

研究はいずれも higher intensity training, higher-volume intervention である。つまり強い運動を多く指導すればするほど介入効果は上昇するとの結果で、低強度負荷のレジスタンス運動によつては筋量の上昇、筋力の向上効果は検出し難いとの結論である。このようなトレーニング論理は、健常高齢者を対象とした場合には問題が生じない。しかし、骨格筋量の減少に伴う筋力の衰えあるいは歩行機能の低下といった状態のサルコペニア高齢者に高強度、多量の運動を指導し、筋肉量や筋力の上昇のみを追求した場合、“adverse effect”（「サイドメモ」参照）問題についての議論が必要である。一方、サルコペニア改善のためには、moderate intensity のレジスタンス運動でも十分効果が期待できると提案され⁶⁾、サルコペニア高齢者に対する中低強度負荷のレジスタンス運動効果について、今後一層の研究が必要である。

● サルコペニアに対する栄養補充の効果と問題点

筋蛋白質は筋肉のおもな構成成分で、合成と分解のバランスによって筋肉量は一定に保たれる。

サイドメモ

運動の逆効果

高齢者人口が急速に増加する社会構造のなかで、健康寿命の延伸、障害期間の短縮を実現するためには適度な運動は不可欠である。運動不足による筋肉量の減少は、筋力や骨密度の低下を招き、転倒・骨折の危険度の上昇、場合によっては寝たきりに至る。適度な運動は筋力の強化のみならず骨の新陳代謝を活発にし、骨を強化する。筋力と骨が強化されれば、ちょっとしたことでの転倒を予防し、骨折の危険性を減らすことができる。しかし、筋肉量が減少し、かつ筋力や骨密度が低下している弱高齢者の“運動のしすぎ”“過度な運動負荷”は、疲労骨折、または腰痛、膝痛の悪化、関節の痛みを誘発し、移動制約、活動量の減少、体力低下、動悸などの悪い連鎖を招きかねない。運動はいろいろな意味で大切であるが、不適切な運動をしてしまうと思わぬ事故やケガを引き起こし、かえって障害期間の延伸という結果になるため、虚弱高齢者の運動指導にはとくに注意を要する。

高齢になるとさまざまな要因の影響を受け、筋蛋白質の分解量が合成量を上まわるか、分解機能の促進、合成機能の低下によって骨格筋量は徐々に減少していく。しかし、筋蛋白質の合成を促進するか、分解を抑制することができれば、骨格筋量の減少を抑える有効な対策といえる。高齢者でも必須アミノ酸の摂取は筋蛋白質の合成を促進する効果があり、必須アミノ酸のなかでもロイシン高含量の必須アミノ酸の摂取がより効果的であることが多くの研究で指摘されている¹⁾。

アミノ酸補充が筋肉量や筋力に及ぼす影響については数多くの研究が報告されている。なかでもポイントになりそうなくつかの研究を紹介する。まず、ロイシンが35.88%含まれている必須アミノ酸11gを16週間補充し、LBMや筋力、歩行機能の変化を調べた研究によると⁷⁾、LBMは12週で 1.14 ± 0.36 kgの有意な増大を、下肢筋力は16週で $22.2 \pm 6.1\%$ 増加、通常歩行速度の有意な改善を示した。一方、Dillonらは、ロイシン18.6%、リジン15.5%配合している必須アミノ酸7.5gを1日2回補充する試験を3カ月間実施した。その結果、アミノ酸補充によってLBMは有意に増加(事前： 43.5 ± 2.8 kg、事後： 45.2 ± 3.0 kg)したが、筋力の変化はみられなかったと強調している⁸⁾。これらの先行研究を総合すると、必須アミノ酸補充による筋肉量の上昇効果を認める研究は多数あるが、筋力向上の効果はかならずしも一致せず、研究者によって異なる結果が報告されており、今後一層の効果検証が必要である。Drummondらは、運動にアミノ酸補充を加えることによって上昇効果が期待できると指摘している⁹⁾。

● サルコペニアに対する運動・栄養による介入

1. 運動・栄養補充(炭水化物)の介入

運動と栄養補充が虚弱高齢者の体組成や体力に及ぼす影響を調べるために、70歳以上の施設長期入所者100人を運動25人、栄養24人、運動+栄養25人、対照26人に分け、その効果を調べた研究によると¹⁰⁾、運動群で筋力 $113.0 \pm 8.0\%$ 増加(非運動群 $3.0 \pm 9.0\%$ 増加、 $p < 0.001$)、階段上昇パワー $28.4 \pm 6.6\%$ 向上(非運動群 $3.6 \pm 6.7\%$ 向上、 p

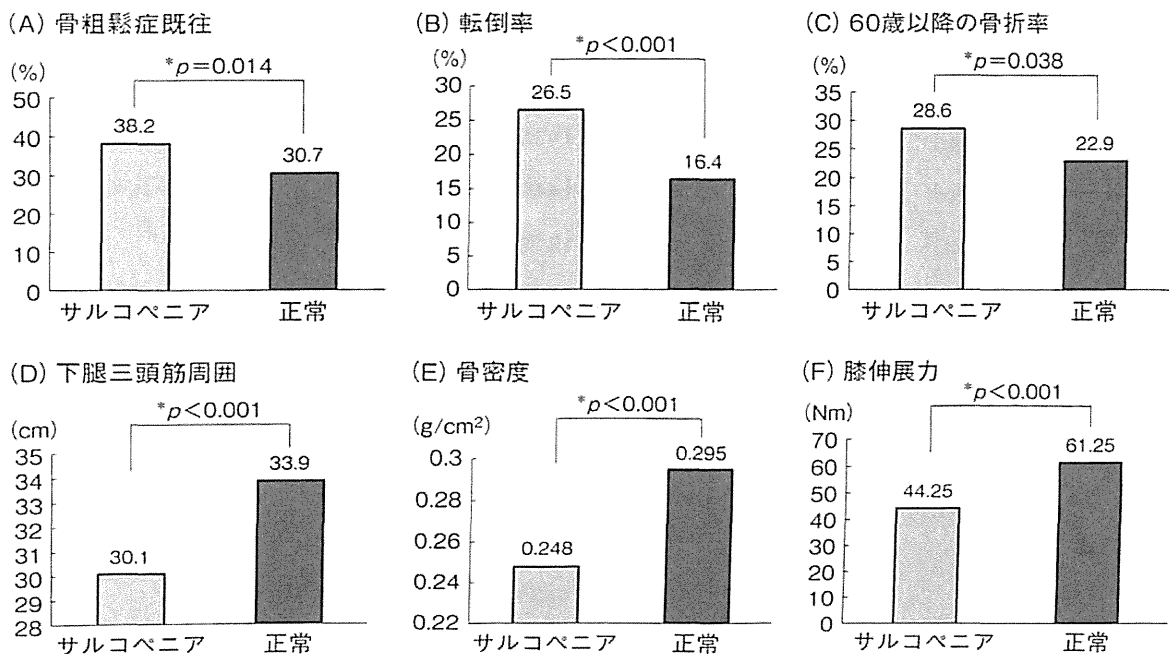


図 1 サルコペニア群と正常群の比較

=0.01), 歩行速度 11.8±3.8%改善(非運動群 1.0±3.8%増加, $p=0.02$)では有意な改善効果がみられた。しかし、大腿筋面積は 2.7±1.8%上昇(非運動群 1.8±2.0%減少, $p=0.11$)したが、統計学的に有意ではなかった。このように、虚弱高齢者の身体機能の改善には運動中心の複合介入は有効であるが、栄養補充のみでは不十分であると指摘している。栄養補充の効果が認められなかった原因としては、栄養成分の影響ではないかと考えられる。この研究で提供した栄養は、飲料 240 mL(組成:炭水化物 60.0%, 脂肪 23.0%, 大豆蛋白質 17.0%)を毎日 1回摂取する指導であった。つまり炭水化物高含量の飲料を補充する介入では虚弱高齢者の体組成や体力の改善効果は認められなかったことから、対象者の特性や介入目的を考慮した栄養成分の選定が重要なポイントであることを示唆する結果といえる。

2. 運動・栄養補充(必須アミノ酸)の介入

著者は、大都市部在住 75 歳以上の後期高齢女性 1,399 名のなかから先行研究で採用しているサルコペニア選定基準¹¹⁾、すなわち骨格筋量の減少、筋力低下、歩行速度の低下に、肥満者を除外するために BMI 減少を用いてサルコペニア高齢者 304 名(21.7%)を選定した。この操作的選定基準に該当する 304 名の特徴、運動・栄養による介入効果

を調べる研究を行った¹²⁾。

まず、サルコペニアと選定された 304 名の特徴を調べるために、非該当者 1,095 名と調査項目を比較した。その結果、サルコペニア群は正常群に比べて、健康度自己評価で健康だと回答した者の割合、定期的な運動習慣をもっている者の割合は低値を示したが、外出頻度が少ない者の割合は高値を示した。既往歴においては、高血圧症、高脂血症は正常群より低い割合を示したが、骨粗鬆症の既往はサルコペニア群 38.2%、正常群 30.7%、過去 1 年間の転倒率はサルコペニア群 26.5%、正常群 16.4%、60 歳以降の骨折率はサルコペニア群 28.6%、正常群 22.9%といずれの項目においてもサルコペニア群が有意に高い割合を示した。さらに、サルコペニア高齢者は年齢が高く、下腿三頭筋周囲、骨密度、BMI、筋肉量、膝伸展力は有意に低値を示した(図 1)。

地域在住サルコペニア高齢者は、骨粗鬆症歴の上昇、骨密度の減少に伴う骨折危険性が高いことに加えて転倒率が高いことから、転倒による骨折の危険性にもさらされていると考えられる。さらに、外出頻度が少なく、運動習慣がなく、健康度自己評価が悪いことが明らかになり、サルコペニア高齢者介入の最優先課題は転倒による骨折予防であり、つぎに筋肉量の上昇、歩行機能や筋力の

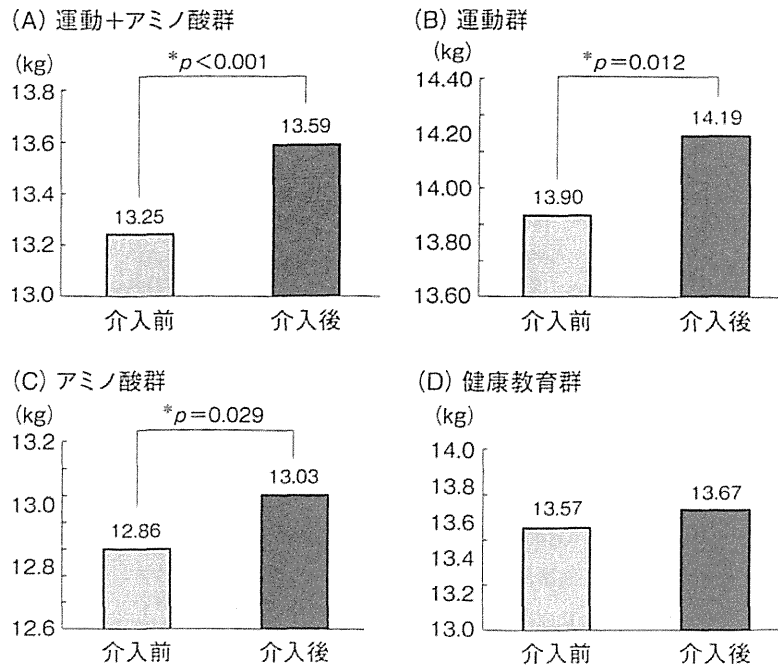


図2 介入後における骨格筋量変化の群間比較¹²⁾

向上, 骨密度改善, 生活習慣の改善, 健康意識の向上を目的とした包括的介入が必要であることが強く示唆された。

① 運動・必須アミノ酸補充による介入

地域在住サルコペニア高齢者に対する運動, 栄養補充の複合介入効果を調べるために, サルコペニア認定者 304 名を介入参加者 155 名, 不参加者 149 名に分類した。介入参加者 155 を randomized controlled trial(RCT)により運動 39 名, 栄養 39 名, 運動+栄養 38 名, 対照 39 名に分け, つぎの運動・栄養介入を行った。

・運動: 運動群には週 2 回, 1 回当たり 60 分間の筋力強化と歩行機能の改善を目的とした指導を行った。運動指導は対象者の体力レベルが低く個人差が大きい点を考慮し, つぎに示す運動を中心に指導した。

- (a) 椅子体操: 指導の初期段階では椅子に腰かけて行う運動を中心に指導し, 運動にある程度適応できた段階では椅子の背もたれに手を当てて行う立位運動を指導した。具体的には, つま先と踵上げ下げ, 片足上げ伸ばし, 膝上げ胸寄せ, 立位での踵上げ下げ, 立位での膝曲げなど。

- (b) レジスタンス運動: ゴムバンド体操(黄色, 赤色使用)と Ankle-weight 運動(錘 0.50

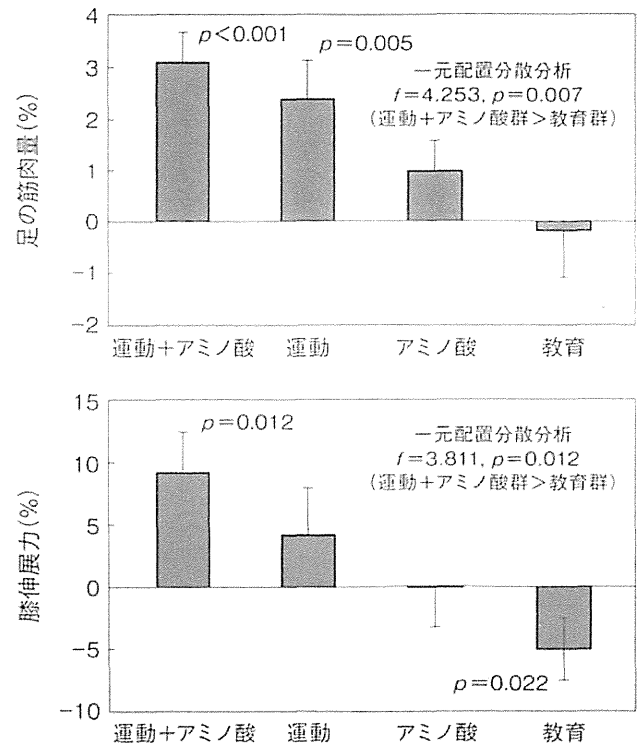


図3 足の筋肉量と膝伸展力変化の群間比較¹²⁾

kg, 0.75 kg, 1.00 kg, 1.50 kg 使用)を指導した。具体的には椅子に腰かけてゴムバンドを二重の輪にし, 土踏まずにバンドをかけて足上げ左右開き, 二重の輪にしたバンドを膝の上まで通し, 膝開き閉じ, 片足上げ胸寄せなど, Ankle-weight を足首に固

表 1 骨格筋量および身体機能の改善に対する介入効果の比較¹²⁾

従属変数*	介入群						
	健康教育群	アミノ酸群		運動群		運動+アミノ酸群	
	基準	OR	95%CI	OR	95%CI	OR	95%CI
足の筋肉量+膝伸展力	1.00	1.99	0.72-5.65	2.61	0.88-8.05	4.89	1.89-11.27
足の筋肉量+通常歩行速度	1.00	1.35	0.45-4.08	2.41	0.79-7.58	4.11	1.33-13.68

*従属変数：筋肉量と身体機能の変化：1=向上，0=無変化あるいは低下。
OR=調整済オッズ比，95%CI=95%信頼区間。

定し，両足上げ下げ，両足上げ開閉，片足上げ胸寄せなど。

(c) 歩行・バランス運動：運動に対する適用能力が向上した中盤以降に歩行・バランス改善運動を導入した。具体的には片足立ち，タンデムスタンス，タンデム歩行，方向変換，体重移動歩行，クロス歩行など。

・栄養：栄養補充群には，ロイシン42.0%，リジン14.0%，バリン10.5%，イソロイシン10.5%，トレオニン10.5%，フェニルアラニン7.0，他5.5%組成のアミノ酸3gを1日2回補充する指導(1日総補充量=6g)を3カ月間実施した。

② 介入の効果

介入前後における四肢の骨格筋量は，栄養群(事前12.86±0.99 kg，事後13.03±1.10 kg)，運動群(事前13.90±1.06 kg，事後14.19±1.33 kg)，運動+栄養群(事前13.25±1.35 kg，事後13.59±1.53 kg)の3群で有意な増加が観察され，サルコペニア高齢者の骨格筋量は運動のみならず栄養補充によって増える可能性が強く示唆された(図2)。

通常歩行速度は，運動群(事前1.31±0.24 m/s，事後1.50±0.23 m/s)，栄養群(事前1.30±0.18 m/s，事後1.36±0.18 m/s)，運動+栄養群(事前1.27±0.25 m/s，事後1.43±0.29 m/s)の3群で有意な増加が観察された。

図3に示したように，足の筋肉量は，運動，運動+アミノ酸群で有意に上昇したが，下肢筋力を測定する膝伸展力は運動+栄養群(事前1.15±0.27 Nm/kg，事後1.23±0.29 Nm/kg)のみで有意な向上が認められたが，他の介入群の変化は統計学的に有意ではなかった¹²⁾。

サルコペニアに対する介入効果を検証するときの重要な観点は，サルコペニアの定義である。サルコペニアとは複合概念，つまり“筋量減少+筋

力低下”あるいは“筋量減少+歩行速度低下”である。よって，この概念に沿った分析が必要である。表1に示すように，“足の筋肉量+膝伸展力”改善にはアミノ酸補充あるいは運動単独の介入では不十分であり，“運動+アミノ酸補充”の複合介入(OR=4.89，95%CI=1.89-11.27)で有効性が確認された。また，“足の筋肉量+通常歩行速度”改善においても運動あるいはアミノ酸群ではORが有意ではなく，“運動+アミノ酸補充”の複合介入(OR=4.11，95%CI=1.33-13.68)で，ORが統計学的に有意性を示した。

おわりに

骨格筋量の減少に伴う筋力の衰え，あるいは身体機能の低下と定義するサルコペニアは，歩行障害，転倒・骨折，骨粗鬆症の上昇と強く関連していることから，老年学分野でもっとも関心の高いトピックスのひとつである。サルコペニアの危険因子は，年齢，性，疾病，内分泌環境の変化，栄養不良，運動不足など種々で複雑である。骨格筋量の減少と密接にかかわるからだの不使用と栄養不良は，可変要因として注目度が高まっている。骨格筋の不使用を解消するためには運動が勧められ，高齢者でも progressive resistance strength trainingにより筋肉量や筋力の増大効果は認められるものの限界があることは前述のとおりである。一方，炭水化物高配合の栄養補充のみでは虚弱高齢者の筋肉量や体力向上に不十分であることを先行研究で指摘している。さらに，ロイシン高配合の必須アミノ酸の補充によって高齢者の筋肉量の増大有効は認められるものの，アミノ酸補充のみではサルコペニア高齢者の体力改善には不十分であることも紹介した。これらの背景を踏まえて著者は，運動にロイシン高配合の必須アミノ酸

補充を加える包括的介入を行ったところ、サルコペニア高齢者の骨格筋量のみならず筋力向上、歩行機能の改善効果を検証した。以上の結果より、サルコペニアに対する介入効果は運動単独あるいは栄養補充単独では不十分であり、運動に栄養補充を加える包括的介入手法がより効果的であることを検証したので、推奨したい。

文献

- 1) Peterson, M. D. et al. : *Med. Sci. Sports Exerc.*, **43** : 249-258, 2011.
- 2) Liu, C. J. and Latham, N. K. : *Cochrane Database Syst. Rev.* CD002759, 2009.
- 3) Malafarina, V. et al. : *JAMDA*, **14** : 10-17, 2013.

- 4) Katsanos, C. S. et al. : *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, **291** : E381-E387, 2006.
- 5) Peterson, M. D. et al. : *Ageing Res. Rev.*, **9** : 226-237, 2010.
- 6) Taaffe, D. R. : *Aust. Fam. Physician*, **35** : 130-133, 2006.
- 7) Borsheim, E. et al. : *Clin. Nutr.*, **27** : 189-195, 2008.
- 8) Dillon, E. L. et al. : *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, **94** : 1630-1637, 2009.
- 9) Drummond, M. J. et al. : *J. Appl. Physiol.*, **104** : 1452-1461, 2008.
- 10) Fiatarone, M. A. et al. : *N. Engl. J. Med.*, **330** : 1769-1775, 1994.
- 11) Cruz-Jentoft, A. J. et al. : *Age Ageing*, **39** : 412-423, 2010.
- 12) Kim, H. K. et al. : *J. Am. Geriatr. Soc.*, **60** : 16-23, 2012.

* * *

次号の特集予告(248巻10号)**

◆非結核性抗酸菌症診療——診断治療のポイントと最新の知見

(企画：小川賢二／国立病院機構東名古屋病院呼吸器内科)

最近、非結核性抗酸菌症(NTM症)に関するマスコミの関心が深まってきており、新聞・テレビ・ラジオなどで特集として取り上げられることが多い。これは本疾患の罹患率や有病率の増加が引き金となり、なおかつ難治性でいまだ完治が困難な疾患であるという概念が一般にも徐々に知られるようになってきたためと思われる。本疾患の場合、発症早期は無症状であることが多く、病院受診ではなく健診の胸部X線検査による発見例が多くみられる。確定診断には菌を証明することが必須であるが、無症状症例では内視鏡検査を行わなければならない、このことが患者や医師の負担となり診断未確定のまま画像のみの経過観察となってしまうケースが多い。このため非侵襲的な診断法の開発・進歩が求められている。本特集では、非結核性抗酸菌症診療に関して、問題点の対応法を中心に各エキスパートの先生に概説いただく。

都市部在住高齢女性の膝痛，尿失禁，転倒に関連する歩行要因

金 憲経¹⁾ 鈴木 隆雄²⁾ 吉田 英世¹⁾ 島田 裕之³⁾
 山城由華吏³⁾ 須藤 元喜³⁾ 仁木 佳文³⁾

要 約 目的：都市部在住の高齢女性の膝痛，尿失禁，転倒の徴候と歩容との関連を検討し，歩容から老年症候群の予測が可能であるかを検討する。**方法：**2009年度に70歳以上の高齢女性を対象に実施した包括的健診に参加した971名のうち聞き取り調査，歩行測定，認知機能低下の疑いがなかった870名を対象とした。聞き取りでは，膝痛有無，尿失禁有無，転倒有無などを調査した。歩容は，ウォーク Way より，歩行速度，ケイデンス，ストライド，歩幅，歩隔，歩行角度，つま先角度，左右差（ストライド，歩幅，歩隔，歩行角度，つま先角度）を求めた。また膝痛，尿失禁，転倒の徴候の有無，徴候の程度を従属変数と歩容変数を独立変数とした多重ロジスティック回帰分析を施した。**結果：**膝痛，尿失禁，転倒の徴候を有する群では，歩行速度が遅く，ケイデンス，ストライド，歩幅が減少し，歩隔，歩行角度が増大した。多重ロジスティック回帰分析の結果，軽度のいずれの徴候には，歩行速度が有意に関連した。一方，中程度以上の徴候の場合，膝痛では歩隔（OR=0.58, 95%CI 0.40~0.84），歩行角度（OR=1.62, 95%CI 1.30~2.01）が，尿失禁では歩行速度（OR=0.97, 95%CI 0.96~0.99），歩行角度（OR=1.14, 95%CI 1.02~1.26），歩行角度左右差（OR=1.43, 95%CI 1.09~1.86）が，転倒では歩幅（OR=0.85, 95%CI 0.79~0.93），歩行角度左右差（OR=1.36, 95%CI 1.01~1.85）が有意に関連した。**結論：**歩行速度と歩容要因を組み合わせることで徴候の早期発見に活用できる可能性が強く示唆された。

Key words：歩行要因，膝痛，尿失禁，転倒

（日老医誌 2013；50：528-535）

はじめに

高齢者が自立し生活の質の高い日常生活を送るには，疾病の予防だけでなく日常生活動作（activities of daily living：ADL）を低下させないことが重要である。近年の高齢者研究からADLの低下には運動機能，なかでも歩行機能の影響が大きいことから，歩行機能を維持することの重要性が明らかとなっている^{1,2)}。

一方で高齢者のADLを低下させる要因として，老年症候群が挙げられる。老年症候群とは，加齢による身体機能や精神機能の低下に伴い表出する転倒，骨折，尿失禁，認知症，うつ状態，低栄養，せん妄などの総称とされている³⁾。これらは高齢者の運動器障害に大きく関与し，健康度を低下させ，自立を阻害し，生活の質を損な

うと指摘されている^{3,4)}。老年症候群の徴候のなかでも関節痛，腰痛，体重減少などは前期高齢者からみられるが，骨粗鬆症，尿失禁，椎体骨折などは後期高齢者から増加することから⁵⁾，身体機能が衰える時期や老年症候群の出現時期は，徴候により異なることが推察される。さらにこれらの運動器機能障害に関連する徴候のなかでも膝痛，尿失禁，転倒などは男性よりも女性に多い徴候とされている⁶⁻⁹⁾。このことは男性に比べて女性は本来の筋肉量が少ないうえに，加齢により筋肉量の減少や筋力の低下が背景にあることが考えられる。このことから，出現徴候が異なれば，歩行機能への影響も異なり，歩き方（歩容）の変化も徴候特異的となって現れることが予想される。しかし，歩容に着目し老年症候群との関連性について検討した研究は極めて少ないのが現状である。

そこで，本研究では都市部在住の高齢女性を対象に実施した横断データを用いて，膝痛，尿失禁，転倒の徴候と歩容との関連を検討し，歩容から老年症候群の予測が可能であるかを検討することを目的とした。

1) H. Kim, H. Yoshida：東京都健康長寿医療センター研究所

2) T. Suzuki, H. Shimada：国立長寿医療研究センター

3) Y. Yamashiro, M. Sudo, Y. Niki：花王株式会社ヒューマンヘルスケア研究センター

受付日：2013.2.19. 採用日：2013.4.24

方 法

1. 対象者

本研究の対象者は2002年コホート追跡調査参加者666名と2006年コホート追跡調査参加者569名の合計1,235名(男性264名,女性971名)うち,2009年度の問診,歩行測定,認知機能低下の疑いのなかった女性870名(平均年齢 79.6 ± 4.1 歳)を解析対象とした。対象者募集の詳細過程は次の通りである。

1) 2002年度コホート:東京都I区(同区総人口506,478名,65歳人口割合16.9%)に在住している高齢者を対象に2002年11月に実施された介護予防健診「お達者健診¹⁰⁾」に70歳以上の男女1,784名が参加した。このコホートについて,2004年(1,145名),2005年(1,017名),2007年(832名),2009年(666名)に追跡調査を行った。

2) 2006年度コホート:初回調査は2006年度11月に行った。東京都I区内在住の70歳以上の女性5,935名を住民基本台帳より無作為で抽出し,研究の趣旨,目的,調査方法,参加への自由,資料の活用方法などについて詳細に記述した案内文を郵送し,老年症候群有症状者を調べる包括的健診調査協力者を募集したところ,957名(16.1%)が参加した¹¹⁾。このコホートの2007年度追跡調査に640名,2009年度追跡調査に569名が参加した。

膝痛,転倒,尿失禁などの老年症候群の有症率は男性より女性で高く,介護が必要になった原因は男女で異なり¹²⁾。男性は脳卒中41.3%と最も多く,女性は虚弱18.5%,転倒・骨折13.4%と女性の方が老年症候群の影響を受けやすいことが,本研究で高齢女性に焦点を当てた背景である。本研究は東京都老人総合研究所の倫理委員会の承諾を得て,参加者には個別的に研究の趣旨,目的,参加への自由,個人データの活用方法などについて詳細に説明したうえ,自筆の同意を得た後に,聞き取り調査,体力測定を行った。参加者から調査拒否やデータ使用に同意しなかった者はいなかった。

2. 調査方法

今回分析対象である膝痛,尿失禁,転倒有無についての調査は,個別面接法より実施し,それぞれの徴候は次のように定義した。

膝痛については「膝に痛みがありますか」の問に対し「ある」,「ない」のいずれか一つを選択させ,「ある」と回答した場合には痛みの程度を「軽い痛み」,「中くらいの痛み」,「強い痛み」の中から選択させた。解析では「軽い痛み」を「軽症膝痛」,「中くらいの痛み」から「強い痛み」を「中程度以上膝痛」と操作的に分類した。

尿失禁については「日常生活の中で尿が漏れることがありますか」という問に対し,「ある」,「ない」のいずれか一つを選択させ,「ある」と回答した場合には,尿失禁の頻度について,「1年に数回」,「月に1~3回」,「週に1回」,「週に2~3回」,「日に1回以上」,「常に」の中から一つを選択させた。尿失禁の程度を分類するために,「月に1~3回」から「週に1回」を「軽症尿失禁」,「週に2~3回」から「常に」を「中程度以上尿失禁」と分類した¹³⁾。

自分の意志からではなく,地面またはより低い場所に,膝や手などが接触することを転倒と定義し¹³⁾。転倒については「この1年間に転んだことがありますか」という問に対し「ある」,「ない」のいずれか一つを選択させ,「ある」と回答した場合には,この1年間に転んだ回数を回答させた。転倒回数を分類するために「1回転倒」,2回以上の「複数回転倒」と群分けした¹⁴⁾。転倒有無と回数調査は記憶障害の影響を受けることから,Mental Status Questionnaire (MSQ) 3問以上誤り¹⁵⁾があった50人(3.6%)は除外した。

一方,膝痛,尿失禁,転倒のいずれの徴候に該当しないものを健常群と操作的に定義した。

3. 歩容

歩容の計測にはシート式下肢加重計ウォーク Way (MW-1000, アニマ社製, 日本) を使用し, 通常歩行で記録した。対象者は幅800 mm, 長さ2,400 mm, 薄さ5 mmのウォーク Wayの1.5 m手前をスタート地点とし, ウォーク Way上を歩きぬけたあと1.5 mの地点をゴールとする歩行を6回試行し, 6試行の平均から算出された歩行速度(cm/sec), ケイデンス(1分間の歩数, step/min), ストライド(cm), 歩幅(cm), 歩隔(cm), 歩行角度(°), つま先角度(°)を基本的な歩容要因とした。ストライド, 歩幅, 歩隔, 歩行角度, つま先角度は左右両方計測されたが, 今回は左を軸として求めた。なお, ストライド, 歩幅, 歩隔は身長による影響を取り除くためにそれぞれ身長で除した値を用いた¹⁶⁾。さらにこれらの歩容変数を用いて, ストライド, 歩幅, 歩隔, 歩行角度, つま先角度の左右差についても絶対値として算出し, 歩容変数に加え解析した。歩行角度は歩行時の進行方向に対する体幹の向きを表し, 下肢の歩幅と歩隔の距離から算出した¹⁷⁾。解析に用いた12歩容変数は, 歩行速度, ケイデンス, ストライド(身長%), 歩幅(身長%), 歩隔(身長%), 歩行角度, つま先角度, 左右差(ストライド, 歩幅, 歩隔, 歩行角度, つま先角度)である。

4. 解析

各項目別の平均値と標準偏差を求め, 膝痛群, 尿失禁群, 転倒群, 正常群の差を比較するために一元配置の分

散分析を実施し、有意差が見られた項目についての多重比較は Scheffe 法を用いた。一方、膝痛・転倒・尿失禁の有症は年齢の影響を受けるので、歩容は年齢を調整した上で検討した。各徴候の程度による歩容変数の差を検定するために、それぞれの徴候を有しない健常群、軽症群、中程度以上群に分けて一元配置分散分析を行い、有意差を認めた項目については多重比較を施した。それぞれの徴候に関連する要因を抽出するために、軽度徴候と中程度以上の徴候を従属変数とし、歩容変数を独立変数とした多重ロジスティック回帰分析を実施した。解析は、統計パッケージ SPSS 18.0 for Windows で行い、統計学的有意水準は $P < 0.05$ に設定した。

結 果

各徴候の有症率は、膝痛 37.5%、尿失禁 38.3%、転倒 19.1% であった (表 1)。一方、複数徴候保持者は、膝痛+尿失禁 17.5%、尿失禁+転倒 7.8%、転倒+膝痛 9.8%、膝痛+尿失禁+転倒 4.7% であった。

各群間で測定項目を比較した (表 2)。年齢は群間に有意差を認め、尿失禁 80.1 ± 4.2 歳、転倒 79.9 ± 7.1 歳、膝痛 79.6 ± 4.2 歳と徴候を有しない健常群より高かった。歩行速度、ケイデンス、ストライド、歩幅、歩行角度で群間の有意差を認め、膝痛、尿失禁、転倒者は健常者より低い値を示した。一方、膝痛、尿失禁者の歩隔は健常者より増大を、転倒群で歩行角度の左右差は健常群より増大した。

それぞれの徴候において「健常群」、「軽症群」、「中程度以上群」の歩容を比較した (表 3)。膝痛の軽症、中程度以上群では健常群より歩行速度の低下、ストライド、歩幅の減少、歩行角度の増大を認めた。歩隔は中程度以上群で、健常群より増大していた。次に、尿失禁の軽症群、中程度以上群は健常群に比べて歩行速度の低下、ケイデンス、ストライド、歩幅の減少、歩行角度の増大を認めた。歩行角度左右差は、中程度以上群で増大を認めた。転倒経験者は歩行速度、ケイデンス、ストライド、歩幅の減少、歩行角度の増大を認めた。複数回転倒者は健常群に比べて、歩隔、歩行角度の左右差の増大を認め

表 1 各徴候の有症率

症状	n	(%)
徴候無	231	(26.6)
膝痛	326	(37.5)
尿失禁	333	(38.3)
転倒	166	(19.1)
膝痛+尿失禁	152	(17.5)
尿失禁+転倒	68	(7.8)
転倒+膝痛	85	(9.8)
膝痛+尿失禁+転倒	41	(4.7)

表 2 体格及び歩容変数の群間比較

変数	膝痛群 (n=326)		尿失禁群 (n=333)		転倒群 (n=166)		健常群 (n=231)		P 値*	多重比較**
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD		
年齢 (歳)	79.6±4.2		80.1±4.2		79.9±7.1		78.2±3.7		< .001	健<膝, 尿, 転
身長 (cm)	147.9±5.7		147.6±5.5		147.5±5.4		149.1±5.1		0.106	
体重 (kg)	50.2±8.1		49.8±8.0		48.6±7.9		50.5±5.9		0.277	
歩行速度 (cm/sec)	111.2±23.8		110.9±22.4		107.5±24.7		124.2±19.4		< .001	健>膝, 尿, 転
ケイデンス (step/min)	128.5±14.5		128.1±14.7		126.2±15.0		133.8±19.7		< .001	健>膝, 尿, 転
ストライド (身長%)	69.9±12.2		69.9±12.1		68.8±12.5		75.0±10.6		< .001	健>膝, 尿, 転
歩幅 (身長%)	36.8±6.3		36.8±6.0		35.8±6.7		39.8±4.3		< .001	健>膝, 尿, 転
歩隔 (身長%)	5.9±2.0		5.9±2.0		5.7±2.2		5.3±1.9		0.020	健<膝, 尿
歩行角度 (°)	9.9±5.7		9.7±4.8		10.0±6.9		7.7±3.0		< .001	健<膝, 尿, 転
つま先角度 (°)	0.1±5.3		-0.3±5.9		0.1±5.9		0.2±5.5		0.764	
ストライド左右差 (身長%)	4.1±4.4		4.0±4.9		3.5±4.4		4.7±5.1		0.180	
歩幅左右差 (身長%)	1.6±1.6		1.6±1.8		1.8±2.6		1.6±1.7		0.714	
歩隔左右差 (身長%)	0.9±0.7		0.9±0.7		1.0±0.8		0.9±0.7		0.699	
歩行角度左右差 (°)	1.6±1.6		1.6±1.5		2.0±3.8		1.2±1.0		0.028	健<転
つま先角度左右差 (°)	5.2±4.1		5.9±6.0		5.7±4.6		4.9±4.0		0.127	

M = 平均値, SD = 標準偏差

* 一元配置分散分析

** 膝 = 膝痛, 尿 = 尿失禁, 転 = 転倒, 健 = 健常群

ストライド, 歩幅, 歩隔, 歩行角度, つま先角度は左右のうち支持足の左を代表値とした

表3 各徴候の程度と歩容変数の比較

徴候	程度	n	歩行速度 (cm/sec)		ケイデンス (step/min)		ストライド (身長%)		歩幅 (身長%)		歩隔 (身長%)		歩行角度 (°)		つま先角度 (°)	
			M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
膝痛	なし (健常群)	214	124.2	±19.4	133.8	±19.7	75.0	±10.6	39.8	±4.3	5.3	±1.9	7.7	±3.0	0.2	±5.5
	軽度	179	113.1	±24.1	128.5	±14.3	71.0	±12.5	37.3	±6.5	5.8	±1.9	9.7	±6.8	0.4	±5.3
	中程度以上	147	110.1	±24.3	129.7	±14.4	69.1	±11.9	36.4	±6.2	6.1	±2.0	10.0	±4.2	-0.2	±5.7
尿失禁	なし (健常群)	214	124.2	±19.4	133.8	±19.7	75.0	±10.6	39.8	±4.3	5.3	±1.9	7.7	±3.0	0.2	±5.5
	軽度	175	113.0	±21.1	129.3	±14.3	70.5	±10.0	37.3	±5.0	5.5	±2.0	8.8	±3.7	-0.1	±6.0
	中程度以上	158	108.2	±23.0	126.9	±14.6	69.1	±14.1	36.2	±6.9	6.3	±2.0	10.6	±5.6	-0.5	±5.8
転倒	なし (健常群)	214	124.2	±19.4	133.8	±19.7	75.0	±10.6	39.8	±4.3	5.3	±1.9	7.7	±3.0	0.2	±5.5
	1回転倒	124	108.4	±24.6	126.2	±14.3	69.5	±12.9	36.0	±6.9	5.6	±2.3	9.7	±7.0	0.0	±6.0
	複数回転倒	42	103.8	±24.6	125.8	±17.0	66.3	±11.7	34.9	±6.3	6.3	±2.1	11.3	±6.6	0.6	±5.8

徴候	程度	n	ストライド (身長%)		歩幅左/右差 (身長%)		歩幅右/左差 (身長%)		歩行角度左/右差 (°)		つま先角度左/右差 (°)	
			M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
膝痛	なし (健常群)	214	4.7	±5.1	1.6	±1.7	0.9	±0.7	1.2	±1.0	4.9	±4.0
	軽度	179	3.9	±4.0	1.6	±1.7	0.9	±0.7	1.7	±1.8	5.0	±4.1
	中程度以上	147	4.5	±5.0	1.6	±1.3	1.0	±0.8	1.6	±1.2	5.4	±4.0
尿失禁	なし (健常群)	214	4.7	±5.1	1.6	±1.7	0.9	±0.7	1.2	±1.0	4.9	±4.0
	軽度	175	4.0	±4.4	1.5	±1.3	0.9	±0.7	1.3	±1.0	5.6	±4.3
	中程度以上	158	3.9	±5.2	1.7	±2.2	1.0	±0.8	1.9	±1.9	6.3	±7.1
転倒	なし (健常群)	214	4.7	±5.1	1.6	±1.7	0.9	±0.7	1.2	±1.0	4.9	±4.0
	1回転倒	124	3.3	±4.6	1.9	±2.9	1.0	±0.7	2.0	±4.3	5.5	±4.5
	複数回転倒	42	4.0	±3.7	1.3	±1.1	1.0	±0.9	2.1	±2.1	6.1	±4.8

M = 平均値, SD = 標準偏差
 * 多重比較: Scheffe 法
 ストライド, 歩幅, 歩隔, 歩行角度, つま先角度は左右のうち支持足の左を代表値とした

た。

次に、それぞれの徴候を従属変数、歩容変数を独立変数としたロジスティック回帰分析を施した (表4)。歩

行速度は、軽症膝痛 (Odds Ratio (以下: OR) = 0.97, 95% Confidence Intervals (以下: CI) 0.96~0.99)、軽症尿失禁 (OR = 0.97, 95% CI 0.96~0.98)、1回転倒 (OR =

表4 膝痛, 尿失禁, 転倒に關与する歩容変数

徴候の程度	従属変数	独立変数	オッズ比	95% 信頼区間	P 値
軽度	膝痛 尿失禁 転倒	歩行速度 (cm/sec) (1 単位毎に)	0.979	0.968 ~ 0.991	0.001
		歩行速度 (cm/sec) (1 単位毎に)	0.975	0.964 ~ 0.986	<0.001
		歩行速度 (cm/sec) (1 単位毎に)	0.976	0.954 ~ 0.997	0.029
中程度以上	膝痛	歩隔 (%) (1 単位毎に)	0.588	0.409 ~ 0.845	0.004
		歩行角度 (°) (1 単位毎に)	1.620	1.302 ~ 2.015	<0.001
	尿失禁	歩行速度 (cm/sec) (1 単位毎に)	0.978	0.962 ~ 0.995	0.011
		歩行角度 (°) (1 単位毎に)	1.140	1.029 ~ 1.263	0.012
		歩行角度左右差 (°) (1 単位毎に)	1.430	1.097 ~ 1.865	0.008
	転倒	歩幅 (%) (1 単位毎に)	0.858	0.790 ~ 0.931	<0.001
		歩行角度左右差 (°) (1 単位毎に)	1.362	1.001 ~ 1.854	0.049

従属変数: 軽度=1, 健常群=0; 中程度以上=1, 健常群=0

0.97, 95% CI 0.95~0.99) で有意に關連していた。

一方, 中程度以上膝痛では歩隔 (OR=0.58, 95% CI 0.40~0.84), 歩行角度 (OR=1.62, 95% CI 1.30~2.01) が, 中程度以上尿失禁では歩行速度 (OR=0.97, 95% CI 0.96~0.99), 歩行角度 (OR=1.14, 95% CI 1.02~1.26), 歩行角度左右差 (OR=1.43, 95% CI 1.09~1.86) が, 複数回転倒では歩幅 (OR=0.85, 95% CI 0.79~0.93), 歩行角度左右差 (OR=1.36, 95% CI 1.01~1.85) が有意であった。

考 察

本研究では, 70 歳以上の女性の膝痛, 尿失禁, 転倒と歩行要因を比較した結果, いずれの軽症徴候には歩行速度の低下が, 中程度以上徴候には徴候特異的歩容の変化が特徴付けられた。

歩行速度や歩幅, 歩隔などの歩容は加齢により変化することはこれまでの多くの研究から報告されている¹⁸⁾¹⁹⁾。一般的に高齢者は加齢に伴う筋肉量減少や筋力の低下, バランス機能の衰え, 関節の変形, 疼痛などで歩行障害が起きやすく, したがって高齢者の歩行は若年者と比べて歩行速度が遅く, 歩幅・ストライドが短く, 股関節の屈曲・伸展が減少し, 踵・つま先の挙上が減少するなどの特徴が現れてくる²⁰⁾²¹⁾。こうした加齢による歩行変化は同年代の高齢者間においても膝痛, 尿失禁, 転倒を有する群で差がみられた。

さらに, それぞれの徴候の中程度以上化にしたがって歩行速度の低下が明らかとなった。同様に歩容についても徴候の中程度以上化にしたがって, 歩幅やケイテンスが減少していることから, 歩容の変化が歩行速度の低下に影響していることを表している。

これまでの研究から転倒経験者や尿失禁有症者は, 健

康な高齢者と比べて歩行速度の遅いことが報告されているが¹¹⁾¹⁴⁾²²⁾²³⁾, 歩容について検討した報告は少なく, これらの徴候と歩容との關連性についてのより詳細な検討が課題といえる。

さらに, 徴候出現に關わる歩容変数を明らかにするためにロジスティック回帰分析を実施した結果, それぞれの徴候において軽度の発現には歩行速度の低下のみが關与しているのに対し, 中程度以上徴候の出現には歩行速度のみではなく, 歩容がより強く關与していることが明らかとなった。すなわち徴候の中程度以上化への進行あるいは慢性状態は歩容にも変化が生じていることが示唆された。徴候のために歩容が変化するのか, 歩容の変化が徴候を重篤にするのかを判断することは困難であるが, これらの徴候の軽症段階では歩容には差を認めないために, 徴候初期に現れる歩行速度の低下と中程度以上化の進行に従い現れる歩容変化の注意深い観察が必要であることが示唆された。

膝の痛みは移動機能の制限と密接に關わっていると指摘されているが²⁴⁾, 本研究で検証した中程度以上の膝痛には「歩行角度」と「歩隔」が有意に關連している可能性が示唆された。このことは歩行角度の大きさにも関わらず歩隔の小さいことから, 前方向への歩幅の減少が予想された。膝痛では, 痛みによる関節可動域の減少や筋肉の不使用, 別の部位への過度の負担により歩き方に變化の現れている可能性が考えられる。さらに膝痛の改善には膝関節周辺を取り囲む大腿四頭筋の強化が重要なことから, これらの筋肉が衰えているために足を前方向に大きく出すことができなくなっている可能性が考えられる。尿失禁者は正常群に比べて, 歩行速度の低下を認めたことから, 歩行機能の向上は尿失禁の改善に寄与する可能性を指摘している²⁵⁾。しかし, 本研究で中程度以

上の尿失禁には歩行速度のみならず歩行角度や歩行角度の左右差が関与していることを検証した。歩行角度が大きくなると前方向への距離に対して横方向の距離が増大していることを表している。このことは歩行中に足がまっすぐに前に出るように導く役割を担っている大腿筋膜張筋、縫工筋、内転筋、大腿四頭筋の衰えによる下肢機能の脆弱に強く関連していると推測できる。一方、前頭葉は歩行速度を制御する中枢であり²⁶⁾、尿意中枢でもある²⁷⁾。歩行速度は歩幅とケイデンスに依存することから²⁸⁾、ケイデンスの低下が尿失禁と有意差を認めた本研究の結果は興味深く(表3)、発展的な研究につなげていきたい。

歩行速度と転倒との関連性については、様々な角度から検討されている。多くの研究で、歩行速度の低下と歩幅の短縮は転倒と密接に関連すると指摘し²⁹⁾³⁰⁾、地域在宅高齢者の複数回転倒発生率について調べた5年間の追跡調査によれば、通常歩行速度は複数回の転倒発生の予知因子であることを報告している¹⁰⁾。本研究では、歩幅の短縮による歩行速度の低下が複数回転倒と関連する可能性が示唆された。

ほかに、重程度以上の尿失禁、複数回転倒には歩容の左右差が徴候の特徴として現れた。歩行は身体を前進させるために左右の下肢が交互に支点となるため重心が上下、左右に動揺する。左右方向の揺れは歩行角度に影響する可能性が高く、歩行角度左右差は支持足でない方の足の筋力低下や関節可動域の低下、痛みや変形などで支持性が低下することから足を前方に振り出せずに、どちらか一方で左右差の生じる可能性が考えられる。したがって、歩行角度左右差に特徴の現れた尿失禁、転倒の歩容は下肢の筋力低下の影響の大きいことが示唆された。しかし、歩容に影響する要因は様々であり、とくに不眠による睡眠剤服用者、心不全や呼吸不全患者は歩行速度が遅く、通常痛みはあっても、鎮痛剤を服用すれば痛みは緩和され、歩容が良い結果となってしまう可能性が考えられるが、これらの有無の検討がなされなかったのは本研究の制限点である。

老年症候群はADLを低下させ、健康寿命の短縮に寄与していることから早期発見、早期予防のための対策の確立が望まれる。これまで歩行速度が高齢者のADL低下の予測因子として知られているが、歩行速度に歩容を加えることで老年症候群の早期発見に寄与できる可能性が示唆された。本研究で得た結果を一般化するためには、歩容の変化と老年症候群の新規発生との関連性を究明するための縦断研究が必要といえる。

まとめ

都市部在住75歳以上の高齢女性870名の歩容を分析した結果、膝痛、尿失禁、転倒経験を有する高齢者は、歩行速度が遅く、ケイデンス、ストライド、歩幅が低下し、歩隔、歩行角度、歩行角度左右差の増大がみられた。また、軽症の膝痛、尿失禁、転倒には歩行速度が強く関連していた。一方、中程度以上の膝痛で歩隔、歩行角度、中程度以上の尿失禁で歩行速度、歩行角度、歩行角度左右差、複数回の転倒では歩幅、歩行角度左右差が強く関連した。以上の結果から膝痛、尿失禁、転倒では歩行速度の低下だけでなく、歩容の変化に着目することで徴候の早期発見に活かせる可能性が示唆された。

文 献

- 1) Suzuki T, Yoshida H, Kim H, Yukawa H, Sugiura M, Furuna T, 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 form TMIG. *Geriatr Gerontol Int* 2003; 3: S6-S14.
- 2) Shinkai S, Watanabe S, Kumagai S, Fujiwara Y, Amano H, Yoshida H, et al: Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. *Age Ageing* 2000; 29: 441-446.
- 3) Inouye SK, Studenski S, Tinetti ME, Kuchel GA: Geriatric Syndromes: Clinical, research, and policy implications of a core geriatric concept. *J Am Geriatr Soc* 2007; 55: 780-791.
- 4) 林 泰史: 高齢者医療での運動器疾患—老年症候群と総合機能評価でとらえる。 *医学のあゆみ* 2011; 236: 399-403.
- 5) 大内尉義, 鳥羽研二: 高齢者の新しい総合的機能評価方法の開発とその応用。 *日老医誌* 2000; 37: 469-471.
- 6) Peat G, McCarney R, Croft P: Knee pain and osteoarthritis in older adults: a review of community burden and current use of primary health care. *Ann Rheum Dis* 2001; 60: 91-97.
- 7) Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Mabuchi A, En-Yo Y, Yoshida M, et al: Prevalence of knee osteoarthritis, lumbar spondylosis, and osteoporosis in Japanese men and women: the research on osteoarthritis osteoporosis against disability study. *J Bone Miner Metab* 2009; 27: 620-628.
- 8) Thom D: Variation in estimates of urinary incontinence prevalence in the community: Effect of differences in definition, population characteristics, and study type. *J Am Geriatr Soc* 1998; 46: 473-480.
- 9) Yasumura S, Haga H, Nagai H, Suzuki T, Amano H, Shibata H: Rate of falls and the correlates among elderly people living in an urban community in Japan. *Age Ageing* 1994; 23: 323-327.
- 10) 鈴木隆雄, 岩佐 一, 吉田英世, 金 憲経, 新名正弥, 胡 秀英ほか: 地域高齢者を対象とした要介護予防のための包括的健診(「お達者健診」)についての研究。受診者

- と非受診者の特性について. 日公衛誌 2003; 50: 39-48.
- 11) 金 憲経, 吉田英世, 鈴木隆雄: 都市部在住高齢女性の尿失禁に関連する要因—介護予防のための包括的健診—. 日老医誌 2008; 45: 315-322.
 - 12) 厚生労働省大臣官房統計情報部編: 平成16年度国民生活基礎調査. 厚生統計協会.
 - 13) Gibson MJ, Andres RO, Isaacs B, Radebaugh T, Worm-Petersen J: The prevention of falls in later life. A report of the Kellogg International Work Group on the Prevention of Falls by the Elderly. *Dan Med Bull* 1987; 34 Suppl 4: 1-24.
 - 14) 鈴木隆雄, 杉浦美穂, 古名丈人, 西澤 哲, 吉田英世, 石崎達郎ほか: 地域高齢者の転倒発生に関連する身体的要因の分析的研究—5年間の追跡研究から—. 日老医誌 1999; 36: 472-478.
 - 15) Erkinjuntti T, Sulkava R, Wikström J, Autio L: Short Portable Mental Status Questionnaire as a screening test for dementia and delirium among the elderly. *J Am Geriatr Soc* 1987; 35: 412-416.
 - 16) Pierrynowski MR, Galea V: Enhancing the ability of gait analyses to differentiate between groups: scaling gait data to body size. *Gait Posture* 2001; 13: 193-201.
 - 17) Demura T, Demura S: Relationship among gait parameters while walking with varying loads. *J Physiol Anthropol* 2010; 29: 29-34.
 - 18) Murray MP, Kory RC, Clarkson BH: Walking patterns in healthy old men. *J Gerontol* 1969; 24: 169-178.
 - 19) Ferrandez AM, Pailhous J, Durup M: Slowness in elderly gait. *Exp Aging Res* 1990; 16: 79-89.
 - 20) 杉浦美穂, 長崎 浩, 古名丈人, 奥住秀之: 地域高齢者の歩行能力—4年間の縦断変化—. 体力科学 1998; 47: 443-452.
 - 21) McGibbon CA: Toward a better understanding of gait changes with age and disablement: Neuromuscular adaptation. *Exerc Sport Sci Rev* 2003; 31: 102-108.
 - 22) 吉田裕子, 金 憲経, 岩佐 一, 榎 珍嬉, 杉浦美穂, 古名丈人: 都市部在住高齢者における尿失禁の頻度および尿失禁に関連する特性: 要介護予防のための包括的健診(「お達者健診」)についての研究. 日老医誌 2007; 44: 83-89.
 - 23) 金 憲経, 吉田英世, 鈴木隆雄, 石崎達郎, 細井孝之, 山本梢三ほか: 高齢者の転倒関連恐怖感と身体機能—転倒が依頼受診者について—. 日老医誌 2001; 38: 805-811.
 - 24) Lamb SE, Guralnik JM, Buchner DM, Ferrucci LM, Hochberg MC, Simonsick EM, et al: Factors that modify the association between knee pain and mobility limitation in older women: the Women's Health and Aging Study. *Ann Rheum Dis* 2000; 59: 331-337.
 - 25) Kim H, Suzuki T, Yoshida Y, Yoshida H: Effectiveness of multidimensional exercises for the treatment of stress urinary incontinence in elderly community-dwelling Japanese women: A randomized, controlled, crossover trial. *J Am Geriatr Soc* 2007; 55: 1932-1939.
 - 26) Harada T, Miyai I, Suzuki M, Kubota K: Gait capacity affects cortical activation patterns related to speed control in the elderly. *Exp Brain Res* 2009; 193: 445-454.
 - 27) Block BF: Central pathways controlling micturition and urinary incontinence. *Urology* 2002; 59(5 Suppl 1): 13-17.
 - 28) Messier SP, Loeser RF, Mitchell MN, Valle G, Morgan TP, Rejeski WJ, et al: Exercise and weight loss in obese older adults with knee osteoarthritis: A preliminary study. *J Am Geriatr Soc* 2000; 48: 1062-1072.
 - 29) Espy DD, Yang F, Bhatt T, Pai YC: Independent influence of gait speed and step length on stability and fall risk. *Gait Posture* 2010; 32: 378-382.
 - 30) Guimaraes RM, Isaacs B: Characteristics of gait in old people who fall. *Int Rehab Med* 1980; 2: 177-180.

Are gait parameters related to knee pain, urinary incontinence and a history of falls in community-dwelling elderly women?

Hunkyung Kim¹⁾, Takao Suzuki²⁾, Hideyo Yoshida¹⁾, Hiroyuki Shimada²⁾, Yukari Yamashiro³⁾,
Motoki Sudo³⁾ and Yoshifumi Niki³⁾

Abstract

Aim: To examine the association between gait parameters and knee pain, urinary incontinence, and a history of falls.

Methods: Comprehensive health examinations were conducted in 2009 among 971 elderly women over 70 years of age, in which the questionnaire and gait parameter results of 870 participants were analyzed. Knee pain, urinary incontinence and a history of falls were assessed through face-to-face interview surveys. Gait parameters were measured using a walk-way to assess walking speed, cadence, stride, stride length, step width, walking angle, toe angle and the differences in each parameter between the right and left foot. Multiple logistic regression analyses were performed to examine the associations between the gait parameters and knee pain, urinary incontinence and a history of falls.

Results: The elderly women with knee pain, urinary incontinence and a history of falls had slower walking speeds, smaller strides and strides length, and wider step width and walking angles. The multiple logistic regression analysis showed the walking speed to be significantly associated with mild knee pain and urinary incontinence and single a history of fall; moderate/severe knee pain was significantly associated with step width (OR = 0.58, 95%CI = 0.40-0.84) and walking angle (OR = 1.62, 95%CI = 1.30-2.01); moderate/severe urinary incontinence was significantly associated with walking speed (OR = 0.97, 95%CI = 0.96-0.99), walking angle (OR = 1.14, 95%CI = 1.02-1.26), and difference in walking angle between the right and left foot (OR = 1.43, 95%CI = 1.09-1.86); multiple a history of falls was significantly associated with stride length (OR = 0.85, 95%CI = 0.79-0.93) and the difference in walking angle between the right and left foot (OR = 1.36, 95%CI = 1.01-1.85).

Conclusions: The data suggest that combining assessments of walking speed and other gait parameters may be an effective screening method for the early detection of geriatric syndromes.

Key words: *Gait parameters, Knee pain, Urinary incontinence, History of falls*
(Nippon Ronen Igakkai Zasshi 2013; 50: 528-535)

-
- 1) Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology
 - 2) National Center for Geriatrics and Gerontology
 - 3) Human Health Care, Kao Corporation

シート式圧力センサーを用いて計測した歩容左右差による年齢の推定

須藤 元喜*1・山城由華吏*1・上野加奈子*1・金 憲経*2

ESTIMATION OF AGE FROM THE DIFFERENCE BETWEEN LEFT AND RIGHT WALKING PARAMETERS MEASURED BY A WALK ANALYSIS SYSTEM WITH PLATE SENSORS.

Motoki SUDO, Yukari YAMASHIRO, Kanako UENO, Hunkyung KIM

Abstract

We analyzed walking parameters using by a walk analysis system with plate sensors. The subjects included healthy women from age 21 to 88, who were able to walk without assistance. The results of correlation analysis between age and walk showed that with advancing age, walk ratio was reduced, step length decreased, the difference between left and right walking angle, and stance phase increased. A multivariate analysis was performed for each walking parameter as the objective variable, and age as the explanatory variable. As a result, walk ratio, and the difference between left and right walking angle were significant explanatory variables. Description of the regression rate was 38%.

キーワード: 歩容変数, 左右差, 年齢, 圧力センサー

Key words: walking parameter, laterality, age, plate sensor

緒 言

ヒトは二足歩行を獲得したことにより、前肢を利用した多様な生活を送ることが可能となった。二足歩行の開始は約600~700万年前にさかのぼる¹⁾。人類が二足歩行を獲得したことで、高いところにある果実を摂食し²⁾、家族に手で食料を運び³⁾、繁殖適応度が高まり⁴⁾、日光への暴露面積を小さくし⁵⁾、日中の活動時間を長くし⁶⁾、捕食者を威嚇する⁷⁾など多くの利点が得られた。個体発生としては、出生後1歳3ヶ月頃から幼型足歩行が始まり、3歳頃に成人型歩行に発達し、歩容の成熟に合わせて生活も多様化していく⁸⁾。

一旦成熟した多くの歩行機能は、加齢に伴い低下することが古くから報告されてきた⁹⁾。歩行速度は、歩幅と歩調の低下に伴い¹⁰⁾50歳から徐々に低下し、62歳頃からは急激に低下すると言われている¹¹⁾。また、加齢に伴い歩幅の低下¹²⁾、歩幅の増加¹³⁾、1歩行周期中の立脚期割合、両脚支持期割合も増加し¹⁴⁾¹⁵⁾、足関節¹⁶⁾、膝関節¹⁵⁾、股関節¹⁷⁾の可動域が狭まり、各関節モーメントは低下する¹²⁾。

加齢に関する歩行研究は、予防医学的に広く用いられている。高齢者の疫学研究において、歩行速度の違いは高齢者は、脳血管系疾患リスク¹⁸⁾やADL低下リスク¹⁹⁾が増加することが知られており、スクリーニングや、介入の効果検証に歩行速度の評価は重要視されている。

しかし、今まで測定が困難であった左右脚の機能差や左右差の加齢変化については報告が少なく、実用に至っていない。歩幅、立脚時間、遊脚時間の歩容変数は左右対称性が高いという報告²⁰⁾や、右脚は推進脚、左脚は支持脚として左右脚には機能差があるとする報告²¹⁾もあるが、被験者の負担が大きいモーションキャプチャを使用して左右差を検出していたため、例数も少なく検証が必要である。

そこで本報告では、計測による心理、身体ストレスが少なく、時間的及び空間的変数を左右別に取得できるシート式圧力センサー²²⁾を用いて、第一に左右差を含めた歩容変数と年齢の相関性を検討し、第二に左右差を含めた代表的な歩容変数から年齢を推定する式を作成した。

*1 花王株式会社東京研究所
Tokyo Research Laboratories, Kao Corporation

*2 東京都健康長寿医療センター
Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology

方 法

<全体プロトコール>

歩容測定会の試験内容は事前に花王株式会社および東京都健康長寿医療研究センターの倫理委員会の承認を得た。試験参加に同意した東京近郊に在住の21歳から88歳までの独立歩行が可能な成人女性353名の自由歩行を圧力シートにより解析し、年齢と歩容変数の相関性を検証した。被験者の平均身長±標準偏差は149.5±7.1cm、平均体重±標準偏差は49.2±8.3kgであった。また、足圧による歩容変数を計測するため、著しい足部・足趾変形を有する方は対象者から除外した。

<歩容測定>

10mの歩行路の中央2.4mにシート式圧力センサー型の歩行計測器（ウォーク way：アニマ社製）を設置した。服装はコートやスカートなど歩行を制限する服装は避け、普段使用している服装を着用し、シューズを脱いだ靴下だけの測定条件とした。歩き方は、「いつもどおりに歩いてください」と指示し、自由歩行を測定した。歩容計測回数は、測定場の背景が与える対称性と、歩行の再現性を考慮し、4回計測した。1回の計測で検出されたシート内の歩を全て解析し、4回計測した平均値を代表値として解析した。

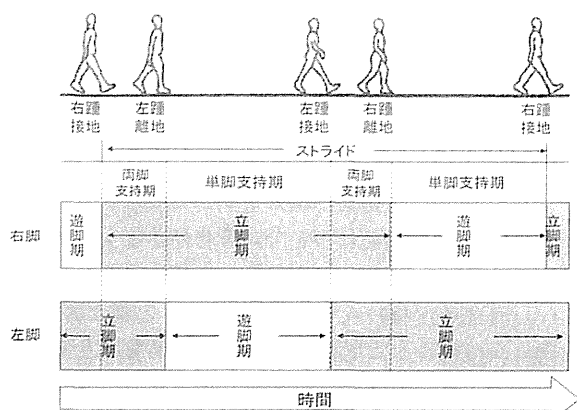


図1 歩容の時間因子 (文献21より 引用一部改変)

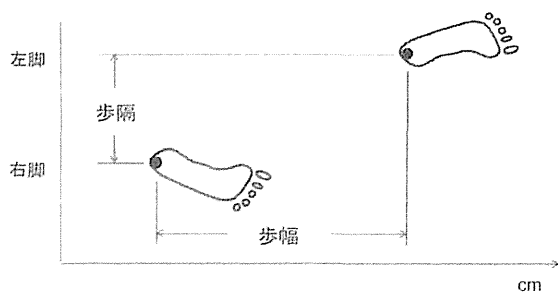


図2 歩容の空間因子における右_歩幅と右_歩隔 (文献21より 引用一部改変)

<歩容解析>

歩容解析は、幅60cm x 長さ240cmのシートに1cm²間隔に配置された14400個の圧センサーの時系列データから抽出した踵の点を基準点として、時間変数(図1)、空間変数(図2、3)を計算した²⁾。表1に歩容変数とした42項目を示した。歩幅と歩隔は身長で除し、立脚期、遊脚期、両脚支持期は1歩行周期で除した相対的変数を用いて詳細を解析した。空間変数は後方の足で左右を決定した(図2、3)。表1の時間左右差と空間左右差は、左右歩容変数の差の絶対値とした。

<統計処理>

各項目について年齢との相関係数を求め、有意検定を実施した。左右差は対応のないt検定を実施した。歩容変数と年齢の散布図を作成し、2次曲線で近似し、近似式とR²値を算出した。歩容指標で年齢を説明する式を作成するため、本試験の歩容指標と年齢相関分布図の結果から、各指標で加齢が顕著であった指標を選出した。歩容変数による年齢の推定には、年齢を目的変数、歩行比、相対歩幅、歩行角度差、相対立脚期を独立変数とし、多変量解析の重回帰分析を用いた。全ての解析は有意水準を5%とし、解析にはSPSS ver20.0を用いた。

結 果

1人の被験者に対して1回の測定で解析した歩数は平均が4.26回、標準偏差が0.82、最小歩数は3歩、最大歩数は7歩であった。42項目の歩容変数と身長、体重を加えた44項目の左右差および年齢相関結果を、表2に示した。左右差については、右相対両脚支持期が左に比べて有意に長く、右つま先角度は左に比べて有意に外側を向いていた。

最も年齢と相関の強い項目は相関係数-0.603の身長

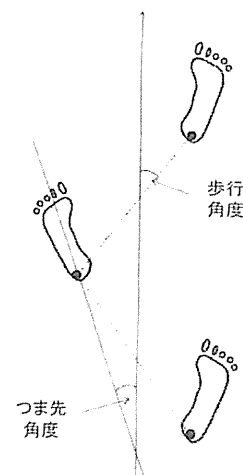


図3 歩容の空間因子における左_歩行角度と左_つま先角度 (文献21より 引用一部改変)

表1 歩容解析した42項目と説明

分類	項目	説明
総合	スピード (km/h)	10m通常歩行中の中心2m区間の移動スピード
	ケーデンス (歩/分)	1分間の歩数
	歩行比 (m/cpm)	歩幅をケーデンスで除した値。歩行効率を示す
時間	左_歩行周期 (sec)	左足が着床してからもう1度着床するまでの時間
	右_歩行周期 (sec)	右足が着床してからもう1度着床するまでの時間
	左_立脚期 (sec)	左足が着床してから離床するまでの時間
	右_立脚期 (sec)	右足が着床してから離床するまでの時間
	左_遊脚期 (sec)	左足が離床してから着床するまでの時間
	右_遊脚期 (sec)	右足が離床してから着床するまでの時間
	左_両脚支持期 (sec)	左足が着床している後半で、右足も着床している時間
	右_両脚支持期 (sec)	右足が着床している後半で、左足も着床している時間
	左_相対立脚期 (%)	左_歩行周期に対する左_立脚期の割合
	右_相対立脚期 (%)	右_歩行周期に対する右_立脚期の割合
	左_相対遊脚期 (%)	左_歩行周期に対する左_遊脚期の割合
	右_相対遊脚期 (%)	右_歩行周期に対する右_遊脚期の割合
	左_相対両脚支持期 (%)	左_歩行周期に対する左_両脚支持期の割合
	右_相対両脚支持期 (%)	右_歩行周期に対する右_両脚支持期の割合
空間	左_ストライド (cm)	左足が着床してからもう1度着床するまでの進行方向距離
	右_ストライド (cm)	右足が着床してからもう1度着床するまでの進行方向距離
	左_歩幅 (cm)	左足が着床してから右足が着床するまでの進行方向距離
	右_歩幅 (cm)	右足が着床してから左足が着床するまでの進行方向距離
	左_歩隔 (cm)	左足が着床してから右足が着床するまでの側方方向距離
	右_歩隔 (cm)	右足が着床してから左足が着床するまでの側方方向距離
	左_歩行角度 (°)	左足が着床してから右足が着床するまでの直線と進行方向の角度
	右_歩行角度 (°)	右足が着床してから左足が着床するまでの直線と進行方向の角度
	左_つま先角 (°)	左足の傾きと進行方向の角度、内側がマイナス、外側がプラス
	右_つま先角 (°)	右足の傾きと進行方向の角度、内側がマイナス、外側がプラス
	左_相対ストライド (%)	左_ストライドを身長で基準化したもの
	右_相対ストライド (%)	右_ストライドを身長で基準化したもの
	左_相対歩幅 (%)	左_歩幅を身長で基準化したもの
	右_相対歩幅 (%)	右_歩幅を身長で基準化したもの
時間左右差	歩行周期差 (sec)	左_歩行周期と右_歩行周期の差
	立脚期差 (%)	左_立脚期と右_立脚期の差を1歩行周期で基準化したもの
	遊脚期差 (%)	左_遊脚期と右_遊脚期の差を1歩行周期で基準化したもの
	両脚支持期差 (%)	左_両脚支持期と右_両脚支持期の差を1歩行周期で基準化したもの
空間左右差	ストライド差 (%)	左_ストライドと右_ストライドの差を身長で基準化したもの
	歩幅差 (%)	左_歩幅と右_歩幅の差を身長で基準化したもの
	歩隔差 (%)	左_歩隔と右_歩隔の差を身長で基準化したもの
	歩行角度差 (°)	左_歩行角度と右_歩行角度の差
	つま先角度差 (°)	左_つま先角度と右_つま先角度の差

および歩行比であり、次いで相関係数-0.546の左_歩幅であった。44項目中36項目は年齢と有意に相関し、左右立脚期、左右歩隔、左つま先角度、立脚期差、遊脚期差、両脚支持期差の8項目は有意な相関が認められなかった。以降左右差の認められた両脚支持期とつま先角度以外の歩容変数は左右平均値を用いて解析した。

初めに身体情報を示した。身長は加齢に伴い低下を示し(図4A)、体重は50代にピークを持つ一時的な増加を認めたが、60代以降では減少した(図4B)。

次に、年齢と相関係数の高かった総合指標である歩行比と、歩行比の構成要素である平均歩幅とケーデ

ンスを示した(図5)。歩行比は、加齢に伴い低下を示した(図5A)。平均歩幅は、40代にピークを持つ一時的な伸張を認めたが、50代以降は短縮した(図5B)。ケーデンスは加齢とともに増加を示した(図5C)。

空間指標の結果を示した。平均相対歩幅、平均相対歩隔および平均歩行角度と左右つま先角度の年齢の相関分布図を示した(図6)。平均相対歩幅は年齢があるにつれて短縮を示し(図6A)、相対歩隔は50代にピークを持つ一時的な短縮を認めたが、その後は拡大した(図6B)。歩行角度は60代以降で拡大した(図6C)。また、つま先角度は右が左より外向きである傾向は確認されたが、顕著な加齢変化は認められな

表2 歩容の左右差と年齢相関

項目	平均 ± 標準偏差	左右差 (p)	年齢相関 (r,p)		
身長 (cm)	149.5 ± 7.1		-0.603	<0.001	***
体重 (kg)	49.2 ± 8.3		-0.165	0.002	**
スピード (km/h)	4.10 ± 0.81		-0.418	<0.001	***
ケーデンス (歩/分)	122 ± 11.0		0.194	<0.001	***
歩行比 (m/cpm)	0.0046 ± 0.0008		-0.603	<0.001	***
左_歩行周期 (sec)	0.991 ± 0.097	0.894 n.s.	-0.204	<0.001	***
右_歩行周期 (sec)	0.992 ± 0.101		-0.217	<0.001	***
左_立脚期 (sec)	0.60 ± 0.07	0.772 n.s.	-0.090	0.093	n.s.
右_立脚期 (sec)	0.60 ± 0.07		-0.061	0.255	n.s.
左_遊脚期 (sec)	0.39 ± 0.04	0.406 n.s.	-0.360	<0.001	***
右_遊脚期 (sec)	0.39 ± 0.04		-0.381	<0.001	***
左_両脚支持期 (sec)	0.11 ± 0.03	0.127 n.s.	0.150	0.005	**
右_両脚支持期 (sec)	0.11 ± 0.02		0.184	<0.001	***
左_相対立脚期 (%)	60.7 ± 2.2	0.431 n.s.	0.276	<0.001	***
右_相対立脚期 (%)	60.8 ± 2.3		0.398	<0.001	***
左_相対遊脚期 (%)	39.3 ± 2.2	0.064 n.s.	-0.276	<0.001	***
右_相対遊脚期 (%)	39.0 ± 2.2		-0.321	<0.001	***
左_相対両脚支持期 (%)	10.7 ± 1.9	0.040	0.316	<0.001	***
右_相対両脚支持期 (%)	10.9 ± 1.9		0.376	<0.001	***
左_ストライド (cm)	110.4 ± 18.4	0.763 n.s.	-0.531	<0.001	***
右_ストライド (cm)	110.8 ± 18.5		-0.521	<0.001	***
左_歩幅 (cm)	55.7 ± 9.2	0.567 n.s.	-0.546	<0.001	***
右_歩幅 (cm)	55.3 ± 9.6		-0.518	<0.001	***
左_歩隔 (cm)	8.0 ± 2.8	0.648 n.s.	0.096	0.072	n.s.
右_歩隔 (cm)	7.9 ± 2.7		0.099	0.062	n.s.
左_歩高角度 (°)	8.5 ± 3.7	0.908 n.s.	0.286	<0.001	***
右_歩高角度 (°)	8.6 ± 3.9		0.281	<0.001	***
左_つま先角度 (°)	0.8 ± 5.4	<0.001	0.094	0.079	n.s.
右_つま先角度 (°)	6.8 ± 6.6		0.157	0.003	**
左相対ストライド (%)	73.7 ± 10.8	0.736 n.s.	-0.398	<0.001	***
右相対ストライド (%)	74.0 ± 10.9		-0.388	<0.001	***
左相対歩幅 (%)	37.2 ± 5.4	0.516 n.s.	-0.416	<0.001	***
右相対歩幅 (%)	36.9 ± 5.7		-0.389	<0.001	***
左相対歩隔 (%)	5.4 ± 2.0	0.668 n.s.	0.169	0.001	**
右相対歩隔 (%)	5.3 ± 1.9		0.177	<0.001	***
歩行周期差 (sec)	0.015 ± 0.25		-0.224	<0.001	***
立脚期差 (%)	1.44 ± 1.8		-0.007	0.889	n.s.
遊脚期差 (%)	1.44 ± 1.68		0.081	0.131	n.s.
両脚支持期差 (%)	1.00 ± 0.85		0.094	0.078	n.s.
ストライド差 (%)	1.63 ± 2.01		-0.249	<0.001	***
歩幅差 (%)	1.45 ± 1.29		0.130	0.015	*
歩隔差 (%)	0.90 ± 0.77		0.202	<0.001	***
歩行角度差 (°)	1.50 ± 1.34		0.247	<0.001	***
つま先角度差 (°)	4.59 ± 5.08		0.124	0.019	*

値は女性353名の平均値 ± 標準偏差

左右差検定：対応のないt検定 * p<0.05, *** p<0.001, n.s. not significant

年齢相関：相関係数rと有意検定 * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001, n.s. not significant

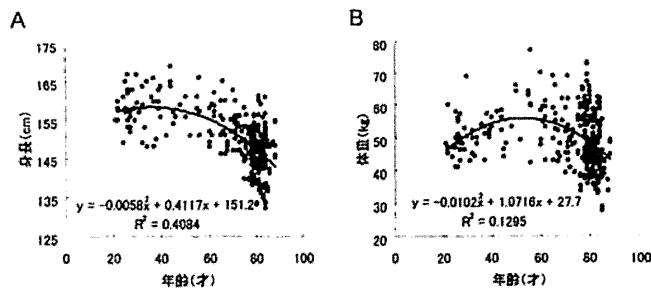


図4 身長、体重と年齢の分布

A：身長と年齢分布 B：体重と年齢分布

Y：2次曲線近似式、R²：重相関係数

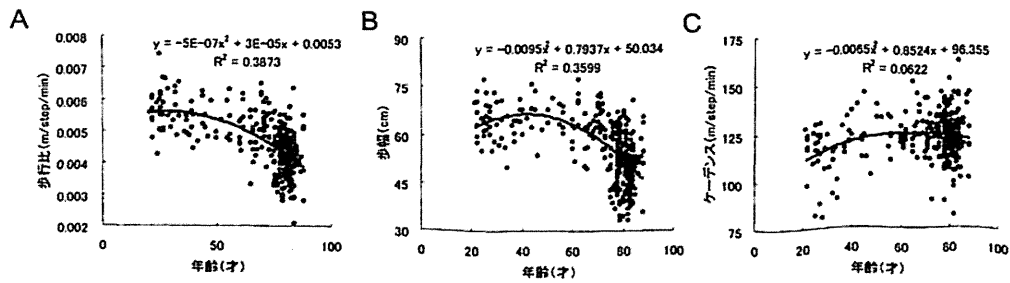


図5 歩行比、平均歩幅、ケーデンスと年齢の分布
 A：歩行比と年齢分布 B：平均歩幅と年齢分布 C：ケーデンスと年齢分布
 Y：2次曲線近似式、R²：重相関係数

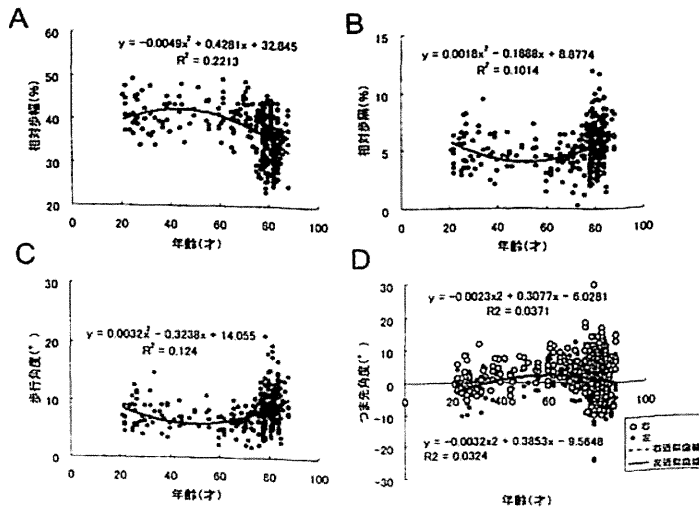


図6 平均相対歩幅、平均相対歩幅、平均歩行角度、左右つま先角度と年齢の分布
 A：平均相対歩幅と年齢分布 B：平均相対歩幅と年齢分布 C：平均歩行角度と年齢分布
 D：左右つま先角度と年齢分布左 (●)、右 (○)、実線：左近似式 (下)、点線：右近似式 (上)
 Y：2次曲線近似式、R²：重相関係数

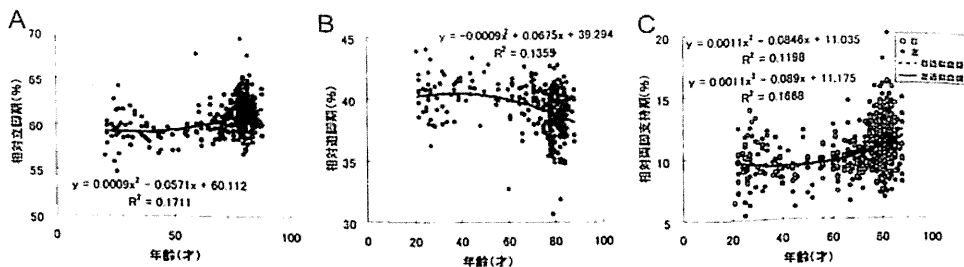


図7 平均相対立脚期、平均相対遊脚期、左右相対両脚支持期と年齢の分布
 A：平均相対立脚期と年齢分布 B：平均相対遊脚期と年齢分布
 C：左右相対両脚支持期と年齢分布左 (●)、右 (○)、実線：左近似式 (上)、点線：右近似式 (上)
 Y：2次曲線近似式、R²：重相関係数

かった (図6D)。

時間指標の結果を示した。平均相対立脚期、平均相対遊脚期、左右相対両脚支持期と年齢の相関分布図を示した (図7)。加齢にともない平均相対立脚期は延長し、平均相対遊脚期は短縮した (図7A、B)。また、左右両脚支持期は加齢にともない延長した。(図7C)。

左右差指標を示した。歩幅差、歩隔差、歩行角度差を図8に示した。歩幅左右差、歩隔左右差および歩行角度左右差は、加齢にともない増加した (図8A、B、C)。

総合的な古典的歩行指標であるスピードの相関を図

9に示した。スピードは年齢とともに低下を示した (図9)。

歩容指標で年齢を説明する式を作成するため選出された指標は、総合指標から歩行比、空間指標から平均相対歩幅、左右差指標から歩行角度差そして時間指標からは平均相対立脚期であった。これらの歩容指標を目的変数、年齢を説明変数とした重回帰分析を実施した (表3)。歩行比と歩行角度差は有意な説明変数とされ、得られた回帰式の説明率は38% ($r=0.618$, $r^2=0.382$, 補正 $r^2=0.375$, $s.e.=14.2$) であった。

表3 多変量解析結果

変数	調整済み係数	標準誤差	t値	P値	下限 95%	上限 95%
歩行比 (m/cpm)	-11674	1731	-6.74	<0.001	-15078	-8270
平均立脚期 (%)	0.990	0.552	1.79	0.0737	-0.0954	2.08
平均歩幅 (%)	0.0448	0.182	0.246	0.806	-0.313	0.403
歩行角度差 (°)	1.41	0.586	2.40	0.0168	0.255	2.56
切片	59.3	38.1	1.56	0.121	-15.7	134

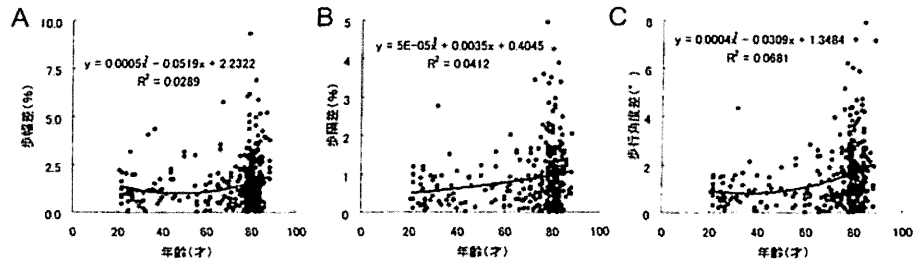


図8 歩幅差、歩隔差、歩行角度差と年齢の分布
 A: 歩幅差と年齢分布 B: 歩隔差と年齢分布 C: 歩行角度差と年齢分布
 Y: 2次曲線近似式, R²: 重相関係数

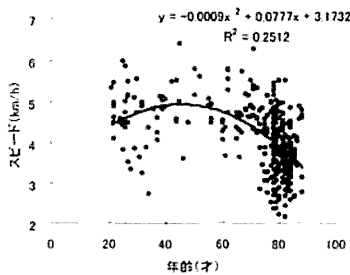


図9 スピードと年齢の相関分布
 Y: 2次曲線近似式, R²: 重相関係数

考 察

被験者の身体特徴の加齢変化は先行研究と一致し、標準的な加齢傾向の見られた集団であることが示された。まず初めに、身長は50代から90代にかけて経年的に低下傾向を示した。50代から90代の先行研究においても、男性は年間0.19cm、女性は年間0.41cmの身長低下が躯間長低下により認められたと報告されている²³⁾。次に、体重は50代にピークを持ちながらそれ以降は低下した。50代以降の体重低下は、高齢者に顕著な低体重、低筋力を特徴とするサルコペニア²⁴⁾や、虚弱²⁵⁾で引き起こされるといわれ、先行研究と一致している。

本試験の歩容変数と年齢の相関解析から、高齢者のスクリーニングにはスピード (r=-0.418) よりも歩行比 (r=-0.603) が有用である可能性が示唆された。サルコペニアや虚弱を代表とする老年症候群の予備群をスクリーニングするため、これまでは多くの試験でスピードに着目してきた^{26) 27) 28)}。これは、スピードが老化に伴う下肢筋力の低下を原因とする歩幅の減少や体力低下と相関が高かったためである。スピードが歩幅とケーデンスの積で算出するのに対して、歩行比は歩

幅とケーデンスの除で算出される。本試験結果では加齢による有意な歩幅の短縮 (r=-0.546) とゆるやかなケーデンスの増加 (r=0.194) を示したため、スピードに比べ、歩行比のほうが高い加齢相関を示した。歩行比は健康成人では0.006m/step/minとなり、歩行効率を示す指標である²⁹⁾ ことから、高齢者の歩行エネルギー効率の低下現象を的確にとらえたと考えられた。

また、相対両脚支持期は左脚に比べて右脚が長く、つま先角度は左脚に比べて右脚が外側を向くことが本試験で初めて明らかとなった。従来、歩容解析に用いられていたモーションキャプチャーシステムは被験者と解析者の負担を減らすため、片側計測が多く行われている³⁰⁾。これは、健康成人においては対称性が高いという報告を根拠としている²⁰⁾。しかし、本試験結果から、健康者においても全ての歩容変数の対称性が高いのではなく、少なくとも両脚支持期とつま先角度には左右機能差が存在することが明らかとなった。相対両脚支持期の延長は、先行研究においてバランス能力の低下を示す¹⁴⁾ ことから、本被験者の集団においては、左脚よりも右脚のバランス能力が低い可能性が示唆された。先行研究によると女性は男性よりも手足ともに右利きが多いとされているが、利き脚と脚力が相関する一方で、利き脚に関わらず右脚に比べて左脚の平行機能が低いと報告され³¹⁾、本試験結果と一致した。また、つま先角度の左右機能差については先行報告がない。右脚のバランス能力の低下を前提とすると、つま先角度を外側に広げることにより、進行方向に対して横方向の安定性を増加させたと考えられるが、確認が必要である。

次いで、歩容の左右差と年齢について着目すると、

歩行周期差、ストライド差、歩幅差、歩隔差、歩行角度差とつま先角度差の6項目の左右差は加齢による有意な増加が認められた。先行研究において健常成人で対称性が高いとされていた歩幅²⁰⁾などで、本試験においては加齢による有意な左右差増加が確認された。このことは、老化現象である筋力低下に伴う歩幅低下とは別視点で老化指標となりうる可能性を示唆した。

さらに、左右差を含めた複数の項目で年齢を推定することにより、従来のスピードに依存した歩容評価よりも多角的な歩容評価が可能になった。多変量解析の結果から左右差を含む歩容変数を用いた有意な年齢推定式が作成されたためである。この推定式は、歩行効率を示す歩行比、空間変数である歩幅、時間変数である相対立脚期および左右差変数である歩行角度左右差といった質の異なる歩容変数を組み合わせ、多角的に歩容を評価している。その上、これら4つの歩容変数による推定年齢と実際の年齢の相関係数は $r=0.618$ を示し、スピードと年齢の相関係数 $r=-0.418$ を上回ることから、精度の向上も確認された。多角的な歩容の評価と精度の向上は、多様化した高齢者のスクリーニングに適している可能性が考えられ、予防医学的な貢献が期待できる。

《引用文献》

- 1) Brunet M, Guy F, Pilbeam D, Mackaye T, Likius A, Ahounta D, Beauvilain A, Blondel C, Bocherens H, Boisserie R, Bonis L, Coppens Y, Dejax J, Denys C, Düringer P, Eisenmann V, Fanone G, Fronty P, Geraads D, Lehmann T, Lihoreau F, Louchart A, Mahamat A, Merceron G, Mouchelin G, Otero O, Pelaez CP, Ponce De Leon M., Rage JC, Sapanet M, Schuster M, Sudre J, Tassy P, Valentin X, Vignaud P, Viriot L, Zazzo A, Zollikofer C. A new hominid from the Upper Miocene of Chad, central Africa. *Nature*, 418: 145-151, 2002
- 2) Hunt KD. The evolution of human bipedality-ecology and functional-morphology. *J Hum Evol*, 26: 183-202, 1994
- 3) Lovejoy CO. The origin of man. *Science*, 211: 341-350, 1981
- 4) Wheeler PE. The thermoregulatory advantages of hominid bipedalism in open equatorial environments-the contribution of increased convective heat-loss and cutaneous evaporative cooling. *J Hum Evol*, 21: 107-115, 1991
- 5) Jablonski NG, Chaplin G. Origin of habitual terrestrial bipedalism in the ancestor of the Hominidae. *J Hum Evol*, 24: 259-280, 1993
- 6) Rodman PS, McHenry HM. Bioenergetics and the origin of hominid bipedalism., *Am J Phys Anthropol*, 52: 103-106, 1980
- 7) Sockol MD, Raichlen DA, Pontzer H. Chimpanzee locomotor energetics and the origin of human bipedalism. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 104: 12265-12269, 2007
- 8) 岡村勉, 岡本香代子. 筋電図からみた歩行の発達. 2007
- 9) Murray JP, Ross CK, Bertha HC. Walking Patterns in Healthy Old Men. *Gerontology*, 24(2): 169-178, 1969
- 10) Hageman PA, Blanke DJ. Comparison of gait of young women and elderly women. *Phy Ther*, 66: 1382-1387, 1986
- 11) Himann JE, Cunningham DA, Rechnitzer PA, Paterson DH. Age-related changes in speed of walking. *Med Sci Sports*, 24: 93-101, 1988
- 12) Judge JO, Underwood M, Gennosa T. Exercise to improve gait velocity and age on hip kinematics and kinetics. *Arch Phys Med Rehabil*, 51: 637-650, 1993
- 13) Murray JP, Ross CK. Walking patterns of normal women. *Arch Phys Med Rehabil*, 74: 400-406, 1993
- 14) 高見正利, 福井隼彦. 床反力計による健常者歩行の研究 - 特に年齢および性別による違いについて. *リハ医学*, 24: 93-101, 1987
- 15) 山岸豪, 徳田哲男. 老人歩行 - 光学的分析による. *リハ医学*, 12: 97-104, 1975
- 16) Forssberg, H, Johnels B, Steg G. Is Parkinsonian gait caused by a regression to an immature walking pattern?. *Adv Neurol*, 40: 375-379, 1984
- 17) Murray JP, Drought B, Kory RC. Walking patterns of normal man. *J Bone Joint Surg*, 46(2): 335-360, 1964
- 18) Dumurgier J, Elbaz A, Ducimetiere P, Tavernier B, Alperovitch A, Tzourio C. Slow walking speed and cardiovascular death in well functioning older adults: prospective cohort study. *BMJ*, 339(b): 4460, 2009
- 19) Shinkai S, Watanabe S, Kumagai S, Fujiwara Y, Amano H, Yoshida H, Ishizaki T, Yukawa H, Suzuki T, Shibata H. Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. *Age Ageing*, 29: 441-446, 2000
- 20) Shigeshima K, Fujiwara T, Ogoma Y, Ohkura M, Nakaya H. Symmetry of step length and temporal variability in gait of people without impairment. *J Jpn Health Sci*, 12(1): 25-30, 2009