

4. 運動器の機能向上分科会 サマリー

慶應義塾大学医学部衛生学公衆衛生学
西脇祐司

4.1 分科会構成委員

安藤大輔	防衛大学校体育学教育室 助教
種田行男	中京大学生命システム工学部 教授
小熊祐子	慶應義塾大学スポーツ医学研究センター 准教授
小野 玲	神戸大学大学院保健学研究科 助教
北畠義典	(財) 明治安田厚生事業団体力医学研究所 副主任研究員
田中喜代次	筑波大学人間総合科学研究科スポーツ医学 教授
西脇祐司	慶應義塾大学衛生学公衆衛生学 准教授
道川武紘	慶應義塾大学衛生学公衆衛生学
宮地元彦	国立健康・栄養研究所 健康増進プログラム 運動ガイドラインプロジェクト プロジェクトリーダー
柳田昌彦	同志社大学スポーツ健康科学部 教授
吉村公雄	慶應義塾大学医療政策・管理学 講師
協力者	
桑原絵里	加慶應義塾大学衛生学公衆衛生学
山田睦子	慶應義塾大学衛生学公衆衛生学

4.2 はじめに

平成 18 年、高齢者が要介護状態になること並びに、すでに軽度な要介護状態にある高齢者が重度な要介護状態になることの予防を目的として介護予防事業が導入された。運動器の機能向上プログラムはその柱の一つと位置付けられている。高齢者の自立や生活機能の改善に運動器の機能向上が重要であることに関しては、これまでも指摘されてきたところであるが、ここでは公表された文献を包括的に収集し、系統的な分析を行うことによって、さらなる介護予防事業の進展に寄与することを目的とした。

4.3 方法

4.3.1 文献検索の方針、文献収集の基本的考え方

本分科会では、高齢者への「運動」介入が以下のアウトカム改善に効果があるか否かを検証することとした。

もっとも重要なアウトカムとしては、各分科会共通のアウトカムとした。さらに二次的なアウトカムとして、分科会固有のアウトカムを設けた。これは、検討会の報告書「介護予防の推進に向けた運動器疾患対策について」において骨折予防や膝痛・腰痛対策に着目したプログラムの重要性が指摘されていること、骨折の原因としての転倒予防が危急の課題であること、高齢者の筋肉量の減少（サルコペニア）が将来の望ましくないイベントと関連する可能性があること、などに考慮したものである。日本語の論文に関しては、「生活体力」という用語も介護予防上必要な概念としてアウトカムに加えた。

<各分科会共通のアウトカム>

- ・ 要支援・要介護状態の発生
- ・ ADL (instrumental ADL、functional independence measure を含む)
- ・ QOL

(介護予防の観点からいえば死亡はアウトカムから除外されるが、ADL を含めるのであれば逃す事はないと考えられる。)

<分科会固有のアウトカム>

- ① 転倒・骨折
- ② 関節症・関節痛・腰痛
- ③ サルコペニア (筋肉減少症)
- ④ 生活体力 (日本語を対象とした論文)

以上のような「介入」および「アウトカム」をカバーする検索語を用いて文献検索を実施することとした。この際、本分科会が目標とするエビデンスが Physical Activity guidelines Advisory Committee (U.S.Department of Health and Human Services)が報告したものとよく合致することから、まず本報告で引用された論文を含めることとし、報告に含まれない2007年以降の論文を追加検索することとした。また腰痛に関しては、報告がカバーしていないので、1999年から10年間の論文を検索した。

- ア. Physical Activity guidelines Advisory Committee Report (U.S.Department of Health and Human Services)で採用されている論文 (97+237 論文)
- イ. 2007年以降の最近3年(アの報告以降)の論文を検索
- ウ. (アの報告がカバーしていない)腰痛に関しては10年分の論文を検索

4.3.2 検索式

(ア) データベースの種類

PubMed、医中誌、Cochrane database

(イ) 検索対象期間

最近10年間(1999年1月～現在)

(ウ) 使用言語

英語、日本語

(エ) 対象動物

ヒト。入院患者を除く、Elderly in the community が対象(ただし入所者は含める)。対象者の年齢は、日本の行政区分に照らして65歳以上とする(65歳以上の対象者が含まれてれば収集)。

(オ) キーワードの選定

文献検索式 (メディアセンター) 参照

(カ) 論文の種類

原著、レビュー

(キ) 研究のタイプ

介入研究

4.3.3 レビュー方針

運動器の機能向上マニュアル（改訂版）にもある通り、運動器の機能向上プログラムの目標は狭い範囲の機能向上（機能的な変化）を目標とするのではなく、QOLを向上させることにあるとされている。実際、介護予防事業に資するエビデンスとしては筋力トレーニングによって筋力アップが実現されるだけでは不十分であり、それがどこまで生活機能の改善に寄与するかを評価、吟味する必要がある。この考え方に関しては、米国の Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report にある3つの基本的な概念が参考になる。すなわち、生理学的能力 (physiologic capacity ; VO₂Max、筋力など)、機能的能力 (functional ability ; 普通歩行速度、階段昇降能力など)、役割能力 (role ability ; お店まで行き食料品を買うなど) の3つである。本「運動器の機能向上」分科会では、役割能力をもっとも重要な ADL アウトカムと捉え、次に機能的能力をその次に重要な ADL アウトカムと考えた。一方、生理学的能力に関しては、その向上と生活機能の改善との間にはなお大きな隔たりがあるとの考えから、本レビューの対象には含めないことを原則とした。

その他、分科会での議論を踏まえて決定された方針として箇条書きに以下に示す。

- ・運動介入が明らかに治療目的、または手術直後のリハビリ目的である論文は除外する。
- ・特定の疾患患者のみを対象とした論文も原則として除外する。しかし当分科会の特性上、腰痛および変形性関節症は含める。
- ・サルコペニアは、まだ明確に定義されていない。当分科会では、DEXA、MRI、CT で筋量を測定した文献のみを集めることにする。
- ・日本人を対象とした論文については、必ずしも ADL を評価しておらずもう少し手前のアウトカムであっても残す (骨量 (骨密度)、バランス感覚・筋力などの変化、転倒不安感など)。
- ・randomized controlled trial (個人レベルの RCT、cluster RCT) を原則とするが、日本人を対象とした研究に関しては、Non-RCT を含める。ただし、比較対照群のない研究は対象としない。
- ・介入は運動を含むものとする。したがって、転倒骨折予防を目的としていても、環境改善だけを介入手法とするような論文は含めない。

4.3.4 文献レビュー件数

ヒット件数 (重複含む) : 4852

抄録チェック対象論文 : 2883

本文取り寄せ : 1069

一次レビュー対象論文 : 208

二次レビュー対象論文 : 119 (英文 107 和文 12)

4.4 レビュー結果

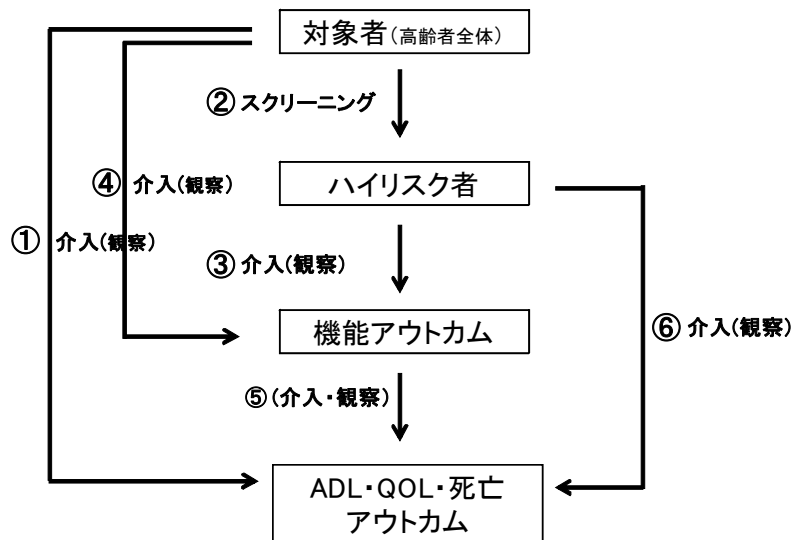
4.4.1 採用論文の概要

最終的に採用された 119 論文について、アウトカム別、フロー別、介入種類別に内訳論文数を以下に示す。

<アウトカム別内訳>

① ADL (QOL、死亡、生活体力含む)	50
② 転倒・骨折	40
③ サルコペニア	10
④ 関節・腰痛	19

<フロー番号別内訳>



- ① 8
- ② -
- ③ 49
- ④ 33
- ⑤ -
- ⑥ 29

(なお、2つのフロー番号が付された論文、すなわち①+④および③+⑥については、それぞれ①、⑥に分類した。)

<介入プログラム別内訳（ADLをアウトカムとした50本についてのみ示す）>

なお、表中の番号は以下の介入プログラムを表す。

1. 筋力（増加を目的とした）トレーニング
2. 有酸素能力（増加を目的とした）トレーニング
3. 柔軟性（増加を目的とした）トレーニング
4. バランス（増加を目的とした）トレーニング
5. 軽スポーツ・レクリエーション
6. 生活活動（活発な家事や就労・作業など）
7. その他の介入プログラム

表 4.1 介入プログラム別の採用論文数の内訳（ADLについてのみ）

1	2本
3	1本
4	1本
6	1本
7	5本
1+2	4本
1+3	1本
1+4	2本
1+6	1本
1+7	2本
2+7	1本
1+2+3	6本
1+2+4	3本
1+2+5	1本
1+2+7	1本
1+3+4	3本
1+4+7	3本
1+2+3+4	7本
1+2+3+7	1本
1+2+4+7	1本
1+3+4+5	1本
1+3+4+7	1本
1+2+3+4+7	1本

4.4.2 論文レビューのサマリー（主要アウトカムについての論文サマリー）

ここでは、本レビューのもっとも重要なアウトカムである分科会共通のアウトカム、すなわち要支援・要介護状態の発生、ADL、QOL をアウトカムにした論文のサマリーをまずまとめた。日本人を対象とした論文については生活体力をアウトカムとする論文もここに含めた。

4.4.2(1) ADL ないし IADL を総合的なスコアで評価した研究

アウトカムとして、ADL ないし IADL を総合的なスコアで評価した論文は全部で 16 本あった。アウトカム評価に使われた指標は、Barthel index、FIM、Katz、Joensuu classification、Frenchay Activities Index、TMIG、Instrumental Activity Measures など多岐にわたる。このうち、4 本は水中でのエクササイズに関する論文、また 1 本は、non-RCT デザインであった。この 5 本を除く残りの 11 本の RCT 論文のうち、ADL、IADL を 1 次エンドポイントとした論文は 7 本、2 次エンドポイントとする論文は 4 本であった。この 11 論文中、介入効果があるとされたのは 3 本であった。この 3 本はいずれも ADL (IADL) を 1 次エンドポイントとした論文であった。

表 4.2 ADL (IADL) スコアをアウトカムとする論文

対象者: 地域在住か施設 入所者か?	対象者: Population か High Risk か?	介入プログラム: 自宅ベースか施設 ベースか?	ADL(IADL)スコア への効果	文献 番号
ADL (IADL)を1次エンドポイントした RCT				
地域在住	ハイリスク	自宅への訪問	効果あり	1
地域在住	ハイリスク	施設	なし	2
施設入所者	ハイリスク	施設	なし	3
地域在住	ハイリスク	自宅+施設	なし	4
施設入所者	ハイリスク	施設	なし(日本人対象)	5
地域在住	ハイリスク	自宅+施設	効果あり	6
地域在住	ハイリスク	施設	効果あり	7
ADL (IADL)を2次エンドポイントした RCT				
地域在住	ハイリスク	自宅	なし	8
地域在住	ハイリスク	施設	なし(pilot 研究)	9
地域在住	ハイリスク	自宅+施設	なし	10
地域在住	ハイリスク	施設	なし(pilot 研究)	11

この効果が認められた 3 つの研究の概要を以下に示す。まず Binder らの研究⁷は、軽度から中等度の虚弱性のある地域在住高齢者（78 歳以上）に対して、週 3 回の強度の運動を付加した場合の介入効果をみた研究である。介入は 3 カ月ごとの 3 つの相（計 9 か月）から構成される；第 1 相（柔軟、軽いレジスタンス運動、バランス）、第 2 相（レジスタンス運動の追加）、第 3 相（持久運動の追加）。ADL は、Older Americans Resources and Services (OARS) instrument と Functional Status Questionnaire (FSQ)により評価された。その結果、対照群に比して介入群では FSQ スコアの改善度に効果があった。（介入群と対照群でのスコア改善度の調

整済みの差の95%信頼区間が示され、1.6–4.9ポイントであった。)一方、OARSで評価されたADLには効果がなかった。Pennixらの研究⁶は、地域在住の変形性膝関節症をかかえる60歳以上の高齢者に対する運動療法の効果をみたもので、18ヶ月間にわたる週3回の有酸素運動、レジスタンス運動のどちらも基本ADLの障害予防に効果があった。入浴、食事、着衣、ベッドから椅子への移動、トイレの利用のどれか一つでも支援なしで行うのが困難であればADL障害ありと定義した場合、対照群と比較して有酸素運動群、レジスタンス運動群それぞれでのADL障害の相対危険度は、0.53(95%CI: 0.33-0.85)、0.60(95%CI: 0.38-0.97)であった。Gitlinらの研究¹は、地域在住のADL障害を既に認める70歳以上の高齢者に、訪問および電話により半年間、作業療法、理学療法の指導を行うもので、介入はバランス、筋力増強、転倒からの回復法に加えて、教育や問題解決法、居住環境の変更や省エネなどについても含むものであった。介入直後およびその後6カ月時点においても、介入群では対照群に比してADL(とくに入浴、トイレ)およびIADLの改善が大きかった。(ADL baselineと6ヶ月後のscoreの変化の差 調整済-0.13(95%CI: -0.24 to -0.01)、IADL-0.14(95%CI: -0.28 to 0.00))。

日本での研究としては、Makitaら⁵による施設入所者を対象としたタキザワプログラム(上肢、体幹、足関節、膝、肩、肘、股の柔軟性運動、自重運動、歩行運動)の効果をみたRCTが報告され、関節可動域の改善はあるものの、FIMで評価されたADLは改善していなかった。Oidaら¹²は、運動プログラム(歩行能力維持向上と、下肢筋力と柔軟性の維持増進を目的とした運動)により、女性では5年間の追跡期間中の死亡及びADL低下がcontrol群に比べて低いことを報告した(調整済死亡相対危険度0.16(95%CI、0.03-0.81)、調整済ADL低下0.36(0.13-1.02))。しかし本研究はnon-RCTデザインであり、バイアスや交絡で説明される可能性に注意が必要である。

水中プログラムに関するRCT論文4本のうち3本¹³⁻¹⁵は日本の同一著者からの報告であり、週1回ないしは2回の水中運動がQOL(SF36)とADL(FIM)を改善していた。週1回よりも週2回の方が効果が現れるのが早く、また2年後までの維持に有利であった。他のRCTは、水中運動と筋力運動との複合介入の効果を見た研究¹⁶であった。QOL、認知機能、バランス、柔軟性、筋力の改善には効果があったが、IADLスコアは改善しなかった。

4.4.2(2) ADLないしIADLを総合的なスコアで評価していない研究

34本の論文がこの範疇に含まれた。このうち、30論文(non-RCT2本を含む)は地域在住高齢者を、4論文(厳密には、このうち1論文は地域在住および施設入所両者を含む)は施設入所者を対象としていた。地域在住者を対象とした30論文をさらに詳細にみると、一般高齢者を対象とした18論文とハイリスク高齢者を対象とした12論文に区分できる。もちろんこの年代の者では、何らかの疾病や障害をかかえていると考えた方が妥当であり、両者の線引きは必ずしも厳密でないが、論文中対象者の選定に何らかの虚弱性や障害、疾病が含まれている場合にハイリスクとした。

一般高齢者を対象とした18論文(16RCT、2non-RCT)中、14論文で介入の効果ありとなっていた。効果ありとされた研究の介入プログラムの内容は研究によりまちまちである。多くは複合プログラムであり、筋力増強、有酸素、柔軟、バランスなどを組み合わせていた。とくに筋力増強と有酸素運動(主に歩行)を含むものが多かった。また、ほとんどが教室タイプもしくは教室タイプに加えて自宅での取組が推奨されていた。1回の教室の時間は15分

から 120 分、頻度は 2 週間に 1 度から週 5 日までバラエティに富むが、60 分で週 2-3 回程度とするものが多かった。研究で採用されたアウトカム指標も多岐にわたり、歩行、ファンクショナルリーチ、Timed Up & Go、椅子からの立ち上がり、筋力、片脚起立、有酸素能力、Physical performance battery、Finnish Physical Functioning Scale、Assessment of Daily Activity Performance、Physical capacity score、MacArthur battery、総エネルギー消費、QOL (SF36) などを含んでいる。その他の介入としては、太極拳、水中トレーニング、身体活動性を上げるためのカウンセリングなどがあった。観察期間については、1つの non-RCT 研究で 5 年であったのを除くと、1 年ないしそれより短かった。

特記すべき研究として、de Vreede らの研究¹⁷によれば、機能的な課題訓練 (functional task exercise ; 縦長、横長の物を運ぶ、体位変換 (寝る→座る→立つ)) の方がレジスタンス運動群よりも身体的なパフォーマンススコアが改善していた。また、Carvalho らの研究¹⁸では、複合プログラムによる介入とその後の変化を観察しており、トレーニングをやめると介入効果が消失することが示された。

ハイリスク高齢者を対象とした 12 論文では、10 本で介入効果ありとされていた。介入プログラムはやはりほとんどが複合であったが、歩数計装着による歩数アップを介入とする研究もあった。ほとんどが教室タイプもしくは教室タイプに加えて自宅での取組が推奨されていた点、60 分で週 2-3 回程度の教室とするものが多かった点、アウトカムがバラエティに富む点は、一般高齢者を対象とした研究と同様であった。特記すべき研究としては、King らの研究¹⁹によると、複合プログラムによる介入効果が、センターで実施されている間は認められたものの、その後自宅での実施に移行してからは消失することが観察された。Yano らの研究²⁰では、体力別のプログラムを実施する教室と、体力混在型の教室で、運動プログラムの効果に大差なかったことが報告された。

つぎに、施設入所者を対象とした論文は 4 論文²¹⁻²⁴あった。しかし厳密には、対象者に nursing home 居住者を含む論文、retirement village 居住者を対象とする論文を含んでいる。4 論文中 3 論文で効果ありとなっていたが、うち一つでは 1 次アウトカムが自己効力感や運動に対する期待度などとなっており、また別の 1 論文では、3 ヶ月後の QOL のみに効果が観察されていた。

これらの論文について、アウトカム指標として QOL に着目して介入効果を評価すると、地域在住高齢者に対する複合エクササイズ (柔軟+レジスタンス運動+バランス+有酸素運動)、レジスタンス運動、歩数アップの指導に加えて筋力増強訓練や柔軟運動を組み合わせること、水中訓練、食事制限+複合エクササイズ (肥満の軽・中等度虚弱者が対象) による SF 36 スコアの改善が報告されていた。また施設入所者に対しては、ADL に応じた個別運動プログラム介入による SF 36 スコアの改善も報告例があった。

以上より、運動介入が地域在住高齢者の ADL、QOL を改善させるか否かについての文献レビューの結果、ADL ないし IADL を総合的なスコアで評価した文献は数が少なく、運動の介入効果に関して一定のエビデンスを抽出することは困難であった。一方、SF 36 等で評価される QOL の改善については複数の文献により効果があることが示唆された。このことは、本レビューの対象が地域在住高齢者であり、ADL ないし IADL が一定程度保たれているために、介入効果が反映されにくいことによる可能性がある。なお、Physical Activity guidelines Advisory Committee Report では、機能制限 (functional limitation) については、modest evidence とし、役割制限 (role limitation) に関してはよくデザインされた介入研究の欠如のため、only

limited evidence としている。

歩行や椅子からの立ち上がりをはじめとする機能の改善についても複数の文献により効果があることが示唆された。大半が筋力増強と有酸素運動を含む複合プログラムであり、1回の教室の時間は60分で週2-3回程度とするものが多かった。しかし、観察期間が1年以内の研究がほとんどすべてであった。介入効果が、センターで実施されている間は認められたものの、その後自宅での実施に移行してからは消失することを示唆した研究もあった。

一方、施設入所者を対象とする研究に関しては、文献数が少なく一定の知見を得ることは困難と考えられた。

4.4.3 論文レビューのサマリー（二次的アウトカムについての論文サマリー）

ここでは、分科会固有のアウトカムである、転倒・骨折、サルコペニア、関節・腰痛についての論文レビュー結果をまとめた。

4.4.3(1) 転倒・骨折をアウトカムとした論文レビューのサマリー

転倒をアウトカムとする採用論文は、40件あり、そのうち、転倒による骨折をアウトカムとしたものは1件のみであった。²⁵この例では、フィンランドで平均年齢72歳の男女84名に30カ月の教室での運動プログラムと自宅での運動を合わせて行った折、この30ヶ月間の、転倒による骨折の発生が、介入群6例に対し、コントロール群（76名、今まで通りの生活）で16例と介入群で有意（ $p=0.019$ ）に少ない結果となった。その他、骨折をアウトカムとしたRCTでは、Sinaki Mら²⁶が閉経後女性50名を2年間の背筋強化運動群と非運動群に無作為化割り付けして10年間フォローし、運動群で椎体骨折が有意に少ない（1.6% vs 4.3%（ $p=0.029$ ））ことを示している。なおこの論文は、転倒をアウトカムとした研究ではないので関節・腰痛の項に分類した。

転倒についての40件については、日本からの報告が7件²⁷⁻³³、うち2件はnon-RCTだった。³¹⁻³³米国8件、ニュージーランド・オーストラリア・オランダが各6件、他、フィンランド、デンマーク、スウェーデン、ブラジル、中国（香港）、台湾と多くの国からの報告があった。参加者の平均年齢は、記載のあるもので80歳であった。90歳代の者を含む報告も多く認めた。対象者が男性のみの研究が1件、女性のみが5件、残りは男女とも含んでいた。各群20名程度のサンプルサイズの小さい研究から大きいものでは各群数百名、全体で介入群3384名、対照群2720名となった。そのうち約半数の研究は、対象者が、転倒のハイリスク集団（例、転倒の既往者、バランス・筋力低下者、他転倒のリスクをもつもの）であった。施設入所者を対象者とする研究は7件のみであった。介入期間は5カ月から36カ月（中央値6カ月）、介入期間も含めた追跡期間は5カ月から36カ月（中央値12カ月）であった。

転倒をアウトカムとして、対照群と比較し運動群で有意な改善効果を認めた研究は、18件。有意ではないが、相対危険度が1未満のものを含めると31件となった。残りの研究のうち6件では相対危険度が1以上であったが、有意なものはなかった。

介入の種類は、2007年のPhysical Activity guidelines Advisory Committee Reportでも推奨されているように、筋力トレーニング、バランストレーニングと有酸素運動、特にウォーキングと組み合わせた複合トレーニングを基本としたものが大半であり、強度の記述はないものが多かったが弱から中等度のものがほとんどと思われた。同reportで示されている通り、効果を認める運動量としては、「一回30分のバランスと中等度の強度の筋力トレーニングを週3

回、あわせて中等度の強度のウォーキングを一回 30 分週 2 日以上」程度をすすめているものが多かった。効果を認める下限量を特定することは困難であるが、例えば、複合トレーニングを低強度で行った Morgan らの研究³⁴では、身体機能の低い層では、対照群に比し介入群で転倒が抑えられる傾向があるのに対し、身体機能の高い層ではこの効果は認めず、介入群でむしろ転倒が多い傾向となった。対象者のリスク状況および身体状況に応じた適切な介入が必要であろう。他の研究でも、全体では有意な効果を認めないものの、対象者を外出可能な者、認知機能の悪くない者、虚弱度の低すぎない者に限定すると有意差を認めるものがあり、効果が期待できる対象者の選定が重要である。

より軽度な運動という点では、非ランダム試験ではあるが、音楽とあわせた週 1 回 60 分の組み合わせ運動 3 カ月で効果を認めた日本の研究がある。³³ また、特別養護老人ホーム入居者で、開眼片足立ち 1 分間を両足 3 セットずつ、毎日 1 回 6 ヶ月間行うというプログラムではその 6 ヶ月間の転倒回数（職員が評価）が介入群で有意に低値だった。²⁷ 骨粗鬆症患者に弱から中等度のバランス訓練を行い効果を認めている研究もある。³⁵

また、運動群として、太極拳あるいは太極拳の動きを含んだものが 8 件、そのうち、3 件で対照群と比較し有意に改善、4 件で有意ではないが改善、1 件では悪化傾向だった。Physical Activity guidelines Advisory Committee Report でも、太極拳やバランストレーニングだけのものでも効果があるということで、中等度のエビデンス、ただし結果が必ずしも一定しないと評価されている。追加すべき知見として、2009 年に欧州初の太極拳介入の転倒への効果をみた研究としてオランダの Logghe ら³⁶が報告をしている。週に 2 回約 1 時間 13 週行い 12 カ月の転倒予防効果をみた。対象者は 269 名、観察期間は 12 カ月など研究の質は悪くないが転倒リスクは 1.16 (0.84-1.60) と対照群よりかえって悪い結果となった。80%以上の教室参加は半分以下とコンプライアンスは低く、効果を得るのに十分でなかった可能性がある。

転倒のリスクが対照群に比較して上昇（RR が 1 以上）している研究として、Campbell らの検討³⁷では、Otago program（ニュージーランドで開発された複合型プログラムで、効果が実証されている）を重度の視力障害のある高齢者に適用したところ、転倒回数が対照群に比較して有意ではないが上昇した（RR = 1.15 (0.82-1.61)）。実行率の高い層では、有意に転倒回数が低いため、行えるかどうかのポイントとなる。Kerse らの研究³⁸では、700 名近くを施設ごとに無作為化割り付けし、個別に目標設定の上、それに応じた日常生活内での動作強化を行い 1 年間のフォローをしている。全体では転倒の RR は 1.10 (0.84-1.44) であった。運動量として不十分であった可能性がある。

有害事象は、運動による腰痛・膝関節痛などの発症が数例ある程度で、注意を払う必要はあるが、概ね安全に運動は行えると考えられる。

以上、Physical Activity guidelines Advisory Committee Report の結果も合わせまともると、高齢者の身体活動プログラムへの参加は安全でかつ効果的に転倒を減少させるとする報告が多かった。しかし、骨折などけがに結び付く転倒を減少させることを示したエビデンスは少ない。介入の内容としては、筋力トレーニング、バランストレーニングを有酸素運動、特にウォーキングと組み合わせたものが多く、一回 30 分のバランスと中等度の強度の筋力トレーニングを週 3 回、あわせて中等度の強度のウォーキングを一回 30 分週 2 日以上とするプログラムが代表的な例として挙げられる。また、太極拳やバランストレーニングだけのものでも効果があるとした論文もあったが、結果は一定していない。対象者のリスク状況および身体状況に応じた適切な介入が必要であり、今後その目安が立てられるような質の高い研究の蓄積

が必要である。

4.4.3(2) サルコペニアをアウトカムとした論文レビューのサマリー

I. はじめに

サルコペニア（筋肉減弱症）とは、骨格筋量・筋力の加齢に伴う減少であると定義されており、高齢者の生活機能や自立度の低下の要因である。しかし、サルコペニアの診断基準は十分に確立していない。したがって本レビューでは、サルコペニアの定義にある骨格筋量と筋力に、65歳以上の高齢者に対する運動介入が及ぼす効果について検討した無作為割り付け介入研究を、システマティックレビューにより検討した。

II. 骨格筋量

二重放射線吸収法（DEXA）もしくはCTやMRIにより評価した骨格筋量をアウトカムとする10の研究が、我々のシステマティックレビューの結果抽出された。このうち non-RCT である1論文³⁹、介入プログラムの詳細な記載のない1論文⁴⁰を除く8論文について以下にまとめた（表4-3）。

1) 高強度の筋力トレーニングが骨格筋量に及ぼす影響

8つの研究のうち、挙上回数、頻度、期間とも十分な高強度筋力トレーニングの効果を明らかにしたものが5つあり、そのうち骨格筋量が有意に増加した研究が4つ、効果が見られなかった研究が1つであった。

4つの効果ありの研究の特徴として、強度が最大挙上重量（1RM）の80%以上、セット数・挙上回数：2～3セット・8～12回/セット、頻度が週3回でトレーニング期間が10～52週間であった。一方、効果なしとされた1つの研究では、頻度が週当たり2回、期間も10週間であり、トレーニングの量が十分と言えなかった。また、筋力トレーニングを下半身の3種目のみで実施したのに、全身の骨格筋量をアウトカムとしたことも結論に影響したと考えられる。

2) 低強度もしくは中強度トレーニングが骨格筋量に及ぼす影響

低強度もしくは中強度の筋力トレーニングが骨格筋量に及ぼす影響を検討したものは3つあった（表4.3）。ラバーバンドや自体重などを用いた筋力トレーニングもしくは3メッツ程度強度の生活機能訓練などの介入効果を見たものであったが、3つの全ての研究で骨格筋量の有意な増加は認められなかった。

3) 結論として、以下の条件を満たす高強度筋力トレーニングが高齢者の骨格筋量を増加させるとしたRCTが複数あった。

- ・ 強度：（1RM）の80%以上
- ・ セット数・挙上回数：2～3セット・8～12回/セット
- ・ 頻度：週3回
- ・ トレーニング期間：3ヶ月以上

なお、安全性を考慮し、強度・頻度・挙上回数とも段階的に漸増させる方法をとるべきと考えられた。

表 4.3 骨格筋量をアウトカムとする論文

年	タイプ・種目	強度	回数×セット	頻度(回/週)	期間(週)	筋量増加	部位	増加量	文献番号
2005	Phase 1: 22 種類の低強度運動(柔軟性、バランス、運動協調能、反応速度) Phase 2: 漸増筋トレ	65%1RM 85~100%1RM	6~8 回×1~2 セット 8-12 回×3 セット	3	24	あり	全身除脂肪量	0.84±1.4kg	41
2007	有酸素、抵抗、バランス、柔軟	有酸素: 予備心拍数の70-85% 筋トレ: 8-15RM バランス運動: 開眼もしくは閉眼片足立ち	有酸素: 30-40分 筋トレ: 8-15 回×1-2 セット	3	12	あり	全身		42
2007	8 種類の全身レジスタス運動	1 週目 40-50%1RM 2 週目 50-60%1RM 3-6 週目 60-75%1RM 7-10 週目 75-85%1RM	15-20 回×2set 15-20 回×3set 12-15 回×3set 8-12 回×3set	3	10	あり	全身除脂肪量		43
2007	有酸素 ラバーとマシンを使った筋トレ	有酸素: HR118-124 筋トレ 8-10RM	有酸素+太極拳: 15分~22分 筋トレ: 8-10 回×2 セット	3	52	あり	ひふく筋外側の生理学的横断面積		44
2001	自体重やラバーを使った筋トレ	低強度	60 分	2	18	なし	全身除脂肪量		45
2007	マシンを使った 3 種類の下半身筋力トレーニング、生活機能訓練	筋トレ 10RM 生活機能訓練 約 3 メッツ	10 回×2 セット	2	10	なし	全身除脂肪量		46
2008	身体機能改善運動	3 メッツ 低強度	40-60 分	2	48	なし	大腿中央部の筋横断面積		47
2008	高速負荷筋トレ 低速負荷筋トレ	70%1RM	8 回×3 セット	3	12	なし	下肢除脂肪量		48

III. 筋力

筋力のみをアウトカムとする論文は本レビューの対象には含めない方針ではあるが、実際には多くの論文で 2 次アウトカム等で筋力を評価している。等尺性、等張性、等速性といった最大筋力をアウトカムとした無作為割り付け介入研究が、最終的に 2 次レビューの対象となった 119 論文中 30 本抽出された。

30 本の研究のうち、中強度から高強度までの筋力トレーニングを含む運動介入を行った研究が 29 本であった。筋力トレーニングのタイプとして、マシントレーニングのみならず、自体重やゴムバンドなどが用いられていた。筋力トレーニングを含む 29 本のうち、筋力増加効果が得られたものが 23 本、効果が見られなかったものが 6 本であった。筋力トレーニングを含む運動介入は効果ありとする研究が圧倒的に多かった。一方、筋力トレーニングを含まない運動介入研究はわずか 1 本であり、筋力増加効果が認められたが、十分なエビデンスがあるとは判断できなかった。

論文の介入プログラムの内容をまとめると、以下の条件を満たす筋力トレーニングを含む運動トレーニングは、高齢者の筋力増加に効果的であることが示唆された。

- ・強度：最大挙上重量（1RM）の50%以上（中強度から高強度）
- ・セット数・挙上回数：1～3セット・8～12回/セット
- ・頻度：週2～3回
- ・トレーニング期間：3ヶ月以上

なお、安全性を考慮し、強度・頻度・挙上回数とも段階的に漸増させる方法をとるべきである。また、マシンやフリーウエイトを用いなくても、自体重やゴムバンドなどを用いたトレーニングでも、対象者に過負荷刺激を与えられれば効果が期待できるとする報告があった。

IV. 結論

サルコペニアのサロゲート指標である骨格筋量と筋力を増加させるためには、十分な量の筋力トレーニングが効果的であること、ただし骨格筋量を増加させるためには、最大挙上重量の80%を超える高強度の筋力トレーニングが必要なことが示唆された。

4.4.3(3) 関節・腰痛をアウトカムとした論文レビューのサマリー

関節痛および腰痛に関する論文は19件あった。このうち、変形性膝関節症患者（膝OA）を対象にしたものが10件⁴⁹⁻⁵⁸、膝あるいは腰OA患者が3件⁵⁹⁻⁶¹、リウマチ患者が2件⁶²⁻⁶³、膝痛⁶⁴、骨粗鬆症⁶⁵、腰あるいは膝関節手術の待機者⁶⁶、および健常者²⁶がそれぞれ1件であった。従って、健常者を対象とした論文²⁶を除いて、すべてがハイリスク者を対象としていた。運動の介入場所に関しては、教室型で実施した論文は8件^{52-54 59-60 62-63 65}、自宅型で実施したものは3件^{26 50 58}、教室型と自宅型を併用した論文は8件^{49 51 55-57 61 64 66}であった。群の設定に関しては、運動介入群と対照群を比較した論文が9件^{26 49 53 57 60-63 66}、異なる運動種目を比較したものが6件^{51 54-56 59 65}、異なる運動強度を比較したものが1件⁵²、および運動と薬物療法を比較したものが3件^{50 58 64}あった。運動種目としては、筋力運動（12件）、歩行や自転車駆動による有酸素運動（9件）、ストレッチによる柔軟運動（6件）、水中での歩行や柔軟運動（5件）、自重運動（4件）、太極拳（2件）、理学的運動療法（2件）、サーキット運動（1件）、敏捷性運動（1件）、およびスポーツ（1件）の順で採用件数が多かった。群の設定で述べたように、異なる運動種目を比較したものや複数の運動種目を併用した論文が12件あることから、ここでは複数採用を含めた延べ件数を示した。運動強度に関しては、さまざまな運動種目が用いられていることからそれぞれの運動強度を詳細に記述することは困難であるが、いずれの運動種目においても概ね軽度あるいは中等度の運動強度と判断された。運動時間に関しては、20～30分間が4件^{60-61 64 66}、40～60分間が9件^{49 51-52 54-55 59 62-63 65}、90分間が1件⁵⁷であった。他の論文は運動時間が明記されていなかった。介入頻度に関しては、週2回が6件^{54 59 61 63 65-66}、週3回が6件^{49 51-52 55-56 60}、週5回が2件^{53 62}、週3～6回が1件⁶⁴、および週7回が4件^{26 50 57-58}であった。なお、週1回および週4回は0件であった。介入期間については、1か月間が1件⁶²、1.5か月間が1件⁶⁶、2か月間が5件^{50 52 54 58 60}、2.5か月間が1件⁶⁴、3か月間が5件^{49 53 57 59 61}、6か月間が1件⁶⁵、12か月間が1件⁵⁶、18か月間が2件^{51 55}、および24か月間が2件^{26 63}であり、短期介入では2～3か月間、長期介入では18～24か月に設定される傾向にあった。

アウトカムとしては、疼痛、身体的機能、および精神的機能に関するものが多かった。痛

み関するものは22件あった。この数が採択論文数より多い理由は、一つの研究で複数の痛みの指標を用いた論文があったためである。そのうち、WOMACを採用したものが10件^{49-50 52 56-58 60-61 64 66}と最も多く、VASが4件^{49-50 54 61}、AIM^{60 62}とJKOMが2件ずつ^{50 58}、およびそれ以外の指標が4件^{51 54-55 65}あった。身体的機能関連のアウトカムは20件あった。そのうち、生活体力が8件^{51-53 55 57 59-60 66}、脚筋力が9件^{26 52-54 56-57 60-61 63}、および関節可動域が3件^{49 57 61}であった。精神機能関連のアウトカムは9件あった。そのうち、QOL (SF12とSF36)が6件^{50 56 58-59 65-66}、抑うつ (DASS21、CES-D)が2件^{56 59}、認知機能 (MMSE)が1件⁶⁵であった。その他のアウトカムとしては、歩行時の内反モーメント⁵³、骨密度²⁶、X線診断による膝裂隙間距離⁵⁶と脊椎圧迫骨折²⁶およびADL^{51 55}などがあった。

膝痛に対する介入効果を認めた論文は14件^{49-55 57-61 64 66}あった。そのうち、異なる運動種目を比較した研究⁵⁴では、筋力運動の方が水中運動よりも効果が良好であったが、太極拳と水中運動を比較した研究⁵⁹および有酸素運動と筋力運動を比較した研究⁵¹では群間に差を認めなかった。運動と薬物療法を比較した2つの研究^{50 64}の結果は両者に差はなかったが、別の1研究⁵⁸では運動群の方が薬物群よりも良好な改善が報告された。日本からの報告は2件⁵⁷⁻⁵⁸あり、いずれも無作為化比較試験によって膝痛に対する運動介入の効果を認めている。一方、このような膝痛の効果はdetrainingによって消滅することが報告された。⁵⁸この他に、効果の残存性を検討した論文が4件^{54 60 62 66}あるが、一定の傾向を示すに至っていない。その他の指標に対するものとしては、生活体力^{55 60 62 66}、筋力^{26 56-57}、関節可動域⁵⁷、QOL^{58-59 65}、IADL^{55 62}などに明らかな介入効果が認められた。

以上の報告をまとめると、関節痛を有する高齢者に対して、筋力運動、有酸素運動、ストレッチ体操などを自重、水の抵抗、あるいは負荷装置を用いて、軽度あるいは中等度の強度で30～90分間、週2～3回、少なくとも2～3か月間実施することに関する有効性が示唆された。このような運動によって、関節痛の軽減、生活体力の改善、およびQOLの向上が報告されている。しかしながら、運動内容 (種目、時間、頻度、期間) による効果の違いおよび効果の残存性については、さらなる検討が必要である。

4.4.4 本レビュー結果の解釈および今後の研究の方向性

本レビュー作業の実施にあたって、現実の介護予防事業としてのfeasibilityにはとらわれずに広く文献の収集、分析を行った。従って、本レビュー結果の解釈時には、EfficacyとEffectivenessの相違についての視点が必要と思われた。すなわち研究下 (理想的な環境下) で実施され効果を得た介入プログラムが、実際の介護予防事業のマンパワーや時間的制約の中で同等の成果を得るかどうか、については慎重な立場が必要と思われる。2-3回/週、1時間程度の教室の実施とする研究が多かったが、研究遂行にあたって実際に係わったスタッフ数、準備時間、費用などについては文献からは読み取れない。当然のことながら、施策としての費用対効果の検討も今後の課題と考えられた。また、介入の効果の持続性については観察期間が1年以内の研究が大半であり、長期的な効果については知見が不足している。介入効果が、センターで実施されている間は認められたものの、その後自宅での実施に移行してからは消失することを示唆した研究もあった。また、介入とその後の変化を観察し、トレーニングをやめると介入効果が消失することを示した研究もあった。さらに、「運動器の機能向上プログラムの目標は狭い範囲の機能向上 (機能的な変化) を目標とするのではなく、QOLを向上させることにある」との立場に立てば、プログラムにより筋力、歩行、転倒予防に効果が

あるというだけでは不十分で、その先の要介護状態の予防や Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report にある役割能力(role ability)の維持、改善にまで踏み込んで観察したエビデンスが必要である。

以上より、今後必要な研究としては、地域保健の現場で実施された Effectiveness 研究、とくに日本人でのエビデンスが重要である。アウトカムについては、要支援・要介護状態の発生もしくは悪化・改善そのものを評価した研究、ADL、IADL、QOL あるいは生活機能などを総合的なスコアで評価した研究等が必要であり、また骨折の発生をアウトカムとした研究や関節痛や腰痛の軽減をアウトカムとした研究もエビデンスが不足していると考えられた。

4.5 結語

本レビュー作業でもっとも重要と考えたアウトカムである地域在住高齢者の ADL を、運動介入によって改善させるか否かという視点では、SF 36 等で評価される QOL スコアの改善、歩行や椅子からの立ち上がりをはじめとする機能の改善については複数の文献により効果があることが示唆された一方、ADL ないし IADL を総合的なスコアで評価した研究、施設入所者を対象とする研究に関しては、文献数が少なく一定の知見を得ることは困難と考えられた。

次に二次的なアウトカムと考えた指標については、身体活動プログラムへの参加により転倒を減少させ得ること、十分な量の筋力トレーニングにより骨格筋量を増加させ得ること、関節痛を有する高齢者に対する筋力運動、有酸素運動、ストレッチ体操などにより関節痛の軽減、生活体力の改善が期待できる、ことなどが示唆された。しかし、骨折などけがに結び付く転倒を減少させることを示したエビデンスは少ない。

本レビュー結果の解釈時には、Efficacy と Effectiveness の相違についての視点が必要と思われた。すなわち研究下（理想的な環境下）で実施され効果を得た介入プログラムが、実際の介護予防事業のマンパワーや時間的制約の中で同等の成果を得るかどうか、については慎重な立場が必要と思われる。今後、地域保健の現場で実施された Effectiveness 研究、とくに日本人でのエビデンスが重要である。アウトカムについては、要支援・要介護状態の発生もしくは悪化・改善そのものを評価した研究、ADL、IADL、QOL、生活機能などを総合的なスコアで評価した研究等が必要であり、また骨折の発生をアウトカムとした研究や関節痛や腰痛の軽減をアウトカムとした研究もエビデンスが不足していると考えられた。

4.6 参考文献リスト

1. Gitlin LN, Winter L, Dennis MP, Corcoran M, Schinfeld S, Hauck WW. A randomized trial of a multicomponent home intervention to reduce functional difficulties in older adults. *J Am Geriatr Soc* 2006;54:809-16.
2. Timonen L, Rantanen T, Mäkinen E, Timonen TE, Tormakangas T, Sulkava R. Effects of a group-based exercise program on functional abilities in frail older women after hospital discharge. *Aging Clin Exp Res* 2006;18:50-6.
3. Dorner T, Kranz A, Zettl-Wiedner K, Ludwig C, Rieder A, Gisinger C. "The effect of structured strength and balance training on cognitive function in frail, cognitive impaired elderly long-term care residents". *Aging Clin Exp Res* 2007;19:400-5.
4. Luukinen H, Lehtola S, Jokelainen J, Vaananen-Sainio R, Lotvonen S, Koistinen P. "Prevention of disability by exercise among the elderly: a population-based, randomized, controlled trial". *Scand J Prim Health Care*

- 2006;24:199-205.
5. Makita M, Nakadaira H, Yamamoto M. Randomized Controlled Trial to Evaluate Effectiveness of Exercise Therapy (Takizawa Program) for Frail Elderly. *Environmental Health and Preventive Medicine* 2006;11:221-27.
 6. Penninx BW, Messier SP, Rejeski WJ, Williamson JD, DiBari M, Cavazzini C, et al. Physical exercise and the prevention of disability in activities of daily living in older persons with osteoarthritis. *Arch Intern Med* 2001;161:2309-16.
 7. Binder EF, Schechtman KB, Ehsani AA, Steger-May K, Brown M, Sinacore DR, et al. "Effects of exercise training on frailty in community-dwelling older adults: results of a randomized, controlled trial". *J Am Geriatr Soc* 2002;50:7884.
 8. NK L, CS A, A L, DA B, A M, ID C, et al. "A randomized, controlled trial of quadriceps resistance exercise and vitamin D in frail older people: the Frailty Interventions Trial in Elderly Subjects (FITNESS)". *J Am Geriatr Soc* 2003;51(3):291-9.
 9. Cecchi F, Pasquini G, Chiti M, Lova RM, Enock E, Nofri G, et al. Physical activity and performance in older persons with musculoskeletal impairment: results of a pilot study with 9-month follow-up. *Aging Clin Exp Res* 2009;21:122-8.
 10. Korpelainen R, Keinanen-Kiukaanniemi S, Heikkinen J, Vaananen K, Korpelainen J. Effect of exercise on extraskeletal risk factors for hip fractures in elderly women with low BMD: a population-based randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 2006;21:772-9.
 11. Rydwick E, Lammes E, Frandin K, Akner G. Effects of a physical and nutritional intervention program for frail elderly people over age 75. A randomized controlled pilot treatment trial. *Aging Clin Exp Res* 2008;20:159-70.
 12. Oida Y, Kitabatake Y, Nishijima Y, Nagamatsu T, Kohno H, Egawa K, et al. Effects of a 5-year exercise-centered health-promoting programme on mortality and ADL impairment in the elderly. *Age Ageing* 2003;32(6):585-92.
 13. Sato D, Kaneda K, Wakabayashi H, Nomura T. The water exercise improves health-related quality of life of frail elderly people at day service facility. *Qual Life Res* 2007;16:1577-85.
 14. Sato D, Kaneda K, Wakabayashi H, Nomura T. Comparison of 2-year effects of once and twice weekly water exercise on activities of daily living ability of community dwelling frail elderly. *Arch Gerontol Geriatr* 2009;49:123-8.
 15. Sato D, Kaneda K, Wakabayashi H, Nomura T. Comparison two-year effects of once-weekly and twice-weekly water exercise on health-related quality of life of community-dwelling frail elderly people at a day-service facility. *Disabil Rehabil* 2009;31:84-93.
 16. Carral JMC, Perez CA. Effects of high-intensity combined training on women over 65. *Gerontology* 2007;53:340-6.
 17. Vreede PLd, Samson MM, Meeteren NLv, Duursma SA, Verhaar HJ. "Functional-task exercise versus resistance strength exercise to improve daily function in older women: a randomized, controlled trial". *J Am Geriatr Soc* 2005;53:39854.
 18. Carvalho MJ, Marques E, Mota J. Training and detraining effects on functional fitness after a multicomponent training in older women. *Gerontology* 2008;55:41-8.
 19. King MB, Whipple RH, Gruman CA, Judge JO, Schmidt JA, Wolfson LI. The Performance Enhancement

- Project: improving physical performance in older persons. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:1060-9.
20. Yano H, Yang G, Wakai S, Shimanuki H, Nakajima K, Hui G, et al. [Effectiveness of ability grouping in structured fall prevention exercise program for frail elderly people]. *Nippon Ronen Igakkai Zasshi* 2006;43:390-7.
 21. Baker MK, Kennedy DJ, Bohle PL, Campbell DS, Knapman L, Grady J, et al. "Efficacy and feasibility of a novel tri-modal robust exercise prescription in a retirement community: a randomized, controlled trial". *J Am Geriatr Soc* 2007;55:1-10.
 22. Peri K, Kerse N, Robinson E, Parsons M, Parsons J, Latham N. Does functionally based activity make a difference to health status and mobility? A randomised controlled trial in residential care facilities (The Promoting Independent Living Study; PILS). *Age Ageing* 2008;37:57-63.
 23. Resnick B, Luisi D, Vogel A. Testing the Senior Exercise Self-efficacy Project (SESEP) for use with urban dwelling minority older adults. *Public Health Nurs* 2008;25:221-34.
 24. Zak M, Swine C, Grodzicki T. "Combined effects of functionally-oriented exercise regimens and nutritional supplementation on both the institutionalised and free-living frail elderly (double-blind, randomised clinical trial)". *BMC Public Health* 2009;9:39.
 25. Korpelainen R, Keinanen-Kiukaanniemi S, Heikkinen J, Vaananen K, Korpelainen J. Effect of impact exercise on bone mineral density in elderly women with low BMD: a population-based randomized controlled 30-month intervention. *Osteoporos Int* 2006;17:109-18.
 26. Sinaki M, Itoi E, Wahner HW, Wollan P, Gelzcer R, Mullan BP, et al. Stronger back muscles reduce the incidence of vertebral fractures: a prospective 10 year follow-up of postmenopausal women. *Bone* 2002;30:836-41.
 27. Sakamoto K, Nakamura T, Hagino H, Endo N, Mori S, Muto Y, et al. Effects of unipedal standing balance exercise on the prevention of falls and hip fracture among clinically defined high-risk elderly individuals: a randomized controlled trial. *Journal of Orthopaedic Science* 2006;11:467-72.
 28. Shigematsu R, Okura T, Nakagaichi M, Tanaka K, Sakai T, Kitazumi S, et al. "Square-stepping exercise and fall risk factors in older adults: a single-blind, randomized controlled trial". *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2008;63:76-82.
 29. Suzuki T, Kim H, Yoshida H, Ishizaki T. Randomized controlled trial of exercise intervention for the prevention of falls in community-dwelling elderly Japanese women. *Journal of Bone and Mineral Metabolism* 2004;22:602-11.
 30. Voukelatos A, Cumming RG, Lord SR, Rissel C. "A randomized, controlled trial of tai chi for the prevention of falls: the Central Sydney tai chi trial". *J Am Geriatr Soc* 2007;55:1185-91.
 31. 伊藤常久, 芳賀博, 植木章三, 島貫秀樹, 本田春彦, 河西敏幸, et al. 高齢者ボランティアを活用した地域介入研究における転倒・閉じこもり予防の効果. *福島医学雑誌* 2008;58:257-66.
 32. 山田実. 注意機能トレーニングによる転倒予防効果の検証 地域在住高齢者における無作為化比較試験. *理学療法科学* 2009;24:71-76.
 33. 清水暢子, 細谷たき子, 平井一芳, 日下幸則. 地域高齢者における転倒予防を目指した音楽運動プログラムの効果. *北陸公衆衛生学会誌* 2005;32:2009/08/15.
 34. Morgan RO, Virnig BA, Duque M, Abdel-Moty E, Devito CA. Low-intensity exercise and reduction of the risk for falls among at-risk elders. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2004;59:1062-7.
 35. Madureira MM, Takayama L, Gallinaro AL, Caparbo VF, Costa RA, Pereira RM. Balance training program

- is highly effective in improving functional status and reducing the risk of falls in elderly women with osteoporosis: a randomized controlled trial. *Osteoporos Int* 2007;18:419-25.
36. Logghe IH, Zeeuwe PE, Verhagen AP, Wijnen-Sponselee RM, Willemsen SP, Bierma-Zeinstra SM, et al. Lack of effect of Tai Chi Chuan in preventing falls in elderly people living at home: a randomized clinical trial. *J Am Geriatr Soc* 2009;57:70-5.
 37. Campbell AJ, Robertson MC, Grow SJL, Kerse NM, Sanderson GF, Jacobs RJ, et al. Randomised controlled trial of prevention of falls in people aged > or =75 with severe visual impairment: the VIP trial. *BMJ* 2005;331:817.
 38. Kerse N, Peri K, Robinson E, Wilkinson T, Randow Mv, Kiata L, et al. "Does a functional activity programme improve function, quality of life, and falls for residents in long term care? Cluster randomised controlled trial". *BMJ* 2008;337:a1445.
 39. Tsuzuku S, Kajioaka T, Endo H, Abbott RD, Curb JD, Yano K. Favorable effects of non-instrumental resistance training on fat distribution and metabolic profiles in healthy elderly people. *Eur J Appl Physiol* 2007;99:549-55.
 40. Katznelson L, Robinson MW, Coyle CL, Lee H, Farrell CE. Effects of modest testosterone supplementation and exercise for 12 weeks on body composition and quality of life in elderly men. *Eur J Endocrinol* 2006;155:867-75.
 41. Binder EF, Yarasheski KE, Steger-May K, Sinacore DR, Brown M, Schechtman KB, et al. "Effects of progressive resistance training on body composition in frail older adults: results of a randomized, controlled trial". *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005;60:1425-31.
 42. Bogaerts A, Delecluse C, Claessens AL, Coudyzer W, Boonen S, Verschueren SM. Impact of whole-body vibration training versus fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: a 1-year randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2007;62:630-5.
 43. Levinger I, Goodman C, Hare DL, Jerums G, Selig S. The effect of resistance training on functional capacity and quality of life in individuals with high and low numbers of metabolic risk factors. *Diabetes Care* 2007;30:2205-10.
 44. Morse CI, Thom JM, Mian OS, Birch KM, Narici MV. Gastrocnemius specific force is increased in elderly males following a 12-month physical training programme. *Eur J Appl Physiol* 2007;100:563-70.
 45. Bunout D, Barrera G, Maza Pdl, Avendano M, Gattas V, Petermann M, et al. The impact of nutritional supplementation and resistance training on the health functioning of free-living Chilean elders: results of 18 months of follow-up. *J Nutr* 2001;131:2441S-6S.
 46. Manini T, Marko M, VanArnam T, Cook S, Fernhall B, Burke J, et al. Efficacy of resistance and task-specific exercise in older adults who modify tasks of everyday life. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2007;62:616-23.
 47. Goodpaster BH, Chomentowski P, Ward BK, Rossi A, Glynn NW, Delmonico MJ, et al. Effects of physical activity on strength and skeletal muscle fat infiltration in older adults: a randomized controlled trial. *J Appl Physiol* 2008;105:1498-503.
 48. Reid KF, Callahan DM, Carabello RJ, Phillips EM, Frontera WR, Fielding RA. Lower extremity power training in elderly subjects with mobility limitations: a randomized controlled trial. *Aging Clin Exp Res* 2008;20:337-43.
 49. Brismee JM, Paige RL, Chyu MC, Boatright JD, Hagar JM, McCaleb JA, et al. Group and home-based tai chi in elderly subjects with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2007;21:99-111.

50. Doi T, Akai M, Fujino K, Iwaya T, Kurosawa H, Hayashi K, et al. Effect of home exercise of quadriceps on knee osteoarthritis compared with nonsteroidal antiinflammatory drugs: a randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil* 2008;87:258-69.
51. Ettinger WH, Jr., Burns R, Messier SP, Applegate W, Rejeski WJ, et al. A randomized trial comparing aerobic exercise and resistance exercise with a health education program in older adults with knee osteoarthritis. The Fitness Arthritis and Seniors Trial (FAST). *JAMA* 1997;277:25-31.
52. Jan MH, Lin JJ, Liao JJ, Lin YF, Lin DH. Investigation of clinical effects of high- and low-resistance training for patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Phys Ther* 2008;88:427-36.
53. Lim BW, Hinman RS, Wrigley TV, Sharma L, Bennell KL. "Does knee malalignment mediate the effects of quadriceps strengthening on knee adduction moment, pain, and function in medial knee osteoarthritis? A randomized controlled trial". *Arthritis Rheum* 2008;59:943-51.
54. Lund H, Weile U, Christensen R, Rostock B, Downey A, Bartels EM, et al. A randomized controlled trial of aquatic and land-based exercise in patients with knee osteoarthritis. *J Rehabil Med* 2008;40:137-44.
55. Mangani I, Cesari M, Kritchevsky SB, Maraldi C, Carter CS, Atkinson HH, et al. Physical exercise and comorbidity. Results from the Fitness and Arthritis in Seniors Trial (FAST). *Aging Clin Exp Res* 2006;18:374-80.
56. Mikesky AE, Mazucca SA, Brandt KD, Perkins SM, Damush T, Lane KA. Effects of strength training on the incidence and progression of knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 2006;55:690-9.
57. 種田行男, 諸角一記, 中村信義, 北島義典, 塩澤伸一郎, 佐藤慎一郎, et al. 変形性膝関節症を有する高齢者を対象とした運動介入による地域保健プログラムの効果 無作為化比較試験による検討. *日本公衆衛生雑誌* 2008;55:228-37.
58. 赤居正美, 岩谷力, 黒澤尚, 土肥徳秀, 林邦彦, 藤野圭司, et al. 運動器疾患に対する運動療法の効果に関する実証研究 無作為化比較試験による変形性膝関節症に対する運動療法の効果. *日本整形外科学会雑誌* 2006;80:316-20.
59. Fransen M, Nairn L, Winstanley J, Lam P, Edmonds J. Physical activity for osteoarthritis management: a randomized controlled clinical trial evaluating hydrotherapy or Tai Chi classes. *Arthritis Rheum* 2007;57:407-14.
60. Hughes SL, Seymour RB, Campbell RT, Huber G, Pollak N, Sharma L, et al. Long-term impact of Fit and Strong! on older adults with osteoarthritis. *Gerontologist* 2006;46:801-14.
61. Veenhof C, Koke AJ, Dekker J, Oostendorp RA, Bijlsma JW, Tulder MWv, et al. Effectiveness of behavioral graded activity in patients with osteoarthritis of the hip and/or knee: A randomized clinical trial. *Arthritis Rheum* 2006;55:925-34.
62. Baillet A, Payraud E, Niderprim VA, Nissen MJ, Allenet B, Francois P, et al. A dynamic exercise programme to improve patients' disability in rheumatoid arthritis: a prospective randomized controlled trial. *Rheumatology (Oxford)* 2009;48:410-5.
63. Jong Zd, Munneke M, Zwinderman AH, Kroon HM, Jansen A, Runday KH, et al. Is a long-term high-intensity exercise program effective and safe in patients with rheumatoid arthritis? Results of a randomized controlled trial. *Arthritis Rheum* 2003;48:2415-24.
64. Hay EM, Foster NE, Thomas E, Peat G, Phelan M, Yates HE, et al. Effectiveness of community physiotherapy and enhanced pharmacy review for knee pain in people aged over 55 presenting to primary care: pragmatic randomised trial. *BMJ* 2006;333:995.

65. Liu-Ambrose TY, Khan KM, Eng JJ, Lord SR, Lentle B, McKay HA. Both resistance and agility training reduce back pain and improve health-related quality of life in older women with low bone mass. *Osteoporos Int* 2005;16:1321-9.
66. Gill SD, McBurney H, Schulz DL. Land-based versus pool-based exercise for people awaiting joint replacement surgery of the hip or knee: results of a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2009;90:388-94.