 14(Suppl 1): 85-92, 2014。
- 9) 山田実：高齢者のサルコペニアと転倒。日本転倒予防学会誌 1：5-9, 2014。
- 10) 荻野浩：転倒の疫学と予防のエビデンス。 *Jpn J Rehabil Med* 55: 898-904, 2018。
- 11) 内閣府：令和3年高齢社会白書。令和2年度高齢化の状況及び高齢社会対策の実施状況。高齢期の暮らしの動向, 16-55, 2021。
- 12) Yoshimura Y, Wakabayashi H, Yamada M, Kim H, Harada A, Arai H: Interventions for treating sarcopenia: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies. *J Am Med Dir Assoc* 18 (6): 553.e1-553.e16. doi: 10.1016/j.jamda.2017.03.019, 2017。
- 13) Kim HK, Suzuki T, Saito K, Yoshida H, Kobayashi H, Kato H, Katayama M: Effects of exercise and amino acid supplementation on body composition and physical function in community-dwelling elderly Japanese sarcopenic women: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 60 (1): 16-23, 2012。
- 14) Kim H, Suzuki T, Saito K, Yoshida H, Kojima N, Kim M, Sudo M, Yamashiro Y, Tokimitsu I: Effects of exercise and tea catechins on muscle mass, strength and walking ability in community-dwelling elderly Japanese sarcopenic women: a randomized controlled trial. *Geriatr Gerontol Int* 13 (2): 458-465, 2013。
- 15) Kim H, Kim M, Kojima N, Fujino K, Hosoi E, Kobayashi H, Somekawa S, Niki Y, Yamashiro Y, Yoshida H: Exercise and nutritional supplementation on community-dwelling elderly Japanese women with sarcopenic obesity: a randomized controlled trial. *J Am Med Dir Assoc* 17 (11): 1011-1019, 2016。
- 16) Talar K, Hernández-Belmonte A, Vetrovsky T, Steffl M, Kałamacka E, Courel-Ibáñez J: Benefits of resistance training in early and late stages of frailty and sarcopenia: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies. *J Clin Med* 10 (8): 1630. doi: 10.3390/jcm10081630, 2021。
- 17) Borg GA: Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 14 (5): 377-381, 1982。
- 18) Nilwik R, Snijders T, Leenders M, Groen BBL, Kranenburg JV, Verdijk LB, Loon LJC: The decline in skeletal muscle mass with aging is

- mainly attributed to a reduction in type II muscle fiber size. *Exp Gerontol* 48 (5): 492-498, 2013.
- 19) Yamada M, Kimura Y, Ishiyama D, Nishio N, Otake Y, Tanaka T, Ohji S, Koyama S, Sato A, Suzuki M, Ogawa H, Ichikawa T, Ito D, Arai H: Synergistic effect of bodyweight resistance exercise and protein supplementation on skeletal muscle in sarcopenic or dynapenic older adults. *Geriatr Gerontol Int* 19 (5): 429-437, 2019.
 - 20) Watanabe Y, Madarame H, Ogasawara R, Nakazato K, Ishii N: Effect of very low-intensity resistance training with slow movement on muscle size and strength in healthy older adults. *Clin Physiol Funct Imaging* 34 (6): 463-470, 2014.
 - 21) Maruya K, Asakawa Y, Ishibashi H, Fujita H, Arai T, Yamaguchi H: Effect of a simple and adherent home exercise program on the physical function of community dwelling adults sixty years of age and older with pre-sarcopenia or sarcopenia. *J Phys Ther Sci* 28 (11): 3183-3188, 2016.
 - 22) 日本整形外科学会：ロコモ ONLINE. ロコモ対策を広めませんか？ロコモパンフレット. https://locomo-joa.jp/assets/pdf/index_japanese.pdf, (参照：2021年9月11日)
 - 23) 荒井秀典（編集主幹）：フレイル診療ガイド2018年度版. 第1版, ライフサイエンス出版, 東京, 2019.
 - 24) 荒井秀典：介護予防ガイド. 介護予防の取り組みによる社会保障費抑制効果の検証および科学的根拠と経験を融合させた介護予防ガイドの作成. 国立研究開発法人国立長寿医療研究センター, 90-116, 2019.
 - 25) 田畑尚吾, 真鍋知宏：マシーン筋力トレーニングのメタボとロコモに対する効果. *臨床スポーツ医学* 38 (1): 52-57, 2021.
 - 26) Maden-Wilkinson TM, McPhee JS, Rittweger J, Jones DA, Degens H: Thigh muscle volume in relation to age, sex and femur volume. *Age (Dordr)* 36 (1): 383-393, 2014.
 - 27) Law TD, Clark LA, Clark BC: Resistance exercise to prevent and manage sarcopenia and dynapenia. *Annu Rev Gerontol Geriatr* 36 (1): 205-228, 2016.
 - 28) Lopez P, Pinto RS, Radaelli R, Rech A, Grazioli R, Izquierdo M, Cadore EL: Benefits of resistance training in physically frail elderly: a systematic review. *Aging Clin Exp Res* 30 (8): 889-899, 2018.
 - 29) Ishibashi H: Locomotive syndrome in Japan. *Osteoporosis and Sarcopenia* 4 (3): 86-94, 2018.

(受理日 2021年10月21日)