

原著論文

高齢者の日常生活動作能力を評価する片脚前ステップテストの有効性

The usefulness of Single leg Forward Step test for the evaluation of the elderly's ADL ability

辛 紹熙¹⁾・出村 慎一²⁾Sohee SHIN¹⁾ and Shinichi DEMURA²⁾

Abstract

This study examined the diagnostic usefulness of Single leg Forward Step test (SFS test) based on ADL (Activities of Daily Living) ability. The subjects, 97 elderly women, repeated the following movement for 10 minutes: first, step forward with their preferred foot over a 25-cm line, then return their leg to its original position while matching the beeps of a metronome (120bpm). The time difference between the metronome sound and the time when the subject's foot hits the ground was used as an evaluation parameter. A 10-m maximal gait test was measured for comparison. Based on the Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology's 23-point ADL questionnaire, the subjects were classified into a low activity (LA) group and a non-low activity (NLA) group. The SFS test's the area under ROC curve (0.83) was higher than the 10m gait time's the area under ROC curve (0.78), thus the SFS test was judged to be more useful. Since the SFS's movement involved putting one leg forward and returning it to the original position while supporting the body with a single leg, the elderly women who have inferior balance and leg strength might find the SFS test difficult. In conclusion, the present SFS test could be effective as an index in evaluating the elderly's ADL ability.

Key words : Single leg Forward Step test, ADL, The elderly

[Received September 15, 2010 ; Accepted November 22, 2010]

1. 序論

鈴木ら (1999) や Demura et al. (2010) の地域の在宅高齢者における転倒の実態調査の結果によると、65歳以上の在宅高齢者における1年間の転倒発生率は、地域差がみられるものの約20%である。また、転倒の発生率は加齢とともに増加し、それに伴い骨折発生率や寝たきり状態に陥る可能性も高くなることが推定される。

高齢期の加齢に伴う体力低下は日常生活動作の遂行における制限要因となり、転倒を引き起こす可能性も高くなる。高齢者が、転倒せず自立した生活を営むためには、現在の体力水準を適切に把握することが何より重要であろう。鈴木ら (1999) は、老研式活動能力指標を用いて、地域在宅高齢者の生活機能や身体機能を評価し、転倒経験者は非経験者より有意に低い得点であったと報告している。Tinetti et al. (1987) も、活動能力の高い高齢者は、転倒発生率が有意に低いと報告しており、日常生活動作の成就能力の低下は、転倒リスクと密接な関係があると推測される。

我々は、バランス能、筋機能、敏捷性および協応能といった転倒に関連する身体機能（転倒関連体力）を評価するため、片脚前ステップテストを考案し、テストの有効性を検討した (Shin and Demura, 2007, 2009a, 2009b)。片脚前ステップテストは、片脚を支持した状態で、規定テンポに合わせて片方の脚のみを前後に動かす動作である。ヒトは転倒しそうになったとき「とっさに一步を踏み出して安定した支持基底面を確保する動作」を取ることによって転倒を回避する。本研究におけるステップの動作は、前述の転倒回避動作に着目し、加齢に伴う関節の可動域、下肢筋力およびバランス能力の低下を考慮した動作である。この動作は、一步を踏み出し、その脚を再び元の位置に戻す動作であるため、支持脚およびステップ脚には姿勢を安定させるための大きな制動力がかかり、バランス能力や下肢筋力発揮は重要となる。

高齢者は、筋の短縮や軟部組織の変化 (Morris and Schoo, 2008) が原因で関節可動域が減少し、思う通りに脚を踏み出せなくなる。このことは彼らに移動動作を

1) 金沢大学イノベーション創成センター Kanazawa University Center for Innovation

2) 金沢大学大学院自然科学研究科 Kanazawa University Graduate School of Natural Science and Technology

困難にさせ、様々な日常生活動作にも支障をきたすことになる。Shin and Demura(2010) は、一歩前進し、その脚を再び元に戻す動作は、身体機能が低下した高齢者には難しい課題であり、この動作に劣る高齢者は転倒リスク得点が高く、ADL 得点は低かったと報告している。

10m 歩行テストは、高齢者の日常生活の自立度や身体機能を捉えるテストとして有効性が認められている (Lord et al., 1996, Hylton et al., 2003)。一方、片脚前ステップテストは、上述したように在宅高齢者の日常生活動作の達成能力および体力と関係が認められているが (Shin and Demura, 2010)、テストの有用性については十分検討されていない。本研究では、テストの弁別力あるいはテストの診断的有用性や病態識別値の妥当性評価に適した ROC 曲線 (市原, 1995; Akobeng, 2006; Zweig and Campbell, 1993; 眞重, 2005) を用いて、高齢者の身体機能を捉える 10m 歩行テストと片脚前ステップテストの弁別力について比較検討する。本研究では、日常生活動作の達成能力評価における片脚前ステップテストの診断的有用性を検討することを目的とした。

2. 方法

2.1. 被験者

被験者は自立歩行が可能で下肢に障害のない健常な高齢女性 97 名 (年齢 73.1 ± 6.6 歳, 身長 150.6 ± 8.3 cm, 体重 53.6 ± 9.1 kg) であった。被験者は ADL 得点基準に従い日常生活動作の達成能力が劣る群 (LA), 一般群 (NLA) と分類した (後述)。被験者には事前に実験の主旨, 目的及び方法について十分説明し同意を得た。この研究実施に先立ち, 研究計画について, 金沢大学倫理委員会の承認を得た。

2.2. 実験手順

本研究における測定は、被験者内計画下で実施され、いずれも同一日に行われた。被験者は、まず ADL 調査項目に回答をして、片脚前ステップテストおよび 10m 歩行テストを実施した。テスト間には 5 分以上の休憩を入れ、疲れが残っていないことを口頭にて確認した。

2.3. 片脚前ステップ (Single leg Forward Step: SFS)

被験者は静かな部屋で、シートの上に裸足で両腕を楽にした状態で立ち、前方 25cm (米田ら, 2007) に引かれたライン (図 1) に視線を置くことを指示された。

予備実験において、両脚を支持脚とすることは高齢者にとって大きな負担になり、また、高齢者によっては、いずれの脚でないと動作が困難あるいは不可能であった。よって、前述のことを考慮し、本測定の前には、立ちやすい脚と操作しやすい脚を調査した。彼らは立ちやすい脚を支持脚とし、反対脚の踵を前方のラインを超えて踏み出し、元の位置に戻す動作を、メトロノームのピープ音にできるだけ正確に合わせて 10 秒間繰り返した。被験者は 3 回の練習後、2 回の測定を実施した。解析には 2 回の測定値の平均値を用いた。なお、前方のラインを踵が踏み出せなかった場合は再度実施した。

テンポは、Shin and Demura (2007) の報告を参考に 120bpm (0.5bps) を利用した。120bpm の速さは、成人が安定よく歩行できる歩行率として報告されている (外山, 藤原, 1990)。

歩行分析計 (Walkway MG-1000, Anima, Japan) がステップテストに利用された。この装置は被験者の足元に接地され、足底がシートに着床したときの足圧情報を元に、足型から左右脚を同定し、それぞれの足が離床する

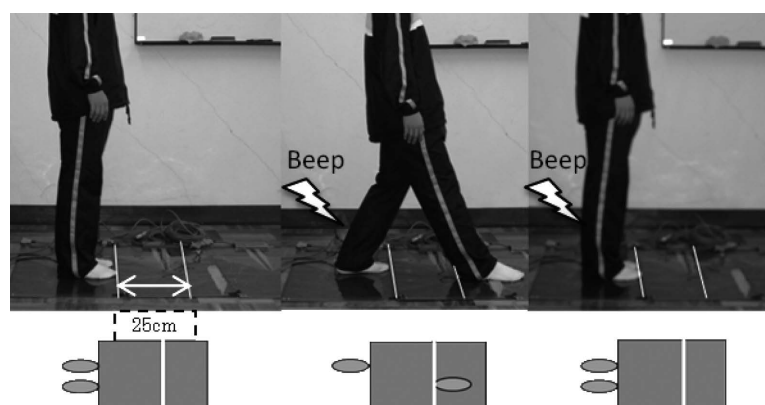


図 1. Single leg Forward Step Test

までの接地時間を計測する。測定時のサンプリングの周波数は100Hzとした。

2.4. 評価変数

評価変数として、テンポのピープ音とステップ動作時の足底接地タイミングとの誤差である時間差を利用した。時間差が小さい人はテンポに上手く合わせられ、ステップテストに優れると判断される。このことは、前後へ重心が移動する不安定な姿勢において上手くバランスが保てたことを意味する。

2.5. 10m 歩行テスト

10m 歩行テストは、平坦な地面で行われた。被験者が歩行進路の確認ができるようにスタート地点、ゴール地点および歩行進路にそれぞれ10cm 幅のテープを引いた。被験者はできるだけ速いスピードで歩くことを要求

された。検者は、被験者がスタートライン (0m) を踏み出す (もしくは越える) 時点からストップウォッチにて計測を開始し、10m ラインを踏み越える時点までを2 試行測定した。代表値は、速い方を選択した。

2.6. 文部科学省 ADL 調査 (出村ら, 2000) および群分け

12項目で構成される ADL 調査を実施した (表1)。被験者は各設問につき、選択肢の中から当てはまる選択肢の番号に○をつけた。回答困難であった高齢者については、検者による質問形式で行った。各設問につき、1に回答した場合は1点、2は2点および3は3点として得点化し、総合得点を算出した。なお、可能得点範囲は12点から36点であった。

一方、文部科学省では、ADL 調査の得点を基準に23点以下の高齢者は、体力測定を実施する上で注意を払う必要がある、もしくは日常生活動作能力に劣る群と判別

表1. 文部科学省の ADL 項目

問1 休まないで、どれくらい歩けますか。	1. 5~10分程度 2. 20~40分程度 3. 1時間以上
問2 休まないで、どれくらい走れますか。	1. 走れない 2. 3~5分程度 3. 10分以上
問3 どれくらいの幅の溝だったら、とび越えられますか。	1. できない 2. 30cm程度 3. 50cm程度
問4 階段をどのようにして昇りますか。	1. 手すりや壁につかまらないと昇れない 2. ゆっくりなら、手すりや壁につかまらずに昇れる 3. サッサと楽に、手すりや壁につかまらずに昇れる
問5 正座の姿勢からどのようにして、立ち上がれますか。	1. できない 2. 手を床についてなら立ち上がれる 3. 手を使わずに立ち上がれる
問6 目を開けて片足で、何秒くらい立っていられますか。	1. できない 2. 10~20秒程度 3. 30秒以上
問7 バスや電車に乗ったとき、立っていられますか。	1. 立ってられない 2. 吊革や手すりにつかまれば立ってられる 3. 発車や停車の時以外は何にもつかまらずに立ってられる
問8 立ったままで、ズボンやスカートがはけますか。	1. 座らないとできない 2. 何かにつかまれば立ったままできる 3. 何にもつかまらなくて立ったままできる
問9 シャツの前ボタンを、掛けたり外したりできますか。	1. 両手でゆっくりとならできる 2. 両手で素早くできる 3. 片手でもできる
問10 布団の上げ下ろしができますか。	1. できない 2. 毛布や軽い布団ならできる 3. 重い布団でも楽にできる
問11 どれくらいの重さの荷物なら、10m運べますか。	1. できない 2. 5kg程度 3. 10kg程度
問12 仰向けに寝た姿勢から、手を使わないで、上体だけを起こせますか。	1. できない 2. 1~2回程度 3. 3~4回以上

している。

本研究では、前述のADL得点基準に従い23点以下を日常生活動作の達成能力が劣る群（LA）、24点以上を一般群（NLA）と分類し解析に用いた。

2.7. 統計解析

LA群およびNLA群の各測定項目における平均値間の差は、対応のないt-testによって検討し、差の大きさは効果サイズ（ES：Effect Size）を用いて算出した。SFSテストおよび10m歩行時間のADL得点との関係は、ピアソンの積率相関係数を用いて算出した。SFSテストおよび歩行テストの診断精度および有用性を判断するためROC分析（Receiver operating characteristic analysis）およびLA群NLA群における二系列相関係数を求めた。ROC曲線グラフの縦軸はテストの感度を表し、LA群に属すると判定された人が正しくLA群として判断される割合を示す。横軸は検査の偽陽性率（1-特異度）を表し、NLA群がLA群と判定される割合である。

なお、この方法のもう一つの用途は2つの検査法の有用性の比較である。通常、感度、特異度だけでそれを比較しようとする、それぞれのカットオフ値がどこに置かれているかで、感度、特異度が変化し同じ立場で比較できない。しかしROC曲線を用いると、各カットオフ値を連続的に変えて感度、特異度の関係を分析でき2つの曲線の位置関係から検査の病態識別能を測定値の全域にわたって総合的に評価できる（石原、1995）。

なお、本研究における統計的仮説検証の有意水準は全て5%とした。

3. 結果

表2は、LA(Low activity)群とNLA(Non low activity)群の体格特性およびテスト項目の平均値、標準偏差、および両群の平均値間差の検定結果を示している。両群の年齢、身長および体重には有意差がなかった。SFSテストの時間差に群間差が認められ、NLA群が高値であった（ $t=5.8, p<.05$ ）。なお、10m歩行時間およびADL得点にも群間差が認められNLA群が高値であった（ $t=4.1, t=14.8; p<.05$ ）。なお、LA群の10m歩行時間は、Shin and Demura (2009b)が報告している転倒群（25名：7.85 ± 2.11sec）の値とほぼ同等であった（ $t=0.12$ ）。

図2および表3は、ROC分析および相関関係を検討した結果である。ROC解析の結果、SFSテストおよび10m歩行時間における曲線下面積（AUC）¹はそれぞれ0.831および0.775（ $P<.05$ ）であった。一般的に、AUCの値に基づいて予測能・診断能を判断する（AUC0.9-1.0：高い、0.9-0.7：中程度、0.5-0.7：低い；Akobeng, 2007）。

10m歩行（s）およびSFSテストのADL得点との相関は、いずれも有意であった（ $r=0.46, r=-0.57; p<.05$ ）。また、二系列相関係数の検定結果、SFSテストおよび10m歩行時間はLA群およびNLA群と有意な関係が認められた（SFSテスト $r_b=0.71$, 10m歩行 $r_b=0.30$ ）。

4. 考察

体力低下が著しい高齢者に対して体力測定を行う場合には、安全性の高いテストを選択すべきであり、また、

表2. 各群における体格特性および各項目測定値

	LA (n=41)		NLA (n=56)		t-value	Effect Size
	M	SD	M	SD		
年齢(歳)	77.66	5.41	75.75	4.08	1.9	0.26
身長(cm)	147.78	8.26	150.14	7.65	1.4	0.17
体重(kg)	51.91	9.86	52.13	7.99	0.1	0.12
SFS test(s)	0.15	0.10	0.06	0.03	5.8 *	0.91
ADL(点)	19.76	2.97	28.61	2.83	14.8 *	2.87
10m(s)	7.44	2.23	5.91	0.95	4.1 *	0.87

※LA：Low activity, NLA：Non Low activity, * $p<.05$

¹ The area under ROC curve：ROCカーブ下の面積であり、診断能の指標として用いられる。この面積が大きいほど判別性が高い。[木村, 2008]

測定動作は生活動作と密接な関係があり、リハビリや機能回復のために有効であることが望ましい (Demura et al., 2008)。本研究では、前後へ身体重心移動が必要なステップテストを実施し高齢者の体力評価を試みた。このテストは、広い場所を必要としないため実用的であり、ステップテストに用いる動作は高齢者でも理解しやすい簡単な動作であるため、安全性にも優れると考えられる。

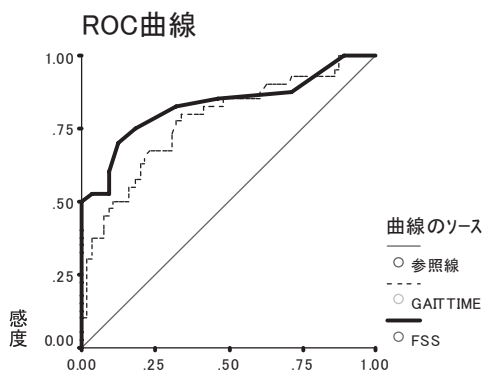
LA(日常生活動作の成就能力が劣る)群とNLA(一般)群間では、年齢および体格特性(身長、体重)の有意差は認められていないものの、片脚前ステップテストに有意な群間差が認められ、LA群がNLA群に比べ劣った。ヒトは一定の周期をもって半自動的に前進する固有の歩行パターンを持っている。歩行周期は大きく立脚相、遊脚相および両脚相に分けられ、これらは一定の周期で繰り返される(斎藤, 2005)。本研究で利用した、SFS動作は片脚を前方に押し出し、踏み出した足に他方の脚をそろえることなく元の位置に戻す動作である。そのため重心の前方移動とともに踏み出した足を、進行の逆方向へ再び戻す(方向転換)際、下肢における制動力は大きくなる。つまり、股関節の可動域、バランス能力および下肢筋力の低下した高齢者は、体力のある高齢者に比べSFS動作が困難であったと考えられる。

片脚前ステップテストにおけるROC曲線は、AUCが0.8以上と中程度であり、比較的判別能に優れること

表3. 曲線下面積 (AUC) および各項目間相関係数

検定結果変数	The area under ROC curve		Peason's correlations	
	面積	標準誤差	ADL得点	FSS test
SFS test	0.831*	0.05	-0.57*	
10m歩行	0.775*	0.05	0.46*	-0.48*

*: p<0.05



1 - 特異

対角セグメントは同一値により生成される

図2. ROC 曲線

が推測された(木村, 2008)。本研究では、ADL得点を基準に群分けした高齢者の大体の体力を把握するため10m歩行テストの値を参考として比較しており、ROC曲線によるAUCは、SFSテストおよび歩行テストとも、同様に中程度であった(AUC:SFSテスト:0.831,歩行テスト:0.775)。本研究におけるLA群の歩行時間は、Shin and Demura(2009b)が報告している転倒経験群の値とほぼ同程度であり、SFSテストとも有意な関係が認められている。つまり、SFSテストは、歩行能力と関係があり、高齢者の身体機能を評価する上では10m歩行時間と同程度かやや高い判別能を持っていると推測される。二系列相関関係の検討結果からもSFSテストおよび10m歩行テストは、ADL動作能力を評価する精度の高いテストであることが推測される。

本研究で用いた規定テンポは、成人の通常歩行周期に該当する120bpmであった。120bpmのテンポは、成人が安定して歩行ができる歩行率であり、藤原(2003)によると、この歩行率自体は、歩行速度が急激に低下する60歳代以降においても、20歳代の95%を維持している。よって、歩行速度の低下は、歩行率よりは歩幅の低下によると考えられる。Shin et al.(2007)は、通常安定した歩行率である120bpmの速度に合わせて「その場足踏み動作」を実施したところ、ステップテストの時間差(評価変数)における青年と高齢者との年代差は認められなかったと報告している。一方、その場での足踏み動作ではなく、一定の歩幅をおいて行う「片脚前ステップ動作」では、年代差が認められ、転倒リスク得点とも有意な相関が認められたと報告している(Shin and Demura, 2009a)。つまり、高齢者の歩行速度低下の説明要因である歩幅の低下は、SFSテストの成就にも影響を及ぼすと推測される。一定の歩幅を基準に、片脚を踏み出し重心移動させる片脚前ステップテストは、歩幅の低下と関係があり、日常生活動作能力の成就能力が低下した高齢者がそうでない高齢者に比べ、困難であったと考えられる。

5. まとめ

SFSテストの時間差は、LA群がNLA群に比べ大きく、ROC曲線下面積は0.831と10m歩行テストに比べてやや高かった。以上より、本研究で用いたSFSテストにおける時間差は、高齢者のADL能力の優劣を判断する指標として有効と判断された。

付記

本研究は、日本体育測定評価学会研究助成事業の支援を受けて行ったものである。

文献

- Akobeng, A. K. (2006) Understanding diagnostic tests 3 : receiver operating characteristic curves. *Journal Compilation* 96 : 644-647.
- Demura, S., Sato, S., Yokoya, T., Sato, T. (2010) Examination of useful items for the assessment of fall risk in the community-dwelling elderly Japanese population. *Environmental Health and Preventive Medicine* 15(3): 169-179.
- Demura, S., Shin, S., and Yamaji, S. (2008) Sex and Age differences of relationships among stepping parameters for evaluating dynamic balance in the elderly. *Journal of Physiological Anthropology* 27 (4): 207-215.
- 出村慎一, 佐藤進, 南雅樹, 豊島慶男, 郷司文男, 石川幸生 (2000) 在宅高齢者の日常生活動作能力評価に有効なADL項目の検討－加齢, 体力テスト, 項目相互間の関係から. *日本生理人類学会誌* 5(1): 1-7.
- 藤原勝夫 (2003) 身体機能の老化と運動訓練. 日本出版サービス: 東京.
- Hylton, M. B., Lord, R. S., and Richard, F. C. (2003) Age-related differences in walking stability. *Age Ageing* 32 : 137-142.
- 市原清志 (1995) 正常値 (基準値・基準範囲)・異常値に対する考え方. *日本臨床* 53 : 9-28.
- 木村朗 (2008) 高齢片麻痺者の低活動性を示す身体活動量のカットオフポイント. *理学療法科学* 23(3): 375-382.
- Lord, R. S., Lloyd, G. D., and Li, K. S. (1996) Sensorimotor function, gait patterns and falls in community-dwelling women. *Age Ageing* 25 : 292-299.
- 眞重文子 (2005) ROC曲線の作成と最適なカットオフ値の求め方. *生物試料分析* 28 : 133-139.
- Morris, M. E., and Schoo, A. M. (2008) *Optimizing Exercise and physical activity in older people.* Butterworth-Heinemann Ltd.
- 斎藤宏 (2005) 運動学第3版, 医歯薬出版株式会社: 東京, pp.161-187.
- Shin, S., and Demura, S. (2007) Effective Tempo of the Step Test for Dynamic Balance Ability in the Elderly. *Journal of Physiological Anthropology* 26 (6): 563-567.
- Shin, S., and Demura, S. (2009a) The relationship of age and leg strength in the step test with stipulated tempo in the elderly. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 49(2): 311-316.
- Shin, S., and Demura, S. (2009b) Relationship between the step test with stipulated tempos and gait ability in the elderly. *Journal of Physiological Anthropology* 28(2): 49-54.
- Shin, S., and Demura, S. (2010) Comparison and age-level differences among various step tests for evaluating balance ability in the elderly. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 50(3): 51-54.
- 鈴木隆雄, 杉浦美穂, 古名丈人 (1999) 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. *日本老年医誌* 36(7): 472-478.
- Tinetti, M. E. (1987) Factors associated with serious injury during falls by ambulatory nursing home residents. *Journal of the American Geriatrics Society* 35(7): 644-648.
- 外山寛, 藤原勝夫 (1990) 自動化水準の異なる下肢の周期運動に対する上肢運動の干渉. *体力科学* 39(1): 44-52.
- Zweig, M. H., and Campbell, G. (1993) Receiver-Operating Characteristic (ROC) Plots : A Fundamental Evaluation Tool in clinical medicine. *Clinical Chemistry* 39(4): 561-577.