

活動量計を用いた日常歩行速度とADL低下に関する研究

タカヤナギ ナオト ヤマシロ ユカリ スドウ モトキ ニキ ヨシフミ
 高柳 直人*1 山城 由華吏*2 須藤 元喜*3 仁木 佳文*4
 トキミツ イチロウ キム ミジ キム ホンギョウ
 時光 一郎*5 金 美芝*6 金 憲経*7

目的 老年症候群とは高齢者に特有な身体的、あるいは精神的症状の総称である。老年症候群は日常生活に影響を与える症状であることが多く、発症により日常生活動作（ADL）や生活の質（QOL）を低下させることが知られている。この老年症候群を早期に発見し、対応することが高齢者の健康寿命の延伸を図る上で非常に重要である。先行研究からADLの低下は歩行速度の低下と密接に関連していることが明らかとなっており、日常生活における歩行速度を測定することで、より簡便なADL低下リスクのモニタリングが可能であると考えられる。本研究では虚弱後期高齢者における6カ月後の日常歩行速度変化とADL変化との関連性を調査することで、日常生活をもとにした将来のADL低下リスクの推定について検討することを目的とした。

方法 21歳から51歳の健常者50名に関して活動量計を用いることで、ケーデンス（歩行ピッチ）と加速度変化をもとにした指標である運動強度を測定し、歩行速度との関連性を調べた。また、虚弱後期高齢者87名に関して日常生活における歩行速度を測定し、6カ月後に歩行速度が低下した群と上昇した群の2群に分類することで各群における6カ月後のADL変化を測定した。

結果 運動強度と歩行速度との相関係数を算出したところ非常に高い相関が認められたため、重回帰分析を行うことで日常生活における歩行速度の推定式を確立した。この推定式を用いて虚弱後期高齢者における6カ月間の日常歩行速度とADLの変化を調べたところ、歩行速度低下群は上昇群と比較して「知的能動性」が有意に低下し、「老研式活動能力総得点」は低下傾向を示した。

結論 日常生活における歩行速度は老研式活動能力指標により測定したADLの低下と関連していることが明らかとなった。今回の結果から、日常生活の中で歩行速度の低下をモニタリングすることで、ADL低下の恐れがある対象者に関して老年症候群への予防対策の可能性が示唆された。

キーワード 歩行速度、運動強度、ADL（Activities of Daily Living）、虚弱

I 緒 言

近年、日本では高齢化が急速に進みつつある。人口に占める65歳以上の割合は2011年で23.3%となり¹⁾、介護保険制度における要介護者、要

支援者の増加に伴う介護給付費の増加が深刻な社会問題となっている。介護が必要となった主な原因をみると、高齢による衰弱、関節疾患、骨折や転倒といった予防可能とみられる症状が約3割にのぼる²⁾。このような老年期特有の症

*1 花王（株）東京研究所研究員 *2 同主任研究員 *3 同研究員 *4 同首席研究員

*5 花王（株）研究開発部門研究主幹

*6 東京都健康長寿医療センター研究所自立促進と介護予防研究チーム研究員 *7 同研究副部長

状は老年症候群と呼ばれ、その予防対策を行うことによって医療費や介護費の削減効果が期待される³⁾。

老年症候群の発症により顕著に低下する指標のひとつとして日常生活動作(Activity of Daily Living; ADL)がある。これまで、歩行速度の低下がADLの低下と密接に関わっていることが明らかとなっており、歩行速度の低下をモニタリングすることで老年症候群の予防の可能性が示されている⁴⁾⁵⁾。しかしながら、歩行速度の測定を行うためには限られた環境で測定を行う必要があるため、測定場所の確保や被験者の負担が増加するという課題があった。そこで著者らは歩行速度の測定として、より簡便で日常的に計測が可能である活動量計に着目した。市販の活動量計の多くはあらかじめ入力した歩幅をもとに歩行速度を算出しており、日常生活本来の歩行速度を推定することが困難であることから、他の指標を用いて日常生活における歩行速度(以下、日常歩行速度)の推定を試みることにした。

本研究ではケーデンス(歩行ピッチ)と加速度変化をもとに測定した運動強度と歩行速度との関連性を調査することで、日常の身体活動をもとにした日常歩行速度の推定について検討を行った。また、虚弱後期高齢者において6カ月後の日常歩行速度低下群と上昇群に分類し、2群におけるADL低下を測定することで日常歩行速度の低下とADL低下との関連性を調査した。

Ⅱ 方 法

(1) 運動強度と歩行速度との関連性調査

1) 試験概要と対象者の選択

活動量計を用いて測定した4秒ごとの運動強度とシート式下肢加重計を用いて測定した歩行速度との関連性調査を行った。本試験は花王(株)ヒト効能・効果試験倫理委員会にて承認を得た(承認番号:11-22)。関東在住の21歳から51歳の自力歩行が可能な健常者で試験参加の同意を得られた男女各25名(計50名)を対象者

とした。対象者の平均年齢は 31.0 ± 7.7 歳(平均 \pm 標準偏差)であった。

2) 試験プロトコル

対象者には活動量計(ライフコーダEx4秒版;スズケン社製)を左右の腰の一つずつ装着して20m直線歩行を6回実施した。この活動量計はケーデンス(歩行ピッチ)と加速度変化をもとに測定した運動強度を4秒ごとに10段階で記録することが可能である。また、歩行速度の計測には20m歩行路の中央2.4mに置かれたシート式下肢加重計(ウォークWay;アニメ社製)を用いた。まず、被験者に「普段よりゆっくり歩いてください」と指示し、20m歩行路を歩行した際のケーデンスを測定した。このケーデンスを用いてメトロノームを設定し、もう一度20m直線歩行を実施した。このメトロノームで設定した歩行時の歩行速度と左右の腰に装着した活動量計の4秒ごとの平均運動強度を記録した。同様に、「普段通りに歩いてください」「普段より速く歩いてください」と指示した後にメトロノーム調整を行い、メトロノーム調整下での歩行速度と平均運動強度を記録した。これらの速度で歩いた際の運動強度と歩行速度との関係を調査した。歩行速度の推定を目的として運動強度、身長、体重、年齢を説明変数とした重回帰分析を男女別に行った。

(2) 日常歩行速度低下とADL低下との関連性調査

1) 試験概要と対象者の選択

本試験は2011年9月から2012年6月までに行われた東京都健康長寿医療センター主催の運動プログラムを兼ねた縦断研究であり、東京都健康長寿医療センター研究所倫理委員会の承認を受けて実施された(承認番号:18)。東京都区内在住で74歳以上の高齢者1,835人を対象とした2009年、2010年実施の包括的健康診断受診者の中で虚弱と判定された女性後期高齢者の内、試験参加の同意を得られた87人を対象者とした。対象者の平均年齢は 81.5 ± 3.0 歳(平均 \pm 標準偏差)であった。虚弱判定基準の詳細は以下に記載する。

2) 虚弱判定基準

虚弱の判定基準にはFriedら⁶⁾の基準を改変することで新たな基準を設けた。以下の5つの選定基準の中で3項目以上に該当する対象者を虚弱とみなした。筋力の衰え：握力が19.0kg以下に該当する者。歩行速度の低下：通常歩行速度が1.1m/s以下に該当する者。身体活動量の低下：次の4項目の内、3項目以上に該当する者。〔①定期的な散歩習慣が週1日以下、②定期的な運動をしていない、③趣味やけいごとをほとんどしない、④老人クラブ活動、奉仕活動、地域ボランティア活動などの社会参加活動をしていない〕疲労：①あるいは②に該当する者。〔①（ここ2週間）わけもなく疲れたような感じがする、②毎日のように、疲れを感じたり、または気力がないと感じる〕体重減少：①あるいは②に該当する者。〔①6カ月間で2～3kg以上の体重減少があった、②BMIが18.5以下である〕

3) 測定項目

①日常歩行速度の測定

対象者の運動強度を測定するための機器として活動量計（ライフコーダPLUS；スズケン社製）を用いた。この活動量計は運動強度と歩行速度との関連性調査で使用した活動量計と同一の原理で4秒ごとに記録された活動量を運動強度として計測する。対象者には入浴などで装着できない場合を除き、起床時から就寝時まで活

動量計を常に腰部へ装着するよう指示した。先行研究では平均年齢72歳の高齢者における身体活動量の測定を行い、5日以上連続測定で2週間程度の活動量を測定することで評価できると報告している⁷⁾。本試験では、第1回測定として2011年8月末から9月中旬までの約14日間運動強度測定を行い、6カ月後に第2回測定として2012年3月中旬から4月上旬までの約14日間同様の測定を行った。日常歩行速度は、装着時間が5時間に満たない日を除いた運動強度の平均値を算出し、運動強度と歩行速度との関連性調査をもとに算出した重回帰式を用いて推定した。

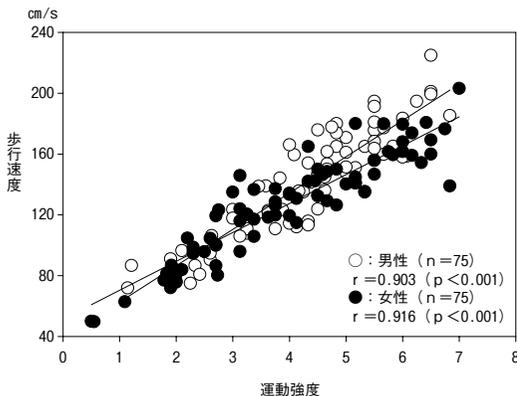
②日常生活動作（ADL）の測定

老研式活動能力指標（Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology Index of Competence; TMIG index⁸⁾）を用い、高齢者が地域で独立した生活を営む上で必要とされる能力を「老研式活動能力総得点」として算出した。また、その下位尺度である「手段的自立（IADL）」「知的能動性」「社会的役割」に関しても得点を算出した。これらの日常生活動作の測定は2011年8月と2012年3月の2度行い、6カ月後に日常歩行速度が低下した群と上昇した群における各得点の変化を調べた。なお、ADL測定の実施は調査員による聞き取り調査とした。

(3) 統計手法

運動強度と歩行速度との関連性について相関係数の有意性検定を行い、重回帰分析にはステップワイズ法を用いた。また、6カ月後の身体情報および老研式活動能力指標の変化の比較について対応のあるt検定を用い、日常歩行速度で分類した2群における老研式活動能力指標変化の比較について対応のないt検定を用いて解析を行った。統計解析にはSPSS Statistics 20.0 for Windows（日本IBM社製）を用いた。なお、統計的有意水準は5%未満とした。

図1 運動強度と歩行速度との関係



注 活動量計によって測定した4秒ごとの運動強度とシート式加重計によって測定した歩行速度

Ⅲ 結 果

(1) 運動強度と歩行速度との関連性調査

男女それぞれの運動強度と歩行速度との関係

表1 運動強度、身体情報を説明変数とした歩行速度推定式の決定 (n=75)

1) 男性の推定歩行速度 (km/h)

	係数	標準誤差	p 値	自由度調整済重決定係数(R ²)
運動強度	0.862	0.045	p < 0.001***	0.839
身長 (cm)	0.035	0.011	p = 0.002**	
切片	-4.705	1.879	p = 0.015*	

注 ***p < 0.001, **p < 0.01, *p < 0.05, +p < 0.1

2) 女性の推定歩行速度 (km/h)

	係数	標準誤差	p 値	自由度調整済重決定係数(R ²)
運動強度	0.684	0.035	p < 0.001***	0.839
切片	1.851	0.152	p < 0.001***	

注 ***p < 0.001

を示す(図1)。男女共に運動強度の増加に伴って歩行速度の上昇がみられた。相関係数を算出したところ、男女それぞれ非常に高い相関係数が認められた(男性: r = 0.903, p < 0.001, 女性: r = 0.916, p < 0.001)。運動強度と歩行速度との間に非常に強い相関がみられたため歩行速度を従属変数とし、運動強度、身長、体重、年齢を説明変数とした重回帰式を算出した(表1)。女性に関しては運動強度のみが説明変数として選択されたが(p < 0.001)、男性は運動強度、身長が説明変数として選択された(p < 0.001, p = 0.002)。なお、各回帰式の自由度調整済み決定係数(R²)はどちらも0.839と非常に高いことから、運動強度を用いることで歩行速度の推定が可能であることがわかった。この推定式を用いて日常歩行速度の推定を行うこととした。

(2) 日常歩行速度とADL低下率との関連性調査

第1回測定時と6カ月後の第2回測定時における

身体情報、日常歩行速度、老研式活動能力指標の変化を示す(表2)。第1回測定時と比較して6カ月後の身長は有意に低下した(p = 0.019)。一方、体重とBMIに関しては6カ月後にそれぞれ有意に増加した(p < 0.001, p < 0.001)。日常歩行速度に関しては6カ月後に上昇傾向を示した(p = 0.075)。老研式活動能力指標に関しては老研式活動能力総得点、下位尺度3項目のいずれに関しても有意な差はみられなかった。

表2 6カ月間の身体情報、日常歩行速度、老研式活動能力指標の変化 (n=87)

	第1回測定	第2回測定(6カ月後)	p 値
身長 (cm)	146.90 ± 6.0	146.70 ± 5.8	p = 0.019*
体重 (kg)	47.06 ± 8.23	47.53 ± 8.20	p < 0.001***
BMI (kg/[m] ²)	21.81 ± 3.60	22.10 ± 3.63	p < 0.001***
日常歩行速度 (km/h)	3.27 ± 0.26	3.35 ± 0.30	p = 0.075+
手段的自立 (IADL)	4.89 ± 0.39	4.90 ± 0.37	p = 0.783
知的能動性	3.64 ± 0.66	3.69 ± 0.04	p = 0.397
社会的役割	3.21 ± 1.09	3.37 ± 0.88	p = 0.132
老研式活動能力総得点	11.74 ± 1.60	11.95 ± 1.39	p = 0.128

注 平均 ± 標準偏差, ***p < 0.001, *p < 0.05, +p < 0.1

6カ月間での老研式活動能力指標の得点に関して差が認められなかったため、日常歩行速度が6カ月後に低下した群と上昇した群の2群に分類することで、歩行速度とADL低下との関連性について調べた(表3)。日常歩行速度の低下群と上昇群で身長、体重、BMIの変化を調べたところ2群間で差は認められなかった。しかしながら、日常歩行速度の低下群と上昇群で老研

表3 日常歩行速度低下群、上昇群別にみた

6カ月間の身体情報と老研式活動能力指標の変化

	日常歩行速度低下群(N=36)	日常歩行速度上昇群(N=51)	p 値
身長変化 (cm)	-0.13 ± 0.63	-0.25 ± 0.86	p = 0.471
体重変化 (kg)	0.56 ± 1.32	0.42 ± 1.20	p = 0.624
BMI変化 (kg/[m] ²)	0.29 ± 0.63	0.28 ± 0.62	p = 0.943
手段的自立 (IADL) 変化	-0.06 ± 0.41	0.06 ± 0.37	p = 0.178
知的能動性変化	-0.08 ± 0.37	0.14 ± 0.57	p = 0.044*
社会的役割変化	0.06 ± 0.79	0.24 ± 1.11	p = 0.406
老研式活動能力総得点変化	-0.08 ± 0.97	0.43 ± 1.50	p = 0.074+

注 平均 ± 標準偏差, *p < 0.05, +p < 0.1

式活動能力指標の変化を調べたところ、「知的能動性」に関して日常歩行速度低下群は上昇群と比較して有意に低下していることがわかった ($p=0.044$)。また、3つの下位尺度の合計得点である「老研式活動能力総得点」についても低下群は上昇群と比較して低下傾向を示した ($p=0.074$)。

Ⅳ 考 察

先行研究より、加齢に伴う歩行速度の低下がADLの低下やQOLの低下と密接に関連していることが明らかとなっている。本研究では活動量計の指標を用いて虚弱後期高齢者の日常歩行速度の推定を行い、ADL低下との関連性の検討を行った。まず、活動量計の指標である運動強度と歩行速度との相関性が非常に高いことが示された。市販の活動量計の多くは歩幅を固定値として入力した後に歩数を計測することで歩行速度を推定しているのに対し、今回用いた活動量計の指標である運動強度はケータスと加速度変化をもとに算出しているため、より高い精度で日常生活の中での歩行速度の推定が可能であると考えられる。今回の試験では靴を脱いだ状態での測定のため、靴の形状の違いによる歩行速度の検証を今後行っていく必要があると考えている。

重回帰分析により算出した推定式を用いて虚弱後期高齢者の日常歩行速度の推定を行い、6カ月間での歩行速度変化とADL変化との関連性を調べた。今回の試験では、6カ月間で身長が有意に低下した一方、体重、BMIについて有意に増加し、日常歩行速度も上昇傾向がみられた。身長の低下に関しては対象者が虚弱後期高齢者であるため、加齢による身長低下が顕著にみられたからだと考えられる。一方、体重、BMI、日常歩行速度の上昇に関しては測定時期の影響が示唆された。先行研究では、身体活動量は平均気温の影響を大きく受けることが明らかとなっている⁹⁾。第1回測定時の気温 ($27.3 \pm 1.4^\circ\text{C}$) と比較して第2回測定時 ($9.4 \pm 2.0^\circ\text{C}$) は気温が低下していることから、屋外での活動

量が増加することで日常歩行速度が上昇傾向を示したのではないかと考えられる。

また、日常歩行速度低下群、上昇群別に6カ月のADL変化を調べたところ、日常歩行速度低下群は上昇群と比較して、「知的能動性」が有意に低下した。さらに、日常歩行速度低下群は上昇群と比較して、「老研式活動能力指標総得点」が低下傾向を示した。太湯らは平均年齢約75歳の高齢者47名に歩数計を装着し、歩数と老研式活動能力指標との関係を調査したところ、相関が低い結果となったことを報告している¹⁰⁾。今回の結果から、歩行の量を示す歩数ではなく、歩行の質を示す日常歩行速度を推定することで歩数の測定だけでは困難であった将来のADL低下リスクを推定できると考えられる。

これまで歩行速度の測定には限られた環境で測定を行う必要があったが、今回の結果から日常生活の中で歩行速度を測定することで、より簡便に将来のADL低下リスクをモニタリングできる可能性が示唆された。本研究の結果は日常生活における歩行機能をもとにした老年症候群の予防対策につながると考えられる。今回は虚弱後期高齢者において6カ月間でのADL低下リスクとの関連性を調査したが、今後はより長期間でのモニタリングを行うと共に、虚弱と判定されていない後期高齢者も含めた包括的研究を行っていきたいと考えている。

Ⅴ 結 語

活動量計を用いることで日常歩行速度の推定を行い、虚弱後期高齢者における日常歩行速度の低下と将来のADL低下リスクとの関連性について調査した。日常歩行速度低下群は上昇群と比較して、「知的能動性」が有意に低下し、「老研式活動能力総得点」が低下傾向を示した。今回の結果から、日常生活の中で歩行速度の低下をモニタリングすることで、ADL低下の恐れがある対象者に関して早期の段階で老年症候群の予防対策を行うことができる可能性が示唆された。

なお、本論文の研究内容、意義、結論、ある

いは意見について他者との利益相反はない。

文 献

- 1) 内閣府ホームページ, 高齢社会白書(平成24年), (http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2012/zenbun/pdf/1s1s_1.pdf) 2013.01.09.
- 2) 厚生労働省ホームページ, 平成22年国民生活基礎調査, (<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/4-2.html>) 2013.01.09.
- 3) 鈴木隆雄. 老年症候群－要介護への原因－. 理学療法学2003; 18(4): 183-6.
- 4) Fritz S, Lusardi M. White paper “Walking speed: the sixth vital sign”. Journal of Geriatric Physical Therapy 2009; 32: 2-5.
- 5) T Suzuki, H Yoshida, H Kim, et al. Walking speed as a good predictor for maintenance of I-ADL among the rural community elderly in Japan: A 5-year follow-up study from TMIG-LISA. Geriatrics and Gerontology International 2003; 3: S6-14.
- 6) L Fried, C Tangen, J Walston, et al. Frailty in Older Adults: Evidence for a Phenotype. Journal of Gerontology 2001; 56: 146-56.
- 7) 竹島伸生, 小泉大亮, Mohammad M, 他. 高齢者の健康づくりと自立を目指すために加速度計を用いた日常生活時身体活動量と質に関する国際共同研究. 医科学応用研究財団研究報告2004; 21: 26-31.
- 8) 古谷野亘, 柴田博, 中里克治, 他. 地域老人における活動能力の測定－老研式活動能力指標の開発－. 日本公衆衛生雑誌1987; 34: 109-14.
- 9) Togo F, Watanabe E, Park H, et al. Meteorology and the physical activity of the elderly: the Nakanajo Study. International Journal of Biometeorology 2005; 50: 83-9.
- 10) 太湯好子, 岡本絹子. 在宅高齢者のADLと歩行機能の年代比較. 老年看護学 1998; 3(1): 97-104.