

[原 著]

高齢女性における歩行速度と下肢筋力の左右バランスに関する研究

韓 一栄*・仲 立貴*・向本敬洋*・大野 誠*

(2005年5月9日受付, 2005年8月4日受理)

Relationship between Walking Speed on Left and Right Lower Limb Strength Balance in Older Women

Illyoung HAN, Tatsuki NAKA, Takahiro MUKAIMOTO and Makoto OHNO

The purpose of this study was to evaluate the relationship between walking speed on left and right lower limb strength balance in older women.

A total of 16 volunteers (age 68.1 ± 4.9 yr) were sorted into FG (fast group, age: 67.3 ± 6.2 yr, $n=7$) and SG (slow group, age: 68.7 ± 4.9 yr, $n=9$) by walking time. Body composition (%fat, FM, BMC, LTM and LTMLL), lower limb muscle strength (isometric peak force, isokinetic peak torque 50 rpm and 80 rpm) and walking times (5 m normal walking time; 5 NWT, 5 m maximum walking time; 5 MWT) were measured.

5 NWT of FG were significantly faster than that of SG, while body composition and strengths of FG and SG were not significantly different. No statistical difference was found in difference between left and right body compositions and strengths of FG and SG.

These results suggested that the differences in left and right muscle masses and muscle strengths had no effects on walking speed of healthy elderly women.

Key words: older adult, body composition, lower limb strength, walking time

キーワード: 高齢者, 身体組成, 下肢筋力, 歩行時間

I. 緒 言

加齢による身体機能の低下は多くの研究によって報告されており¹⁻³⁾, この身体機能の低下は高齢者のADL (activities of daily living: 日常生活行為) やQOL (quality of life: 生活の質) に大きく影響を与える。その中で筋力, 歩行機能は高齢者の日常生活活動を左右する一つの要因として重要な体力項目であり, 高齢になるに従ってその機能は低下する。例えば, Rogersらは50から70歳代を対象に筋力の変化を調べた結果, 10年間でおよそ15%減少したと報告した³⁾。また, 筋力の低下に伴い筋量の低下が認められることも報告されている⁴⁻⁶⁾。一方, 加齢と歩行速度に関する先行研究では, 70~79歳

の高齢者約1,000名について10フィートの歩行時間を測定し, 初回測定時の6.99秒が3年後には7.70秒に遅延したことを報告している⁷⁾。このように筋力と歩行機能は加齢とともに低下することから考えると, その機能を維持・改善することは極めて重要なことである。また, 下肢筋力, 歩行機能, バランス能力, 姿勢保持能力などは高齢者の転倒と関連性が高い体力項目であり^{8,9)}, 高齢者の体力レベルや下肢筋力を評価・改善させることは転倒や寝たきり予防にも貢献できると考えられる。

筋力を測定する機器には, 単関節運動を測定するものと複合関節運動を測定するものに分けられる。その中で下肢全体の伸展運動による等速性筋力ある

* 日本体育大学大学院健康科学・スポーツ医学系

いはパワー測定機器はいくつかあるが^{10,11)}, いずれの機器も測定姿勢, 荷重のコントロール, 左右差の検出などの面において, 高齢者や運動障害を有する者に対する利便性は劣っていた。これらのことを配慮して考案された StrengthErgo 240 (以下, SE 240 と略す) は, 半臥位姿勢におけるペダル駆動という下肢の複合関節運動の等速性筋力を左右同時に測定できるようになった。

高齢者の歩行は若年者と同様に, 遊脚期, 接地時の両脚支持期, 単脚支持期, 蹴り出した時の両脚支持期に区別されるが, 歩行速度の減少に大きく関連がある歩幅の歩調の減少は両脚支持期での下肢の関節運動の変化や遊脚期の屈曲角度, 蹴り出し期の底屈角度の減少が原因の一つである。したがって, 両脚機能のバランスの悪化は歩幅と歩調を減少させ, 歩行速度の低下や転倒による寝たきりにも影響を及ぼす可能性があると考えられる。しかし, 先行研究では下肢筋力と歩行機能または ADL との関連性について調査を行ったものが多く, 下肢筋力の左右バランスと歩行機能に関する研究はほとんどない。

そこで本研究では, 健全な高齢女性を対象として歩行速度と下肢左右筋力のバランスの関係について調査・検討することを目的とした。

II. 方 法

1. 対象

対象は健康な高齢女性 16 名 (平均年齢: 68.1 ± 4.9 歳) であり, 後述の通常歩行時間の測定により, 平均を基準に FG (fast group: 7 名, 平均: 3.2 ± 0.3 sec) と SG (slow group: 9 名, 平均: 3.8 ± 0.4 sec) の 2 群に分けた。Table 1 に対象全体および 2 群の身体特性を示した。

Table 1. Physical characteristics of subjects

	FG (n=7)	SG (n=9)	Total (n=16)
Age (year)	67.3 ± 6.2	68.7 ± 3.9	68.1 ± 4.9
Body height (cm)	150.3 ± 4.2	153.3 ± 5.7	152.0 ± 5.2
Body mass (kg)	53.5 ± 7.5	53.4 ± 6.2	53.4 ± 7.5
BMI (kg/m ²)	23.6 ± 3.8	22.7 ± 2.8	23.1 ± 3.2

Values are mean \pm SD

FG: fast group, SG: slow group, BMI: body mass index.

2. 身体組成

身体組成の分析は, 二重 X 線吸収法 (DXA 法: dual energy X-ray absorptiometry, Lunar, USA) を用いて, 測定モードを Fast で行った。測定項目は体脂肪率 percent fat (%Fat), 脂肪量 fat mass (FM), 骨塩量 bone mineral content (BMC), 骨塩量と脂肪量を除いた組織量である lean tissue mass (LTM) である。

3. 5 m 歩行テスト

5 m 通常歩行テストと 5 m 最大歩行テストは 11 m の直線歩行の途中 5 m に要した歩行時間を測定し, 歩行能力の指標とする。5 m 通常歩行テストと 5 m 最大歩行テストの信頼性と妥当性についてはこれまでに衣笠ら^{12,13)}によって報告されている。測定方法として 3 m と 8 m の地点にジェスタープロ (NISHI 社) を設置し, 歩行開始後 3 m を超えた地点から, 8 m を超えた地点までの時間を自動的に 0.1 秒単位で計測した。実施において 5 m 通常歩行テストでは「いつも歩いている速さで歩いて下さい」, 5 m 最大歩行テストでは「できる限り速く歩いて下さい」と被検者に指示した。初めに 5 通常歩行テストを 3 回行い, その速い方の値を測定値とした。次に 5 m 最大歩行テストを 3 回測定し, その速い方の値を測定値とした。

4. ピークトルクの測定

下肢のピークトルクはペダル駆動型筋力測定器 StrengthErgo 240 (三菱電気社製, SE240) を用いて測定した。対象者は測定前にストレッチングなど十分な準備運動を行い, SE240 で 5 分間の練習を行った。測定は座位で行い, バックレストの角度は水平面に対して 110° , シートの位置は膝関節屈曲 30° となるように設定した。体幹および骨盤部は固定用ベルトでシートに固定し, 対象者は両手で両大腿部外側に位置する握り手を把握させた。足部はトゥ・クリップとトゥ・ストラップを使用してしっかりとペダルに固定した。等尺性ピークトルクの測定は左右 3 回行い, 最高値をピークトルクとして評価した。また, 等速性ピークトルクは, 回転速度 50 rpm ならびに 80 rpm の 2 速度に設定し, ペダル駆動運動を最大努力で 5 回転を 1 試行とした。これを 5 分間の休憩を挟み 3 回行い, 最高値をピークトルクとして評価した。また, それぞれのピークトルク値 (Nm) は体重で除しピークトルク体重比 (Nm/

Table 2. Body composition of subjects

	Total FG+SG	FG			SG			Δ%	Significance
		Total	Left	Right	Total	Left	Right		
%Fat (%)	31.6±6.0	30.4±7.3	30.6±7.5	30.3±7.2	32.5±5.0	32.7±4.8	32.3±5.1	0.8	N.S
FM (kg)	17.2±5.4	16.8±6.7	8.6±3.5	8.2±3.2	17.5±4.6	8.9±2.2	8.6±2.4	1.1	N.S
BMC (kg)	1.8±0.3	1.8±0.4	0.9±0.2	0.9±0.2	1.8±0.2	0.9±0.1	0.9±0.1	2.8	N.S
LTM (kg)	34.3±2.7	34.8±2.9	17.6±1.4	17.1±1.7	34.0±2.7	17.1±1.1	17.0±1.6	0.1	N.S
LTM _{LL} (kg)	11.2±1.2	11.5±1.0	5.8±0.5	5.7±0.5	11.0±1.3	5.5±0.7	5.5±0.6	0.2	N.S

Values are mean±SD

%Fat: percent fat, FM: fat mass, BMC: bone mineral content, LTM: lean tissue mass, LTM_{LL}: lean tissue mass lower limb.

FG: fast group, SG: slow group, N.S: not significant, Δ%: difference of FG and SG (left and right)/right×100.

kg)として求めた。

5. 統計処理

すべての測定値は mean±SD で示し、群間差の検定には対応なしの t 検定を行い、左右差の検定には対応ありの t 検定を行った。さらに、すべての統計処理における有意水準はそれぞれ 5% 未満とした。

III. 結果

1. DXA 法による身体組成

身体組成は Table 2 に示した。全身の %Fat, FM, BMC, LTM, LTM_{LL} は 2 群間に有意な差は認められなかった。また、FG の左右差と SG の左右差を比較して見ると有意な差は認められなかった。

2. 5 m 歩行テスト

5 m 通常歩行時間および最大歩行時間の結果は Fig. 1 に示した。最大歩行時間は、FG が 2.3±0.3, SG では 2.8±0.3 sec であり、FG が有意に短かった (p<0.01)。

3. 等尺性膝伸展力

等尺性膝伸展力の結果は Fig. 2 に示した。FG の左膝伸展力は 2.0±0.3 Nm/kg, 右膝伸展力は 2.0±0.4 Nm/kg であり、左右差を見ると 9.7±8.4% で有意な差は見られなかった。SG の左膝伸展力は 2.2±1.0 Nm/kg, 右膝伸展力は 2.3±0.9 Nm/kg であり、左右差を見ると 12.4±9.4% で有意な差は見られなかった。また、2 群間の左右差を見ると 2.7% であり有意な差は認められなかった。

4. 等速性膝伸展力 (50 rpm, 80 rpm)

等速性膝伸展力 50 rpm の結果は Fig. 3 に示した。FG の左膝伸展力 50 rpm は 1.2±0.3 Nm/kg,

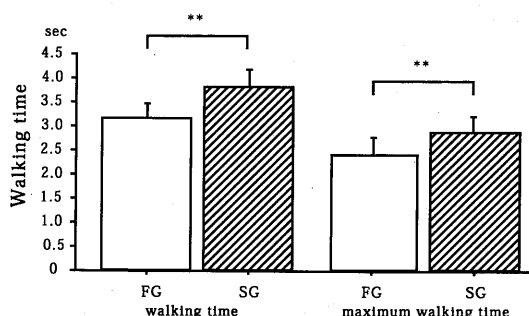


Fig. 1. Result of 5 m walking test. FG: fast group (n=7), SG: slow group (n=9). Values are means±SD, **: p<0.01.

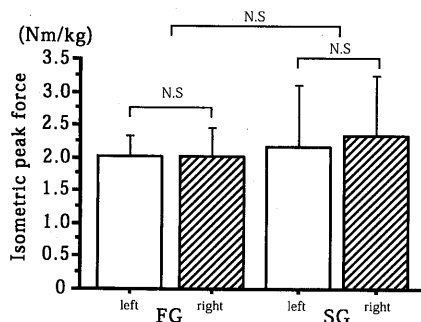


Fig. 2. Result of isometric peak force. FG: fast group (n=7), SG: slow group (n=9). left: left lower limb, right: right lower limb. Values are means±SD, N.S: not significant.

右膝伸展力 50 rpm は 1.2±0.3 Nm/kg であり、左右差を見ると 4.8±3.8% で有意な差は見られなかった。SG の左膝伸展力 50 rpm は 1.1±0.1 Nm/kg, 右膝伸展力 50 rpm は 1.1±0.1 Nm/kg であ

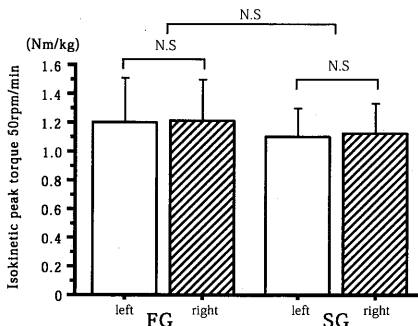


Fig. 3. Result of isokinetic peak torque 50 rpm/min. FG: fast group ($n=7$), SG: slow group ($n=9$). left: left lower limb, right: right lower limb. Values are means \pm SD, N.S: not significant.

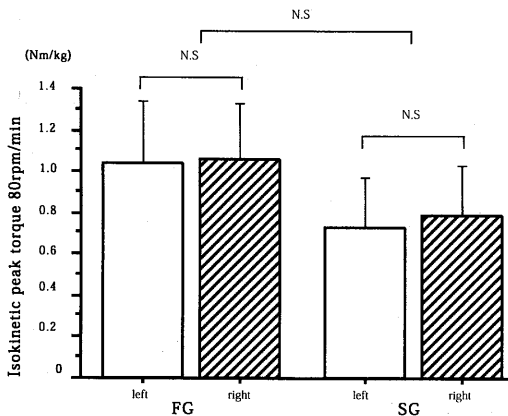


Fig. 4. Result of isokinetic peak torque 80 rpm/min. FG: fast group ($n=7$), SG: slow group ($n=9$). left: left lower limb, right: right lower limb. Values are means \pm SD, N.S: not significant.

り、左右差を見ると $6.8\pm 4.2\%$ で有意な差は見られなかった。また、2群間の左右差を見ると 1.8% であり有意な差は認められなかった。

等速性膝伸展力 80 rpm の結果は Fig. 4 に示した。FG の左膝伸展力 80 rpm は 1.0 ± 0.3 Nm/kg、右膝伸展力 80 rpm は 1.1 ± 0.3 Nm/kg であり、左右差を見ると $4.4\pm 4.4\%$ で有意な差は見られなかった。SG の左膝伸展力 80 rpm は 0.7 ± 0.2 Nm/kg、右膝伸展力 80 rpm は 0.8 ± 0.2 Nm/kg であり、左右差を見ると $9.2\pm 6.3\%$ で有意な差は見られ

なかった。また、2群間の左右差を見ると 4.8% であり有意な差は認められなかった。

IV. 考 察

加齢に伴って、歩行速度や下肢筋力は低下する^{1,14,15}。歩行は日常生活の移動手段として必要不可欠であり、特に高齢者が歩行障害をきたすと著しく行動範囲が限定され、生活自立機能にも重大な影響を与えることになる。一方、下肢筋力は身体障害を予測する重要な因子であり¹⁶、自立した生活には下肢筋力を適切に保つ必要があるものと思われる。しかし、歩行速度と下肢筋力のバランスについての先行研究はほとんど見られない。そこで本研究では健康な高齢女性を対象 ($n=16$) に通常歩行時間の平均値を基準とし、それよりも速い群 (FG, $n=7$) と遅い群 (SG, $n=9$) の2群に分け、下肢筋力の左右差について検討した。

最大歩行時間の結果を見ると、FG が SG より有意 ($p < 0.01$) に速い、通常歩行時間の結果と同様であった (Fig. 1)。若年者の場合に通常歩行時間と最大歩行時間の相関は有意でないと報告した研究¹⁷もあるが、古名ら¹⁸)の研究によると加齢により通常歩行時間と最大歩行時間の相関係数は増大したと報告している。本研究において通常歩行時間と最大歩行時間の相関は $y=0.869x+0.47$, $r=0.579$, $p < 0.01$ で有意な相関関係を示し、古名らの研究を支持するものであると考えられる。2群間の身体組成の左右差を見ると、%Fat, FM, BMC, LTM, LTM_{LL} はそれぞれ 0.8% , 1.1% , 2.8% , 0.1% , 0.2% で有意な差は見られなかった (Table 2)。そのなかで、LTM は体重から BMC を除いた組織量であり、実際の筋量との相関が高い¹⁹) ので筋量の指標と考えられる。本研究で得られた全身筋量 (LTM) と下肢筋量 (LTM_{LL}) の左右差は2群間に有意な差は見られなかった。下肢筋力においても、等尺性膝伸展力および等速性膝伸展力 (50 rpm/min, 80 rpm/min) ともに左右差は見られなかった (Fig. 2~4)。田中ら²⁰) によると姿勢保持を保つ能力を若年者と高齢者の2群に分けて分析した結果、若年者では条件にかかわらず左右差を認め、高齢者では負荷の強い条件で左右差が見られたと報告している。しかし、本研究では姿勢保持能力と関連がある歩行速度と左右の筋量、筋力に有意な差は見られなかった。高見²¹)

は20~80歳の健常者128名を対象に自由歩行を分析し、歩行速度をはじめとする運動学的・運動力学的特性の年齢変化、筋活動パターンを筋電図(EMG)を用い分析した。その結果、歩行中の運動はその速さから準等尺性運動と、その筋活動パターン(tibialis anterior, gastrocnemius, vastus lateralis, hamstrings)を意味する各位相期でのEMGの1周期に占める割合は、左右差や性差はほとんどなく、年齢に対しての変化であると報告した。一方、左右差が見られる原因としてはこれまでの生活習慣、下肢・体幹における整形外科疾患などが予測されるが、本研究の結果から見ると、健常な高齢者では若年者と同様に筋量・筋力の左右差が歩行速度に影響を及ぼさない可能性が示唆された。

Spirduso²²⁾は高齢者の身体機能を、Physically elite から fit, independent, frail, dependent, そして disability の6段階の段階的な構造として表している。これを考えると、これまでの体育科学の分野で対象とされてきたのは主に elite から fit, independent のレベルの高齢者であり、身体的自立が極めて重大な問題となっている frail, dependent のレベルの高齢者についてはほとんど検討されてこなかったといえる。しかし、高齢者の体力の減退過程を明らかにし、それに対する介入の一つとして適切な身体活動・運動プログラムを処方し試みるためには、体力レベルの低い、脆弱な高齢者の特性と、そのような状況に至った過程について検討することが必要であろう。今後、脆弱または障害を持っている高齢者を対象に総合的運動機能と筋量・筋力の左右バランスについてさらなる検討が必要でと考えられる。

V. 要 約

本研究では、健常な高齢女性を対象として歩行速度と下肢左右筋力との関連性について調査・検討することを目的とした。対象者は高齢女性16名(平均年齢: 63.7±6.2歳)であり、通常歩行時間の測定により、平均を基準にFG (fast group: 7名)とSG (slow group: 9名)の2群に分けた。測定項目としては、DEX法による身体組成(%Fat, FM, BMC, LTM, LTM_{LL})、5m通常および最大歩行時間、StrengthErgo 240による等尺性膝伸展力および等速性膝伸展力(50 rpm, 80 rpm)を行った。

その結果、最大歩行時間はSGと比較してFGの方が有意に短かった($p < 0.05$)。身体組成では全身の%Fat, FM, BMC, LTM, LTM_{LL}は2群間に有意な差は認められなかった。また、FGの左右差とSGの左右差を比較して見ると有意な差は認められなかった。等尺性膝伸展力および等速性膝伸展力も身体組成と同様な結果であった。以上の結果から、健常な高齢女性では若年者と同様に筋量・筋力の左右差が歩行速度に影響を及ぼさない可能性が示唆された。

参 考 文 献

- 1) Aniansson, A.: Muscle morphology, enzyme activity and muscle strength in men and women. *Clin. Physiol.*, **1**, 73-86, 1981.
- 2) Lexell, J.: Aging and human muscle, observation from Sweden. *Can. J. Appl. Physiol.*, **18**, 2-17, 1993.
- 3) Rogers, M. A.: Change in skeletal muscle with aging, Effects of exercise training, ed. by J. O. Holloszy. *Exer. Sports Sci. Rev.*, **21**, 65-102, 1993.
- 4) Bruce, S. A. and Faulkner, J.: Effect of age on voluntary force and cross-sectional area of human abductor pollicis. *Q. J. Exp. Physiol.*, **74**, 359-362, 1989.
- 5) Klitgaard, H. M., Montoni, M. and Schiaffino, S.: Function, morphology and protein expression of aging skeletal muscle, a cross-sectional study of elderly men with different training backgrounds. *Acta Physiol. Scand.*, **140**, 41-54, 1990.
- 6) Vadervoot, A. A. and Mccomas, A. J.: Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with. *J. Appl. Physiol.*, **61**, 361-367, 1986.
- 7) Seeman, T. E., Charpentier, P. A., Berkman, L. F., Tinetti, M. E., Guralnik, J. M., Albert, M., Blazer, D. and Rowe, J. W.: Predicting Changes in Physical Performance in a High-Functioning Elderly Cohort: MacArthur Studies of Successful Aging. *J. Gerontol.*, **49**, 97-108, 1994.
- 8) 鈴木政登: 健康女性の最大酸素摂取量, 血青脂質, 体組成, 骨密度の加齢変化および習慣的運動の影響. *体力科学*, **45**(2), 329-344, 1996.
- 9) 橋本 勉: 日本における老人の転倒・骨折の

- 実態. 別冊総合ケア (老人の転倒と骨折), 26-32, 1991.
- 10) 大森 豊, 山田純男: 新しいコンセプトの運動負荷装置. PT ジャーナル, **33**, 387-393, 1999.
 - 11) 吉村茂和, 田口孝行: 高齢入院患者の膝伸展筋力と歩行自立度・歩行速度の関連. 理学療法学, **25**, 499, 1998.
 - 12) 衣笠 隆, 長崎 浩, 伊藤 元, 橋詰 謙, 古名丈人, 丸山仁司: 男性 (18~83 歳) を対象とした運動能力の加齢変化の研究. 体力科学, **43**, 343-351, 1994.
 - 13) Kinugasa, T.: Leisure-Time Physical Activity in Relation to the Health and Functioning of Older Adults in a Rural Community of Japan. ed. by B. Vellas, J. L. Albaredo and P. J. Garry. Longitudinal Interdisciplinary Study on Aging, pp. 63-70, 1997.
 - 14) Himann, J. E., Cunningham, D. A., Rechnitzer, P. A. and Paterson, D. H.: Age-Related Changes in Speed of Walking. Med. Sci. Sports Exerc., **20**, 161-166, 1988.
 - 15) Kaneko, M., Morimoto, Y., Kimura, M., Fuchimoto, K. and Fuchimoto, T.: A Kinetic Analysis of Walking and Physical Fitness Test in Elderly Women. Can. J. Sports Sci., **16**, 223-228, 1991.
 - 16) Guralnic, J. M., Ferrucci, L., Simonsick, E. M., Salive, M. E. and Wallace, R. B.: Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. N. Eng. J. Med., **332**, 556-561, 1995.
 - 17) 丸山仁司, 関 勝男, 高橋高治, 南口誠直, 中山彰博, 黒沢和生, 潮見泰蔵, 安藤正志, 小坂健二, 長崎 浩, 伊東 元: 健常青年男女の運動能力. 埼玉医科大学短期大学紀要, **3**, 83-89, 1992.
 - 18) 古名丈人, 長崎 浩, 伊東 元, 橋詰 謙, 衣笠 隆, 丸山仁司: 都市および農林地域における高齢者の運動能力. 体力科学, **44**, 347-356, 1995.
 - 19) Wang, Z. M., Visser, M., Baumgartner, R. N., Kotler, D. and Heymsfield, S. B.: Skeletal muscle mass: Evaluation of neutron activation and dual-energy X-ray absorptiometry methods. J. Appl. Physiol., **80**, 824-831, 1996.
 - 20) 田中彩乃, 網元 和, 松澤智美, 石黒知康: ハンドヘルドダイナモメーターによる座位保持能力の測定, 健常人における加齢的变化. 理学療法学, **28**(6), 282-285, 2001.
 - 21) 高見正利: 高齢者の歩行の特性. 老人医学, **37**(6), 813-819, 1999.
 - 22) Spirduso, W.: Physical Dimensions of Aging. Heidelberg, 1995.