

在宅虚弱高齢者に対する異なる運動介入が身体機能に及ぼす経時的変化について

—バランス運動と筋力増強運動での検討—

Time Course Changes in Physical Function Following Different Exercise Interventions for Community-Dwelling Elderly: Balance and Muscle Strength Exercises

平瀬 達哉¹⁾ 井口 茂¹⁾ 中原 和美¹⁾ 松坂 誠應¹⁾

TATSUYA HIRASE, PT¹⁾, SHIGERU INOKUCHI, PT¹⁾, KAZUMI NAKAHARA, PT¹⁾, NOBUOU MATSUSAKA, MD¹⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Graduate School of Health Sciences, Nagasaki University: 1-7-1 Sakamoto, Nagasaki-shi, Nagasaki 852-8520, Japan. TEL +81 95-819-7967 E-mail tatsuya@nagasaki-u.ac.jp

Rigakuryoho Kagaku 25(6): 1-5, 2010. Submitted Jul. 5, 2010. Accepted Aug. 26, 2010.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to conduct different interventions for frail community-dwelling elderly persons and investigate the time course changes in their physical function. [Subjects] The subjects were 51 frail community-dwelling elderly over 65 years of age, classified from category 1 of needing support to category 1 of needing care. [Method] The subjects were divided into a balance exercise group (24 persons) and a muscle strength exercise group (27 persons), according to site, and exercises were performed for 1 hour once a week for 3 months. One-leg standing with eyes open, the sit-to-stand (STS) time, timed up-and-go (TUG), and lower limb muscle strength were used to assess physical function, and their time course changes were analyzed in each group. [Results] In the balance exercise group, lower limb muscle strength had significantly increased after 1 month, and subsequently all the physical function assessments significantly improved. In the muscle strength exercise group, lower limb muscle strength increased significantly after 2 months, and subsequently the results of the STS and TUG times significantly improved. [Conclusion] In each of the exercise groups, physical function improved after increase in lower limb muscle strength. Furthermore, different responses were shown to the balance and muscle strengthening exercises.

Key words: frail community-dwelling elderly, different exercise interventions, time course changes

要旨: [目的] 在宅虚弱高齢者に対し異なる運動介入を行い、身体機能に及ぼす影響について経時的な変化から検討することである。[対象] 65歳以上で要支援1～要介護1の在宅虚弱高齢者51名とした。[方法] 対象者を事業所別にバランス運動群24名、筋力増強運動群27名に振り分け、週1回1時間の運動を3ヶ月間実施した。身体機能として、開眼片足立ち、椅子起立時間、Timed Up & Go Test (TUG)、下肢筋力を評価し、各運動群におけるそれらの経時的変化を解析した。[結果] 経時的変化では、バランス運動群は下肢筋力が1ヶ月後より有意に増加し、その後全ての身体機能評価が有意に改善されていた。筋力増強運動群では、下肢筋力が2ヶ月後より有意に増加し、その後椅子起立時間、TUGが有意に改善されていた。[結論] 各運動群ともに下肢筋力の増加後にパフォーマンス能力が向上していた。また、バランス運動と筋力増強運動では効果の反応が異なることが示された。

キーワード: 在宅虚弱高齢者、異なる運動介入、経時的変化

¹⁾長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科保健学専攻理学・作業療法学講座：長崎県長崎市坂本1-7-1 (〒852-8520)
TEL / FAX: 095-819-7967

I. はじめに

わが国の高齢化は急速に進行しており、今後十数年で国民の4人に1人が65歳以上という超高齢社会を迎えると予測されている。高齢期の主要な健康問題である寝たきり、あるいは要介護状態の予防のための包括的な地域保健・医療・福祉サービスの一環として、介護予防への取り組みが多くみられている¹⁾。

高齢者の介護予防に関して、転倒予防を中心としたレビュー^{2,3)}では、運動介入が第一義的であるとされており、虚弱高齢者に対する運動介入の必要性が報告されている。また、地域で実践する運動プログラムは安全で容易に行うことが可能で、低コストで提供されるべきであると報告されており²⁾、集団で行う運動の効果についての検討が多くなされている⁴⁻⁷⁾。しかし、運動内容、対象年齢、実施期間、頻度等の違いにより身体機能に対する効果が認められたとする報告^{4,5)}と認められないとする報告^{6,7)}があり、効果についての見解は研究者によりさまざまである。

運動介入の内容は、バランス運動、筋力増強運動、太極拳やダンス、歩行や有酸素運動、あるいはそれらを複合した包括的なものであるが、どの要素が効果的なのかは明らかになっていないのが現状である^{2,3)}。一方、下肢筋力やバランス能力低下は転倒要因として上位を占めており⁸⁾、それらを改善させる運動が効果的であるとされている⁹⁾。これらのことより、在宅虚弱高齢者に対するバランス能力や下肢筋力に対する運動が、身体機能に及ぼす違いを明らかにする必要があると思われる。さらに、島田ら⁵⁾は運動介入の内容により効果としての反応には特異性があると報告しており、運動効果の出現の仕方も介入内容の違いで異なることが考えられる。しかし、運動効果は介入前後で比較した研究が多く、経時的な変化を検証した研究は行われていない。Liu-Ambroseら¹⁰⁾は、効果的な運動処方のためには運動プログラムの特性を示す必要があると報告している。運動の効果を経時的変化から検証することは、運動プログラムの特性を明らかにする上でも重要であると考えられる。そこで本研究の目的は、在宅虚弱高齢者に対しバランス運動と筋力増強運動の異なる運動を実施し、それらが身体機能に及ぼす影響について経時的変化から検討することである。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、65歳以上で週1回もしくは2回通所介護を利用している在宅虚弱高齢者51名（男性9名、女性42名）であり、介護度が要支援1・2、要介護1の者とした。対

象者の平均年齢は82.8 ± 7.2歳（65～95歳）、平均身長は147.7 ± 8.3 cm（132.0～168.0 cm）、平均体重は50.9 ± 9.7 kg（35.5～73.4 kg）であった。そして、対象者を事業所別にバランスを強調した運動群（以下、バランス群）24名、筋力増強運動群（以下、筋力増強群）27名に分類した。本研究では協力が得られた事業所の規模は異なっていたため、異なる運動を1つの事業所で無作為化して行うことは困難であった。そのため、事業所の形態、要望等を加味して非無作為に上記した2群に振り分け、運動プログラムの実行可能性について検討した。除外基準は、重度な脳血管疾患、神経筋疾患を伴う者、関節リウマチ、重篤な心疾患、認知症自立度判定基準がⅡ以下の者、個別に筋力もしくはバランストレーニングを行っている者とした。なお、対象者には紙面および口頭にて十分な説明を行い署名にて同意を得た。

2. 方法

身体機能の評価項目は、開眼片足立ち、椅子起立時間^{11,12)}、Timed Up & Go Test¹³⁾（以下、TUG）、および下肢筋力とした。開眼片足立ちは、直立位より片足を挙げた時を開始、挙上足が床に着いた時、または軸足が動いた時を終了とし、その間の時間を計測した。なお、軸足は特別に規定せず対象者が実施しやすい方とした。椅子起立時間は、約45 cmの高さの椅子から5回起立動作を行い、5回目の立位時までの時間とした。TUGは、至適速度にて椅子座位から3 m先の目標物を周り、再び椅子座位となるまでの時間とした。開眼片足立ち、椅子起立時間、TUGはそれぞれ2回ずつ計測し、いずれか良い方の値を測定値とした。下肢筋力は、Hand-held dynamometer (HHD)（日本メディックス社製 Micro FET2）を用い、加藤ら¹⁴⁾の測定肢位を参考に測定された最大膝伸展筋力とした。測定肢位は、端座位、膝関節90°で、自家製の固定用ベルトで足部と椅子ポールを固定された状態とし、膝関節裂隙からHHDまでの距離を測定した。測定は、左右それぞれ2回ずつ行い、左右側関係なく最高値を採用しトルク体重比を求めた。なお、身体機能項目は1ヶ月毎に評価を実施した。

運動介入の頻度と期間は、週に1回3ヶ月間とした。運動時間は10分間のウォームアップ、40分間のバランスもしくは筋力増強トレーニング、10分間のクールダウンで構成された合計60分間とした。事業所スタッフが実施することを考慮し運動のVTRを作成した。

バランス運動は、Rachaelら¹⁵⁾を参考に、立位・歩行に関する運動、バランスマットを用いた運動の計12種目より作成した。開始から2ヶ月目までの運動内容は、立位での運動では片足立ち、頸部屈曲・伸展、足振り、踵・つま先立ち、頸部・体幹回旋、床をタッチしてバ

ンザイ動作、歩行に関する運動では、横歩き（そろえ型とクロス型）、後歩き、タンデム歩行とし、バランスマット上での運動では立位、足踏み動作とした。残りの1ヶ月間は、立位での運動からバランスマット上で行う運動内容を増やした。

筋力増強運動は、5種目はエラスティックバンド（Thera-Band®）、2種目は自重負荷を利用した計7種目の漸増的抵抗運動とした。運動強度は、8回反復の3セットを完全に行うことができる強度とし、Boshuizenら¹⁶⁾に準じ異なった抵抗のエラスティックバンドを用いて対象者毎に設定した。強度は1ヶ月毎に確認し、完全に行うことができた場合はエラスティックバンドの強度を増加した。運動内容は、座位では腸腰筋・腹筋群、股関節外旋筋、膝伸展筋、立位では股関節外旋筋、股関節伸展筋、足底背屈筋、下肢前面の筋力増強を目的としたトレーニングとした。なお、運動回数は8回反復の2セットとした。

運動開始時におけるバランス群と筋力増強群の年齢、身長、体重と身体機能項目について対応のないt検定を用いて比較した。性差については、 χ^2 による独立性の検定を用いた。各運動群における身体機能評価の経時的変化について、反復測定分散分析を用いて有意差を判定し、有意差を認めた場合は多重比較検定（Bonferroni法）を行った。さらに、2群間の身体機能評価の経時的変化を比較するために、反復測定による2元配置分散分析を用いて有意差を判定し、有意差を認めた場合は多重比較検定（Bonferroni法）を行った。なお、統計解析には統計解析用ソフトSPSS 11.0Jを用い、危険率5%未満を有意水準とした。

III. 結果

運動開始時における対象者の特性と身体機能項目の値を、2群間で比較した結果、全ての項目において有意差を認めなかった（表1）。

バランス群24名のうち1名は呼吸器疾患による入院のため継続困難となった。筋力増強群27名のうち、5名が入院のため継続困難となり、その内訳は脳梗塞発症1名、呼吸器疾患3名、脱水1名であった。また、2名が通所事業所利用中止のため継続が困難となった。そのため、3ヶ月間運動実施が可能であったバランス群23名、筋力増強群20名を解析対象とした。なお、解析対象者の運動開始時の身体機能評価に有意差は認めなかった。

各運動介入群における身体機能評価の経時的変化について、バランス群では、開眼片足立ちと椅子起立時間が3ヶ月後より有意に改善していた。TUGは2ヶ月後より有意に改善していたが、運動開始時とは有意差を

表1 バランス群と筋力増強群における運動開始時の測定項目

	バランス群 (n=24)	筋力増強群 (n=27)
年齢(歳)	83.2±8.3	82.4±6.2
身長(cm)	147.6±9.7	147.7±7.1
体重(kg)	48.2±9.7	53.4±9.3
開眼片足立ち(秒)	5.7±8.0	5.6±6.9
椅子起立時間(秒)	14.1±5.4	13.6±7.0
TUG(秒)	15.8±5.2	14.1±6.1
下肢筋力(Nm/kg)	0.8±0.3	0.7±0.2
疾病, 合併症	脳血管障害:4名 変形性脊椎症:7名 変形性膝関節症:3名 高血圧:4名 骨粗鬆症:2名 糖尿病:1名 高脂血症:1名 器質性精神障害:2名	脳血管障害:6名 変形性脊椎症:6名 変形性膝関節症:4名 高血圧:5名 腰部脊柱管狭窄症:2名 不整脈:2名 胃癌術後:1名 認知症:1名

Mean ± SD

認めなかった。下肢筋力は1ヶ月後より有意に改善していた（表2）。筋力増強群では、開眼片足立ちは有意差を認めなかった。椅子起立時間とTUGは3ヶ月後より有意に改善していたが、運動開始時とは有意差を認めなかった。下肢筋力は2ヶ月後より有意に改善していた（表3）。

2群間での身体機能評価の経時的変化の比較では、TUGにおいて交互作用を認め（ $p=0.0306$ ）、開眼片足立ち、椅子起立時間、下肢筋力では交互作用を認めなかった。

IV. 考察

本研究では、異なる運動介入が在宅虚弱高齢者の身体機能に及ぼす影響について経時的変化を検討した。まず、2群間における運動開始時の年齢、個人特性、身体機能項目の比較を行った結果、全ての項目で有意差を認めず、介入による効果判定が可能な対象者であると考えた。本研究のドロップアウト例はバランス群1名、筋力増強群7名であるが、今回の運動介入の影響によるものではなく、介護予防事業所での3ヶ月間の運動は安全に実施することが可能であったと思われるが、十分な証拠が無く今後引き続き検討する必要がある。

各運動群における身体機能評価の経時的変化について、両群ともに下肢筋力の増加後に、パフォーマンス能力が向上していた。運動介入による下肢筋力とパフォーマンス能力についての経時的な変化を1ヶ月毎に検討した先行研究はほとんどない。今回の結果より、

表2 バランス群における身体機能の経時的変化

	開始時	1ヶ月後	2ヶ月後	3ヶ月後
開眼片足立ち(秒)	6.0±8.4	8.6±14.6	7.6±9.7	10.1±15.7* ¹⁾
椅子起立時間(秒)	13.9±5.2	13.4±4.8	11.8±4.0	10.5±3.0* ¹⁾²⁾
TUG(秒)	15.6±5.1	16.7±5.6	14.4±4.9* ²⁾	13.8±5.0* ²⁾
下肢筋力(Nm/kg)	0.78±0.29	0.94±0.29* ¹⁾	0.97±0.31* ¹⁾	0.98±0.28* ¹⁾

¹⁾開始時と比較して有意差あり, ²⁾1ヶ月後と比較して有意差あり, ³⁾2ヶ月後と比較して有意差あり

Mean ± SD 多重比較: Bonferroni 法 * p<0.0083

表3 筋力増強群における身体機能の経時的変化

	開始時	1ヶ月後	2ヶ月後	3ヶ月後
開眼片足立ち(秒)	5.4±5.7	6.1±7.5	6.0±8.3	4.9±7.5
椅子起立時間(秒)	12.3±4.9	12.8±5.3	12.2±6.9	10.5±4.6* ²⁾
TUG(秒)	13.6±5.8	14.1±5.9	14.5±6.8	12.6±5.0* ³⁾
下肢筋力(Nm/kg)	0.67±0.25	0.76±0.30	0.84±0.29* ¹⁾	0.79±0.29* ¹⁾

¹⁾開始時と比較して有意差あり, ²⁾1ヶ月後と比較して有意差あり, ³⁾2ヶ月後と比較して有意差あり

Mean ± SD 多重比較: Bonferroni 法 * p<0.0083

異なる運動介入でも、パフォーマンス能力向上における基本的要素となる下肢筋力が先に増加していることが示され、今後の運動介入研究への貢献は大きいと思われる。

バランス群では、下肢筋力が1ヶ月後、開眼片足立ち、椅子起立時間が3ヶ月後に有意に改善しており、バランス群の方が、筋力増強群よりも効果の反応が早かった。Krebsら¹⁷⁾は6週間のバランス運動の介入前後で下肢筋力とバランス能力、椅子起立時間、歩行速度が有意に改善されたと報告している。島田ら⁵⁾も12週間のバランス運動により、開眼片足立ち、TUGが有意に改善されたとしている。本研究でのバランス運動は、立位での運動や動作、足底からの感覚を変化させたパフォーマンスを中心とした運動である。そのため、常に姿勢を抗重力位に保持しながら運動を行う必要があるため、下肢筋力が早期から改善したのではないかと考える。また、パフォーマンス動作のトレーニングは、筋力トレーニングのような筋力に着目した間接的なトレーニングと比べて、運動の反復や練習を通してより良い結果をもたらすとされている¹⁷⁾。したがって今回の結果と先行研究より、バランス群ではパフォーマンスを通じた運動により学習効果が促進され、短期間で改善が認められたものと考えた。

一方、筋力増強群では、下肢筋力が2ヶ月で有意に増加し、椅子起立時間、TUGは3ヶ月後に有意に改善していたが、運動開始時とは有意差を認めていなかった。また、開眼片足立ちには変化がみられなかった。下肢筋力の2ヶ月での増加は、筋力トレーニングの最初の8

週間で急激な増加を認めたとしている先行研究¹⁶⁾と一致しており、神経適応による影響が大きいと考える。Lathamら¹⁸⁾は、筋力トレーニングは歩行や椅子からの立ち上がりにも最も効果があり、バランスに対する効果は小さいと報告している。また、Westhoffら¹⁹⁾は、10週間の低強度筋力増強運動において下肢筋力とTUGが有意に改善されたとしている。さらに、筋力増強運動に関するレビュー²⁰⁾では、開眼片足立ちはトレーニングに反応しないとされており、バランス能力を改善させるには長期間かかるとしている報告が多い。本研究の見解もこれらの先行研究と一致していたが、パフォーマンステストに関しては運動開始時と有意差を認めておらず、運動効果が大きいわけではなかった。その原因として、運動の強度設定が大きく影響していることが考えられる。本研究での筋力増強運動は、エラスティックバンドと自重負荷を利用した低強度での漸増的抵抗運動であり、エラスティックバンドの強度は対象者で個々に設定された。しかし、介入期間を通してエラスティックバンドの強度が増加した対象者は少なかったため、適切な運動負荷だったかどうかは検討の余地があると考えられる。したがって、今後はエラスティックバンドの強度設定も含めて長期間での経時的な変化を検証していく必要があると思われる。

さらに、バランス群と筋力増強群での身体機能評価の経時的変化を比較した結果、TUGにおいて交互作用を認めていた。これは、2群間におけるTUGでの変化のパターンが異なることを意味している。TUGは歩行能力、歩行時のバランス能力を評価すると報告されて

おり¹³⁾、バランス群と筋力増強群では介入の効果としての歩行能力の反応が異なっていることが示された。

今回の異なる運動介入は3ヶ月間であり、週に1回1時間の運動でも身体機能の改善が認められた。また、実際の運動は事業所スタッフが行っており、介護予防事業所でも行える運動として貢献できると思われる。さらに、先行研究ではバランス運動と筋力増強運動が身体機能に及ぼす違いについて経時的変化より検討している報告はほとんどない。本研究より、バランス運動と筋力増強運動とでは身体機能に対する効果の出現が異なっており、バランス運動の方が早期より身体機能に対する効果を認めていた。このことは、地域で実践する運動プログラムの提供に大きく寄与するものと思われる。しかし、本研究は縦断前向き研究としてデザインされ、対照群を設けていない。そのため、直ちに今回の改善を運動内容によるものと判断することはできない。通所の効果や体操教室のディサービスの効果なども考えられる。今後は、無作為化比較試験などでの検証が必要であると思われる。

引用文献

- 1) 渡辺丈真: 高齢者転倒の疫学。理学療法, 2001, **18**(9): 841-846.
- 2) Garner MM, Robertson MC, Campbell AJ: Exercise in preventing falls and fall related injuries in older people: a review of randomized controlled trials. Br J Sports Med, 2000, **34**: 7-17.
- 3) Howe TE, Rochester L, Jackson A, et al.: Exercise for improving balance in older people. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2007; Issue 4, CD004963.
- 4) Lord SR, Ward JA, Williams P, et al.: The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength, and falls in older women: A randomized controlled trial. J Am Geriatr Soc, 1995, **43**: 1198-1206.
- 5) 島田裕之, 内山 靖: 高齢者に対する3ヶ月間の異なる運動が静的・動的姿勢バランス機能に及ぼす影響。理学療法学, 2001, **28**(2): 38-46.
- 6) Buchner DM, Cress ME, de Lateur BJ, et al.: The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. J Gerontol A Biol Sci, 1997, **52**: M218-M224.
- 7) Lichtenstein MJ, Shields SL, Shiavi RG, et al.: Exercise and balance in aged women: a pilot controlled clinical trial. Arch Phys Med Rehabil, 1989, **70**: 138-143.
- 8) American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention: Guideline for the prevention of falls in older persons. J Am Geriatr Soc, 2001, **49**: 664-672.
- 9) Singh MA: Exercise to prevent and treat functional disability. Clin Geriatr Med, 2002, **18**: 431-462.
- 10) Liu-Ambrose T, Khan KM, Eng JJ, et al.: Resistance and agility training reduce fall risk in women aged 75 to 85 with low bone mass: a 6-month randomized controlled trial. J Am Geriatr Soc, 2004, **52**: 657-665.
- 11) Gardner MM, Buchner DM, Robertson MC, et al.: Practical implementation of an exercise-based falls prevention programme. Age Aging, 2001, **30**: 77-83.
- 12) Bohannon RW: Sit-to-stand test for measuring performance of lower extremity muscle. Percept Mot Skills, 1995, **80**: 163-166.
- 13) Mathias S, Nayak US, Issacs B, et al.: Balance in elderly patients: the "get-up and go" test. Arch Phys Med Rehabil, 1986, **67**: 387-389.
- 14) 加藤宗規, 山崎裕司, 終 幸伸・他: ハンドヘルドダイナモメーターによる等尺性膝伸筋力の測定—固定用ベルトの使用が検者間再現性に与える影響。総合リハ, 2001, **29**(11): 1047-1050.
- 15) Rachael DS, Philip EM: The effects of short term balance training on the postural control of older adults. Gait Posture, 1997, **6**: 224-236.
- 16) Boshuizen HC, Stemmerik L, Westhoff MH, et al.: The effects of physical therapists' guidance on improvement in a strength-training program for the frail elderly. J Aging Phys Act, 2005, **13**: 5-22.
- 17) Krebs DE, Scarborough DM, McGibbon CA: Functional vs. strength training in disabled elderly outpatients. Am J Phys Med Rehabil, 2007, **86**: 93-103.
- 18) Latham N, Anderson C, Bennett T, et al.: Progressive resistance strength training for physical disability in older people. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2003; Issue 1, CD002759.
- 19) Westhoff MH, Stemmerik L, Boshuizen HC et al.: Effects of a low-intensity strength-training program on knee-extensor strength and functional ability of frail older people. J Aging Phys Act, 2000, **8**: 325-342.
- 20) Orr R, Raymond J, Fiatarone Singh M: Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults. Sports Med, 2008, **38**: 317-343.