

【総説】

高齢者のテーラーメイド型転倒予防

山田 実<sup>1)</sup>

1) 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

【要約】 高齢者の3人に1人は1年間に1回以上経験するとされる転倒は、主要な要介護要因の1つとしても挙げられている。近年、いくつかの転倒予防介入に関するシステマティックレビューによって、転倒予防介入の有用性について報告されている。しかしながら、これらの報告は65歳以上の高齢者をひとまとめに“高齢者”として扱っていることから、すべての高齢者に汎用化されるとは言い難く、有用になる機能レベルの高齢者もいれば、そうでない機能レベルの高齢者も含まれてしまう。機能レベル別の転倒リスク要因を検証すると、比較的機能レベルが高い高齢者では二重課題能力の低下が、逆に比較的機能レベルが低い高齢者では下肢筋力の低下が転倒と関係していた。更に、このような機能レベル別の要因に応じた介入を行うことで、必要となる機能を適切に向上させ、転倒予防に有用となることも示唆されている。しかし、現状では十分に科学的検証がなされているとは言い難く、テーラーメイド型の転倒予防の確立に向けて、今後更なる検証が求められている。

**Key words** : 転倒予防, 機能レベル, 二重課題, サルコペニア

1. 緒言

転倒・骨折は要介護の主たる要因の1つとして挙げられており、65歳以上の高齢者の3人に1人は1年間に1回以上転倒することが報告されている<sup>1)</sup>。この転倒発生に関しては、筋力低下やバランス能力低下などの運動機能低下が主たる因子として関与することが報告されている(表1)<sup>2)</sup>。しかし、このような報告の多くは、高齢者の機能レベルの影響までは考慮しておらず、どのような機能レベルの高齢者であっても同じようにアセスメントされるのが一般的である。高齢者と一言でいってもその機能レベルの幅は広く、若年者とはほぼ同等の機能を有している者から歩行補助具を用いて移動する者までさまざまである。更に、転倒は虚弱な高齢者に限って発生するものではなく、比較的運動機能レベルが高い一般高齢者であっても約30%の転倒発生率となっている(各市町村が郵送で実施している基本チェックリストの1つの項目「この1年間で転んだことはありますか」の情報を利用)。我々が実施した前向き調査では、Timed Up and Go test (TUG: 椅子から立ち上がり

3 m 先の目標物まで移動、方向転換の後、再び椅子まで移動し着座するまでの時間を計測するテスト)<sup>3)</sup>を8.3秒以内に遂行するような、高い移動能力を有している高齢者であっても、5人に1人は1年間に1回以上転倒することが分かった<sup>4)</sup>。もちろん、移動能力が低下すれば、その頻度は高まり、TUGの遂行に15秒以上かかるような高齢者になると、2人に1人は1年間に1回以上転倒していた<sup>4)</sup>。このように機能レベルの幅が広く、転倒の発生率も異なる者が同じような理由で転倒し

表1 転倒リスク要因

リスク要因	オッズ比	(95%信頼区間)
筋力低下	4.4	(1.5-10.3)
過去の転倒経験	3.0	(1.7-7.0)
歩行能力低下	2.9	(1.3-5.6)
バランス機能低下	2.9	(1.6-5.4)
補助具の使用	2.6	(1.2-4.6)
視力障害	2.5	(1.6-3.5)
関節障害	2.4	(1.9-2.9)
起居動作能力低下	2.3	(1.5-3.1)
抑うつ	2.2	(1.7-2.5)
認知障害	1.8	(1.0-2.3)
年齢(80歳以上)	1.7	(1.1-2.5)

(文献2より作表)

連絡先: 山田 実, 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻, 〒606-8507 京都府京都市左京区聖護院川原町 53, yamada@hs.med.kyoto-u.ac.jp

表2 有用とされる転倒予防介入法

介入方法	転倒予防効果	相対リスク	(95%信頼区間)
複合的介入	○	0.83	(0.72-0.97)
太極拳	○	0.65	(0.51-0.82)
在宅での多要因的な運動介入	○	0.77	(0.61-0.97)
ビタミンDの摂取	—	0.96	(0.92-1.01)
住宅改修	—	0.89	(0.80-1.00)
滑りにくい履物の装着	○	0.42	(0.22-0.78)
服薬調整	○	0.34	(0.16-0.73)
頸動脈洞過敏症の治療	○	0.42	(0.23-0.75)
白内障の治療	○	0.66	(0.45-0.95)

(文献5より作表)

表3 運動による有用な転倒予防介入法

介入方法	転倒予防効果	相対リスク	(95%信頼区間)
施設入所高齢者	—	1.17	(0.92-1.49)
虚弱高齢者	—	1.21	(0.97-1.50)
平均75歳以上高齢者	—	1.05	(0.83-1.33)
筋力トレーニング(中-高強度)	—	1.09	(0.87-1.36)
筋力トレーニング(高強度)	—	1.16	(0.81-1.67)
バランストレーニング(中-高難度)	○	0.75	(0.60-0.94)
バランストレーニング(高難度)	○	0.76	(0.62-0.93)
持久力トレーニング	—	0.94	(0.75-1.18)
ストレッチ	—	0.89	(0.89-1.15)
歩行プログラム	—	1.19	(0.96-1.46)
監視型トレーニング	—	0.89	(0.68-1.17)
少人数監視型トレーニング	—	1.16	(0.93-1.44)
教室での運動時間	—	0.95	(0.77-1.19)
自宅での運動時間	—	0.84	(0.66-1.07)
全体(教室+自宅)の運動時間	○	0.80	(0.65-0.99)

(文献10より作表)

ていると考えるのは非合理的である。

転倒予防に関しては、2009年に報告されたコクランレビュー(表2)<sup>5)</sup>を皮切りに、適切な介入を行うことで転倒を予防できるというレビューが散見されるようになった<sup>6-9)</sup>。特に Sherrington らが報告したシステムティックレビューは<sup>10)</sup>、転倒予防に有用な運動種目だけでなく、対象者や運動頻度、それに運動時間などについても検証していることから、転倒予防介入を行ううえで、非常に有用な情報となっている(表3)。なお、2003年に報告されたコクランシステムティックレビューでは<sup>11)</sup>、明確に転倒を予防できるというエビデンス

の確立には至っていなかっただけに、ここ数年の間に飛躍的に介入方法が進歩したと考えられる。しかしながら、これまでに報告されているシステムティックレビューでも、その大半は高齢者をひとまとめに扱っているため、有用と考えられている介入方法でもすべての高齢者に汎用化されるとは言い難い。

そこで、我々は、高齢者の転倒を予防するにあたり、まずは身体機能レベルに応じた転倒リスク要因の検証、そして、そのことに伴う各機能レベルに応じた有用な運動介入方法の開発を目指している。本総説では、テーラーメイド型の転倒予防

介入法の確立に向けて、自験的取り組みを中心に紹介する。

## 2. 転倒リスク評価

簡便に行える転倒リスク評価としては、一般的に、TUG (移動能力の指標になる)<sup>3)</sup> やファンクショナルリーチ (立位姿勢から、体を前屈しながら手をできるだけ前方に伸ばし、その移動距離を測定するもの。バランス能力の指標になる)<sup>12)</sup>、10 m 歩行 (10 m の歩行時間を計測する。歩行能力の指標になる)<sup>13)</sup>、片脚立位 (開眼片脚立位で何秒間保持できるか計測する。バランス能力の指標になる)<sup>14)</sup>、それに5回立ち座りテスト (椅子に座っている状態から、5回立ち座りを繰り返す、その時間を計測する。下肢筋力の指標になる)<sup>15)</sup>などが行われる。これらの測定項目は移動能力やバランス能力、それに筋力が求められるようなものであり、高齢者の身体機能を簡便に把握することができる。しかしながら、高齢者の転倒リスク評価 (特に比較的運動機能レベルの高い高齢者) には、これらだけでは不十分である。前述のように、比較的運動機能レベルの高い高齢者でも転倒は起こりうるが、このような機能レベルの高い高齢者では、

転倒群も非転倒群も運動機能レベルに差はなく、単純な運動機能の値から転倒ハイリスク者を見つけることは困難である。

日常生活は非常に多くの課題に包囲された複数課題環境であり、もちろんこのような課題環境下で転倒も発生している。そのため、歩行のみに注意を向けていてもよい単一課題下での歩行能力検査よりも、副次課題にも注意を分散しなければならない二重課題下歩行検査のほうが、より実生活場面での歩行を反映すると考えられている。二重課題条件が重要視されるようになるきっかけとなったのは、1997年にLundin-Olssonら<sup>16)</sup>がLancetに報告した“Stops walking when talking”である。これは、歩行中に話しかけられて立ち止まってしまう高齢者は、その先6か月以内に転倒する可能性が高いということを示したものである。この報告は、非常にシンプルな二重課題の方法で転倒リスクを判断できるという汎用性の高さからも注目を集めた。この報告以後、二重課題遂行能力と転倒との関係を調査した報告が増え、2009年にBeauchetら<sup>17)</sup>が報告したレビューでは、二重課題条件下での運動機能は転倒リスク評価になることをまとめた。しかし一方でBeauchetらは、どのような対象者でも転倒リスク評価として有用と

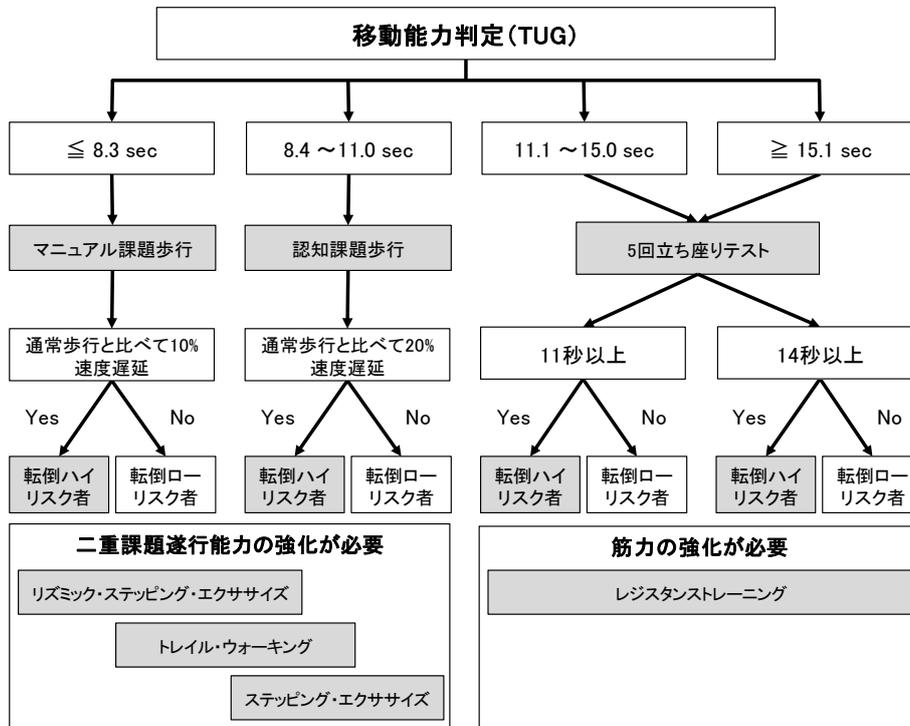


図1 機能レベル別にみた転倒リスク要因とその対策

しているのではなく、どのような機能レベルの高齢者に有用となるのかについては、①大規模のコホート調査が必要、②課題の統一が必要、ということ述べている。

そこで、我々は 1038 名の高齢者を、移動能力 (TUG の遂行時間) 別に 4 つのグループに分類し (4 分位)、それぞれの群において二重課題下歩行 (マニュアル課題: ボールをのせたお皿を把持して歩行する、認知課題: 100 から順次 1 ずつ引きながら歩行する) を含めたいくつかの代表的な転倒リスク測定を実施し、各グループで最も適合する転倒リスク測定を検討した<sup>4)</sup>。その結果、移動能力が最も高い群 (Q1: 8.3 秒以下) ではボールをのせたお皿を把持した歩行 (マニュアル課題) が、次いで速かったグループ (Q2: 8.4~11.0 秒) では 100 から順次 1 ずつ引きながらの歩行 (認知課題) が転倒リスク評価として有用であることが分かった。更に、移動能力が低下している 2 群 (Q3: 11.1~15.0 秒, Q4: 15.1 秒以上) では、いずれも二重課題下歩行が有用ではなく、下肢筋力が必要とされる 5 回立ち座りテストが転倒リスク評価として有用であることが示された。つまり、比較的運動機能レベルの高い高齢者であれば二重課題下歩行は転倒リスク評価として有用であるが、運動機能の低下した高齢者では二重課題下歩行は有用ではないということを示した (図 1)。よりシンプルに見極めるのであれば、概ね杖等の歩行補助具を日常的に使用している高齢者 (Q3, Q4 に該当) であれば筋力低下が、杖を使用していない高齢者 (Q1, Q2 に該当) であれば二重課題遂行能力低下が転倒のリスクファクターになると考えられる。

### 3. 転倒予防エクササイズ

前項で示したように、転倒リスク要因は高齢者の機能レベルによって異なることが示唆されている。そのため、転倒予防を目的とした場合には、比較的運動機能レベルの高い高齢者に対しては二重課題遂行能力の強化、比較的運動機能の低下した高齢者に対しては筋力強化が必要になる。我々は、二重課題遂行能力を強化するためのトレーニングとして、各機能レベルに対応できるようにいくつかの方法を開発してきた。また、筋力の強化に関しては、近年注目されているサルコペニアの予防・改善に関する方法を考案してきた。ここでは、それぞれの機能レベルの高齢者に応じた介入

方法について紹介する。

#### 3-1. 運動機能レベルが高い高齢者向け

(TUG の所要時間が 8.3 秒以下の高齢者向け)

TUG が 8.3 秒以下であり、単純な移動能力が比較的維持されているにもかかわらず、二重課題下などでは移動能力が顕著に低下するような高齢者に対しては、トレイル・ウォーキング・エクササイズ<sup>18)</sup> やリズムミック・ステッピング・エクササイズ<sup>19)</sup> を推奨している。

トレイル・ウォーキング・エクササイズは、注意機能検査である Trail Making Test part-A を歩行エクササイズ版に改良したものである。5 m 四方の領域に、①から⑮までの旗を設置し、①から順に②、③・・・⑮と通過していくものである (図 2)。このトレイル・ウォーキング・エクササイズは、旗を探すという探索能力や注意機能、旗の位置を短期的に記憶しておく短期記憶能力、それに頻回な方向転換やかがみ動作 (旗が何番なのか確認する際に行う) など多くの機能が同時に求められる複数課題条件である。運動ごとに旗の位置を変化させたり、番号をシャッフルするなどして、毎回異なる条件で運動を実施する。それでも慣れてきたら、⑮から逆順に①まで通過させることで認知課題的負荷量を増大させる。このエクササイズは、週に 1 回の頻度でも継続して 6 か月ほど実施すれば転倒予防効果が認められることが判明しており、高齢者にとって非常に有用なトレーニングであるといえる。なお、トレイル・ウォーキングの環境に、障害物を加えることでより転倒予防

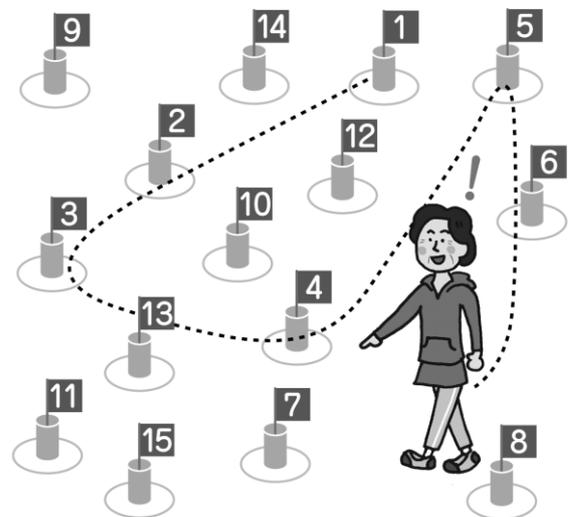


図 2 トレイル・ウォーキング・エクササイズ

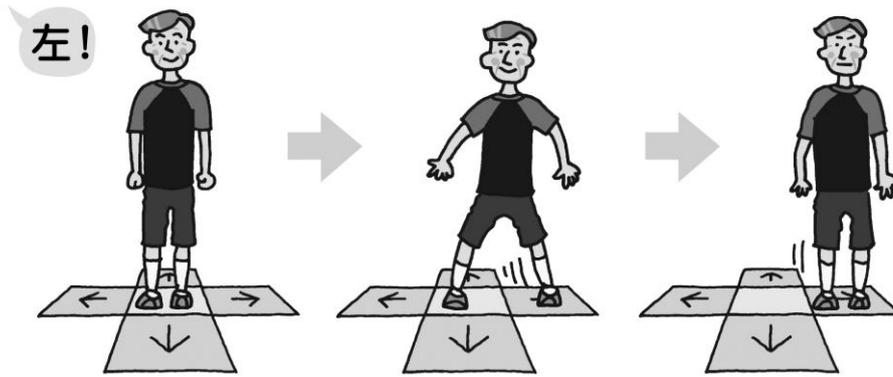


図3 リズミック・ステッピング・エクササイズ

に対する効果が強まり、転倒発生数だけでなく骨折数の抑制も可能であることが判明している<sup>20)</sup>。

リズムミック・ステッピング・エクササイズは、60～120 beat/min のテンポで足踏みを行いながら、口頭および視覚的に指示された方向へステップを行うというものである。ただし、図3に示している5つの四角形は仮想であり、実際は地面に全く目印のない環境で実施する。仮想四角形の大きさは、各個人の能力によって調整可能という自己裁量型としている（おおよそ30～50 cm程度）。時間は1分程度から開始し、段階的に3分、5分と延長していく。このリズムミック・ステッピング・エクササイズは、単純な足踏み運動やあらゆる方向へのステップ運動などの運動課題的要素と、指示を聞くための注意力、それに短期記憶などの認知課題的要素が同時に求められる多重課題運動である。また運動課題的要素の難易度は、足踏みの速度を変化させることで調整可能である。更に、認知課題的要素の難易度は前後左右の指示方向を、「赤」が前、「青」が後、「緑」が右、「黄」が左のように指示を色に変換したりすることで調節可能である。このエクササイズを週1回の頻度で6か月間実施することで、二重課題下歩行能力が向上し、転倒恐怖感が減少することが分かっている。

これら以外にも Shigematsu らが報告したスクエア・ステッピング・エクササイズ<sup>21)</sup>などは、比較的運動機能レベルの高い高齢者に対して有用と考えられる。

### 3-2. やや移動能力が低下した高齢者向け

(TUGの所要時間が8.4～11.0秒の高齢者向け)

移動能力がやや低下しているような場合には、座位で行うステッピング・エクササイズ(図4)

野菜を出来るだけ多く言って下さい、



図4 ステッピング・エクササイズ

が有用である<sup>22)</sup>。これは椅子座位の状態では、語想起などの認知課題を行いながら出来るだけ速く足踏みを行うというものである。時間は5秒から開始し、段階的に10秒へ延長していく。一見、短いという印象をもつかもかもしれないが、実際に行ってみると5秒は意外と長く、10秒になるとかなり長く感じる。認知課題としては、「動物の名前を出来るだけ多く」「国の名前を出来るだけ多く」などカテゴリーを指示するものや、「か」から始まる言葉など頭文字を指示するものなどの語想起や、100から順次3を引く、100から順次1を引くなどの単純計算課題が有用である。このエクササイズは座位で行えることから、自宅で一人でも行えるという利点がある。また座位でのトレーニングであっても、歩行能力が向上することを確認しており、移動能力がやや低下した高齢者にとっては安全に行える有用なトレーニングである。

### 3-3. 移動能力が低下した高齢者向け

(サルコペニアの予防・改善)

移動能力が低下している場合（概ね TUG の所要時間が 11.1 秒以上の高齢者）には、二重課題遂行能力を強化するよりは、まずは筋力強化が重要である。概ね、要支援・要介護の者がこのような機能レベルに相当するが、自験的な調査によってこのような者の大半はサルコペニアであることが判明している。サルコペニアは加齢に伴う筋量の低下のことを指し、近年では筋量低下に加えて歩行速度が低下しているような者をサルコペニアと定義するというコンセンサスが報告されている<sup>23)</sup>。高齢者に対してもレジスタンストレーニングによって筋量や筋力が改善することが報告されており<sup>24,25)</sup>、我々は、サルコペニアに該当するような高齢者 324 名を対象に、週に 2 回の頻度で 1 年間にわたってレジスタンストレーニングを実施した<sup>26)</sup>。アメリカスポーツ医学会は、高齢者に対するレジスタンストレーニングとして、最大筋力の 80%（最大反復回数 10 回）以上の負荷量で、10 回を 1 セットとして 3 セット以上、週に 2~3 回以上を推奨していることから<sup>27)</sup>、この方法に準じてトレーニングを実施した。なお、トレーニング対象となる筋は上下肢の主要な筋として、上腕二頭筋、上腕三頭筋、大胸筋、前腕筋群、腸腰筋、大腿四頭筋、ハムストリングス、それに下腿三頭筋である。3 か月ごとに生体電気インピーダンス法 (bioelectrical impedance analysis; BIA) によって筋量の計測を行ったところ、身長補正した四肢筋量 (skeletal muscle mass index; SMI) は最初の 3 か月ではトレーニング前と比べ変化がなく、6 か月を超えた時点で少しずつ増加し、1 年後にはトレーニング前と比べて約 5.5% 増加していた (図 5)。更に、筋量の増加に伴いパフォーマンスの向上、転倒恐怖感の減少を認めている。前述のような高齢者に対するレジスタンストレーニングとしては、期間は 3 か月以上が推奨されているが<sup>27)</sup>、本調査で示したように要支援・要介護認定を受けた虚弱高齢者にとって、3 か月程度の運動期間では効果の出現が乏しく、少なくとも 6 か月以上継続実施すべきということが示唆された。

このようにレジスタンストレーニングを実施することで、筋量が増加する、パフォーマンスが向上とするということは周知の事実である。しかし、サルコペニアのメカニズムを考慮した場合、運動だけではなく栄養に対する介入も考慮すべき

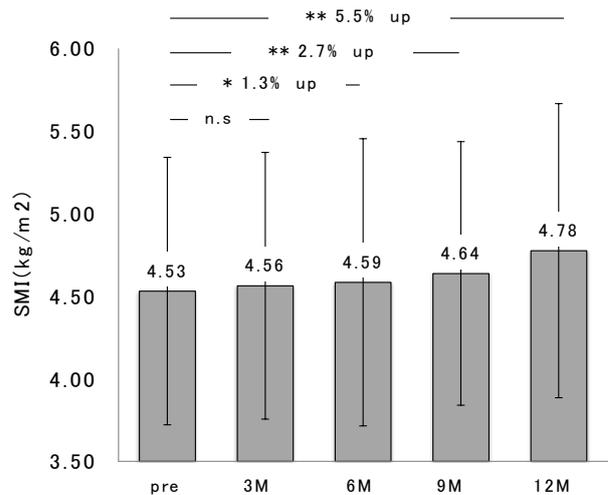


図 5 1 年間のレジスタンストレーニングの筋量増加効果

である。中でも、総カロリー、蛋白質、それにビタミン D は重要であり、これらの摂取不足とサルコペニアが関係しているという報告は多数存在する<sup>28-30)</sup>。ビタミン D に関しては、日照曝露によってビタミン D の前駆物質である 7-デヒドロコレステロールが生産されることが知られているが、この生産能力が高齢者では若年者の 50~70% も減少することが報告されており<sup>31-32)</sup>、食物から摂取することの重要性が指摘されている。加えて、大多数の高齢者で蛋白質、ビタミン D とともに摂取量が不足していることが分かっており、これらをうまく摂取しながらレジスタンストレーニングを併用することがトレーニング効果を高めるにあたり重要である。我々は、地域在住高齢者に対して Food frequency questionnaire (FFQ) という食品目摂取頻度調査を行い、その中からビタミン D の食物からの摂取量を算出した<sup>33)</sup>。その結果、ビタミン D の摂取量と身長補正した筋量とは有意な相関関係を認め、ビタミン D の摂取量が多いほど筋量が多く保たれているという関係性を見いだした。また、サルコペニアの基準に対してビタミン D 摂取量のカットオフ値を算出したところ、1 日平均で 5.93  $\mu\text{g}$  以上摂取すべきという結果を得た。

運動と栄養を組み合わせた介入としては、10 週間のレジスタンストレーニングに加えて 360 kcal 多く食物摂取させることで有意に下肢筋力が向上することや<sup>34)</sup>、12 週間のレジスタンストレーニングに加えて蛋白質を補充することが筋量の増加に関与することなどが報告されている<sup>35)</sup>。更に Kim

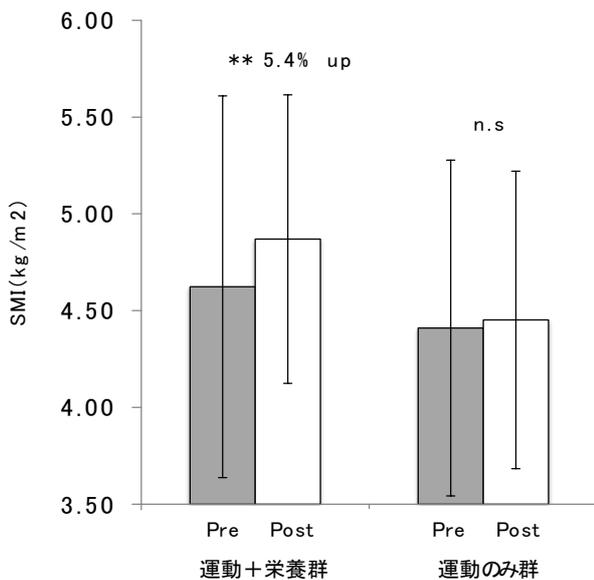


図6 運動+栄養の筋量増加効果

らは、サルコペニアの高齢女性を対象として、「運動+栄養」、「運動のみ」、「栄養のみ」、「コントロール」の4群による3か月間の無作為化比較対照試験を実施し、筋量増加は「運動+栄養」群で最も高い効果を認めたことを報告している<sup>36)</sup>。このように、サルコペニアに対する介入としては、運動をベースに栄養を補充するという考えがコンセンサスになりつつある。

我々は、要介護高齢者に対してレジスタンストレーニングと栄養補助を組み合わせた介入試験を実施した<sup>37)</sup>。介入群、コントロール群ともに週に3回の頻度で3か月間、10 RMの負荷設定で上下肢のレジスタンストレーニングを実施するというものであるが、介入群には加えてトレーニング後に蛋白質、ビタミンDを多く含んだ飲料を摂取してもらった。その結果、3か月間の介入前後でコントロール群では筋量に有意な改善を認めなかったのに対して、介入群では5.4%の有意な改善を認め、歩行速度の改善も認められた(図6)。前述のように、レジスタンストレーニングのみでは、1年間で5.5%の筋量の改善に至っているが、栄養を補助することによって3か月間のトレーニングで1年間と同等の効果が得られることが示唆された。

なお、Neelemaatらも、本研究と同様に蛋白質、ビタミンD、カルシウムなどを多く含むサプリを摂取させたところ、有意な転倒抑制効果を認めた

ことを報告している<sup>38)</sup>。しかしながら、本研究もそうであるように、現時点では限られた機能レベルの高齢者に対してのみの有用性の検証しか実施されていない。いずれの研究も比較的虚弱な高齢者を対象としていることから、虚弱でない高齢者に対しては今後の検証作業が求められる。

#### 4. おわりに

本総説では、高齢者の転倒予防を行うにあたって、高齢者をひとまとめに扱うのではなく、機能レベルに応じてその対応を変更すべきというテーラーメイド型転倒予防の考えを示した。サルコペニアに対する介入を元気な高齢者に対して実施しても、同様の結果には至らないことが予想され、二重課題遂行能力の向上を目的とした運動を虚弱高齢者に対して提供してもあまり高い効果は期待できない。今後ますます、高齢化率が増加する本邦において、科学的検証がなされたテーラーメイド型の運動介入を確立していくことは大きな課題であり、本総説がその一助になれば幸いである。

#### 文献

- 1) Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med.* 1988; 319: 1701-7.
- 2) Guideline for the prevention of falls in older persons. American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention. *J Am Geriatr Soc.* 2001; 49: 664-72.
- 3) Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991; 39: 142-8.
- 4) Yamada M, Aoyama T, Arai H, et al. Dual-task walk is a reliable predictor of falls in robust elderly adults. *J Am Geriatr Soc.* 2011; 59: 163-4.
- 5) Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC, Lamb SE, Cumming RG, Rowe BH. WITHDRAWN: Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009; 15: CD000340.
- 6) Kalula SZ, Scott V, Dowd A, Brodrick K. Falls and fall prevention programmes in developing

- countries: environmental scan for the adaptation of the Canadian Falls prevention curriculum for developing countries. *J Safety Res.* 2011; 42: 461-72.
- 7) Sherrington C, Tiedemann A, Fairhall N, Close JC, Lord SR. Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. *N S W Public Health Bull.* 2011; 22: 78-83.
  - 8) Fairhall N, Sherrington C, Clemson L, Cameron ID. Do exercise interventions designed to prevent falls affect participation in life roles? A systematic review and meta-analysis. *Age Ageing.* 2011; 40: 666-74.
  - 9) Nyman SR, Victor CR. Older people's participation in and engagement with falls prevention interventions in community settings: an augment to the Cochrane systematic review. *Age Ageing.* 2012; 41: 16-23.
  - 10) Sherrington C, Whitney JC, Lord SR, Herbert RD, Cumming RG, Close JC. Effective exercise for the prevention of falls: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc.* 2008; 56: 2234-43.
  - 11) Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC, Lamb SE, Cumming RG, Rowe BH. Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev.* 2003; CD000340.
  - 12) Duncan PW, Studenski S, Chandler J, Prescott B. Functional reach: predictive validity in a sample of elderly male veterans. *J Gerontol.* 1992; 47: M93-8.
  - 13) Lopopolo RB, Greco M, Sullivan D, Craik RL, Mangione KK. Effect of therapeutic exercise on gait speed in community-dwelling elderly people: a meta-analysis. *Phys Ther.* 2006; 86: 520-40.
  - 14) Vellas BJ, Wayne SJ, Romero L, Baumgartner RN, Rubenstein LZ, Garry PJ. One-leg balance is an important predictor of injurious falls in older persons. *J Am Geriatr Soc.* 1997; 45: 735-8.
  - 15) Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol.* 1994; 49: M85-94.
  - 16) Lundin-Olsson L, Nyberg L, Gustafson Y. "Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people. *Lancet.* 1997; 349: 617.
  - 17) Beauchet O, Annweiler C, Dubost V, et al. Stops walking when talking: a predictor of falls in older adults?. *Eur J Neurol.* 2009; 16: 786-95.
  - 18) Yamada M, Tanaka B, Nagai K, Aoyama T, Ichihashi N. Trail-walking exercise and fall risk factors in community-dwelling older adults: preliminary results of a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc.* 2010; 58: 1946-51.
  - 19) Yamada M, Tanaka B, Nagai K, Aoyama T, Ichihashi N. Rhythmic stepping exercise under cognitive condition improves fall risk factors in community-dwelling older adults: preliminary results of cluster-randomized controlled trial. *Aging Ment Health.* 2011; 15: 647-53.
  - 20) Yamada M, Aoyama T, Arai H, et al. Complex obstacle negotiation exercise can prevent falls in community-dwelling elderly Japanese aged 75 years and older. *Geriatr Gerontol Int.* 2012; 12: 461-7.
  - 21) Shigematsu R, Okura T, Nakagaichi M, 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.
  - 22) Yamada M, Aoyama T, Tanaka B, Nagai K, Ichihashi N. Seated stepping exercise under a dual-task condition improves ambulatory function with a secondary task: a randomized controlled trial. *Aging Clin Exp Res.* 2011; 23: 386-92.
  - 23) Morley JE, Abbatecola AM, Argiles JM, et al. Sarcopenia with limited mobility: an international consensus. *J Am Med Dir Assoc.* 2011; 12: 403-9.
  - 24) Peterson MD, Rhea MR, Sen A, Gordon PM. Resistance exercise for muscular strength in older adults: a meta-analysis. *Ageing Res Rev.* 2010; 9: 226-37.
  - 25) Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. *Sports Med.* 2004; 34: 329-48.
  - 26) Yamada M, Arai H, Uemura K, et al Effect of

- resistance training on physical performance and fear of falling in elderly with different levels of physical well-being. *Age Ageing*. 2011; 40: 637-41.
- 27) American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 1998; 30: 992-1008.
- 28) Houston DK, Nicklas BJ, Ding J, et al; Health ABC Study. Dietary protein intake is associated with lean mass change in older, community-dwelling adults: the Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Study. *Am J Clin Nutr*. 2008; 87: 150-5.
- 29) Meng X, Zhu K, Devine A, Kerr DA, Binns CW, Prince RL. A 5-year cohort study of the effects of high protein intake on lean mass and BMC in elderly postmenopausal women. *J Bone Miner Res*. 2009; 24: 1827-34.
- 30) Hirani V, Primatesta P. Vitamin D concentrations among people aged 65 years and over living in private households and institutions in England: population survey. *Age Ageing*. 2005; 34: 485-91.
- 31) Holick MF, Matsuoka LY, Wortsman J. Age, vitamin D, and solar ultraviolet. *Lancet*. 1989; 2: 1104-5.
- 32) MacLaughlin J, Holick MF. Aging decreases the capacity of human skin to produce vitamin D3. *J Clin Invest*. 1985; 76: 1536-8.
- 33) Yamada M, Terai K, Nishiguchi S, et al. Dietary vitamin D intake is associated with skeletal muscle mass in community-dwelling older Japanese women. *J Aging Res Clin Pract*. In press.
- 34) Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, et al. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med*. 1994; 330: 1769-75.
- 35) Meredith CN, Frontera WR, O'Reilly KP, Evans WJ. Body composition in elderly men: effect of dietary modification during strength training. *J Am Geriatr Soc*. 1992; 40: 155-62.
- 36) Kim HK, Suzuki T, Saito K, et al. Effects of exercise and amino acid supplementation on body composition and physical function in community-dwelling elderly Japanese sarcopenic women: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc*. 2012; 60: 16-23.
- 37) Yamada M, Arai H, Yoshimura K, et al. Nutritional supplementation during resistance training improved sarcopenia in community-dwelling frail older adults. *J Frailty Aging*. 2012; 1: 64-70.
- 38) Neelemaat F, Lips P, Bosmans JE, Thijs A, Seidell JC, van Bokhorst-de van der Schueren MA. Short-term oral nutritional intervention with protein and vitamin D decreases falls in malnourished older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2012; 60: 691-9.

**【Review Article】**

**Tailor-made Programs for Preventive Falls in Older Adults**

Minoru Yamada<sup>1)</sup>

**Abstract**

Falls are relatively common in the elderly, with approximately 30% of individuals aged 65 and older falling at least once a year and approximately half of them experiencing repeated falls. Falls and fractures have a major impact on elderly individuals, their caregivers, health service providers, and the community. Recent systematic review suggested that falls can be prevented by well-designed exercise programs that target balance and involve a good amount of exercise. On the other hand, in daily life, locomotion occurs under complicated circumstances, with cognitive attention focused on a particular task, such as watching the traffic or reading street signs, rather than on performing a simple motor task such as walking. A seminal study demonstrating that the characteristic “stops walking when talking” could serve as a predictor of falls introduced a novel method for predicting falls based on dual-task performance. Recent study indicated that different factors may be related to fall incidents depending on the level of frailty of the community-dwelling elderly adults. These findings suggest that fall prevention programs should be tailored to the elderly adult’s level of physical well-being. The purpose of this review is to review approaches to fall prevention tailored to an individual’s level of physical well-being.

**Key words:** fall prevention, level of physical well-being, dual-task, sarcopenia

---

1) Human Health Sciences, Graduate School of Medicine, Kyoto University, Kyoto, Japan