

Key Words【身体運動：physical exercises、80歳以上：aged 80 and over、臨床プロトコル：clinical protocols、系統的レビュー：systematic review】

# 超高齢者のトレーニング研究の一括レビュー

## A Collective Review of the Research on Training the Oldest-Old

Bruna da Silva Vieira Capanema, M.Sc. Pedro Silvelo Franco, M.Sc. Priscila Rodrigues Gil  
Giovana Zarpellon Mazo, Ph.D.

Physical Education Department, Gerontology Laboratory, Santa Catarina State University, Florianópolis, Brazil

### 要約

本稿は、超高齢者の身体運動プロトコルに関する科学的エビデンスの統合を目指す。PubMed、Scopus、Web of Science、CINAHL、Medlineを利用して、2021年1月までに発表された研究とグレーリテラチャー(入手困難な資料)を検索した。適格基準として以下の点を含めた。超高齢者(≥80歳)に関する研究であること、身体運動プログラムとして適切かつ効果的な変数(タイプ、強度、頻度、持続時間)を伴う介入プロトコルを利用していること、超高齢者の体力、日常生活活動の実施、生活の質に対するポジティブな影響を報告していること、実験的および準実験的(ランダム化あるいは非ランダム化)研究デザインであること。最終的に採用した研究は20件であった。超高齢者のための身体運動プロトコルには、筋力、パワー、有酸素性持久力、柔軟性、バランス、関節可動性エクササイズを含めるべきである。これらの運動は、加齢に伴う体力の低下の抑制や最小化、および歩行、転倒率、機能的な能力などの因子の向上に効果がある。

### 序論

社会の高齢化が進み、長命者つまり80歳以上の人口の急激な増加が見込まれている(54)。超高齢者の数は、2015年には1億2,500万人(人口の1.5%)であったが、2050年にはその3倍の4億3,400万人(4.4%)に達すると予測されている(60)。

超高齢者に関する社会疫学的研究によって、超高齢者人口の主な特性と自己報告による健康状態が報告されている。健康状態に関しては、女性のほうが、脊椎障害、背部痛、視覚問題、尿失禁、骨粗鬆症(27,40)、サルコペニア、身体的フレイルが多い(7,20,35)。その他の特性として、低学歴、配偶者の喪失、民族差、身体活動の少なさが報告されている(27,29,32,40)。超高齢者の身体活動の少なさは懸念される問題のひとつである(24,35)。ブラジルの横断研究によると、WHOによる身体活動の推奨に従って健康のために身体活動を行なっている長命者は18.3%のみであり、推奨基準(1週間に150~300分以上)に従って実施していた者はそのうちの35%のみであった(61)。

超高齢者における身体活動の少なさ

は、神経筋系の能力(筋力、パワー、持久力)の顕著な低下を招き、筋萎縮やサルコペニアを引き起こす(19,23)。また、筋機能と筋量(16)および身体パフォーマンスを低下(機能的な能力や姿勢制御の低下、易疲労、日常生活活動の困難)させ、転倒と入院のリスクが増大し、最終的には死をもたらすこともある(9,14,19,23)。これらの調査結果は、超高齢者に特異的な身体運動プログラムの必要性を示している(55)。定期的な運動は加齢による負の影響を抑制する方策である(17,57)。研究によると、超高齢者への身体活動介入は、筋力、パワー、有酸素性持久力、機能的なパフォーマンス、バランス、転倒率にプラスの効果および有意に向上させる(1-4,8,15,17,22,26,30,41,44,45,59)。

身体運動介入は超高齢者にプラスの影響を及ぼすにもかかわらず、どのような身体運動プロトコルが超高齢者に適しているかに関する科学的エビデンスは明らかにされていない。超高齢者の体力に、ひいては日常生活活動の実行や生活の質にポジティブな影響を及ぼすように設計されたプロトコルは存在するが、それを評価する系統的レ

ビューが欠けている。

さらに、系統的レビューは、科学的エビデンスのレベルにおいてピラミッドの頂点に位置する。このタイプの研究は、身体運動プロトコルとその特性(タイプ、強度、頻度、持続時間)に関するエビデンスを体系化する。

本稿の系統的レビューは、ヘルスケア専門職に理論的基礎を与え、超高齢者に推奨される特異的な運動プロトコルによる介入を助けることを目的とする。これらを前提として、本稿は高齢者の運動プロトコルに関する科学的エビデンスの統合を目指す。

## 方法

### 登録

まず、本研究のプロトコルをPROSPEROに登録した(CRD42021172298)。意図せぬ重複を避けるためと、レビューの透明性と信用性を高め、研究結果の報告バイアスを最小限に留めるためである。

### 検索方法

以下のデータベースで2021年1月までの文献を検索した(PubMed、Scopus、Web of Science、CINAHL、Medline)(グレーリテラチャー[入手困難な資料]を含む)。さらに、各文献の参考文献もハンドサーチ(手作業による検索)によって取得した。検索キーワードには、ブール演算子(ORとAND)とMeSHの検索用語を組み合わせ利用した。

文献を特定する際の適格基準はPICO(参加者、介入、比較、結果)の枠組み(介入研究)に従い、以下の用語を含めた。対象者として「年齢80歳以上」「80歳代」「90歳代」「100歳以上」「超高齢者」、介入として「身体運動」「身体活動」、結果として「臨床試験プロトコル」「臨床プロトコル」「プロトコル」を含めた。比較は含めなかった。文献の選択と特定は、PRISMA(系統的レビューと

メタ分析のための優先的報告項目)の指針に従った(図)。

### 適格基準

本稿で採用する文献の適格基準は以下のとおりである。(a)がんや冠動脈心疾患などの重度の慢性疾患のない超高齢(≥80歳)男女を対象としている。(b)身体運動プログラムに適した効果的な変数(タイプ、強度、頻度、持続時間)を伴う介入プロトコルを利用している。(c)超高齢者の体力、日常生活活動の実施、生活の質へのポジティブな効果を報告している。(d)実験的または準実験的(ランダム化または非ランダム化)研究デザインである。要約、会議の議事録、編集者への手紙、博士論文、修士論文、レビューは含めなかった。本稿は系統的レビューであるため、研究の質を最優先し、科学雑誌への掲載に求められる科学的厳密性を考慮して、科学的文献のみを組み込んだ。

### 文献選択

文献スクリーニングは、フリーのオンラインソフトRayyan QCRIで行なった(39)。レビュー間の信頼性を確立するために、筆者1名(Capanema)がデータベースのタイトルを一次スクリーニングした。次に筆者2名(CapanemaとFranco)がフルテキストを読んで、二次スクリーニングを行なった。最初に、重複タイトルと、組み込み基準と無関係なタイトルを除外した。次に、関連文献のタイトルと要約を特定して選択した。最後に、関連する可能性のある文献を取得して、レビューを行なった。レビュー間で意見が一致しない場合は、第三のレビュー者の同意/話し合いによって解決した。

### 方法論的質

ランダム化および非ランダム化研究の質を評価するDowns&Black(21)のチェックリストを利用して、筆者2名(CapanemaとFranco)が、本稿で採用

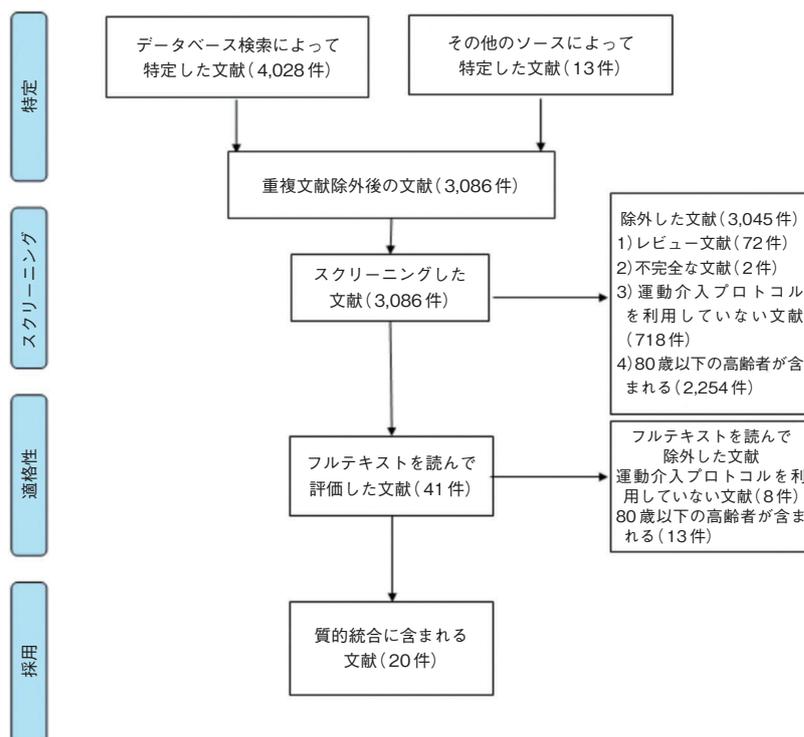


図 PRISMAに基づく文献選択フローチャート

する文献の方法論的質を評価した。評価結果は、基準を満たす場合は1、満たさない場合は0とした。ただし、3つの回答がありうる問い5は0～2ポイントで評価した。合計スコアは28ポイントである。スコアが大きいほど、研究の方法論的質が高いことを意味する(36)。合計スコアによって、文献の質を、優(excellent: 26～28)、良(good: 20～25)、可(fair: 15～19)、不良(poor: ≤14)の4つのレベルに分類した(37)。意見が一致しない場合はレビュー間で意見の一致を図った。

## 結果

### 文献の選択

データベース検索から4,041件の文献を得た。内訳は、PubMed(1,399件)、Scopus(462件)、Web of Science(1,728件)、CINAHL(252件)、Medline(187件)、およびグレーリテラチャーが13件である。このうちタイトル重複文献955件を除外して、残りの3,086件をスクリーニングした。タイトルのスクリーニング後に2,892件を、要約のスクリーニング後に153件を除外した。残った41件の文献のフ

ルテキストを読み、以下の理由で21件を除外した。8件は身体運動/活動を用いた介入プロトコルを利用していなかった。13件は超高齢者(≥80歳)が被験者に含まれていなかった。最終的に、本稿の質的統合に採用した研究は表1に示す20件である。

表1 超高齢者における身体運動介入の研究

著者、国、研究デザイン	被験者	目的	運動介入/プロトコル	主な成果と結論
Fiataroneら(22)、米国、実験研究	10名(男性4名、女性6名) 90±1.2歳	高強度STがフレイルの高齢者に及ぼす生理学的影響と利用可能性を決定する。	ST PRT(短縮性および伸張性ストレングス)を8週間、週に3回。 第1週: 50% 1RMで3セット×8レップ、休息1～2分。 *2週間に1回1RMテスト。 *第2週: 80% 1RM。 テスト/評価: 1RM筋力。	*平均筋力が174%増加した。 *筋断面積(コンピュータ断層撮影法による)が9%増加した。 *平均歩行速度が48%増加した。 *性差なし。 *4週間のディトレーニング後に最大筋力が32%低下した。
Campbellら(10)、米国、ランダム化比較研究	233名(女性) EG117名 84.1±3.1歳 CG116名 84.1±3.4歳	高齢女性において、STとBTのホームエクササイズプログラムが転倒率と傷害率の低下に及ぼす効果を評価する。	EG 最初の2ヶ月は対面モニタリング。その後、電話やトレーニングスプレッドシートを利用してモニタリング。 ST&BT *個別トレーニングを1年、週に3回、1セッション1時間。適応に従ってPRT。 *開始時は0.5～1kgのアンクルカフを利用して、股関節伸筋群/外転筋群、膝関節屈曲筋群/伸筋群、大腿四頭筋、足関節底屈筋群/背屈筋群の運動を行なう。 *片足を対側の足の前に置いて歩く、かかとやつま先で歩く、後ろ向きで歩く、回転しながら歩く。 *膝関節を曲げて、床から物を拾い上げる。 *ニースクワット。 *能動的動作の振幅(首の回旋、股関節と膝関節の伸展)。 *ウォーキング。 テスト/評価: メンタルステータス(Wilson & Brass, 1975)、転倒質問紙、筋力(筋力計)、身体パフォーマンスバッテリー(Guralnikら, 1994)、6分間歩行テスト(Guyattら, 1985)。	ST&BTのホームプログラムは、80歳以上の女性の身体機能を向上させ、転倒率と傷害率を低下させた。
Puggaardら(41)、デンマーク、ランダム化比較研究	55名、除外18名 ≥85歳 EG女性18名 CG女性19名	85歳の女性の身体組成と、定期的な身体活動の影響を評価する。	EG *ホームプログラム8ヶ月、週に1回、1セッション60分。 トレーニング: 身体意識、リズム、有酸素性パフォーマンス(ウォーキング)、筋力と抵抗、柔軟性、反応、バランス。 強度は心拍モニターによって測定し、相対強度69%。 テスト/評価: 身体組成/BMI、予備心拍数のモニタリング。	*介入によって身体組成が向上し、脂肪の蓄積が減少した。 *トレーニングの1年後(ディトレーニング)にBMIが増加した。 *対照群は身体組成が低下し、脂肪の蓄積が増加した。

表1 超高齢者における身体運動介入の研究(つづき)

著者、国、研究デザイン	被験者	目的	運動介入/プロトコル	主な成果と結論
Vaitkeviciusら (56)、米国、実験研究(予備研究)	35名、除外13名(男性11名、女性11名) 84±4歳	80歳以上の不活発なフレイルの高齢者の能力を評価してコミュニティの運動プログラムに参加させ、 $\dot{V}O_2peak$ の向上を予測する臨床的因子を評価する。	EG *中強度運動を6ヵ月、週に2~3回、1セッション20~30分。 トレーニング: 3~5セッションでインストラクターが参加者をトレッドミルに慣れさせた。 5~10分ウォーミングアップ(1~1.6km/h)+立位のストレッチング(腕、体幹部、四肢)+10~15分続けてトレッドミル(60~80%)+5分リラクセーション。 テスト/評価: $\dot{V}O_2peak$ 。	*トレッドミルによる6ヵ月の有酸素性プログラムは、有意な向上をもたらした。介入前は持続時間(分)が11.8±3.1であり、介入後は15.9±4.3。 $\dot{V}O_2peak$ は介入前1.23、介入後1.31。酸素脈は介入前9.3、介入後10.1。
Kryger & Andersen (30)、デンマーク、ランダム化比較研究	30名 EG 15名(男性3名、女性12名) 88.5歳 除外4名 CG 15名(男性4名、女性11名) 89歳 除外3名	高負荷RTが、骨格筋の筋線維のタイプとサイズ、毛細血管密度、ミオシン重鎖アイソフォーム濃度に及ぼす影響を評価し、予測される筋力の増加が筋肥大とどの程度関連しているかを決定する。	EG *12週間、週に3回、1セッション45分、休息5~10分。上肢と下肢、膝関節屈曲筋群と伸筋群のRT。 *トレーニング強度は1RMを利用(座位で全可動域を通じて1回挙上可能な最大重量)。その後、漸増(0.5~1.0kg)させる。休息60秒。 *第2週:50%1RM *第2~12週:80%1RMで1セッション3セット×8レップ。 *筋生検のサンプル(外側広筋の中間部分)をトレーニングの前後で採取。2名の被験者はトレーニング後のサンプルなし(したがってEGは9名)。 *8名の被験者は大腿四頭筋のMRIを撮影。 テスト/評価:1RMテスト、握力テスト(筋力計)。	*RTは膝関節伸筋群の等尺性筋力(37%)と等速性筋力(41~47%)を向上させた。 *大腿四頭筋の除脂肪断面積が9.8%増加した。 *筋肥大はタイプII筋線維でのみみられた(22%、 $p < 0.05$ )。 *タイプI筋線維のタイプ面積の割合が低下した(4.0%)。 *タイプIIa筋線維のタイプ面積の割合が増加した(5.9%)。 *MHC Iの相対量が減少し、MHC IIaの相対量が増加した。 *高負荷RTは超高齢のフレイルの被験者の筋力と筋量に有効であった。 *速筋線維のサイズの増加と、速筋のMHC IIaの相対量の増加は、筋力を向上させるだけでなく、骨格筋のパワーを向上させる可能性もある。
Rosie & Taylor (43)、ニュージーランド、ランダム化比較研究	121名、除外60名(男性19名、女性47名) 85.2±3.6歳 EG: GrandStand 30名 85.2±3.2歳 CG: ニーエクステンション 31名 85.1±4歳	GrandStandシステム(立ち座り回数を記録する装置)を用いた6週間のホームエクササイズとPRTを比較する。対照群はアンクルウェイトを用いてニーエクステンションを行なう。可動性に制限のある80歳以上において、機能的制御と転倒恐怖の制御にどちらのプログラムが有効かを決定する。	EG *6週間の介入。 *10レップ。1日5レップずつ増やすか、1日50レップに達することを旨とする。 CG *足首にも利用可能なリストウェイトを用いて、低強度のニーエクステンションを行なう。 *1セット×10レップをウェイトなしで、1レップを8秒かけて行なう。 *4kgのウェイトによる最大2セット×10レップまで漸進させる。 テスト/評価:快適な歩行スピード(3m)、Bergバランススケール、15分間踏み台昇降テスト、修正転倒自己効力感尺度、30秒椅子立ち上がりテスト、晩年機能障害調査。	*特性やパフォーマンス指標の基準値については群間に有意差なし。 介入群はBergバランススケールの平均スコアが有意に1.67±2.64ポイント( $p = 0.001$ )増加した(対照群は0.73±3.63、 $p = 0.258$ )。これは、6週間にわたるトレーニングによってバランスが向上したことを示唆する。その他の成果尺度については、どちらの介入にも統計的に有意な効果がみられなかった。

表1 超高齢者における身体運動介入の研究(つづき)

著者、国、研究デザイン	被験者	目的	運動介入／プロトコル	主な成果と結論
Caserottiら (15)、デンマーク、ランダム化比較研究	女性22名 81.8±1.7歳 EG10名 CG12名  女性34名 62.7±2.2歳 EG17名 CG17名	低頻度の爆発的RT(75～80% 1RM)が2つの年齢群(60～65歳と80～89歳)に及ぼす影響を調査する。	EG *12週間のPRTを週に2回。制御されたスピードでウォーミングアップを10分(35～40% 1RM)。特異的トレーニングは(75～80% 1RM)、1セット8～10レップを爆発的動作で行なう(速い短縮性局面と遅い伸張性局面)。口頭による励ましを用いる。 下肢：ニーエクステンション、ホリゾンタルレッグ、カーフレイズ。 テスト／評価：生体インピーダンス測定と1RMテスト。	*介入後、80歳群では等尺性筋力が51%増加した。60歳群は21%増加したが、増加の度合いは80歳群よりも低かった。 *CMJ高は80歳群で18%増加。60歳群で10%増加した。 *レッグエクステンションは80歳群で28%、60歳群で12%増加した。 *爆発的なRTは、超高齢女性にも安全で耐性があり、神経筋系の適応を促すとみられる。
Slivkaら (50)、米国、実験研究	男性6名 92±1歳	・PRTプログラムへの応答として筋サイズと筋力の変化を評価する。 ・PRTプログラムへの応答として、遅筋線維と速筋線維の収縮機能を評価する。	*STを12週間、週に3回、3セット×10レップ。ニーエクステンションを等速性筋力測定器で、負荷が70% 1RMになるように毎週調整する。 テスト／評価：1RMテスト。	*ニーエクステンションの1RMが41%増加した。 *12週間のトレーニング後に、大腿部全面の断面積が2.5%増加した。
Serra-Rexachら (46)、スペイン、ランダム化比較研究	60名 除外30名 EG12名 (男性10名、女性2名) 92±3歳 CG18名 (男性15名、女性3名) 92±2歳	一次目的：8週間のAT&STプログラムが90歳代の筋力、機能的な能力、生活の質を向上させる効果を評価する。 二次目的：介入が血圧と身体組成に及ぼす影響を評価する。	EG *8週間、週に3回、1セッション40～50分。 最初の5～7分は低強度で、トレーニングの終わりも同じく低強度で(ウォーミングアップと大筋群のストレッチング)。週に2回日常のケア活動。 ST 下肢：レッグプレス1セット×8～10レップ、休息1～2分。30% 1RMから始めて、70% 1RMまで漸増させる。 上肢：バイセップスカール、アームエクステンション、アームサイドリフト、ショルダーエレベーション、シーテッドベンチプレス、カーフレイズを1～3kgのダンベルを使用して、または低～中強度のレジスタンスバンドを利用して1セット×8～10レップ。ストレッチングは先行運動に含めて、休憩時間に実施した。ハンドグリップエクササイズはフォームボールを利用する(3×10秒)。息を止めて運動しないように指導した。 AT 自転車エルゴメータ：ウォーミングアップ5分+中強度で15分、Borgの主観的運動強度で12～13にする。 CG 週5回の軽運動 テスト／評価：Borgの主観的運動強度テスト、1RMテスト。	*結果報告なし。

表1 超高齢者における身体運動介入の研究(つづき)

著者、国、研究デザイン	被験者	目的	運動介入/プロトコル	主な成果と結論
Williamsonら(59)、米国、実験研究	女性6名 85±1歳 若齢女性6名 24±2歳	若齢者(24歳)と高齢者(84歳)において、12週間の高強度PRTの前後のAKTFOX03Aタンパク質のシグナル伝達経路の活性化を調査する。	*大腿四頭筋群への12週間のPRT。バイラテラル等張性レッグエクステンション(Cybox Eagle)。週に3回非連続で、3セット×10レップを70~75% 1RM、インターバル1分で実施する。 テスト/評価: 身体機能評価質問紙(米国健康統計センター)、握力テスト、1RMテスト。	*若齢者と比べると、高齢者の骨格筋のAKTFOX03Aの変化が大きかった。 *若齢者は筋力36%、筋サイズ5%、パワー28%増加した。高齢者は筋肥大とパワーの向上はみられなかったが、筋力は26%増加した。
Serra-Rexachら(45)、スペイン、ランダム化比較研究	65名 除外25名 EG20名 (男性4名、女性16名) 92±2歳 CG20名 (男性4名、女性16名) 92±2歳	低~中強度(30~70% 1RM)の8週間のトレーニングプログラムと、その後の4週間のディトレーニングが、90歳代の筋力と機能的能力に及ぼす影響を評価する。	CG *8週間、1日おきに週に3回、1セッション40~50分。 *最初の5~7分は低強度で、トレーニングの終わりも同じく低強度で(ウォーミングアップと大筋群のストレッチング)。さらに週に2回1日おきに関節可動性運動を行なう。 EG ST 下肢: レッグプレス2~3セット×8~10レップ、インターバル1~2分。負荷は30% 1RMから70% 1RMまで漸増させる。週当たりの負荷の増加は5%。 RT バイセップスカール、アームエクステンション、ショルダーエレベーション、シーティッドベンチプレス、カーフレイズを1~3kgのダンベルを使用して、または低~中強度のレジスタンスバンドを利用して1セット×8~10レップ。 AT 自転車エルゴメータ: ウォーミングアップ5分+中強度で15分、Borgの主観的運動強度で12~13にする。 テスト/評価: Borgの主観的運動強度テスト、1RMテスト。	*中強度(30~70% 1RM)であっても下肢筋力が117%向上した。 *4週間のディトレーニング後、対照群と比べると実験群は9%の向上であった。 *短期間中強度であっても、運動トレーニングは90歳代の筋力を増加させ、転倒リスクを低下させる。
Cadoreら(8)、スペイン、ランダム化比較研究	39名(男女) 除外15名 91.9±4.1歳 EG11名 93.4±3.2歳 CG13名 90.1±1.1歳	多要素運動プログラムが、フレイルの90歳代の筋のパワー発揮、筋量、筋組織の衰弱、転倒リスク、機能的成果に及ぼす影響を調査する。	CG *可動性運動を1日30分、週に4回(ストレッチングによる小さな能動的運動と受動的運動)。 EG ME 12週間、週に2回、1セッション40分(ウォーミングアップ5分+バランス&歩行の再教育10分+上肢と下肢の漸進的RTを、マシン(Exercycle SL)を利用して8~10レップ、40~60% 1RMで20分、+ストレッチング5分)を、バランス&歩行の再教育(困難度の漸進)、および機能的運動(椅子からの立ち上がりなど)と組み合わせて行なう。 RE セッションごとに2つのレッグエクステンションエクササイズ(バイラテラルレッグエクステンション+バイラテラルニーエクステンション)+1ULエクササイズ(シーティッドベンチプレス)。 *動作を高速で行なうように指示する。 *どのセッションも軽負荷を利用してウォーミングアップを行なう。 バランス&歩行の再教育運動: 直線ウォーキング、踏み台昇降、障害物ウォーキング、不安定なサーフェス(フォームパッドシークエンス)で固有受容感覚運動、片脚から対脚への支持基底面とウェイトの移動。 テスト/評価: 歩行速度(5m歩行速度)、TUG(椅子から立ち上がって3m歩く)、静的バランステスト(FICSIT-4)、機能状態、1RMテスト、筋断面積、コンピュータ断層撮影(筋内脂肪浸潤の分析)。	*多要素運動プログラムは、筋力、パワー、筋肥大、脂肪浸潤、機能的成果(椅子からの立ち上がり、バランス、二重課題)を向上させ、転倒率を低下させる。 *対照群は歩行と握力が低下し、大腿四頭筋と内転筋群の筋力には変化がみられなかった。

表1 超高齢者における身体運動介入の研究(つづき)

著者、国、研究デザイン	被験者	目的	運動介入／プロトコル	主な成果と結論
Ansai & Rebellato(3)、ブラジル、ランダム化比較研究	69名 (男性22名、女性47名) CG23名 82.6±2.6歳 MG23名 81.9±1.9歳 RG23名 82.8±2.8歳	多要素トレーニングとRT、およびディトレーニングが地域で暮らす超高齢者の認知と抑鬱症状に及ぼす効果を比較する。	CG 運動を全く行なわない。 EG 12週間 ME 自転車エルゴメータでウォーミングアップ5分、同じく有酸素性運動(60～80%予備心拍数)を13分。インターバル:3分ごとに負荷を増減する。大筋群(UL、アブドミナル、スクワット、足関節)へのSTを15～20分、ダンベル、アングルウェイト、自重を利用して行なう。バランスを10分、クールダウン5分。Borgの主観的運動強度14～17で、1kgずつ負荷を漸増して3セット×15レップ。静的バランス運動、動的な荷重の移行、静的荷重、直線ウォーキング、不安定なサーフェスでのウォーキング、障害物の乗り越えと回避。 RE レッグプレス、チェストプレス、カーフ、バックエクステンション、アブドミナル、ロウイングを3セット×最大10～12レップ。中程度の速度(短縮性局面2秒、伸張性局面3秒)。インターバル1分。 テスト/評価:予備心拍数、Borgの主観的運動強度テスト、認知テスト(モントリオール認知評価)、時計描画検査、言語流暢性、二重課題(TUG)、老年期鬱病尺度(GDS)。	*群間に有意差は見出されなかった。順守度が高ければ、多要素トレーニングのほうが効果的であり、有害事象が少ないとみられる。 *順守度の高い方策を利用し、長い時間をかけたランダム化臨床試験によって、多様なトレーニング方法を比較し、どのプロトコルが効果的で、超高齢者の認知と抑鬱症状に適しているかを確認する必要がある。
Ruizら(44)、スペイン、ランダム化比較研究	40名 (男性6名、女性34名) EG20名 92.3±2.3歳 CG20名 92.1±2.3歳	8週間の低～中強度のST介入が90歳代の認知とバイオマーカーに及ぼす影響とディトレーニングの影響を評価する。	CG *週に5回、低～中強度の関節可動性運動とリズミカルなストレッチング。 *24週間にわたって週に3回、(計画に従って)低～中強度の運動を40～45分。 EG *ウォーミングアップ:5～7分のウォーキングと大筋群のストレッチング+有酸素性(自転車エルゴメータ)を最初に5分と最後に10～15分(負荷はBorgの主観的運動強度によって制御)。RT:レッグプレス2～3セット×8～12レップ、インターバル1～2分(短縮局面と伸張局面は1～2秒)。30%1RMから70%1RMへ毎週5%ずつ漸進させる。 *バイセップスカール、アームエクステンション、アームサイドリフト、ショルダーエレベーション、シーティッドベンチプレス、レッグカーフレイズを1～3kgのダンベルを使用して、または低～中強度のレジスタンスバンド(TheraBand)を利用して1セット×8～10レップ。インターバルには大筋群のストレッチングを行なう。 *介入後、4週間、身体運動を一切行なわなかった。 テスト/評価:Borgの主観的運動強度テスト、老年期鬱病尺度(GDS)、1RMテスト、8m歩行テスト、4分間踏み台昇降(20cm)、TUG。	*介入群では下肢の1RM筋力が10.6kg増加、ディトレーニング後は6.4kg減少した。

表1 超高齢者における身体運動介入の研究(つづき)

著者、国、研究デザイン	被験者	目的	運動介入／プロトコル	主な成果と結論
Ansaiら(2)、 ブラジル、 ランダム化比較研究	69名 (男性22名、 女性47名) CG23名 82.6±2.6歳 MG23名 81.9±1.9歳 RG23名 82.8±2.8歳	超高齢者の転倒リスクに関連する身体変数に対して、16週間の多要素トレーニングとRTが及ぼす効果を比較することと、6週間のディトレーニングの影響を評価すること。	CG *運動を全く行なわない。 MG 自転車エルゴメータでウォーミングアップ5分、同じく有酸素性運動(60～80%予備心拍数)を13分。インターバル:3分ごとに負荷を増減する。大筋群(UL、アブドミナル、スクワット、足関節)のSTを15～20分、ダンベル、アングルウェイト、自重を利用して行なう。バランスを10分、クールダウン5分。Borgの主観的運動強度14～17で、1kgずつ負荷を漸増して3セット×15レップ。静的バランス運動、動的な荷重の移行、静的荷重、直線ウォーキング、不安定なサーフェスでのウォーキング、障害物の乗り越えと回避。 RG *レッグプレス、チェストプレス、カーフ、バックエクステンション、アブドミナル、ロウイングを3セット×最大10～12レップ、中程度の速度で(短縮性局面2秒、伸張性局面3秒)。インターバル1分。 テスト/評価:椅子からの立ち上がりテスト(下肢筋力、5レップ)、バランステスト(片足立ち)、二重課題(TUG/モーター TUG:水の入ったグラスを運ぶ)。	*多要素プログラムを順守した群は、椅子からの立ち上がりテストと片足立ちテスト(支持脚右)で有意な向上を示した。片足立ちテスト(支持脚左)の時間に有意な効果が観察された。 *多要素トレーニングは、プロトコルを順守すれば効果的であり、有害事象が発生することも少ないとみられる。
Hvidら(26)、 デンマーク、 ランダム化比較研究	37名 (男性14名、 女性23名) 86.9±3.2歳 CG21名 81.6±1.1歳 EG16名 82.3±1.1歳	可動性に制限のある高齢者において、高強度PSTが、膝関節伸筋群の随意筋活動と最大歩行スピードに及ぼす影響を検証する。	EG ST:高負荷、最大負荷の70～80%で週に2回、合計24セッション。 UL:エクササイズの詳細なし。 LL:レッグプレスとプランターフレクションをそれぞれ、最大負荷の70～80%で、第1～6週は3セット×10レップ、第7～12週は3セット×8レップ。短縮性局面はできるだけ爆発的に、伸張性局面は制御して行なう。 テスト/評価:筋力(筋力計)、2分間歩行テスト、BMI、前年の転倒率、認知テスト(MEEM)。	*12週間のPST後、可動性に制限のある高齢者において随意筋活動が増加した。またこの増加は、特に随意筋活動の基準値が低い被験者において、歩行スピードの向上と強く関連していた。
Bechshøftら (4)、 デンマーク、 ランダム化比較研究	30名 除外4名 (男性16名、 女性10名) 86.9±3.2歳 EG12名 86.2±2.6歳 CG14名 87.7±3.7歳	12週間の漸進的トレーニングと対照群のプロトコルが、83歳以上の筋量と機能に及ぼす影響を調査する。	CG 朝食と昼食時に乳由来のタンパク質を摂取する(20g)。 EG *トレーニングへの導入期2週間。 *監督下でRTを12週間、週に3回、70%1RMで実施。3セット×12レップから、第10週には5セット×6レップに漸進させる。下肢に加えて上肢の運動も2つ行なう。 *朝食と昼食時に乳由来のタンパク質を摂取する(20g)。 テスト/評価:握力テスト、血圧測定。	*大腿部の筋サイズが3.4%増加した。 *等尺性筋力とパワーが10～15%増加した。 *高負荷のRTは筋量と筋力を増加させるが、機能的能力を直接向上させない。

表1 超高齢者における身体運動介入の研究(つづき)

著者、国、研究デザイン	被験者	目的	運動介入/プロトコル	主な成果と結論
Cancela-Carralら(11)、スペイン、ランダム化比較研究	36名 (男性29名、女性7名) 87.91±4.7歳 AEG(A)13名 89.83±5.29歳 A E E G (B)12名 84.92±3.4歳 J M E G (C)11名 89.0±5.43歳	椅子を利用する3つの運動プログラムが80歳以上に及ぼす効果を比較する。	*16週間、週に3回、1セッション45分。すべての運動は椅子を利用して行なう。 3群とも最初に呼吸運動を10分、最後に受動的ストレッチングを5分。 A群：抵抗ありでペダリング30分。抵抗は最初の2週間はレベル1、その後の5週間はレベル2、最後の5週間でレベル3に上げる。 B群：セラバンドレベル3(中強度)を利用。UL肩関節：フレクシオン-エクステンション(ユニラテラル)、アダクション-アブダクション(ユニラテラルとバイラテラル)。肘関節：バイラテラルフレクシオン-エクステンション。LL股関節：ユニラテラルフレクシオン、バイラテラルアブダクション、ユニラテラルアダクション。膝関節：ユニラテラルニーエクステンション(左右交互に)。足関節：ユニラテラルプランターフレクシオン。 第1週：3セット×6レップ、インターバル20秒。第2週：3セット×7レップ、インターバル20秒。第4週：3セット×8レップ、インターバル20秒。第7週：3セット×8レップ、インターバル20秒。第9週：3セット×12レップ、インターバル20秒。 C群：器具なしで能動的な関節可動性運動、上肢と下肢(3セット×2レップ)。 テスト/評価：筋力テスト(筋力計)、バランスと歩行(Tinettiテスト)、機能的自立(Barthelインデックス)、機能的可動性(TUG)。	*セラバンドを利用するプログラムだけが、筋力とバランスの有意な向上をもたらした。 *セラバンドの利用は、ペダリングや可動性運動よりも優れた選択肢である。
Choら(17)、日本、実験研究	50名(男女) 高齢者22名 78.8±2.4歳 若年高齢者20名 71.2±2.6歳 超高齢者8名 86.2±1.5歳	K o h z u k i E x e r c i s e Program (KEP) が様々な年齢(65~74歳、75~84歳、≥85歳)の身体機能とメンタルヘルスに及ぼす影響を調査する。	6ヵ月、週に3回、1セッション40分のKEP。 ウォーミングアップとストレッチングを5分。 Terasuerugo(昭和電機)を利用して下肢有酸素性運動を30分。リラクゼーションを5分。 Borgの主観的運動強度11(楽である)~13(ややきつい)の40~60% HRmaxをターゲットにする。 テスト/評価：バランスと歩行(SPPB)、心身の健康(簡易版12項目健康調査票：SF-12)、認知(MEEM)、老年期鬱病尺度(GDS)、ピッツバーグ睡眠質問票(PSQI)。	*SPPBテストにおけるバランス、歩行スピード、椅子からの立ち上がりには有意な効果がみられた。 *すべての群において主観的メンタルヘルスが向上した。 *6ヵ月のKEPは高齢者群と超高齢者群の身体機能を向上させた。 *KEP(下肢有酸素性運動)は超高齢者に特に効果的であった。プログラムの順守度は高く、社会において幅広い年齢層に適用可能である。
Aguirres(1)、ブラジル、実験研究	男性40名 EG23名 82.57±3.78歳 CG17名 82.88±2.23歳	身体運動プログラムが80歳代の女性の機能的自律性に及ぼす影響を評価する。	*28週間 サーキット(有酸素性運動+レジスタンス運動) *7ステーション、各ステーションでインターバル20秒、どの運動も自重とマシンを利用して行なう。 1：5分(ウォーキングシミュレーター) 2：レジスタンス 3：5分(スキーシミュレーター) 4：レジスタンス 5：5分(ウォーキングシミュレーター) 6：レジスタンス 7：5分(ウォーキングシミュレーター) *テスト/評価：機能的評価(Rikli & Jones, 1999~2002)	*上肢の筋力が増加した(介入前は13.0±3.41回、介入後は15.09±3.6回)。 *機能的自律性の維持。

1RM=1回最大挙上重量、AEEG=有酸素性持久系運動群、AEG=有酸素性運動群、AT=有酸素性トレーニング、BMI=体格指数、BT=バランストレーニング、CG=対照群、CMJ=カウンタームーブメントジャンプ、EG=運動群、HRmax=最大心拍数、JMEG=関節可動性運動群、LL=下肢、ME=多要素運動、MG=多要素運動群、MHC=ミオシン重鎖、MRI=磁気共鳴映像、PRT=漸進的レジスタンストレーニング、PST=漸進的ストレングストレーニング、RE=レジスタンス運動、RG=レジスタンス運動群、RT=レジスタンストレーニング、ST=ストレングストレーニング、TUG=タイムアップアンドゴーテスト、UL=上肢、VO<sub>2</sub>peak=ピーク酸素摂取量

## 研究の特性

研究デザインについては、採用した研究のうち14件はランダム化臨床試験であり(2,4,8,10,11,15,26,30,41,43-46)、6件は実験研究であった(1,17,50,56,59)。実施国は、5件がスペイン(8,11,44,46)、5件がデンマーク(4,15,26,30,41)、3件がブラジル(1-3)、5件が米国(10,22,50,56,59)、1件がニュージーランド(43)、1件が日本(17)であった。

20件の文献からデータ(被験者数、性別、平均年齢)を抽出した。介入、測定ツール、被験者の性別、その他データ統合に影響する可能性のある事実について、20件の文献は一様ではなかった。

被験者数については、10名以下の研究は4件(17,22,50,59)だけであり、22～50名が9件(1,4,8,11,15,26,30,44,56)、

51～116名が5件(2,3,41,45,46)、117名以上が2件(10,43)であった。合計すると超高齢者853名、女性590名、男性229名が含まれていた。性別が報告されていない研究が2件あった(8,17)。5件(1,10,15,41,59)は女性のみを被験者とし、3件(4,46,50)は男性のみを被験者としていた。

## 研究の方法論的質

採用した研究の方法論的質(表2)は、9件(2,4,8,11,15,43,45)が良、5件(1,26,30,41,56)が可、6件(10,17,22,46,50,59)が不良に分類された。報告領域では、項目5で得点した研究が1件もなく、項目8で得点した研究も5件(41,43,45,50)だけであった。一方、外的妥当性の領域では8件(10,17,22,30,41,43,50,59)の研究が3つの項目のどれにも得点できなかった。

さらに交絡変数領域では、19件(1-4,8,10,11,15,17,22,26,30,41,43,44,46,50,56,59)が項目24または25で得点できなかった。しかし5件(2,4,8,43)は5項目で得点し、1件(45)は6項目のすべてで得点した。検出力の領域で得点できなかった研究は1件(46)だけであった。

## 介入プロトコルの特性

採用した研究のうち、19件(1-3,8,10,11,15,17,22,26,30,33,39,41,43,46,59)がストレングストレーニングプログラムを利用しており、6件(4,22,26,43,50,59)が漸進的レジスタンストレーニング、4件(15,22,26,30)が爆発的筋力の検証を行っていた。

9件(1,8,10,11,17,41,44,46)はストレングストレーニングに加えて、有酸素性トレーニング(1,11,17,41,44,46)、バ

表2 Downs & Blackのチェックリストによる方法論的質のスコア

研究	報告										外的妥当性			内的妥当性(バイアス)						交絡変数(選択バイアス)						検出力	合計	質	
	1	2	3	4	5 <sup>a</sup>	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				26
Fiataroneら(22)	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	10	不良	
Campbellら(10)	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	14	不良
Puggaardら(41)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	17	可
Vaitkeviciusら(56)	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	17	可
Rosie & Taylor(43)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	22	良
Kryger & Andersen(30)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	16	可
Caserottiら(15)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	20	良
Slivkaら(50)	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	11	不良
Rexachら(46)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	14	不良
Williamsonら(59)	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	13	不良
Rexachら(45)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23	良
Cadoreら(8)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	23	良
Ruizら(44)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	20	良
Hvidら(26)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	17	可
Ansai & Rebellato(3)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	21	良
Ansaiら(2)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	20	良
Bechshøftら(4)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	20	良
Carralら(11)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	20	良
Choら(17)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	14	不良
Aguirresら(1)	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	18	可

5<sup>a</sup>は0～2ポイントの3段階評価。

ランス(10,41,43)、柔軟性(8,10,41)、呼吸(11)、関節可動性(11,45)エクササイズを利用して。3件(2,3,8)は多要素運動トレーニングを適用していた。1件(11)は、3つのトレーニングプログラム(有酸素性、ストレングス、関節可動性)を実施していた。有酸素性トレーニングだけを実施した研究は1件(56)だけであった。

トレーニングプロトコルの継続期間は6週間～24ヵ月であった。4件(22,43,45,46)は8週間未満であり、6ヵ月以上の研究は6件(1,10,17,41,44,56)であった。大多数の研究(2,4,8,11,15,26,30,50,59)の介入期間は12～16週間であった。

介入頻度は週に2～3回、各セッションの持続時間は20分～1時間であった。10件(4,8,10,15,22,30,40,45,46,50)は、ストレングストレーニングの負荷の測定に1RMテストを利用しており、トレーニングへの導入期には30～50%1RM、特異的なトレーニング期には60～80%1RMを利用して。2件(26,59)の臨床試験は、介入期間を通して70～80%1RMを利用して。2件(1,43)は、プロトコルの負荷/強度を定量化していなかった。ストレングストレーニングを含む研究(4,8,10,15,30,44-46)では、トレーニング量は8～12レップ×1～3セットであった。

採用した文献のうち、9件(1-4,8,11,30,40,44)は上肢と下肢のストレングスエクササイズを含んでおり、8件(10,15,17,22,26,43,50,59)は下肢のストレングスエクササイズだけを含んでいた。2件(41,56)は、プロトコルに体力(有酸素性持久力、筋持久力、柔軟性、バランス)の検証を含んでいたが、実施したエクササイズのタイプが明らかにされていない。最も多く利用されたトレーニング機器はリストウエイト(ダンベル)とアンクルウエイトであり、続いてレジスタンスマシーン(レッグプレス)とエラスティックバンドであった。

2件(41,56)は、有酸素性トレーニングのモニタリングに心拍モニターを利用し、予備心拍数の69～80%の強度で運動を実施させた。5件(2,3,17,45,46)はBorgの主観的運動強度を利用して、強度11～17で実施させた。20件すべてで、トレーニングセッションに1名のインストラクターが立ち会った。ただし、初回セッションは対面でモニタリングを実施したが、導入後は、電話やオンラインでトレーニングシートを利用してモニタリングを行なったという報告が2件ある(10,43)。トレーニングの順守は20件全体で55～100%にわたり、3件(2,3,46)は痛みや筋疲労などの逆効果を報告した。ある研究では、トレーニング開始時に一時的な腰背部痛が報告された(45)。また別の研究では、骨粗鬆症歴のある被験者の骨折が報告された(4)。しかし大多数の研究では、トレーニングの脱落は被験者の既往歴と関連していた。

## プロトコルの結果

### 筋力

運動が筋力変数に及ぼす効果を評価した研究のうち、17件は筋力、筋パワー、筋量、筋肥大、筋機能、身体組成、バランス、転倒率、歩行スピードに有意な変化を見出し(1,2,4,8,10,11,15,17,22,26,30,41,43-45,50,59)、そのような成果を報告しなかった研究は1件だけであった(46)。

筋力と筋肥大にポジティブな影響をもたらしたプロトコルは、高負荷レジスタンストレーニングや爆発的ストレングストレーニング(70～80%1RM)(26,32)、低強度から高強度への漸進的ストレングストレーニング(30～80%1RM)(22,23,34,44,49,50,52)、同じく低強度から中強度への漸進的ストレングストレーニング(30～60%1RM)(4,41)を利用して。トレーニング量は8～12レップ×1～3セットで、1セッション20分

～1時間を週に2～3回実施していた(1,2,4,8,10,11,15,17,22,26,30,41,43-45,50,59)。最も多く利用されていたトレーニング機器は、リストウエイト(ダンベル)とアンクルウエイトであり、続いてレジスタンスマシーン(レッグプレス)、エラスティックバンドであった。

2件(15,26)は口頭による励ましを利用し、短縮性局面の爆発的動作と伸張性局面の遅い動作を強調した。そのうちの1件(26)は、漸進的負荷を利用して爆発的トレーニングを実施した結果、高齢者、特に随意筋の活動レベルが低い高齢者において歩行スピードが向上したことを報告した。

分析する必要のあるもうひとつの重要な発見は、5件の臨床試験において、ストレングストレーニング中止後に超高齢者にディトレーニングが観察されたことである(2,3,22,44,45)。そのうち2件(22,44)は4週間で筋力の低下を報告している。1件(22)は最大筋力の32%が失われたこと、もう1件(44)はトレーニングの中止によって1RMが6.4kg低下したことを報告している。

### 有酸素性持久力

有酸素性持久力は8件の研究に含まれており(1,11,17,41,44-46,56)、トレーニング強度は、 $\leq 69\% \dot{V}O_{2max}$ (最大酸素摂取量)または $\leq 80\% HR_{max}$ (最大心拍数)であった。3件では身体機能とメンタルヘルスに有意な向上が観察された(17,41,56)。1件(56)では、トレッドミルによる中強度の有酸素性エクササイズを週に2～3回、1回20～30分で6ヵ月実施した結果、 $\dot{V}O_{2peak}$ (ピーク酸素摂取量)が向上した。他の研究では心血管抵抗に関する結果は報告されていない。ディトレーニングについては1件(41)で、有酸素性エクササイズを1年間実施しないと高齢者の体格指数(BMI)が増加したことが報告されている。

## 転倒率

介入が超高齢者の転倒に及ぼす影響を調査した研究は4件である(2,8,10,45)。4件とも運動プロトコルとの関連において転倒リスクを評価している。3件(2,8,10)はバランススケールを利用し、足のポジションを変えて(タンデム、セミタンデム、シングルレッグなど)このリスクを評価した。残りの1件(45)は、8週間の運動介入後に機能的な能力と転倒数を評価した。その結果、中強度の身体トレーニングは短期間であっても、筋力を増加させて転倒リスクを低下させることが判明した。

## バランス

介入にバランストレーニングを含めた研究は4件であるが(10,11,41,43)、バランス関連の結果を報告したものは2件だけである(11,43)。1件(43)は、Bergバランススケールを利用してバランスを評価した結果、6週間にわたってポジティブな影響が観察された。もう1件(11)は、介入群を椅子に座らせてエラスティックバンドエクササイズを実施させるTinettiテストを実施した。その結果、16週間の介入後にバランスの有意な向上が観察された。90歳代を対象に多要素運動トレーニングを評価した研究もある(8)。その結果、対照群は歩行能力の低下を示したが、介入群はバランスの有意な向上を示した。

## その他の成果

80代にサーキットトレーニング(有酸素性エクササイズとレジスタンスエクササイズ)を実施すると、上肢の筋力が増加し、機能的自律性が維持された(1)。また、低強度あるいは中強度のエクササイズは、超高齢者の認知に有意な影響を及ぼさなかった(44)。さらに、レジスタンストレーニング群と多要素運動トレーニング群では、認知と抑鬱症状への影響に有意差が見出されな

かった(3)。ただし、後者はトレーニングの順守度が高かった。

エラスティックバンドを利用するプログラムを実施すると、超高齢者の筋力とバランスが有意に向上した(11)。また、多要素運動トレーニングを実施した研究(2,8)とホームエクササイズを行なわせた研究(10,41)では、筋力、筋肥大、パワーパフォーマンスが増加し、脂肪浸潤が抑制され、機能的パフォーマンスが向上した。

## 考察

この系統的レビューの目的は、超高齢者の身体運動プロトコル(トレーニングの様式、強度、頻度、持続時間)に関する科学的エビデンスを統合することであった。社会疫学的研究によると、身体活動レベルの低さは高齢者の主な特性のひとつである(10,65)。したがって、80歳以上では筋力と筋量の漸進的低下が50%にも達する可能性がある(44)。さらに、そのような低下は神経構造や筋骨格構造を長く利用している高齢者ほど激しく(45)、サルコペニアや身体的フレイルが発生する(5-7)。そこで、高齢者の運動プログラムにはストレングストレーニングを含めることが重要になる(46)。

そのため、大多数の研究がストレングスプロトコルを調査しており、超高齢者に関して最も研究されているトレーニング様式は、レジスタンストレーニングであることを示唆している。超高齢者の筋量、筋肥大、パワー、筋力を向上させるには、ウェイトの挙上やレジスタンスバンドエクササイズなどを行なうストレングスプログラムにおいて、特異的な外的負荷を計画的かつ漸進的に利用することが特に有効である。

本稿で採用した研究では、漸進的なストレングストレーニングのポジティブな効果も報告されている(4,10,22,26,30,43-45,50,59)。このタイ

プのトレーニングは日常生活活動を行なう上で不可欠であり、超高齢者の自立を促進することが確認されている(5,23)。さらに、ストレングストレーニングはサルコペニアなどの加齢に伴う負の影響の抑制にも有効であり(31,61)、筋力、筋機能、筋量の向上に貢献する(18)。ストレングストレーニングは、フレイル(24,58)、転倒(16,25)、死亡(28,33)のリスクを回避することにも役立つ。

本稿のレビューによって、爆発的負荷を利用する高強度介入プロトコル(70~80% 1RM)は、低~中強度の負荷を利用する運動プロトコル(30~60% 1RM)と比べると、歩行スピードの向上、転倒率の低下、身体組成、パワー、身体機能の向上に有効であることが判明した(26,32)。これに関連して、フレイルの高齢者を対象とする研究において、中強度または高強度のストレングストレーニング(70~80% 1RM)も提案されている(8)。この提案に沿って、フレイルとプレフレイルの高齢者に、低強度(50% 1RM)または高強度(87~93% 1RM)のストレングストレーニングを10週間実施した研究がある(37)。その結果、高強度トレーニングは低強度トレーニングよりも優れた結果を示し、3つの筋群の1RMが有意に向上した。高強度トレーニングプログラムは高齢者にとって効果的であり、耐性もあることが示されている(26,59)。しかし本稿のレビューに従うと、低強度から開始して中強度や高強度に漸進することが、筋力や筋パワーの顕著な増大を促す神経系の適応と形態的適応にとって最も適切な方策であると考えられる(10,15,22,30,43,50,59)。

本稿によるもうひとつの発見は、プレフレイルやフレイルの超高齢者(47)、あるいはほとんど動かない生活を送る超高齢者(47)に対しては、トレーニングの導入を促進するために(23)、ストレングストレーニングを漸

進的に実施する必要があることである。したがって、レジスタンストレーニングを実施する場合、導入期は低強度(30~40% 1RM)で開始し、徐々に中強度(60~70% 1RM)に進め、特異的なトレーニング期に高強度(80% 1RM)に達するように処方する必要がある。ただし、トレーニングプログラムの期分けや構築を行なうには、身体能力を評価することが重要である。例えば、採用した文献で最も多く利用されていた評価方法は1RMテストであり、% 1RMを利用して強度を制御する上で非常に重要であると考えられる。頻繁に利用されていたその他の方法として、握力計による握力測定、簡易身体能力バッテリー(SPPB)、Rikli&Jonesテストバッテリー(1993-2013)(42)、Bergバランススケール、TUGテスト(タイムアップアンドゴーテスト、二重課題)、Barthelインデックスがある。

WHOは、高齢者の体力の維持に多要素運動プログラム(筋力、持久力、柔軟性、バランス)を推奨している(61)。Capanemaら(13)も、超高齢者の介入プログラムでは、複数の体力構成要素(柔軟性、筋力、パワー、呼吸、有酸素性、アジリティ、関節可動性、バランス)を適切に処方することを勧めている。これは、転倒や傷害、下肢の弱さ、不安定な歩行、バランス、認知的低下と機能的低下に関連するリスク因子を低減させるとともに、自立度を保ち、筋力と可動性を向上させ、日常生活活動の実行を維持または向上させることに役立つ(1-4,8,10,11,15,17,22,26,30,41,43-46,50,56,59)。

80~85歳の体重1kg当たりの1分間の $\dot{V}O_{2max}$ は15mLまで低下する可能性があるが(48)、定期的な有酸素性運動は心肺能力の低下も抑制する。この効果は、有酸素性エネルギー機構と大筋群の筋量に焦点を置く中強度( $\leq 69\% \dot{V}O_{2max}$ または $\leq 80\% HR_{max}$ )の動的エクササイズ(早歩き、バイク)に

おいて顕著である(17,41,56)。

諸研究の結果を統合すると、理想的なレジスタンストレーニングは、週に2~5回、セッションの持続時間は20~60分、6~12レップ×2~3セット、強度50~80% 1RM(導入期は50%から開始する)であると考えられる。ただし、生物学的個別性を重視して、負荷の漸進に常に気を配る必要がある。

プロトコル実施中は有資格の専門職による監督が重要であることも明らかになった。これは、高齢者に自分の体力レベルを自覚させ、トレーニングの安全と効果の点から適切な運動処方(強度、持続時間、頻度)を意識させることに役立つ(13)。Storeら(51)は12週間にわたって、17名の被験者には1名のインストラクターの監督によってトレーニングを行なわせ、もう17名の被験者には監督なしでトレーニングを行なわせた。その結果、監督群では除脂肪体重量が1.2kg増加したが、非監督群では変化がみられなかった。

監督による運動プロトコルは、バランス(10,41,43)、柔軟性(8,10,41)、呼吸能(11)、関節可動性(45,56)など、その他の生理学的構成要素も向上させた。また、機能制限に関するパフォーマンステスト(椅子からの立ち上がり、二重課題、バランス)、歩行スピード、筋力、パワーパフォーマンスの向上、および筋内脂肪浸潤や転倒率の低下にも効果的であった。これらの結果は、本稿で取り上げた3件の研究が利用していた多要素トレーニングプロトコルにおいて特に顕著であった(2,3,8)。

超高齢者のトレーニング順守は、本稿で採用した文献では良好であった。Ansaiら(2)によると、専門職によるモニタリングはプログラムの順守を促す。また、運動中の音楽の利用も効果的であると考えられる。

#### 方法論的質

本稿で採用した諸研究の方法論的質

は、不良、可、良であり、優は1件もなかった。チェックリスト(21)には特に注目すべき項目がいくつか存在する。まず、報告領域の項目5でスコアを得た文献は1件もなかった。また、項目8でスコアを得た文献は5件(41,43-45,50)だけであり、介入による悪影響を測定する試みの少なさを示している。したがって、対照群における主な交絡因子や、研究中に発生した重大な有害事象を開示している研究はほとんどなかった。

外的妥当性領域については、半数以上の文献(4,10,17,22,26,30,41,43-45,50,59)が全3項目でスコアを得ていない、または1項目しか得ていない。外的妥当性とは、研究結果の適用可能性、すなわち一般化の可能性の程度を示す。したがって、研究デザインにおいてこの領域はきわめて重要であり、研究者は「これらの結果は私の被験者/患者に適用可能か」と自問しなければならぬ。

内的妥当性は、研究計画と実施の質によって決定される。バイアスを評価する最初の3項目(項目14~16)で、10件(1,11,15,22,26,30,41,50,56,59)がスコアを得られなかった。しかし16件(1-4,8,11,15,22,26,30,43-45,50,56,59)は、後半の3項目(項目18~20)でスコアを得た。さらに、臨床研究の実用性という点から考えると、内的妥当性は必要条件ではあるが十分条件ではない。

#### 限界と長所

本稿レビューの限界として、超高齢者に対する有酸素性トレーニングプログラムの効果に関する研究が少ないことが挙げられる。このタイプの運動を一次目標として実施した研究は2件しかなく(41,56)、別のトレーニング様式と組み合わせて調査した研究は6件あるが結果が報告されていない(1,11,17,44-46)。有酸素性トレーニングは、超高齢者の加齢に伴う体力の

低下に対してポジティブな影響を示しており、今後、調査を進める必要がある(48)。

本稿のレビューの長所は、研究の発表時期を限定しなかったことである。これによって電子データベースの包括的な検索が可能になり、この分野のデータを完全に統合することができた。もうひとつの長所は、採用した文献の方法論的質を厳格に評価したことである。そのため、半数以上の文献の方法論的質が良または可となった。

### 現場への応用

平均余命が伸びるにつれて、超高齢者のための特異的なトレーニングプログラムなどの、計画的な方策を実施することが不可欠になった。そこで、本稿の系統的レビューでは諸文献のエビデンスを統合して、長命者のための身体トレーニング方策に関する情報を提供した。さらに、機能的能力と身体スキル(筋力、パワー、有酸素性持久力、柔軟性、アジリティ、関節可動性)の向上、転倒率の低下、生活の質に及ぼす利点について、洞察に満ちたデータも提供した。

本稿で採用した大多数の研究は、介入としてストレングストレーニングを利用していた。そのエビデンスに従うと、週に2~3回、8~12レップ×1~3セットを実施することが望ましい。セッションの持続時間は20分~1時間である。トレーニング強度については、導入期は低強度(30~50% 1RM)から始めて、徐々に中強度(60~70% 1RM)へ進み、特異的なトレーニング期には高強度(80% 1RM)に達することを目指す。高強度トレーニングは長命者にプラスの効果をもたらすが、このタイプのトレーニング処方や実施では、インストラクター(有資格の専門職)が注意して、個人の生物学的個別性に配慮する必要がある。安全と順守を確保するには、トレーニングのフォ

ローアップと漸進が重要である。これが、筋力の増加にポジティブな影響を与え、結果として、長命者に多い体力の低下やサルコペニアを抑制するであろう。

トレーニングプロトコルの期分けや構築を行なうには、身体能力の評価が重要であった。例えば、採用した文献で最も多く利用されていた評価方法は1RMテストであり、% 1RMによって強度を制御する上で非常に重要であると考えられる。頻繁に利用されていたその他の方法としては、握力計による握力測定、Bergバランススケール、TUGテスト(タイムアップアンドゴーテスト、二重課題)、Barthelインデックスがある。大多数の研究では、アンクルウェイトを利用してニーフレクションやエクステンションなどが実施されていた。下肢のエクササイズには、レジスタンスマシーン(レッグプレス)、スクワット、エラスティックバンド、足関節の底屈と背屈などのバリエーションも含まれていた。

有酸素性運動については、身体機能とメンタルヘルスへの有意な影響がみられた。採用した文献において、最も多く実施されていた運動はウォーキングとサイクリングであった。週に2~3回、持続時間20~30分で、心拍モニターを利用して中強度( $\leq 69\% \dot{V}O_2\max$ または $\leq 80\% HR\max$ )で実施されていた。長命者のための身体運動プロトコルとして、多要素運動トレーニングとサーキットトレーニング(有酸素性エクササイズとストレングスエクササイズ)は、筋力、筋パワー、筋肥大を増大させ、筋内脂肪浸潤を抑制することが確認された。また、機能的パフォーマンスも向上させた。表1に、採用した文献で実施された介入をまとめた。

最後に、今後の研究では、有資格の専門職が介入プロトコルを監視して、クライアントの身体能力を評価し、実施

する身体運動のレベル(頻度、インターバル、持続時間)とタイプを決定すべきである。このようなアプローチは、介入プログラムによる身体運動を続ける意欲を長命者に与えるであろう。◆

### 謝辞

ブラジル国家科学技術開発審議会(CNPq)、ブラジル高等教育評価支援機構(CAPES)、サンタカタリーナ州立大学スカラシッププログラム(UNIEDU)に感謝する。

### References

1. Aguirres L, Furtado H, Venturini GR, et al. Effects of Rio de Janeiro Ar Livre program on the autonomy of octogenarian elderly women. *Motricidade* 14: 57-65, 2018.
2. Ansai JH, Aurichio TR, Goncalves R, Rebelatto JR. Effects of two physical exercise protocols on physical performance related to falls in the oldest old: A randomized controlled trial. *Geriatr Gerontol Int* 16: 492-499, 2016.
3. Ansai JH, Rebelatto JR. Effect of two physical exercise protocols on cognition and depressive symptoms in oldest-old people: A randomized controlled trial. *Geriatr Gerontol Int* 15: 1127-1134, 2015.
4. Bechshøft RL, Malmgaard-Clausen NM, Gliese B, et al. Improved skeletal muscle mass and strength after heavy strength training in very old individuals. *Exp Gerontol* 92: 96-105, 2017.
5. Borde R, Hortobágyi T, Granacher U. Dose-response relationships of resistance training in healthy old adults: A systematic review and metaanalysis. *Sports Med* 45: 1693-1720, 2015.
6. Bortoluzzi E, Doring M, Portella M, et al. Prevalence and factors associated with functional dependence in the oldest old. *Rev Bras Ativ Fis Saúde* 22: 85-94, 2017.
7. Byrne C, Faure C, Keene DJ, Lamb SE. Ageing, muscle power and physical function: A systematic review and implications for pragmatic training interventions. *Sports Med* 46: 1311-1332, 2016.
8. Cadore EL, Casas-Herrero A, Zambom-Ferraresi F, et al. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age (Dordr)* 36: 773-785, 2014.

9. Cadore EL, Sáez de Asteasu ML, Izquierdo M. Multicomponent exercise and the hallmarks of frailty: Considerations on cognitive impairment and acute hospitalization. *Exp Gerontol* 122: 10–14, 2019.
10. Campbell AJ, Robertson MC, Gardner MM, et al. Randomised controlled trial of a general practice programme of home based exercise to prevent falls in elderly women. *BMJ* 315: 1065–1069, 1997.
11. Cancela Carral JM, Pallin E, Orbegozo A, et al. Effects of three different chair-based exercise programs on people older than 80 years. *Rejuvenation Res* 20: 411–419, 2017.
12. Canepari M, Pellegrino MA, D'Antona G, et al. Single muscle fiber properties in aging and disuse. *Scand J Med Sci Sports* 20: 10–19, 2010.
13. Capanema BSV, Fank F, Mazo GZ. Prescrição de orientação de atividade física para idosos longevos. In: Editora V, ed, 2021. pp. 1154–1178. Available at: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/edicao/detalhes/e-book-vii-cieh?page57>. Accessed: September 14, 2021.
14. Casas-Herrero A, Cadore EL, Zambom-Ferraresi F, et al. Functional capacity, muscle fat infiltration, power output, and cognitive impairment in institutionalized frail oldest old. *Rejuvenation Res* 16: 396–403, 2013.
15. Caserotti P, Aagaard P, Larsen JB, Puggaard L. Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: Changes in rapid muscle force, strength and power. *Scand J Med Sci Sports* 18: 773–782, 2008.
16. Cheng P, Tan L, Ning P, et al. Comparative effectiveness of published interventions for elderly fall prevention: A systematic review and network metaanalysis in J environ. *Res PublicHealth* 15: 498, 2018.
17. Cho C, Han C, Sung M, et al. Six-month lower limb aerobic exercise improves physical function in young-old, old-old, and oldest-old adults. *Tohoku J Exp Med* 242: 251–257, 2017.
18. Churchward-Venne TA, Tieland M, Verdijk LB, et al. There are No nonresponders to resistancetype exercise training in older men and women. *J Am Med Dir Assoc* 16: 400–411, 2015.
19. Clark BC. Neuromuscular changes with aging and sarcopenia. *J Frailty Aging* 8: 7–9, 2019.
20. Da Silva VD, Tribess S, Meneguci J, et al. Association between frailty and the combination of physical activity level and sedentary behavior in older adults. *BMC Public Health* 19: 709, 2019.
21. Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *J Epidemiol Community Health* 52: 377–384, 1998.
22. Fiatarone MA, Markes EC, Ryan ND, et al. Highintensity strength training nonagenarians. *JAMA* 263: 3029, 1999.
23. Fragala MS, Cadore EL, Dorgo S, et al. Resistance training for older adults. *J Strength Cond Res* 33: 2019–2052, 2019.
24. Haider S, Grabovac I, Dorner TE. Effects of physical activity interventions in frail and prefrail community-dwelling people on frailty status, muscle strength, physical performance and muscle mass—A narrative review. *Wien Klin Wochenschr* 131: 244–254, 2019.
25. Hill KD, Hunter SW, Batchelor FA, Cavalheri V, Burton E. Individualized home-based exercise programs for older people to reduce falls and improve physical performance: A systematic review and meta-analysis. *Maturitas* 82: 72–84, 2015.
26. Hvid LG, Strotmeyer ES, Skjødt M, et al. Voluntary muscle activation improves with power training and is associated with changes in gait speed in mobility-limited older adults—A randomized controlled trial. *Exp Gerontol* 80: 51–56, 2016.
27. Jorge MSG, Lima WG, Vieira PR, et al. Social and demographic profile, health conditions, and social conditions of over-eight y elderly people. *Rev Saúde Pesq* 10: 61–73, 2017.
28. Kraschnewski JL, Sciamanna CN, Poger JM, et al. Is strength training associated with mortality benefits? A 15 year cohort study of US older adults. *Prev Med* 87: 121–127, 2016.
29. Krug RR, Schneider IJC, Giehl MWC, et al. Sociodemographic, behavioral, and health factors associated with positive self-perceived health of long-lived elderly residents in Florianópolis, Santa Catarina, Brazil. *Rev Bras Epidemiol* 21, 2018.
30. Kryger AI, Andersen JL. Resistance training in the oldest old: Consequences for muscle strength, fiber types, fiber size, and MHC isoforms. *Scand J Med Sci Sports* 17: 422–430, 2007.
31. Landi F, Marzetti E, Martone AM, Bernabei R, Onder G. Exercise as a remedy for sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 17: 25–31, 2014.
32. Lenardt MH, Carneiro NHK. Association between socio-demographic characteristics and the functional ability of very elderly persons in the community. *Cogitare Enferm* 18: 13–20, 2013.
33. Li R, Xia J, Zhang XI, et al. Associations of muscle mass and strength with all-cause mortality among US older adults. *Med Sci Sports Exerc* 50: 458–467, 2018.
34. Liang Y, Wang R, Jiang J, et al. A randomized controlled trial of resistance and balance exercise for sarcopenic patients aged 80–99 years. *Sci Rep* 10: 18756, 2020.
35. Liberalesso TEM, Dallazen F, Bandeira VAC, et al. Prevalence of frailty in a long-lived population in the Southern region of Brazil. *Saúde Em Debate* 41: 553–562, 2017.
36. Lopez P, Pinto RS, Radaelli R, et al. Benefits of resistance training in physically frail elderly: A systematic review. *Aging Clin Exp Res* 30: 889–899, 2018.
37. Mierzwicki JT, Fox MA, Griffith KR, et al. Comparison of high-intensity resistance and power training programs in pre-frail and frail older adults. *Phys Occup Ther Geriatr* 38: 271–282, 2020.
38. Orssatto LBDR, Wiest MJ, Diefenthaler F. Neural and musculotendinous mechanisms underpinning age-related force reductions. *Mech Ageing Dev* 175: 17–23, 2018.
39. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, et al. Rayyan—A web and mobile app for systematic reviews. *Syst Rev* 5: 1–10, 2016.
40. Porciúncula RCR, Carvalho EF, Barreto KML, et al. Socio-epidemiological profile and autonomy of elderly in the city of Recife, Northeastern Brazil. *Rev Bras Geriatria Gerontol* 17: 315–325, 2014.
41. Puggard L, Larsen JB, Ebbesen E, et al. Body composition in 85 year-old women: Effects of increased physical activity. *Aging Clin Exp Res* 11: 307–315, 2019.
42. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later Years. *Gerontologist* 53: 255–267, 2013.
43. Rosie J, Taylor D. Sit-to-stand as home exercise for mobility-limited adults over 80 years of age GrandStand System™ may keep you standing? *Age Ageing* 36: 555–562, 2007.
44. Ruiz JR, Gil-Bea F, Bustamante-Ara N, et al. Resistance training does not have an effect on cognition or related serum biomarkers in nonagenarians: A randomized controlled trial. *Int J Sports Med* 36: 54–60, 2015.
45. Serra-Rexach JA, Bustamante-Ara N, Hierro Villarán M, et al. Short-term, light-

- to moderate intensity exercise training improves leg muscle strength in the oldest old: A randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 59: 594–602, 2011.
46. Serra-Rexach JAS, Ruiz JR, Bustamante-Ara N, et al. Health enhancing strength training in nonagenarians (STRONG): Rationale, design and methods. *BMC Public Health* 9: 152, 2009.
47. Sharma PK, Reddy BM, Ganguly E. Frailty syndrome among oldest old individuals, aged ≥80 years: Prevalence & correlates. *J Frailty Sarcopenia Falls* 5: 92–101, 2020.
48. Shephard RJ. Maximal oxygen intake and independence in old age. *Br J Sports Med* 43: 342–346, 2008.
49. Silva RB, Aldoradin-Cabeza H, Eslick GD, Phu S, Duque G. The effect of physical exercise on frail older persons: A systematic review. *J Frailty Aging* 6: 91–96, 2017.
50. Slivka D, Raue U, Hollon C, Minchev K, Trappe S. Single muscle fiber adaptations to resistance training in old (80 yr) men: Evidence for limited skeletal muscle plasticity. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 295: R273–R280, 2008.
51. Storer TW, Dolezal BA, Berenc MN, Timmins JE, Cooper CB. Effect of supervised, periodized exercise training vs. self-directed training on lean body mass and other fitness variables in health club members. *J Strength Cond Res* 28: 1995–2006, 2014.
52. Tavares DS, Oliveira NGN, Marchioli GF, et al. Reduction of handgrip strength among the oldest old. *Acta Fisioterapia* 27: 4–10, 2020.
53. Undheim MB, Cosgrave C, King E, et al. Isokinetic muscle strength and readiness to return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: Is there an association? A systematic review and a protocol recommendation. *Br J Sports Med* 49: 1305–1310, 2015.
54. United Nations Department of Economic and Social Affairs. *World Population Prospects 2019*. Available at: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>. Accessed: May 14, 2021.
55. Vagetti GC, Barbosa Filho VC, Moreira NB, et al. The prevalence and correlates of meeting the current physical activity for health guidelines in older people: A cross-sectional study in Brazilian women. *Arch Gerontol Geriatr* 56: 492–500, 2013.
56. Vaitkevicius PV, Ebersold C, Shah MS, et al. Effects of aerobic exercise training in community-based subjects aged 80 and older: A pilot study. *J Am Geriatr Soc* 50: 2009–2013, 2002.
57. Valenzuela PL, Castillo-García A, Morales JS, et al. Physical exercise in the oldest old. *Compr Physiol* 9: 1281–1304, 2019.
58. Vlietstra L, Hendrickx W, Waters DL. Exercise interventions in healthy older adults with sarcopenia: A systematic review and meta-analysis. *Australas J Ageing* 37: 169–183, 2018.
59. Williamson DL, Raue U, Slivka DR, Trappe S. Resistance exercise, skeletal muscle FOXO3A, and 85-year-old women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 65: 335–343, 2010.
60. World Health Organization. *World Population Prospects 2019: Highlights*, 2019. Available at: [https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_Highlights](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights). Accessed: June 19, 2021.
61. World Health Organization. *Physical Activity and Sedentary Behaviour. Recommendations: Old Adults*, 2020. pp. 43–46.
62. Yoo SZ, No MH, Heo JW, et al. Role of exercise in age-related sarcopenia. *J Exerc Rehabil* 14: 551–558, 2018.
63. Zanin C, Jorge MSG, Knob B, et al. Handgrip strength in elderly: An integrative review. *Pan Am J Aging Res* 6: 22–28, 2018.

From Strength and Conditioning Journal  
Volume 44, Number 6, pages 94-115.

## 著者紹介



**Bruna da Silva Vieira Capanema :**  
理学修士であり、Santa Catarina State Universityの博士課程の学生。



**Pedro Silvelo Franco :**  
理学修士であり、Santa Catarina State Universityの博士課程の学生。



**Priscila Rodrigues Gil :**  
Santa Catarina State Universityの修士課程の学生。



**Giovana Zarpellon Mazo :**  
Santa Catarina State Universityの博士課程教員。