敏捷性と歩行能力の関係

—若年者と中高年者を比較して—

*Relation of Agility to Walking Ability
—Comparison of the Young and the Middle-Aged—*

斉藤 琴子¹⁾ 丸山 仁司²⁾

KOTOKO SAITO, RPT, MS¹⁾, HITOSHI MARUYAMA, RPT, DR²⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Tokyo Metropolitan Rehabilitation Hospital: 2-14-1 Tsutsumi Dori, Sumida-ku, Tokyo 131-0034, Japan. TEL +81 3-3616-8600 FAX +81 3-3616-8705

²⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, International University of Health Welfare

Rigakuryoho Kagaku 21(1): 7-11, 2006. Submitted Jul. 20, 2005. Accepted Oct. 17, 2005.

ABSTRACT: The present study aimed to clarify the relationship between agility and walking ability, with the factor of aging. Eight healthy young subjects and 8 middle-aged subjects took part in the experiment. We measured agility index (maximum tapping and maximum stepping) and walk ability (step length, stride width displacement, walking velocity, step rate at maximum walking speed). We found no significant correlations between gait factors and agility in the young subjects, while the correlation in middle-aged subjects was remarkable: the correlation coefficient of maximum tapping and maximum walking speed was $r = -0.71$ ($p < 0.05$), and that of maximum stepping and step length was $r = 0.75$ ($p < 0.05$). Maximum tapping, maximum stepping, step length, walking velocity, walking rate in middle-aged subjects were decreased. We found that the agility and walking ability in the young subjects were not correlated, but they were correlated in the middle-aged subjects.

Key words: agility, walk, aging

要旨: 本研究の目的は敏捷性と歩行能力の関係および年齢が及ぼす影響を明らかにすることである。健康若年者8名と健康中高年者8名を対象として、最大タッピングおよび最大ステッピング、10 m最大歩行（歩幅、歩隔、歩行速度、歩行率）を測定した。結果は若年者では歩行因子である歩幅、歩隔、歩行速度、歩行率と敏捷性の指標である最大タッピング、最大ステッピングとは有意な相関が見られなかったが、中高年者では最大ステッピングと最大歩行速度（ $r = -0.71$, $p < 0.05$ ）、最大ステッピングと最大タッピングに有意な相関が見られた（ $r = 0.75$, $p < 0.05$ ）。歩行能力および敏捷性の変化については、最大タッピング、最大ステッピング、歩幅、歩行速度、歩行率で中高年者に有意な低下がみられた。以上の結果から、若年者では敏捷性と歩行能力には関係がみられないが、中高年者では下肢の敏捷性から歩行能力を推測することが可能なことが示唆された。

キーワード: 敏捷性, 歩行, 加齢

¹⁾ 東京都リハビリテーション病院 理学療法科：東京都墨田区堤通2-14-1（〒131-0034）
TEL 03-3616-8600 FAX 03-3616-8705

²⁾ 国際医療福祉大学 保健学部理学療法学科

I. はじめに

運動能力因子である歩行に関して、同じ因子である筋力、バランスとの関係については明らかにされているが、敏捷性との関係については報告が少ない。また、運動能力と敏捷性の関係を見る際には下肢ではなく上肢の敏捷性を指標としていることが多い。歩行は腕と脚を交互に交差してダイナミックに動くものである。猪飼らはこのダイナミックな動作と敏捷性の関係をみるには上肢よりも下肢の敏捷性をみるのが良いとしている¹⁾。このために、歩行能力との関係を見るのなら、上肢の敏捷性である最大タッピングより、下肢の最大ステッピングが指標となるのではないかと考え、前回我々は敏捷性に関して健康若年女性を対象とし最大タッピング、最大ステッピングおよび最大歩行速度との関係を検討した。その結果、若年者では上肢と下肢の間では互いに関連がないこと、最大ステッピングにより最大歩行速度について推測が可能なることを報告した²⁾。この結果より歩行時に転倒の危険性が高い人、その場で最大ステッピングもしくは最大タッピングは出来るが10 m以上の歩行が困難な人に対して、その場で最大ステッピングもしくは最大タッピングを行うことにより、歩行能力が推定できるのではないかと考えられた。また、歩行能力と敏捷性について、年齢による変化および上下肢の関係についての報告も少ない状況である。

今回、敏捷性と歩行能力の関係および年齢が及ぼす影響について明らかにするため、健康若年者と健康中高年者を対象とし検討したので報告する。

II. 対象と方法

対象は研究の目的と方法について十分な説明をし、理解と同意の得られた右利きの健康成人男性16名（若年者8名および中高年者8名）であった。若年者の年齢は 24.6 ± 2.8 歳、身長は 173.8 ± 5.3 cm、体重は 61.3 ± 4.9 kgであった。中高年者の年齢は 60.5 ± 1.4 歳、身長は 166.3 ± 5.1 cm、体重は 59.8 ± 4.8 kgであった。利き手についてはChapman利き手テストにより判別した³⁾。

測定課題は最大タッピング、最大ステッピングおよび10 m最大歩行とした。

最大タッピングの課題は開始肢位を坐位にて肘関節屈曲 90° とし、利き手の手関節掌背屈による最大反復運動を50回行うこととした（図1, A）。被験者には「出来る限り速く手関節のみ掌背屈して下さい」と指示した。利き手手指の先端に金属ノブを取り付け、テーブルの上の金

図1 最大タッピングと最大ステッピングの測定肢位および方法

属板との間にON-OFF回路を作製した。1周期の時間を1kHzとし、A/D変換器（Keyence NR2000）を通してパーソナルコンピュータで測定した。図1, Aに示したように金属ノブと金属板が接した地点から次に接するまでの間隔を1タッピングとした。最大速度で行った50回のうち定常状態となった中間の30回を採用し、1タッピング間隔の平均値及び標準偏差についてMatlab（MathWorks, Inc.）を用いて解析および計算し、この平均値を最大タッピングとした。

最大ステッピングの課題は立位にてその場での足踏みを最大速度で50回施行することとした（図1, B）。被験者には「出来る限り速く足踏みをしてください」と指示した。両足底（靴底）の金属片と床上の金属板との間のON-OFFをPCに入力した。1ステッピング時間間隔については図1, Bに示したように、片脚が床面に着いてから、対側脚が床面に着くまでとし、それぞれを1ステッピングとした。最大速度で行った50回のうち定常状態に達した中間の30回を採用し、1ステッピング時間間隔の平均値および標準偏差について最大タッピングと同様に求め、この平均値を最大ステッピングとした。

最大速度歩行の課題は屋内で16 mを最大限の速度で歩行することである。歩隔、歩幅の測定のために歩行路に白紙を敷き、靴底に墨を塗り歩行させた。被験者には「出来る限り速く歩いて下さい。」と指示した。16 mの中間の10 mに要した時間をストップウォッチで0.1 sec単位で測定した。歩数、歩隔、歩幅は10 m歩行中の足跡から求め、平均値を代表値とした。歩行時間から歩行速度（m/min）、歩行時間と歩数から歩行率（steps/min）を算出した。

全ての項目の順番をランダム化し施行した。最大

表1 各測定値の結果

運動課題	若年者 (n = 8)	中高年者 (n = 8)	t 検定
最大タッピング (ms)	135.4 ± 13.9	162.7 ± 23.4	*
最大ステッピング (ms)	113.4 ± 22.4	166.4 ± 50.7	*
最大歩行速度 (m/min)	168.6 ± 26.4	131.9 ± 27.9	*
歩隔 (cm)	7.6 ± 2.7	6.9 ± 1.4	
歩幅 (cm)	95.8 ± 4.9	87.6 ± 6.0	*
歩行率 (steps/min)	180.5 ± 23.6	149.0 ± 27.4	*

平均値±標準偏差

* : $p < 0.05$

表2 各測定値の関係

運動課題	最大タッピング	最大ステッピング	最大歩行速度	歩隔	歩幅歩行率
最大タッピング (ms)	.75*	-.50	.05	-.36	-.44
最大ステッピング (ms)	-.02	-.71*	.57	-.34	-.67
最大歩行速度 (m/min)	-.54	.42	-.67	.43	.97**
歩隔 (cm)	.37	-.38	.04	-.14	-.70
歩幅 (cm)	-.21	.17	.63	.52	-.24
歩行率 (steps/min)	-.51	.57	.97**	-.15	.56

右上部：中高年者，左下部：若年者

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.001$

タッピング，最大ステッピング共に測定前に予行練習を十分行った。疲労による影響を避けるため，それぞれの項目ごとに十分時間をおいて施行した。

統計処理に関して，運動能力間の相関はピアソンの相関係数を用いた。2群間の平均値の差の検定は対応のない t 検定を用いた。歩行能力と敏捷性についてはステップワイズ重回帰分析を用いた。統計学上の有意水準は5%未満とした。演算には統計プログラムパッケージStatView5.0を用いた。

被験者の年齢による形態の影響が考えられる変数に関しては以下の式を用いた補正值に関しても分析を行った⁴⁾。

歩幅の補正值 = 歩幅 × (身長/平均身長)⁻¹

歩行率の補正值 = 歩行率 × (身長/平均身長)^{0.5}

歩行速度の補正值 = 歩幅の補正值 × 歩行率の補正值

平均身長は本研究の対象者群の平均身長を用いた（若年者173.8 cm，中高年者166.3 cm）。

III. 結 果

若年者と中高年者それぞれの各測定値の平均値と標準

偏差を表1に示す。

敏捷性の指標である最大タッピング，最大ステッピングと歩行因子（歩隔，歩幅，歩行速度，歩行率）について対応のない2群の t 検定を行った結果，歩隔以外の全ての測定値に有意差が認められた。正規化した歩幅，歩行率，歩行速度の値を用いた結果も同様であった。

各測定項目間の相関係数を表2に示す。

若年者では最大歩行速度と歩行率の間には有意な相関が認められた ($r=0.97$)。敏捷性を示す最大タッピングおよび最大ステッピングと歩行因子（歩隔，歩幅，歩行速度，歩行率）との間には有意な相関が認められなかった。最大タッピングと最大ステッピングとの間にも有意な相関が認められなかった。正規化した歩幅，歩行率，歩行速度の値を用いた結果も同様であった。

中高年者では，最大ステッピングと最大歩行速度 ($r=-0.71$)，最大タッピングと最大ステッピング ($r=0.75$)，歩行速度と歩行率 ($r=0.97$) との間には有意な相関が認められた。最大タッピングと歩行因子に関して相関は認められなかった。正規化した歩幅，歩行率，歩行速度の値を用いた結果も同様であった。

最大歩行速度を従属変数として最大タッピング，最大ステッピングをそれぞれ独立変数とし，ステップワイズ

重回帰分析を行った。その結果、中高年者のみ最大歩行速度に関して、最大ステップングが変数として採用された。

$$\begin{aligned} \text{最大歩行速度} &= 196.88 - 0.39 \times \text{最大ステップング}; \\ R^2 &= 0.51, p < 0.05 \end{aligned}$$

IV. 考 察

本研究は敏捷性と歩行能力の関係および年齢の影響について検討したものである。最大タッピングは上肢の敏捷性を測定可能な手段であり⁵⁾、最大ステップングは立位での歩行様動作であり、歩行の可能性について推定できる手段である⁶⁾。我々の先行研究では若年者の上肢と下肢の敏捷性は互いに独立し関係性がみられず別々の能力を示すと考えられたため²⁾、今回上肢は最大タッピング、下肢は最大ステップングと上下肢を別々に選択した。歩行を評価する課題として自由歩行と最大速度での歩行があるが、最大速度下での歩行は個人が歩幅と歩行率を自由に選択できなくなる条件であり、個人の歩行周期の特性を見る指標となる⁷⁾。このため今回は最大速度での歩行を選択した。以下の3項目に対し測定し検討した。

1. 敏捷性について

若年者では我々の先行研究と同様に上肢と下肢の間には相関が認められないが、中高年者には相関が認められた。これにより若年者は上肢と下肢は独立しているが、中高年者では独立していないことがわかる。Henryらによれば若年者では同じ身体部位を使用する場合でも運動能力は独立するという、運動能力の特異性が存在する⁸⁾。このため、若年者の敏捷性を測定するには上下肢それぞれの測定が必要であると考えられる。中高年者では加齢により運動能力の特異性が見られず、敏捷性を測定する際には上肢か下肢いずれかの測定でよいと考えられる。

2. 年齢が敏捷性に及ぼす影響について

敏捷性に関して、中高年者は若年者に対して上下肢共に有意に低下が認められた。橋詰らは敏捷性の低下つまり運動スピードの低下に関して、運動系の加齢変化の一般的特徴とし運動神経線維の伝導速度の低下や筋の収縮スピードの低下などの身体の比較的末梢側の加齢変化が強く関与した現象と述べている⁹⁾。今回の結果も橋詰らと同様に敏捷性の低下は加齢変化の特徴と考えられた。

また、若年者と中高年者の最大タッピング、最大ステップングについて比較したところ、中高年者は最大タッピ

ングでは1.2倍低下し、最大ステップングでは1.5倍の低下が認められた。これについては、上肢の最大タッピングは微細動作で主に坐位にて動作を行い日常生活でも頻繁に使用するが、下肢の最大ステップングは粗大運動で主に移動時に使用するために上肢と比較して加齢の影響を受けやすいためと考えられる。

3. 敏捷性と歩行能力について

若年者では表2左下部より、敏捷性を示す最大タッピングおよび最大ステップングと歩行因子（歩行速度、歩隔、歩幅、歩行率）に関しては相関が認められなかったが、中高年者では表2右上部より最大ステップングと最大歩行速度に相関が認められたこと、また上肢と下肢の敏捷性に関し、中高年者のみ相関が認められたことより、重回帰分析のステップワイズ法を行った。その結果、最大歩行速度を従属変数として最大ステップングが変数として採用された。これにより、最大ステップングが速ければ最大歩行速度も速いことがわかり、その場で最大ステップングを測定することで最大歩行速度も予測可能ことが示唆された。若年者では歩行因子に敏捷性の関与は認められないが、中高年者では下肢の敏捷性の関与が強いと考えられ下肢の敏捷性から歩行能力の推定の可能性が考えられる。歩行動作に類似した運動としてその場で足踏みをするステップングが挙げられ、自動化した運動とみなされているが、今回の結果からも歩行動作とステップングは類似していることがわかった。

また、猪飼は最大タッピング、最大ステップングともに敏捷性の指標であるが、スポーツ面で評価するには下肢を用いた最大ステップングを測定するのが良いとしているが¹⁾、今回の結果からもそれが肯定された。

若年者では歩行因子と敏捷性とは相関が認められなかったが中高年者では認められたことから、若年者では運動能力が独立しているという運動能力の特異性¹⁰⁾が認められるが、中高年者では運動能力の特異性が認められないことがわかった。古名らは加齢によって個別運動能力に対する一般因子の寄与が増加することを指摘しているが¹¹⁾、今回の結果も同様と考えられる。先行研究では若年者では最大歩行速度と敏捷性には相関が認められ、最大歩行速度について最大ステップングが変数として採用されたが今回は認められなかったことについては、同じ若年者でも今回は対象者全員が女性、今回は全員が男性と性差があったためと考えられる。今後は性差も含めて、被験者数を増加して検討したい。

謝辞 最後に貴重なご意見を頂きました慶應義塾大学理

工学部富田豊先生，帝京大学医学部付属病院リハビリテーション部富岡愛様，UCI Medical Center荒木外百栄様，タッピングおよびステッピング解析プログラム作成に協力頂いた鉄道総合技術研究所の遠藤広晴様には深く感謝致します。

引用文献

- 1) 猪飼道夫：運動生理学入門．杏林書院，東京，1969，p 161.
- 2) 斉藤琴子，丸山仁司：敏捷性と最大歩行速度の関係．理学療法科学，2005，**20**(2): 159-163.
- 3) Chapman LJ, Chapman JP: The measurement of handedness. *Brain Cogn*, 1987, **6**(2): 175-183.
- 4) Wagenaar RC, Beek WJ: Hemiplegic gait: A kinematic analysis using walking speed as a basis. *J Biomech*, 1992, **25**(9): 1007-1015.
- 5) 橋本創一，池田由紀江，細川かおり・他：青年期ダウン症者の基礎的運動能力について．発達障害研究．1990，**12**(3): 211-218.
- 6) 金子誠喜，田口孝行，中俣 修・他：足踏み動作の運動分析（第1報）—予備的研究—．東保学誌，1999，**1**(2): 206-209.
- 7) 伊東 元，長崎 浩，丸山仁司・他：健常男子の最大速度歩行時における歩行周期の加齢変化．日本老年医学会雑誌，1989，**26**(4): 347-352.
- 8) Henry FM: Classical studies on physical activity. Roscoe C, Brown Jr, Gerald S, eds., Kenyon, Prentice Hall, 1968, pp328-331.
- 9) 橋詰 謙，長崎 浩，伊藤 元・他：加齢にともなうリズム運動の異常．日本老年医学界雑誌，1994，**31**(5): 360-365.
- 10) Schmidt RA: *Motor Control and Learning*, 2nd ed. Human kinetics, Illinois, 1988, pp312-320.
- 11) 古名丈人，長崎 浩，伊藤 元・他：都市および農村地域における高齢者の運動能力．体力科学，1995，**44**: 347-356.