

# 高齢者のサルコペニア、フレイルに及ぼすレジスタンス・トレーニングの効果

：文献レビュー

Effects of resistance training for frailty and sarcopenia in older adults

：Review

青木 邦男

(山口県立大学 名誉教授)

キーワード：高齢者、サルコペニア、フレイル、レジスタンス・トレーニング

Key-word : Older Adult, Sarcopenia, Frailty, Resistance Training

年報 35 号

---

発行 令和6(2024)年3月  
発行人 穎原 健(理事長)  
編集責任者 瓜生 達哉(事務局長)  
発行所 一般財団法人 山口老年総合研究所  
〒751-0833 下関市武久町二丁目53番8号 武久病院内  
TEL: 083-252-2124 (代表)  
URL: <http://www.tip.ne.jp/rounenkenkyu/>  
印刷所 泉菊印刷株式会社  
〒752-0927 下関市長府扇町8番48号  
TEL: 083-248-3553 (代表)

---

年報 35 (抄録)

2024年3月 発行

一般財団法人 山口老年総合研究所

本論文および年報35掲載の論文は、本研究所ホームページ  
<http://www.tip.ne.jp/rounenkenkyu/nenpou/>からPDF媒体によるダウンロードが可能です。

# 高齢者のサルコペニア、フレイルに及ぼすレジスタンス・トレーニングの効果

: 文献レビュー

Effects of resistance training for frailty and sarcopenia in older adults

: Review

青木 邦男

(山口県立大学 名誉教授)

**キーワード** : 高齢者、サルコペニア、フレイル、レジスタンス・トレーニング

**Key-word** : Older Adult, Sarcopenia, Frailty, Resistance Training

## Abstract

Sarcopenia and frailty are age-related syndromes with negative effects on the quality of life of older people and on public health costs. Resistance training is considered to be one of the most important prevention and treatment for sarcopenia and frailty. The aim of this review was to systematically reveal available evidence on effects of resistance training for sarcopenia and frailty in older adults. In order to review studies, studies by RCT, systematic review and meta-analysis were selected by searching the electronic database PubMed, Google Scholar, Medline and Cinii.

The main results of reviewing the studies are as follows :

1) Resistance training is an effective treatment to improve body fat mass, muscle mass, muscle strength, muscle performance and physical performance in older adults with sarcopenia.

2) Resistance training promoted significant enhancement on muscle strength, muscle power, functional performance and postural stability.

3) According to the evidence-based recommendations for resistance training for older adults by NSCA. Properly designed resistance training program for older adults should include an individualized and periodized approach working toward 2-3 sets of 1-2 multijoint exercises per major muscle group, achieving intensities of 70-85% of 1 repetition maximum, 2-3 times per week. And resistance training programs that are performed 3 times a week, with 3 sets of 8-12 repetitions and an intensity starting at 20-30% of 1RM and progressing to 80% of 1RM, result in the positive effects on frail older. In addition, resistance training program for older adults should follow the principles of individualization, periodization and progression.

Based on these review's results, resistance training should be considered as a highly effective preventive strategy to delay and attenuate the negative effects of sarcopenia and frailty in older adults. And, resistance training is an effective treatment to improve muscle mass, muscle strength,

functional performance and physical performance in older adults with sarcopenia and frailty.

## 1. はじめに

我が国の高齢化の現状を概括してみると、令和4年10月1日現在、65歳以上人口は3,624万人（男性1,573万人、女性2,051万人）となり、総人口（1億2,495万人）に占める割合（高齢化率）は29.0%となっている。現状の総人口減少、少子高齢化の中では、65歳以上の高齢者の増大に伴い、高齢化率は令和19年に33.3%となり、国民の3人に1人が65歳以上の者となると推定されている。また、厚生労働省が公表して簡易生命表によると（2023年7月28日）、2022年の平均寿命は男性で81.25年、女性で87.09年で、かつ女性75歳の平均余命は15.67年、男性75歳の平均余命は12.04年であり、まさに長寿の状況にある<sup>1、2)</sup>。

こうした長寿・高齢化の影響は年金、医療、介護、福祉等の社会保障費の増大や医療的ケア・介護・福祉の早急な充足・充実等の諸課題を現出させ、これら諸課題に対して具体的で効率的な解決策と道筋を施策することが喫緊の課題となっている。例えば、国民医療費を見てみると、令和2年度の国民医療費は42兆9,665億円で、65歳以上の高齢者が26兆4,315億円（61.5%）を占め、人口一人当の国民医療費では65歳未満が18万3,500円、65歳以上は73万3,700円で、高齢者の国民医療費は極めて大きい。また、2021年の要支援・要介護認定者数は690万で、65歳以上の高齢者に占める認定者数の割合は18.9%であり、今後さらに増える見通しである（厚生労働省、2023年8月30日）。

こうした諸課題に対する主要な解決策の一つとして、高齢者の健康寿命を延伸することが希求されている。健康寿命とは「健康上の問題で日常生活が制限されなく生活できる期間」のことをいい、2019年の健康寿命は男性で72.68歳、女性で75.38歳であり、当年の平均寿命との差は男子で8.73年、女性で12.06年で、この年数は日常生活に制限のある「不健康な期間」を意味している。この不健康な期間は2010年から男女とも、徐々に縮小傾向にあるものの、健康寿命と平均寿命の差（不健康な期間）は2001年から、それぞれ約9年と約12年の差がある。国民一人ひとりが健やかで心豊かに生活の質の高い生活を享受し、また社会保障制度を持続可能なものとするためには、平均寿命を上回る健康寿命の延伸を実現することが求められる<sup>3-5)</sup>。

健康寿命を延伸する有力な手段として、運動・スポーツ等の身体活動を習慣化することが標榜されている。身体活動の習慣的な実施により、成人では、総死亡率や循環器疾患による死亡率の低下、高血圧や部位別のがん、2型糖尿病の発症の予防、メンタルヘルス（不安やうつ症状の軽減）や認知的健康、睡眠の向上、および肥満の指標の改善といった様々な健康効果が得られる。高齢者では、これら健康効果に加えて、転倒や転倒に関連した傷害の予防に役立ち、骨の健康と機能的能力の低下を防ぐことができることが明らかにされている<sup>6、7)</sup>。

ところで、要支援・要介護を必要となる身体状況として、高齢者のサルコペニアやフレイルによる身体機能（筋力や活動）の低下がある。サルコペニアとは、加齢による筋肉量の減少および筋力の低下のことを指し、サルコペニアになると、歩く、立ち上がるなどの日常生活の基本的な動作に影響が生じ、介護が必要になったり、転倒しやすくなったりする。また、各種疾患の重症化や生存期間にも

サルコペニアが影響するとされる。一方、フレイルとは、「加齢により心身が老い衰えた状態」のことを意味する。フレイルの状態になると、死亡率の上昇や身体能力の低下、何らかの病気にかかりやすくなったり、入院するなど、心身機能の低下と生活機能の低下、心身の脆弱性が加速されたりする危険性が高いことが知られている。また、高齢者では特にフレイルが発症しやすいことがわかっており、多く的高齢者はフレイルを経て要介護状態へ進むと考えられている。フレイルは完全に介護が必要な状態ではなく、適切な生活改善や治療などを行っていくことで、生活機能が以前の状態に改善する可能性があることが示されている。つまり、フレイルとは、健康な状態と介護が必要な状態との中間地点にある状態のことである。こうしたサルコペニアやフレイルに対して、ダンベル、トレーニング用のゴムチューブ、専用のマシン、自重などを使って、筋肉に一定の負荷をかけて筋力を鍛える“レジスタンス・トレーニング”が予防・改善効果があると期待される<sup>8, 9)</sup>。

そこで、高齢者のサルコペニアやフレイルに対するレジスタンス・トレーニングの予防・改善効果について、最近の調査研究論文の内、システマティック・レビューやメタ・アナリシスによる論文を中心にレビューして要約し報告する。

## 2. 方法

調査研究論文において、エビデンスが高いと評価されるシステマティック・レビューやメタ・アナリシス（以下、メタ分析）による論文を選出することとして、レジスタンス・トレーニングと高齢者のサルコペニアとフレイルに関する先行調査研究論文を検索した。検索キーワードを“Resistance Training（レジスタンス・トレーニング）”、“Strength Training（筋力トレーニング）”、“Power Training（パワートレーニング）”と“Older Adults（高齢者）”、“Elderly（年配者）”と“Frailty（フレイルティ）”、“Sarcopenia（サルコペニア）”と“Systematic Review（システマティック・レビュー）”、“Meta-Analysis（メタ分析）”として、文献検索システムであるPubMed、Google Scholar、Medline、Ciniiで検索した。検索した論文から主に過去10年間の間に発表された論文を中心にレビューして要約した。

## 3. 高齢者のサルコペニアの改善に及ぼすレジスタンス・トレーニングの効果

中高齢期におけるレジスタンス・トレーニングの習慣的な実施は心肺機能や筋力・筋持久力の保持増進、生活習慣病の予防・改善、抑うつや認知機能の改善、骨量や骨密度の維持・増大、血圧や動脈硬化の改善など、運動・生活機能や健康・体力の維持・増進に極めて重要であることは周知の事実である<sup>7, 10, 11)</sup>。また、筋肉量や筋力の低下や萎縮によるサルコペニアやフレイルの予防・改善に対して、レジスタンス・トレーニングが有効であることが明らかにされているが、その効果はどの程度であろうか。高齢者のサルコペニアの予防・改善に及ぼすレジスタンス・トレーニングの効果については、多くの調査研究論文のシステマティック・レビューとメタ分析でその有益性が報告されている。先行調査研究をレビューし要約した論文の一端を表1 a, b. に示す。

表 1 a. 高齢者のサルコペニアに及ぼすレジスタンス・トレーニングの効果に関する論文概要 (その 1)

著者 (報告年)	研究デザイン/レビュー —論文の内容	調査対象者等	主な結果の概要
Beckwée, D, et al. (2019) <sup>1(2)</sup>	14 シンテラテイク ク・レビュー ・レビュー ク・レビュー	サルコペニア罹患高齢者群 と統制群	運動様式をレジスタンス・トレーニング、栄養サブリ補給のレジスタンス・トレーニング、複合的な運動と血流制限トレーニングの4つに分けて、サルコペニアへの影響をレビューしている。 その結果、レジスタンス・トレーニングは筋量、筋力、身体能力に有意なプラス効果を示していた。低強度のレジスタンス・トレーニング ( $\leq 50\%$ IRM) は筋力の増強を引き出すのに十分であるが、高強度のレジスタンス・トレーニングプログラム (すなわち、 $80\%$ IRM) が最大の筋力増大を得るために推奨される。
Nan Chen, et al. (2021) <sup>1(3)</sup>	2010 年 1 月～ 2020 年 10 月までの論文検 索から 14RCT 論文の シンテラテイク・ レビューとメタ分析	サルコペニア罹患高齢者 561 人 (65.8 歳～ 82.8 歳) と統制群	レジスタンス・トレーニング介入群は統制群と比較して、体脂肪量 (SMD=-0.53)、握力 (SMD=0.81)、膝の伸展力 (SMD=1.26)、歩行スピード (SMD=1.28)、TUG テスト (SMD=-0.93) にポジティブな効果を示していた。しかし、レジスタンス・トレーニングは体脂肪格筋量 (SMD=0.25)、骨格筋量 (SMD=0.27)、足の徐脂肪量 (SMD=0.12) には有意な効果を及ぼしていなかった。サルコペニア罹患高齢者は年齢、体重、診断基準、性が様々であり、実施されているレジスタンス・トレーニングの介入期間、頻度、様式、強度も多様である。そのため、筋量、握力、膝の伸展筋力や筋パワースの増大も多様な結果となっている。 結論として、レジスタンス・トレーニングはサルコペニア罹患高齢者の体脂肪、筋力、筋量や筋パワースの改善に有効な治療法であると論じている。
Linqian Lu, et al. (2021) <sup>1(4)</sup>	2010 年 1 月～ 2021 年 3 月までの論文検 索から 26 論文 (25R CT 論文と 1 非 RCT 論文) のシンテラテ イク・レビューと メタ分析	サルコペニア罹患高齢者 1,191 人 (平均年齢 60.6 2.3 歳～ 89.5 ± 4.4 歳) と統 制群	レジスタンス・トレーニング介入群は統制群と比較して、膝伸展力 (SMD=1.36)、歩行スピード (SMD=2.01)、TUG テスト (SMD=-0.66) の有意な改善を示していた。しかし、椅子立ち上がりテストでは有意な改善は見られなかった。 したがって、サルコペニア罹患高齢者では、膝伸展力、歩行スピード、TUG テストはレジスタンス・トレーニングによって改善されよう。
Haotian Zhao, et al. (2022) <sup>1(5)</sup>	2022 年 8 月までの論 文検索から 13RCT 論 文のシンテラテイク ・レビューとメタ分 析	サルコペニア罹患高齢者群 と統制群	レジスタンス・トレーニングは握力、歩行速度、骨格筋指標を有意に改善する。コムバントを用いたレジスタンス・トレーニング (週 3 回以上、40-60 分/回、少なくとも 12 週間) は最も効果的なトレーニング方法であった (Hedges's $g=0.629$ )。 レジスタンス・トレーニングはサルコペニア罹患高齢者の筋力と筋の特性を有意に改善しうる。また、コムバント利用の中強度のレジスタンス・トレーニングがサルコペニア罹患高齢者には最良のトレーニング処方である。

(注) RM : Repetition Maximum (最大反復回数)、RCT : Randomized Controlled Trial (ランダム化比較試験)、SMD : Standardized mean difference (標準化平均差)、Hedges's  $g$  : ヘッジの  $g$  (群間差についての効果量)

表 1 b. 高齢者のサルコペニアに及ぼすレジスタンス・トレーニングの効果に関する論文概要 (その2)

著者 (報告年)	研究デザイン/レビュー —論文の内容	調査対象者等	主な結果の概要
Yanjiào Shen, et al. (2023) <sup>1(6)</sup>	2022年1月までの論文検索から42RCT論文のシステマティック・レビューとメタ分析	サルコペニア罹患高齢者 3,728人 (年齢の中央値 72.9歳) と統制群	エビデンスの確からしさの評価に基づき、高・中レベルの確かさのエビデンスで、レジスタンス・トレーニングとエアロビクスと組み合わせたレジスタンス・トレーニングおよびバランス介入方法は通常のケアと比べて、生活の質を改善する最も効果的な介入方法であった (SMD=0.68 – 1.11)。中程度の確かなエビデンスとして、栄養+レジスタンス・トレーニングやバランス・トレーニングは握力改善に最も効果的であった (MD=4.19Kg)。また、レジスタンス・トレーニングとバランス・トレーニングは歩行速度改善 (MD=0.16 m/s) や TUG 改善 (MID=2.1s) に最も効果的であった。加えて、レジスタンス・トレーニングとエアロビクス、レジスタンス・トレーニングとバランス・トレーニング、栄養+レジスタンス・トレーニングとエアロビクスはいずれも、椅子立ちあがりテストで測定されるような身体機能改善に中程度に効果的であった (MD=1.72 – 2.28s)。
Luis Fernando Ferreira, et al. (2023) <sup>1(7)</sup>	494 システマティック・レビュー論文から、5 論文のシステマティック・レビューとメタ分析	サルコペニア罹患高齢者 3,877人 (平均年齢 74.02 ± 6.1歳)、平均介入期間 17.38週 (週あたり、平均 2.56回) と統制群	骨格筋量と筋力はレジスタンス・トレーニングで改善した。レジスタンスの負荷量や強度は筋肉量や筋力を増大させる処方でも実施されている。重度のサルコペニア罹患者には1種類以上のトレーニングがベストと思われる。サルコペニア罹患高齢者にはあらゆるトレーニングに参加することが有益であるが、レジスタンス・トレーニングは筋力と筋肉量の増大に、複合的な運動は身体能力の改善に効果的である。

注) RCT : Randomized Controlled Trial (ランダム化比較試験)、SMD : Standardized mean difference (標準化平均差)、MD : Mean difference (平均差)  
MID : Minimally Important Difference (臨床における最小重要差)

Beckwee, D. ら (2019)<sup>12)</sup> は、14のシステマティック・レビューやメタ分析の論文をシステマティック・レビューして、サルコペニアの予防や治療に対する運動の介入について分析している。運動様式をレジスタンス・トレーニング、栄養サプリ補給のレジスタンス・トレーニング、複合的な運動と血流制限トレーニングの4つに分けて、サルコペニア予防・改善効果を分析した結果、レジスタンス・トレーニングは筋量、筋力、身体能力に有意なプラス効果を示していた。低強度のレジスタンス・トレーニング ( $\leq 50\%$  1 RM (Repetition Maximum: 最大反復回数)) は筋力の増強を引き出すのに十分であるが、高強度のレジスタンス・トレーニングプログラム (すなわち、80% 1 RM) が最大の筋力増大を得るために推奨されると結論づけている。

Nan Chen ら (2021)<sup>13)</sup> は、2010年1月～2020年10月までの論文検索から14RCT (Randomized Controlled Trial: ランダム化比較試験) 論文を精選して、システマティック・レビューとメタ分析をしている。調査対象者はサルコペニア罹患高齢者561人 (65.8歳～82.8歳) と統制群である。レジスタンス・トレーニング介入群は統制群と比較して、体脂肪量 (SMD (Standardized mean difference (標準化平均差)) = -0.53)、握力 (SMD=0.81)、膝の伸展力 (SMD=1.26)、歩行スピード (SMD=1.28)、TUGテスト (SMD = -0.93) のポジティブな効果を示していた。しかし、レジスタンス・トレーニングは体肢骨格筋量 (SMD=0.25)、骨格筋量 (SMD=0.27)、足の徐脂肪量 (SMD=0.12) には有意な効果を及ぼしていなかった。サルコペニア罹患高齢者は年齢、体重、診断基準、性別が様々であり、実施されているレジスタンス・トレーニングの介入期間、頻度、様式、強度も多様である。そのため、筋量、握力、膝の伸展筋力や筋パフォーマンスの増大幅も多様な結果となっている。結論として、レジスタンス・トレーニングはサルコペニア罹患高齢者の体脂肪、筋力、筋量や筋パフォーマンスの改善に有効な治療法であると言及している。

Linqian Lu ら (2021)<sup>14)</sup> は、サルコペニア罹患高齢者の筋力や身体能力に及ぼす運動トレーニングの影響について、2010年1月～2021年3月までの論文検索から26論文 (25RCT論文と1非RCT論文) を精選して、システマティック・レビューとメタ分析をしている。分析された調査対象者はサルコペニア罹患高齢者1,191人 (平均年齢 $60.6 \pm 2.3$ 歳～ $89.5 \pm 4.4$ 歳) と統制群である。レジスタンス・トレーニング介入群は統制群と比較して、膝伸展力 (SMD=1.36)、歩行スピード (SMD=2.01)、TUGテスト (SMD = -0.66) の有意な改善を示していた。しかし、椅子立ち上がりテストでは有意な改善は見られなかった。したがって、サルコペニア罹患高齢者では、膝伸展力、歩行スピード、TUGテストはレジスタンス・トレーニングによって改善されると結論づけている。

Haotian Zhao ら (2022)<sup>15)</sup> は、サルコペニア罹患高齢者のリハビリテーションに及ぼすレジスタンス・トレーニングの効果について、2022年8月までの論文検索から13RCT論文を精選して、システマティック・レビューとメタ分析を行っている。レジスタンス・トレーニングは握力、歩行速度、骨格筋指標を有意に改善していた。ゴムバンドを用いたレジスタンス・トレーニング (週3回以上、40-60分/1回、少なくとも12週間実施) は最も効果的なトレーニング方法であった (Hedges's  $g$  (群間差についての効果量)=0.629)。レジスタンス・トレーニングはサルコペニア罹患高齢者の筋力と筋の特性を有意に改善しうる。また、ゴムバンド利用の中強度のレジスタンス・トレーニングがサルコペ



ニア罹患高齢者には最良のトレーニング処方であろうと論じている。

Yanjiao Shen ら (2023)<sup>16)</sup> は、サルコペニア罹患高齢者に及ぼす運動の効果について、2022年1月までの論文検索から42RCT論文を精選して、システマティック・レビューとメタ分析を行っている。分析された調査対象者はサルコペニア罹患高齢者3,728人（年齢の中央値72.9歳）と統制群で、エビデンスの確からしさを評価して結論を引き出している。

エビデンスの確からしさの評価のもとで、高・中レベルの確かさのエビデンスで、レジスタンス・トレーニングとエアロビクスと組み合わせたレジスタンス・トレーニングおよびバランストレーニングの介入実施は通常の介護・ケアと比べて、生活の質を改善する最も効果的な介入方法であった（SMD=0.68-1.11）。中程度の確かなエビデンスとして、栄養+レジスタンス・トレーニングやバランストレーニングは握力改善に最も効果的であった（MD (Mean difference: 平均差)=4.19Kg)。また、レジスタンス・トレーニングとバランストレーニングは歩行速度改善（MD=0.16m/s）やTUG改善（MID (Minimally Important Difference: 臨床における最小重要差)=2.1s）に最も効果的であった。加えて、レジスタンス・トレーニングとエアロビクス、レジスタンス・トレーニングとバランストレーニング、栄養+レジスタンス・トレーニングとエアロビクスはいずれも、椅子たちテストで測定されるような身体機能改善に中程度に効果的であった（MD=1.72-2.28s）。したがって、サルコペニア罹患高齢者にとって、レジスタンス・トレーニング、エアロビクスとレジスタンス・トレーニングの組み合わせ、バランストレーニングは生活の質を改善する最も効果的な介入方法である結論づけられ。

Luis Fernando Ferreira ら (2023)<sup>17)</sup> は、494システマティック・レビュー論文から、5論文を精選して、システマティック・レビューとメタ分析を行っている。分析された調査対象者はサルコペニア罹患高齢者3,877人（平均年齢74.02±6.1歳）、平均介入期間17.38週（週あたり、平均2.56回実施）と統制群である。

レジスタンス・トレーニングは骨格筋量と筋力を改善した。レジスタンスの負荷量や強度は筋量や筋力を増大させる処方で行われている。結論として、サルコペニア罹患高齢者にはあらゆるトレーニングに参加することが有益であり、レジスタンス・トレーニングは筋力と筋量の増大に、複合的な運動は身体能力の改善に効果的であると言及している。

以上の研究論文も含め、多くのRCT論文およびシステマティックレビューとメタ分析の結果を要約すれば<sup>12-18, 19, 20)</sup>、レジスタンス・トレーニングはサルコペニア罹患高齢者の筋力・筋量の増大、身体機能の改善、そして生活の質の向上に有益であると言えよう。

#### 4. 高齢者のフレイルの改善に及ぼすレジスタンス・トレーニングの効果

フレイルは、厚生労働省研究班の報告書では「加齢とともに心身の活力（運動機能や認知機能等）が低下し、複数の慢性疾患の併存などの影響もあり、生活機能が障害され、心身の脆弱性が出現した状態であるが、一方で適切な介入・支援により、生活機能の維持向上が可能な状態像」とされており、健康な状態と日常生活でサポートが必要な介護状態の間を意味している<sup>9, 21)</sup>。フレイルの状態に

なると、日常生活機能障害、施設入所、転倒、入院をはじめとする健康障害を伴いやすく、死亡率の上昇や身体能力の低下が起きる。加齢に伴う身体機能の衰えは不可避的なものではあるが、適切な介入がなされれば、健常な状態に戻る可逆性を有するために、要介護に至ることが予防できる。したがって、フレイルの予防や改善のために様々な介入が実施され、かつ模索されているが、レジスタンス・トレーニングは有効な介入手法として注目を浴びている。そこで、高齢者のフレイルの予防・改善に及ぼすレジスタンス・トレーニングの効果について、多くの先行調査研究をレビューし要約する。レビューした論文の一端を表2.に示す。

Pedro Topez ら (2018)<sup>22)</sup> は、フレイルの予防や治療に及ぼすレジスタンス・トレーニングの効果进行を明らかにするために、2005年～2017年までの論文検索から16論文を精選して、システマティック・レビューを行っている。レジスタンス・トレーニングをフレイル罹患高齢者に実施して、統制群と比較した結果、レジスタンス・トレーニング単独あるいは複合的なトレーニング実施は最大筋力で6.6-37.0%、筋量で3.4-7.5%、筋パワーで8.2%、身体機能と転倒で4.7-58.1%の改善を引き出していた。ただ、改善を見いだしていない研究論文もあった。結論として、週あたり1-6回の活動頻度、強度は30-70% 1RMで6-15回の反復回数、1-3セットの負荷量が筋力、筋パワー、身体機能に対して有意な改善を促している。専門的に管理処方されたレジスタンス・トレーニングはフレイル治療法として効果的な介入方法であると論じている。

Karolina Talar ら (2021)<sup>23)</sup> は、フレイルとサルコペニアの初期と後期段階に及ぼすレジスタンス・トレーニング実施の効果について、2020年12月までの論文検索から25RCT論文を精選して、システマティック・レビューとメタ分析を行っている。調査対象者はフレイル罹患高齢者とサルコペニア罹患高齢者2,267人(65歳以上)と統制群の分析である。レジスタンス・トレーニング介入群は統制群と比較して、握力(ES (Effect Size: 効果量)=0.51)、下肢筋力(ES=0.93)、敏捷性(ES=0.78)、歩行スピード(ES=0.75)、姿勢の安定性(ES=0.68)、身体機能能力(SE=0.76)そして筋量(SE=0.29)の有意な改善を示していた。とりわけ、サルコペニアやフレイル初期段階でのレジスタンス・トレーニング介入はすべての項目にポジティブな効果を示しており、特に歩行速度(ES=0.63)と筋力(ES=0.53)を改善していた。したがって、レジスタンス・トレーニングはサルコペニアやフレイル罹患の初期や後期段階の病態において、疾患の悪化や随伴障害の発生を防ぐことも含めて、極めて効果的な改善・予防策であると結論づけている。

Ita Daryanti Saragih ら (2022)<sup>24)</sup> は、フレイルに及ぼすゴムバンドによるレジスタンス・トレーニングの効果について、2006年～2020年までの論文検索から15RCT論文を精選して、システマティック・レビューとメタ分析を行っている。24週間のゴムバンドによるレジスタンス・トレーニング介入群は統制群と比較して、フレイルを改善(SMD=-0.29)、12週間と24週間介入後では抑うつを改善(SMD=-0.19、-0.30)していた。しかし、12週間のゴムバンドによるレジスタンス・トレーニングではフレイルに対して有意な効果は見い出せていなかった。すなわち、握力、脚力、日常生活の活動力や生活の質を有意に改善していなかった。ゴムバンドによるレジスタンス・トレーニングは地域やケア施設のフレイル罹患高齢者にとって、実行可能な方策であると考えられる。そのため

表2. 高齢者のフレイルに及ぼすレジスタンス・トレーニングの効果に関する論文概要

著者 (報告年)	研究デザイン/レビュー —論文の内容	調査対象者等	主な結果の概要
Pedro Topetz, et al. (2018) <sup>2(2)</sup>	2005年～2017年までの論文検索から16論文のシステマティック・レビュー	フレイル罹患高齢者群と統制群	レジスタンス・トレーニング単独あるいは複合的なトレーニングは最大筋力で6.6～37.0%、筋量で3.4～7.5%、筋パワーで8.2%、身体機能と転倒で4.7～58.1%の改善を引き出していた。ただ、改善を見い出していない研究論文もあった。 結論として、週あたり1～6回の活動頻度、強度は30～70%IRMで6～15回の反復回数、1～3セットの負荷量が筋力、筋パワー、身体機能に対して有意な改善を促す。専門的に管理統制されたレジスタンス・トレーニングはフレイル治療法として効果的な介入方法と言える。
Karolina Talar, et al. (2021) <sup>2(3)</sup>	2020年12月までの論文検索から25RCT論文のシステマティック・レビューとメタ分析	フレイル罹患高齢者とサルコペニア罹患高齢者 2,267人と(65歳以上) 統制群	レジスタンス・トレーニング介入群は統制群と比較して、握力 (ES=0.51)、下肢筋力 (ES=0.93)、敏捷性 (ES=0.78)、歩行スピード (ES=0.75)、姿勢の安定性 (ES=0.68)、身体機能能力 (SE=0.76) を示して筋量 (SE=0.29) の有意な改善を示していた。とりわけ、サルコペニアやフレイル初期段階でのレジスタンス・トレーニング介入はすべての項目にポジティブな効果を示しており、とりわけ歩行速度 (ES=0.63) と筋力 (ES=0.53) を改善していた。したがって、レジスタンス・トレーニングはサルコペニアやフレイル罹患の初期や後期段階で、疾患の悪化防止や随伴障害の発生を防ぐことも含めて、極めて効果的な予防・改善策であると言える。
Ita Daryanti Saragih, et al. (2022) <sup>2(4)</sup>	2006年～2020年までの論文検索から15RCT論文のシステマティック・レビューとメタ分析	フレイル罹患高齢者群と統制群	24週間のコムバンドによるレジスタンス・トレーニング介入群は統制群と比較して、フレイル (SMD=-0.29) を改善、12週間と24週間では抑うつによる改善 (SMD=-0.19, -0.30) していた。しかし、12週間のコムバンドによるレジスタンス・トレーニングではフレイルに対して有意な効果は見い出せなかった。すなわち、握力、脚力、日常生活の活動力や生活を有意に改善していなかった。コムバンドによって、実行可能な方策であると考えられる。そのため、フレイル罹患高齢者に有効なトレーニングの負荷量や用量反応関係について、標準的な基準・手順が求められる。さらなる研究が必要である。
Cristiane de Almeida Nagata, et al. (2023) <sup>2(5)</sup>	2021年までの論文検索から10RCT論文のシステマティック・レビューとメタ分析	フレイル罹患高齢者 1,303人と(65歳以上) と統制群	レジスタンス・トレーニング介入は立ち上がりテストの改善 (ES=-0.536)、簡易版下肢運動機能テストコアの増加のためには少なくとも週あたり2回のトレーニング実施が必要であり、週当たり3回のトレーニング実施が向上・改善には最適であると思われる。また、高いトレーニング負荷量が簡易版下肢運動機能テストを向上させる。しかし、レジスタンス・トレーニング介入群は統制群と比較して、日常生活の歩行速度を改善しなかった。

(注) RM : Repetition Maximum (最大反復回数)、RCT : Randomized Controlled Trial (ランダム化比較試験)、ES : Effect Size (効果量)、SMD : Standardized mean difference (標準化平均差)

に、フレイル高齢者に有効なトレーニングの負荷量や用量反応関係について、標準的な基準・ガイドラインが求められる。さらなる研究が必要であると言及している。

Cristiane de Almeida Nagata ら (2023)<sup>25)</sup> は、2021年までの論文検索から10RCT論文を精選し、システマティック・レビューとメタ分析して、フレイル罹患高齢者の身体機能に及ぼすレジスタンス・トレーニングの効果を要約している。調査対象者はフレイル罹患高齢者1,303人(65歳以上)と統制群である。レジスタンス・トレーニングの介入は立ち上がりテストの改善(ES=-0.536)、簡易版下肢運動機能テスト(①立位テスト②4m通常歩行テスト③5回の椅子起立着座テスト)の向上(2.261点増)をもたらした。ただし、簡易版下肢運動機能テストスコアの増加のためには少なくとも週あたり2回のトレーニング実施が必要であり、週あたり3回のトレーニング実施が向上・改善には最適である。また、高いトレーニング負荷量が簡易版下肢運動機能テストを向上させる。しかし、レジスタンス・トレーニング介入群は統制群と比較して、日常生活の歩行速度を改善しなかったと論じている。

以上の研究論文も含め、多くのRCT論文およびシステマティックレビューとメタ分析の結果を要約すれば<sup>22-26, 27, 28)</sup>、レジスタンス・トレーニングはフレイル罹患高齢者の筋力・筋量の増大、身体機能や運動機能の改善、そしてフレイル進行の防止に有効であると言える。ただし、フレイルの病状の程度や病期によって、レジスタンス・トレーニングの処方(強度:負荷の大きさ、量:トレーニングの量、頻度:1週間にどの程度やれば良いか)が様々に実施介入されているために、最も効果的かつ安全性の高いレジスタンス・トレーニング処方・メニューは明確ではない。今後の精緻な調査研究が待たれる。

## 5. レジスタンス・トレーニングは何歳まで筋量や筋力を改善できるか

高齢者のサルコペニアやフレイルの予防や病態の改善・治療に対して、レジスタンス・トレーニングが有効であることは、上記のレビューで明らかである。では、レジスタンス・トレーニングは何歳まで筋量や筋力を改善・向上できるかを先行調査研究論文を要約する。

Eduardo L Cadora ら (2014)<sup>26)</sup> は、施設に入所しているフレイルの90歳代の超高齢者に対して、レジスタンス・トレーニングを含む複合トレーニングが、筋パワー、筋量、身体機能や転倒の危険性に及ぼす効果を調べている。このRCTの実験対象者の年齢は介入群で93.4±3.2歳、統制群で90.1±1.1歳である。介入群に対して、パワートレーニング(40~60% 1RM、8-10反復)を週2回、12週間実施した結果、臀筋の伸展力が27.2±9.5%、膝伸展力が23.6±10.3%、また下肢の筋力の1RMが144%、最大筋パワー(1RMの60%)が116%、上半身の1RMが68%、それぞれ増大していた。

Jozo Grgic ら (2020)<sup>29)</sup> は、75歳以上の高齢者の筋サイズと筋力に及ぼすレジスタンス・トレーニングの効果について、22RCT論文のシステマティック・レビューとメタ分析を行っている。それによると、レジスタンス・トレーニング実施は筋力(ES=0.97)を有意に増大させていた。80歳以上の高齢者の分析では筋力(ES=1.28)を有意に改善させていた。また筋肥大では有意な肥大(ES=0.30)があった。結論として、レジスタンス・トレーニングは超高齢者においても、筋力の改善に有効な方法であると論じている。

Chun-De Liao ら (2020)<sup>30)</sup> は、変形性関節症を有する高齢者の筋量・筋肥大に及ぼす筋力トレーニングの効果について、19RCT論文のシステマティック・レビューとメタ分析を行っている。分析対象者の年齢は平均で62.1歳 (40–86歳) である。それによると、筋力トレーニングは除脂肪体重を増大させていた (SMD=0.49)。また、メタ分析の結果、筋の厚さ (SMD=0.82)、筋横断面積 (SMD=0.80) を増大させていた。筋力トレーニングは変形性関節症を有する高齢者の筋量・筋肥大に効果的であると言及している。

これらの論文を含めて、多くの研究論文において<sup>26, 29–31, 32, 33)</sup>、疾患を持つ高齢者を含めて、超高齢者においてもレジスタンス・トレーニングが筋量や筋力を改善すると言えよう。

## 6. おわりに

多くの先行調査研究論文を要約すれば、レジスタンス・トレーニングはサルコペニアやフレイルに罹患した高齢者の筋力・筋パワー・筋量の増大、身体機能や運動機能の改善、そしてフレイル進行の防止と生活の質の改善に有益であると言える。また、筋力・筋パワーの改善・向上、身体運動機能の向上によって、転倒の危険性を軽減する。したがって、健康な高齢者はもちろん、サルコペニアやフレイルを罹患している高齢者にとって、至適なレジスタンス・トレーニングを習慣的に実施することが望まれる。

ところで、どのようなトレーニングでも不適切に実施されれば、怪我や障害等の有害事象が発生する。高齢者にレジスタンス・トレーニングを介入・実施した場合の有害事象を見ておこう。

多くシステマティック・レビューでの結果報告<sup>34–38)</sup>を見ると、有害事象を報告している論文が少なく、有害事象が発生していなくて報告していないのか、有害事象は起こっているが報告していないかは定かではない。有害事象が発生したと報告している論文では重大な有害事象 (重度の怪我や障害等) はほとんど無く、発生している有害事象は転倒、軽い怪我、筋肉痛、筋肉の不調、関節痛などである。

Chiung-Ju Liu and Nancy Latham (2010)<sup>39)</sup> は、高齢者へのレジスタンス・トレーニング実施介入で報告された有害事象について分析している。121件の介入実施の内、53件は有害事象について論じていない、25件は有害事象無しと報告、43件は幾つかの有害事象を報告していた。報告があった有害事象のほとんどは筋の緊張や関節痛のような骨格筋系の問題であった。ただし、有害事象の報告については、有害事象の定義についてコンセンサスが無いので過小に報告されている可能性を示唆している。現状では、有害事象の現状や発生可能性を精査した結果、専門知識に基づいて適切に指導・介入・管理すれば、重大な有害事象を発生させることなく、その成果を生み出すことができると言えよう。

最後に、先行研究論文では必ずしも明確ではなく、さらなる精緻な調査研究が必要であると指摘されている、高齢者のサルコペニアやフレイルの予防・改善をもたらすレジスタンス・トレーニングの処方 (強度、量、頻度) について見ておきたい。これについては、トレーニング界において世界でも認知されている団体の一つである全米ストレングス&コンディショニング協会 (NSCA : National

Strength & Conditioning Association) が提言 (意見表明) しているガイドラインを見ておこう。それによると、健康な高齢者には、強度は70–85% 1 RM (初心者は軽い強度から次第にこの強度へ)、1–3セット (初心者は1セットから)、1種目につき8–12反復あるいは10–15反復 (初心者)、運動種目は8–10種目、頻度は2–3日/週 (隔日) が推奨されている。フレイル高齢者には、強度は20–30% 1 RMから開始して80% 1 RMに斬新、3セット、1種目につき8–12反復、頻度は2–3日/週 (隔日) が推奨されている<sup>10)</sup>。ただし、高齢者へのレジスタンス・トレーニングプログラムは個別化、期分け (ピリオダイゼーション) と漸進性過負荷の原則に従うべきである。

さらに、この論文では、高齢者の 高齢者のサルコペニアやフレイルの予防・改善について、レジスタンス・トレーニングの有効性を要約したが、高齢者のサルコペニアやフレイルの予防・改善にはレジスタンス・トレーニング含めた多種目の運動 (レジスタンス・トレーニング、有酸素運動、バランス・トレーニング) 実施が最も有効であることを追記しておきたい<sup>14, 16, 28, 40–43)</sup>。

## 7. 文 献

- 1) 内閣府：『令和5年版高齢社会白書』、2023.
- 2) 厚生労働省：簡易生命表、2023年7月28日.
- 3) 厚生労働省：令和2 (2020) 年度国民医療費概要、2022.
- 4) 厚生労働省：『令和2年度介護保険事業状況報告 (年報)』、2022.
- 5) 厚生労働省：平均寿命と健康寿命 (e-ヘルスネット)、最終更新日：2022年12月5日.
- 6) 厚生労働省：健康づくりのための身体活動・運動ガイド2023、2023.
- 7) WHO：WHO Guidelines on physical activity and sedentary behaviour、2020.
- 8) 健康長寿振興財団：サルコペニア・フレイル (健康長寿ネット)、2023.12.1.現在.
- 9) 日本サルコペニア・フレイル学会：フレイル・サルコペニアとは、2023.12.1.現在.
- 10) Maren S Frigala, Eduardo L Cadore, Sandor Dorgo, et al. : Resistance Training for Older Adults: Position Statement From the National Strength and Conditioning Association, *J Strength Cond Res.* Aug ; 33(8) : 2019–2052, 2019.
- 11) Majid Mufaqam Syed-Abdul : Benefits of Resistance Training in Older Adults, *Curr Aging Sci*, 14(1) : 5–9, 2021.
- 12) D Beckwee, A Delaere, S Aelbrecht, et al. : Exercise Interventions for the Prevention and Treatment of Sarcopenia. A Systematic Umbrella Review, *J Nutr Health Aging* 23(6) : 494–502, 2019.
- 13) Nan Chen, Xiangfeng He, Yuwei Feng, et al. : Effects of resistance training in healthy older people with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials, *Eur Rev A ging Phys Act Nov* 11 ; 18(1) : 23, 2021.
- 14) Linqian Lu, Lin Mao, Yuwei Feng, et al. : Effects of different exercise training modes on muscle strength and physical performance in older people with sarcopenia: a systematic review and

- meta-analysis, *BMC Geriatr* Dec 15 ; 21(1) : 708, 2021.
- 15) Haotian Zhao, Ruihong Cheng, Ge Song, et al. : The effect of resistance training on the rehabilitation of elderly patients with sarcopenia : a meta-analysis, *Int J Environ Res Public Health*. Dec ; 19(23) : 15491, 2022.
  - 16) Yanjiao Shen, Qingyang Shi, Kailei Nong, et al. : Exercise for sarcopenia in older people: A systematic review and network meta-analysis, *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. Jun ; 14(3) : 1199-1211, 2023.
  - 17) Luis Fernando Ferreir, Estela Lopes Scariot, Luis Henrique Telles da Rosa, et al. : The effect of different exercise programs on sarcopenia criteria in older people: A systematic review of systematic reviews with meta-analysis. *Arch Gerontol Geriatr*. Feb : 105 : 104868, 2023.
  - 18) Haolin Wang, Wendy Y. Huang and Yanan Zhao : Efficacy of exercise on muscle function and physical performance in older adults with sarcopenia: An updated systematic review and meta-analysis, *Int J Environ Res Public Health*. Jul ; 19(13) : 8212, 2022.
  - 19) E Mende, N Moeinnia, N Schaller, et al. : Progressive machine-based resistance training for prevention and treatment of sarcopenia in the oldest old: A systematic review and meta-analysis, *Exp Gerontol*, Jun15 : 163 : 111767, 2022.
  - 20) Christopher Hurst, Sian M Robinson, Miles D Witham, et al. : Resistance exercise as a treatment for sarcopenia: prescription and delivery, *Age Ageing*. Feb 2 ; 51(2) : afac003, 2022.
  - 21) 長寿科学振興財団 : 令和2年度長寿科学研究業績集「フレイル予防・対策：基礎研究から臨床、そして地域へ」、2022.
  - 22) Pedro Lopez, Ronei Silveira Pinto, Regis Radaelli, et al. : Benefits of resistance training in physically frail elderly : a systematic review, *Aging Clin Exp Res*. Aug ; 30(8) : 889-899, 2018.
  - 23) Karolina Talar, Alejandro Hernandez-Belmonte, Tomas Vetrovsky, et al. : 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*. Apr 12 ; 10(8) : 1630, 2021.
  - 24) Ita Daryanti Saragih, Ya-Ping Yang, Ice Septriani Saragih, et al. : Effects of resistance bands exercise for frail older adults : A systematic review and meta-analysis of randomised controlled studies, *J Clin Nurs*. Jan ; 31(1-2) : 43-61, 2022.
  - 25) Cristiane de Almeida Nagata, Patricia Azevedo Garcia, Tania Cristina Dias da Silva Hamu, et al. : Are dose-response relationships of resistance training reliable to improve functional performance in frail and pre-frail older adults? A systematic review with meta-analysis and meta-regression of randomized controlled trials, *Ageing Res Rev*. Nov : 91 : 102079, 2023.
  - 26) Eduardo L Cadore, Alvaro Casas-Herrero, Fabricio Zambom-Ferraresi, et al. : Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians, *Age (Dordr)*. Apr ; 36(2) : 773-85, 2014.

- 27) Ulku K Sahin, Nuray Kirdi, Ergun Bozoglu, et al. : Effect of low-intensity versus high-intensity resistance training on the functioning of the institutionalized frail elderly, *Int J Rehabil Res. Sep* ; 41(3) : 211-217, 2018.
- 28) Javier Angulo, Mariam El Assar, Alejandro Alvarez-Bustos, et al. : Physical activity and exercise : Strategies to manage frailty, *Redox Biol. Aug* ; 35 : 101513, 2020.
- 29) Jozo Grgic, Alessandro Garofolini, John Orazem, et al. : Effects of resistance training on muscle size and strength in very elderly adults : A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials, *Sports Med. Nov* ; 50(11) : 1983-1999, 2020.
- 30) Chun-De Liao, Hung-Chou Chen, Yu-Chi Kuo, et al. : Effects of muscle strength training on muscle mass gain and hypertrophy in older adults with osteoarthritis : A systematic review and meta-analysis, *Arthritis Care Res (Hoboken). Dec* ; 72(12) : 1703-1718, 2020.
- 31) Sanna Vikberg, Niklas Sorlen, Lisa Branden, et al. : Effects of resistance training on functional strength and muscle mass in 70-year-old individuals with pre-sarcopenia : A randomized controlled trial, *J Am Med Dir Assoc. Jan* ; 20(1) : 28-34, 2019.
- 32) Edila Penna Pinheiro, Rafaela Cavalheiro do Espirito Santo, Leonardo Peterson Dos Santos, et al. : Multicomponent or resistance training for nursing home residents : A systematic review with meta-analysis, *J Am Med Dir Assoc. Dec* ; 23(12) : 1926, 2022.
- 33) Liam T. Pearson, David G. Behm, Stuart Goodall, et al. : Effects of maximal-versus submaximal-intent resistance training on functional capacity and strength in community-dwelling older adults : a systematic review and meta-analysis, *BMC Sports Sci Med Rehabil. Jul16* ; 14(1) : 129, 2020.
- 34) Chiung-Ju Liu and Nancy K Latham : Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults, *Cochrane Database Syst Rev. Jul 8* ; 2009(3), 2009.
- 35) Melissa J Raymond, Rebecca E Bramley-Tzerefos, Kimberley J Jeffs, et al. : Systematic review of high-intensity progressive resistance strength training of the lower limb compared with other intensities of strength training in older adults, *Arch Phys Med Rehabil. Aug* ; 94(8) : 458-72, 2013.
- 36) J Collins, G Longhurst, H Roschel, et al. : Resistance training and co-supplementation with creatine and protein in older subjects with frailty, *J Frailty Aging. 5(2)* : 126-34, 2016.
- 37) Teresa Liu-Ambrose, Jennifer C Davis, John R Best, et al. : Effect of a home-based exercise program on subsequent falls among community-dwelling high-risk older adults after a fall : A randomized clinical trial, *JAMA. Jun4* ; 321(21) : 2092-2100, 2019.
- 38) Asier Manas, Paola Gomez-Redondo, Pedro L. Valenzuel, et al. : Unsupervised home-based resistance training for community-dwelling older adults : A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials, *Ageing Res Rev. Aug* ; 69 : 101368, 2021.



- 39) Chiung-Ju Liu and Nancy Latham : Adverse events reported in progressive resistance strength training trials in older adults : 2 sides of a coin, Arch Phys Med Rehabil. Sep ; 91(9) : 1471-3, 2010.
- 40) David E Barajas-Galindo, Elena Gonzalez Arnaiz, Pablo Ferrero Vicente, et al. : Effects of physical exercise in sarcopenia. A systematic review, Endocrinol Diabetes Nutr (Engl Ed). Mar ; 68(3) : 159-169, 2021.
- 41) D Beckwee, A Delaere, S Aelbrecht, et al. : Exercise Interventions for the prevention and treatment of sarcopenia. A systematic umbrella review, J Nutr Health Aging. 23(6) : 494-502, 2019.
- 42) Marco Antonio Hernandez-Lepe, Michelle Itzel Miranda-Gil, Edith Valbuena-Gregorio, et al. : Exercise programs combined with diet supplementation improve body composition and physical function in older adults with sarcopenia : A systematic review, Nutrients. Apr21 ; 15(8) : 1998, 2023.
- 43) Carmen de Labra, Christyanne Guimaraes-Pinheiro, Ana Maseda, et al. : Effects of physical exercise interventions in frail older adults: a systematic review of randomized controlled trials, BMC Geriatr. Dec2 : 15 : 154, 2015.

