高齢者における運動課題遂行時の 姿勢選択能力と歩行速度の関係

*Relationship between the Ability to Select the Position in a Movement Task and
Gait Speed of the Elderly*

岩田 晃¹⁾ 樋口 由美¹⁾ 小栢 進也¹⁾ 佐野 佑樹^{1,2)}
片岡 正教¹⁾ 奥田 邦晴¹⁾ 淵岡 聡¹⁾

AKIRA IWATA¹⁾, YUMI HIGUCHI¹⁾, SHINYA OGAYA¹⁾, YUKI SANO^{1,2)},
MASATAKA KATAOKA¹⁾, KUNIHARU OKUDA¹⁾, SATOSHI FUCHIOKA¹⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Comprehensive Rehabilitation, Osaka Prefecture University: 3-7-30 Habikino,
Habikino-shi, Osaka 583-8555, Japan. TEL+81 72-950-2111 E-mail: iwata@rehab.osakafu-u.ac.jp

²⁾ Department of Rehabilitation, Osaka General Medical Center

Rigakuryoho Kagaku 29(1): 13-17, 2014. Submitted Jun. 26, 2013. Accepted Jul. 29, 2013.

ABSTRACT: [Purpose] This study aimed to determine the relationship the ability to select the position in a movement task has with gait speed. [Subjects] One hundred twenty community-dwelling elderly people participated. [Methods] The ability to select the position was calculated by the ratio of the results of the seated side tapping test (SST) and the conditional SST (cSST). SST requires the subjects to move their bodies bilaterally as quickly as possible in a seated position with the distance between the feet chosen by the subjects, and the time is measured. On the other hand, the foot breadth is set at 30 cm in the cSST. We also measured gait speed, knee strength, and trunk muscle endurance. We examined the relationship between gait speed and the ability to select the position. [Results] The subjects with high ability to select the position showed significantly greater gait speed. In addition, multiple regression analysis revealed that the ability to select the position, knee strength, and age were significantly associated with gait speed. [Conclusion] Our results highlight that the ability to select the position in a movement task has a large effect on gait speed of community-dwelling elderly subjects.

Key words: ability to select the position, gait speed, elderly

要旨:〔目的〕動作課題に対する姿勢選択能力が歩行速度に与える影響を明らかにすることを目的として横断研究を実施した。〔対象〕地域在住健康高齢者 120 名。〔方法〕動作課題は seated side tapping test (SST) とした。姿勢選択能力は対象者が足幅を自由に決定する SST と、足幅を 30 cm に規定した cSST に要した時間の比で算出し、最大歩行速度との関係について検証した。〔結果〕姿勢選択能力が高い群と低い群の比較では、高い群の最大歩行速度が有意に速く、また、最大歩行速度を従属変数とした重回帰分析において、姿勢選択能力が有意な変数として選択された。〔結語〕健康高齢者において、姿勢選択能力が歩行速度に影響を与える重要な因子の一つであることが示唆された。

キーワード: 姿勢選択能力, 歩行速度, 高齢者

¹⁾ 大阪府立大学大学院 総合リハビリテーション学研究科:大阪府羽曳野市はびきの3-7-30 (〒583-8555) TEL 072-950-2111

²⁾ 大阪府立急性期・総合医療センター リハビリテーション科

I. はじめに

歩行速度は移動能力の指標として用いられる。加齢とともに低下し、転倒リスク、施設入所、activities of daily living (ADL) の依存度、生命予後との関連も示されているため、高齢者の健康状態の把握や予後予測にとって、非常に有用な指標である¹⁻³⁾。また、歩行速度は文化、教育レベル、言語などの影響を受けにくいことから⁴⁾、人種や地域性など対象者の属性について考慮する必要が低いため、多くの疫学研究で用いられている。しかし、転倒の多くが歩行時に発生することを考慮すると⁴⁾、歩行速度の測定自体に転倒のリスクを抱えていると考えられる。

そこで、われわれは座位で歩行速度を推定可能な転倒のリスクがほぼ無い身体機能テストとして、seated side tapping test (SST) を考案した^{5,6)}。これは座位で体幹をできるだけ素早く動かす能力を測定することによって、体幹機能を評価するテストで、地域在住の健常高齢者において、歩行速度、timed up and go test (TUG) およびinstrumental activities of daily living (IADL) 能力との関連が認められた⁵⁾。また施設入所の虚弱高齢者を対象とした場合においても、歩行速度や TUG、ADL 能力、歩行自助具との関連が認められた⁶⁾。

力学的に考えると、SST は座位で重心を左右に素早く動かす能力を評価している。体幹を側方へ動かす際、足圧中心 (center of pressure: 以下 COP) と重心位置の距離が体幹側方移動のモーメントアームとなるため⁷⁾、この二点間の距離は重心の移動速度にとって重要な規定要因となる。したがって、COP と重心の支持面である足幅は、SST を規定する重要な要因の一つと考えられる。

われわれはこのテストにおいて、殿部を椅子の座面から離さないことを条件にしているが、足幅をどのように設定して実施するかについては規定していない。なぜなら、姿勢を選択する能力 (以下: 姿勢選択能力) も、歩行に影響を与える一つの能力と考えているためである。先行研究において、動作開始時の姿勢を幾つかの条件に設定し、その姿勢の違いが、立ち上がり動作⁸⁾、垂直跳び⁹⁾、前方へのリーチ動作¹⁰⁾などのパフォーマンスに与える影響について調べられている。しかし、与えられた運動課題に対して対象者が自ら姿勢を選択し、その選択能力がパフォーマンスに与える影響については明らかになっていない。運動課題に対して、人は意識、無意識に関わらず運動を想定する。その想定に合わせて姿勢を選択し、その選択能力はパフォーマンスに影響を与えることが予測される。

そこで本研究では、高齢者を対象に、姿勢選択能力が歩行速度に与える影響を明らかにすることを目的として、SST を実施する際の姿勢選択能力と最大歩行速度の関

係について検証を行った。また、そのための前提条件として、SST 実施時の足幅が SST 時間に影響を与えるかについても検証を行った。

II. 対象と方法

1. 対象

地域在住健常高齢者 121 名が本研究に参加した。本研究への参加募集は、地域支援事業 (介護予防事業) の拠点施設にて、ポスターの掲示を行った。参加基準は、1) 独歩、2) 通常時歩行速度が 1.0 m/秒以上、3) 地域で自立生活を営んでいる、の 3 条件とした。全ての参加者に対して、研究の目的および内容について個別に説明し、書面で同意を得た。なお、本研究は大阪府立大学総合リハビリテーション学部研究倫理委員会の承認を得て実施した (承認番号 2010-01)。

2. 方法

測定項目は姿勢選択能力、SST 実施時の足幅、歩行速度、下肢筋力、体幹筋持久力の 5 項目とした。SST と cSST の順序以外について、各項目の測定順序はランダムに行い、全項目の測定は同日中に実施した。

姿勢選択能力を明らかにするために、足幅を対象者が自由に決定する通常の SST と、足幅を 30 cm に設定した条件付き SST (conditional SST; cSST) を行った。SST 時間が cSST 時間よりも短ければ、自分で足幅を選択した方が動作課題を速く行うことが可能であり、姿勢選択能力が高いと考えられる。また、SST 時間が cSST 時間よりも長い場合は、自分で足幅を選択した方が時間を要することから、姿勢選択能力が低いと考えられる。そこで、SST と cSST の両条件で要した時間の比を、本研究では姿勢選択能力と規定し、以下の式で算出した。

$$\text{両条件時間比} = \text{cSST 時間} / \text{SST 時間}$$

この両条件時間比の値が高ければ姿勢選択能力が高く、両条件時間比が低い場合は姿勢選択能力が低いことを示している。

SST の測定方法は以下の通りである (図 1)⁶⁾。測定前の準備として、対象者は高さ 41 cm の椅子に座り、両上肢を側方挙上し、対象者の指先から 10 cm 離れた位置に叩くためのマーカーがくるように、測定者が台を配置した。そして、対象者ができるだけ速く左右交互に 10 回マーカーを叩くのに要した時間を、ストップウォッチで計測した。対象者に対して、「両手を広げた姿勢から始めます。合図をしたら、できるだけ速く、右から左右交互にマーカーを叩いて下さい。足元は動きやすいように構えて下さい」との口頭指示を行った。SST 時の足幅については、SST 実施時に後方からデジタルビデオカメラにて撮影を行い、左右の踵間距離を、imageJ にて計測した。なお、SST の再現性については、先行

図1 seated side tapping test (SST) の測定装置

文献6より改変

台：高さ72 cm，マーカー：直径10 cm，椅子：座面高41 cm

研究において級内相関係数 ICC(1,1)が0.89であり，十分な再現性が認められている⁹⁾。cSSTについては，30 cm 幅の位置に足幅を規定するためのテープを貼り，それに足部を合わせて，SSTと同じ運動課題を実施した。健康成人を対象とした予備実験において，自然座位をとった際の足幅が約30 cmであったため，cSSTの足幅を30 cmに規定した。cSSTで足幅を規定した影響がSSTに出ないように全ての対象者において，SST，cSSTの順に実施した。両課題とも，練習を2回後に，測定を2回実施し，速い方の値を解析に用いた。

歩行速度については，研究室に設けた11 mの歩行路をできるだけ速く歩行するように指示した。前後3 mを除いた中間5 mの所要時間をストップウォッチにて計測し，その値から，最大歩行速度 (m/秒) を算出した。測定は2回行い，速い方の値を解析に用いた。

下肢筋力については，膝伸展筋力を角速度60°に設定した等速性筋力測定装置 (BIODEX system3, Biodex Medical Systems) を用いて測定した。2試行の練習の後，反復回数を3回とした1試行の測定を行い，最大トルクを求め，解析に用いた。また，測定前のウォーミングアップとして，軽負荷に設定した自転車エルゴメーター (Cybex Metabolic Systems) を5分間ペダリングさせた。

体幹筋持久力については，Suriらの方法に従い¹¹⁾，体幹屈曲および伸展の筋持久力を測定した。体幹屈曲持久力は，平面の治療台上で股関節，膝関節を90°屈曲させた座位をとり，体幹を後方に30°傾け，それを保持できる時間を測定した。体幹伸展持久力は，45°に傾けたティルトテーブルの上で腹臥位をとり，体幹を真すぐに保持できる時間を計測した。その際の支えとして足底を接地し，骨盤以遠にクッションを挟んで実施した。体幹屈曲および伸展持久力ともに，ストップウォッチにて最大240秒まで計測した。

統計解析については，足幅とSSTの関連性を検討するため，Pearsonの相関分析を用いた。次に，姿勢選択

能力が高い人，および姿勢選択能力が低い人の特性を明らかにするために，両条件時間比が1以上の群（姿勢選択能力の高い群）と1未満の群（姿勢選択能力の低い群）の2群に分け，各項目について，t検定により比較した。

姿勢選択能力が高齢者の歩行速度の規定要因となるかを検討するために，最大歩行速度を従属変数，最大歩行速度との相関が認められた他の項目とともに姿勢選択能力を独立変数として強制投入し，重回帰分析を行った。全ての統計解析は有意水準を5%未満とし，統計ソフトはSPSS 21を用いた。

III. 結 果

肩の痛みを訴えSSTを行うことができなかった1名を除く，120名について解析を行った。対象者の特性および各項目の測定結果を表1に示す。男性31名，女性89名で，年齢の平均±標準偏差は73.7 ± 6.0歳であった。

足幅とSSTの相関係数は-0.59で有意な負の相関が認められた ($p<0.01$)。

両条件時間比が1以上の姿勢選択能力の高い群は88名 (73.3%)，1未満の姿勢選択能力の低い群は32名 (26.7%)であった。姿勢選択能力の高い群は低い群と比較して，年齢，SST，最大歩行速度，体幹屈曲持久力に有意な差が認められ，身長，体重，cSST，膝伸展筋力，体幹伸展持久力には有意な差は認められなかった (表2)。

表3に示すように，最大歩行速度はSST，cSSTに加えて，年齢，両条件時間比，膝伸展筋力，体幹屈曲持久力，体幹伸展持久力と有意な相関が認められた。また，最大歩行速度を従属変数とし，最大歩行速度と有意な相関が認められた年齢，両条件時間比，膝伸展筋力，体幹屈曲持久力，体幹伸展持久力を独立変数として重回帰分析を行った結果，寄与率が0.45で，両条件時間比 (標準化偏回帰係数， $\beta=0.30$ ， $p<0.05$)，膝伸展筋力 ($\beta=0.30$ ， $p<0.05$)，年齢 ($\beta=-0.28$ ， $p<0.05$) のみが有意な変数として示された。

IV. 考 察

足幅とSSTに有意な相関関係が認められたことから，足幅はSST時間に影響力がある因子の一つであることが示された。この結果より，SSTにおける足幅は，姿勢選択能力を比較する際の条件として用いることに適していると考えられる。また，先行研究と同様に，SSTと最大歩行速度に有意な負の相関が認められたことから，高齢者の歩行速度にとって，体幹機能が重要であることが示された。

姿勢選択能力の低い群と比較して，姿勢選択能力が高

表 1 対象者の属性および各項目の測定結果

(n = 120, 男性 31 名, 女性 89 名)

項目	平均 ± 標準偏差	範囲
年齢 (歳)	73.7 ± 6.0	61 - 87
身長 (cm)	154.3 ± 7.4	141.0 - 174.0
体重 (kg)	51.3 ± 8.5	34.7 - 95.2
SST 関連測定項目		
SST (秒)	5.4 ± 0.9	3.7 - 9.2
cSST (秒)	5.7 ± 0.8	4.1 - 8.8
足幅 (cm)	47.1 ± 19.9	8.6 - 98.8
両条件時間比	1.05 ± 0.10	0.84 - 1.37
移動能力		
最大歩行速度 (m/ 秒)	1.90 ± 0.23	1.38 - 2.63
筋力, 筋持久力		
膝伸展筋力 (Nm)	81.3 ± 23.1	33.0 - 180.7
体幹屈曲持久力 (秒)	89.9 ± 64.0	11.3 - 240.0
体幹伸展持久力 (秒)	178.9 ± 70.9	24.0 - 240.0

表 2 姿勢選択能力の高い群と低い群の各測定項目の比較

	姿勢選択能力の高い群 (n = 88)	姿勢選択能力の低い群 (n = 32)	有意差
年齢 (歳)	72.9 ± 5.9	75.8 ± 6.0	*
身長 (cm)	154.0 ± 7.3	155.1 ± 7.6	
体重 (kg)	51.4 ± 8.9	51.2 ± 7.6	
SST 関連測定項目			
SST (秒)	5.2 ± 0.8	6.2 ± 1.0	*
cSST (秒)	5.7 ± 0.7	5.8 ± 0.9	
歩行機能			
最大歩行速度 (m/ 秒)	1.95 ± 0.22	1.77 ± 0.22	*
筋力, 筋持久力			
膝伸展筋力 (Nm)	83.3 ± 23.9	75.7 ± 19.9	
体幹屈曲持久力 (秒)	96.8 ± 65.8	70.5 ± 54.7	*
体幹伸展持久力 (秒)	183.3 ± 66.7	166.9 ± 81.3	

*p<0.05.

表 3 最大歩行速度と他項目の相関係数

	年齢	身長	体重	SST	cSST	両条件 時間比	膝伸展 筋力	体幹屈曲 持久力	体幹伸展 持久力
最大歩行速度	-0.51**	0.16	-0.01	-0.60**	-0.48**	0.41**	0.47**	0.22*	0.30**

**p<0.01, *p<0.05.

い群の方が, 最大歩行速度が速かった。そして, 最大歩行速度を従属変数とした重回帰分析によって, 姿勢選択能力が有意な独立変数として選択されたことから, 最大歩行速度にとって姿勢選択能力が重要な因子であることが示唆された。また, その寄与の程度は, 膝伸展筋力や年齢と同程度であった。従属変数が歩行という全身動作であり, 年齢や膝伸展筋力が歩行速度を決定する重要な

要因であること¹²⁾, また体幹筋持久力も歩行動作にとって重要な要因であることから¹¹⁾, 姿勢選択能力の寄与の程度はかなり高かったと考えられる。このように, 姿勢選択能力が歩行速度に大きな影響を与える因子であるという点が, 本研究で得られた最も重要な知見である。

姿勢と動作に関する研究では, 立ち上がり動作時の足の位置や⁸⁾垂直跳びを行う際の重心下降の程度など⁹⁾,

姿勢の一部を設定し、その後のパフォーマンスを観察している。これらの研究は、姿勢の設定がパフォーマンスに影響を与えることを示している。本研究においても姿勢の指標である足幅とパフォーマンスの指標である SST 時間の間には有意な相関関係が認められた。しかし、両者の関係は中等度で、完全な比例関係を示していたわけではない。これは、与えられた動作課題にどのような姿勢が適しているかは、その人が持つ様々な要因によって異なる可能性を示している。また、SST を動作課題、足幅を姿勢の条件としたが、姿勢の条件の一つ加えられる動作課題であれば、他の動作課題でも同様に測定できる可能性がある。

本研究の結果、姿勢選択能力が歩行速度の一要因であることが示された。歩行速度は、歩幅とケイデンスによって規定されるが、高齢者の歩行速度の低下は、ケイデンスの低下よりも歩幅の減少によるところが大きいとされている^{13,14)}。歩行という運動課題に対して歩幅を決めることは、ある意味で動作中の姿勢を選択することと同義であると考えられる。特に、本研究のできるだけ速く歩くという動作課題は、単に歩幅を大きくすれば歩行速度が上がるという関係ではなく、歩幅とケイデンスの関係の中で決定される要因であり、SST を実施する際の姿勢選択能力との共通性が認められたと考えられる。

高齢者にとって、歩行速度は生命予後との関連が認められる程³⁾、非常に重要な指標であるため、数多くの先行研究においてその低下要因の分析や、改善を目的とした介入が実施されている。今後は高齢者の歩行速度を考える場合に、姿勢選択能力についても考慮する必要性が示された。

なお、本研究の限界として、姿勢選択能力の条件となっている SST 実施時の足幅を規定している要因が不明確な点が挙げられる。SST は座位で、左右に設置されたマーカーを交互にできるだけ速く叩く運動課題である。素早く実施するためには、マーカーまでの距離を空間で的確に認知する能力¹⁵⁾、その距離に対して自分の重心をどの程度側方移動すればマーカーを叩いて戻すために効率的であるかを推測する運動イメージ能力¹⁶⁾、さらには測定前に練習を実際に行った際の姿勢制御の学習能力など¹⁷⁾、様々な能力に基づき足幅を規定していると考えられる。しかし、本研究の結果で、姿勢選択能力にどの能力がどのように関係しているかについては、明らかにすることはできない。そのため今後さらなる検証が必要である。

本研究において、地域在住の健常高齢者を対象に、SST という動作課題に対する姿勢選択能力が歩行速度に与える影響を明らかにすることを目的として、横断研究を行った。その結果、下肢筋力や年齢と同様に、姿勢選択能力が歩行速度に影響を与える重要な因子の一つであることが明らかとなった。

引用文献

- 1) Guralnik JM, Ferrucci L, Simonsick EM, et al.: Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *N Engl J Med*, 1995, 332(9): 556-561.
- 2) Onder G, Penninx BW, Ferrucci L, et al.: Measures of physical performance and risk for progressive and catastrophic disability: results from the Women's Health and Aging Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2005, 60(1): 74-79.
- 3) Studenski S, Perera S, Patel K, et al.: Gait speed and survival in older adults. *JAMA*, 2011, 305(1): 50-58.
- 4) Helbostad JL, Moe-Nilssen R: The effect of gait speed on lateral balance control during walking in healthy elderly. *Gait Posture*, 2003, 18(2): 27-36.
- 5) 樋口由美, 岩田 晃, 淵岡 聡: 移動能力と IADL を反映する座位での体幹機能評価の有用性. *日本老年医学会雑誌*, 2012, 49(4): 449-456.
- 6) Iwata A, Higuchi Y, Kimura D, et al.: Quick lateral movements of the trunk in a seated position reflect mobility and activities of daily living (ADL) function in frail elderly individuals. *Arch Gerontol Geriatr*, 2013, 56(3): 482-486.
- 7) Chang H, Krebs DE: Dynamic balance control in elders: gait initiation assessment as a screening tool. *Arch Phys Med Rehabil*, 1999, 80(5): 490-494.
- 8) Stevens C, Bojsen-Moller F, Soames RW: The influence of initial posture on the sit-to-stand movement. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1989, 58(7): 687-692.
- 9) Bobbert MF, Casius LJ, Sijpkens IW, et al.: Humans adjust control to initial squat depth in vertical squat jumping. *J Appl Physiol*, 2008, 105(5): 1428-1440.
- 10) Lin SI, Liao CF: Age-related changes in the performance of forward reach. *Gait Posture*, 2011, 33(1): 18-22.
- 11) Suri P, Kiely DK, Leveille SG, et al.: Trunk muscle attributes are associated with balance and mobility in older adults: a pilot study. *PM R*, 2009, 1(10): 916-924.
- 12) Callisaya ML, Blizzard L, Schmidt MD, et al.: Sex modifies the relationship between age and gait: a population-based study of older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2008, 63(2): 165-170.
- 13) Winter DA, Patla AE, Frank JS, et al.: Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. *Phys Ther*, 1990, 70(6): 340-347.
- 14) Kerrigan DC, Todd MK, Della Croce U, et al.: Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: evidence for specific limiting impairments. *Arch Phys Med Rehabil*, 1998, 79(3): 317-322.
- 15) 鈴木宏幸, 桜井良太, 藤原佳典: 高齢者の自己認識能力低下は心身機能低下・転倒発生を予測するか. *健康医科学研究助成論文集*, 2011, 26: 49-57.
- 16) Mulder T, Hochstenbach JB, van Heuvelen MJ, et al.: Motor imagery: the relation between age and imagery capacity. *Hum Mov Sci*, 2007, 26(2): 203-211.
- 17) 大畑光司, 市橋則明, 建内宏重・他: リーチ課題の反復による姿勢制御の変化. *理学療法学*, 2003, 30(1): 1-7.