

高齢女性の歩行能力と基礎的体力要因との関連

吳 婷 琦

(2003年9月30日受理)

The relationship between walking performance and physical fitness in elderly women

Tingqi Wu

The purpose of this study was to clear the relationship between walking performance and physical fitness in elderly people to make up an exercise program.

The physical fitness test and walking ability tests were requested to the 31 elderly women (81.7 ± 5.0 yrs of age).

The walking ability showed significantly correlated with the lower extremity muscle strength (squat point), balancing function (foot-balance) and agility. Although the walking ability and balancing function are significantly related, the lower extremity muscle strength has strong influence on balancing function.

Key words: elderly women, walking ability, physical fitness

キーワード：高齢女性，歩行能力，基礎体力

I. 目 的

高齢者にとって歩行運動は、きわめて重要な身体運動能力の一つである。高齢者の日常生活における歩行能力の確保は、高齢福祉事業の重点的課題である。これまでに高齢者の歩行運動の特徴に関するいくつかの研究がある。これらの研究で明らかにされたことは、高齢者は、歩行運動において、歩行速度が低いことが指摘された¹⁾²⁾³⁾。また、このことと関連して、歩行運動時の歩幅が狭いことも指摘されている⁴⁾⁵⁾。さらに、着地時の足部の背屈角度が小さいこと、歩行運動中の歩隔が大きいことから、左右の動揺が大きいこと⁴⁾⁶⁾などが挙げられている。

また、高齢者は、安静立位姿勢においても身体動揺が大きいことや、特に片足で立つ能力が低下することが指摘されている。一般に高齢者として定義される年齢は65歳以上とされるが、壮年体力テストの結果では、60歳以上の年齢にこの平衡機能の低下が特徴的なこと

として指摘されている⁷⁾。高齢者のこのような歩行動作の特徴およびバランス機能が著しく低下する要因の一つには下肢筋力の低下が挙げられている⁷⁾⁸⁾⁹⁾。

高齢の女性においてはまた、骨密度の低下が注目され関心を呼んでいる。これは、歩行運動中における転倒が原因で骨折し、その結果いわゆる寝たきりの状態を余儀なくされることがあるためである。このような状況を考えると、高齢者の歩行運動において、その機能を高め、さらに歩行運動中の転倒を免れるための対策を立てることは重要な研究課題であると考えられる。高齢者の歩行運動を改善する方法として、「足底圧認識歩行」などが提案された¹⁰⁾。これは、いわゆる高齢者の歩行運動スキルの向上を目的とした指導・学習方法であり、比較的短時間にその効果が期待できるとされる。しかしながら、歩行運動スキルの獲得をより高いレベルにまで向上させるためには、それを保障するための身体的基礎条件が必要である。すなわち、高齢者の歩行能力に関係した基礎的体力要因であると考えられる。このような理由から本研究では、高齢者の歩行能力と関係の深い基礎的体力要因を実験的手法により調査し明らかにすることを目的とした。その結果に基づいて高齢者の歩行能力を向上させるための運動プログラムを作成することを次なる検討課題とした。

本論文は、課程博士候補論文を構成する論文の一部として、以下の審査委員により審査を受けた。

審査委員：渡部和彦（主任指導教官）、稲水 惇、磨井 詳夫、黒川隆志

II. 研究方法

1. 被検者

被検者は、本研究の目的および研究方法（測定方法）をあらかじめ説明し、同意が得られた高齢者であった。研究対象とした高齢者は、H市内の高齢者福祉施設を利用する方々総計31名である（そのうち施設の在住者は13名、デイサービスの利用者は18名であった）。被検者の年齢は72～90歳（ 81.7 ± 5.0 ）で、全員女性であった。

2. 測定項目及び測定方法

1) 歩行能力の測定

高齢者の歩行能力を評価するために、本研究においては「歩行速度」を指標として用いた。すなわち、10mの距離を歩行する際の時間と平均速度から計測した。本研究では、この10mの距離を3つの条件で歩行することとした。すなわち、その人の日常の歩行を元にした「普通歩行」、できるだけ速く歩く「最大速度歩行（以下：最大歩行）」、また、やや困難なジグザグ歩行条件を課した「ジグザグ歩行」とし、歩行能力を評価した。

測定方法は、被検者が歩行路のスタートラインから10m離れたのゴールラインを踏み越えるまでの所要時間をストップウォッチで計測した。「ジグザグ歩行」の条件設定としては、10mの歩行路に沿ってスタートから2mごとに中心線から50cmの位置にコーンを置いた（図1）。被検者には、ジグザグ歩行コースをできるだけ速く歩くように事前に指示した。試行の順番は普通歩行、最大歩行およびジグザグ歩行の順とし、各条件とも1～2回程度練習をさせた後に実施した。なお、普通および最大歩行の速度は、歩行距離10mを歩行時間で除して求めたが、ジグザグ歩行の場合、実際に歩いた距離は10m歩行路より長くなり、10mとして計測するのが不適切であったので、所要時間で示した。

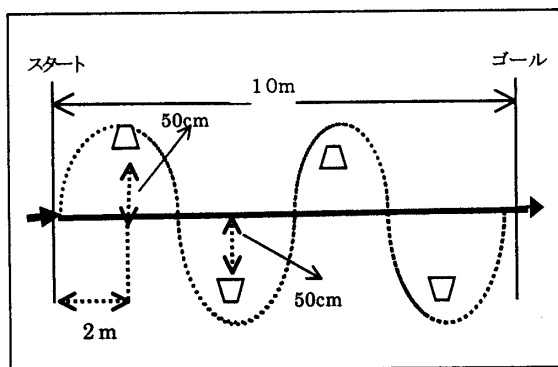


図1. 直線歩行及びジグザグ歩行の図示

2) 基礎的体力測定項目および実施手順

歩行動作の遂行には下肢筋を始め、重心を移動しながら両足支持期と片足支持期を交互に行うためにバランス能力が不可欠である。また障害物などに対して巧みに動作を調整する能力が必要とされる。これらを考慮し今回の体力測定項目を下肢筋力、バランス能力、敏捷性及び柔軟性とした。また、同一の被検者を対象に骨密度の測定を行った。すなわちライフスタイルのアンケート調査結果とあわせ、日常生活で運動習慣の有無や年齢が骨密度にどのような影響を与えるかについて調べた。アンケート調査の実施については、体力測定を行う前に被検者一人ずつに面接調査を実施した。調査内容は日常生活の中に、運動（スポーツ）を実施する頻度と時間、運動の内容及び食事習慣などであった。また、運動の習慣などによって利き足の確認をした。

① 下肢筋力

下肢筋力の測定にはスクワットテストを用いた。すなわち、スクワットの回数を測定した。測定方法としては4秒に一回（しゃがみと立ち上がり各2秒）のテンポで上限は15回とした。測定した全員のスクワット回数を、それぞれ5段階に分けて評価した。その評価方法は以下のとおり：

- 1～3回：1点
- 4～6回：2点
- 7～9回：3点
- 10～12回：4点
- 13～15回：5点

また、過去の転倒経験などで恐怖感があり、保護なしにフルスクワットを完成できない被検者に対しては測定上の安全性などを考慮したうえで、ハーフスクワット（図2）テストを課した。その場合の評価方法としては、2回の回数をフルスクワットの1回分としてカウントした。

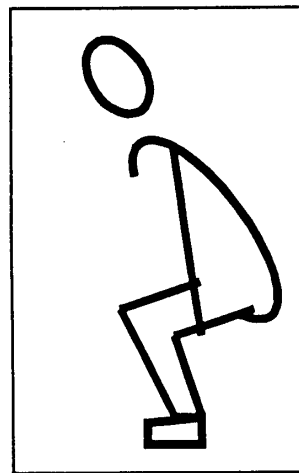


図2. ハーフスクワット姿勢

②バランス機能

ア. 片足立ちテスト

開眼条件および閉眼条件で行った。静かな環境条件で、床面が平滑な部屋で行った。被検者は事前に1～2回の練習の後に、はだしの条件で立ちやすい方の足でそれぞれ2回測定し、時間の長い方の値を採用した。測定中、支持足の位置がずれたり、腰に当てた手が離れたり、閉じた目を開けた場合はそれまでの時間とした。

イ. 身体重心動揺測定

身体重心動揺計（アニマ社製：グラフィコーダー（GS-10））を用いた。被検者を重心動揺計の上に両足で立たせ開眼および閉眼条件で、それぞれ20秒間の身体重心動揺を測定した。開眼条件の場合は被検者の3m前方に、被検者の目の高さに一致した視標を注視させた。重心動揺のパラメーターとして、重心動揺軌跡長（cm）、包絡面積（cm²）および矩形面積（cm²）を用いた。

③敏捷性

簡便なテスト方法として棒反応時間を用いた。用いた棒は木製で、長さ50cm、直径2.5cm、重さ約100gであった。被検者の利き手を軽く開かせて「用意」をさせた。2回練習させた後、5回測定し、その中の3回の良い値の平均値を採用した。

④柔軟性

柔軟性の測定方法として長座位体前屈を用いた。測定機器はデジタル式長座位体前屈計（メジャーシステム社）を用いた。

⑤骨密度

骨密度の測定には、超音波骨密度測定装置（アロカ社製：AOS-100）を用いた。この装置の測定原理は、踵部に超音波を放射し、透過した超音波の音速（Speed of Sound: SOS）と踵骨部分を透過した超音波の透過指標（Transmission Index: TI）を計測し、このSOSとTIの値を元に音響的骨評価値OSI（Ostco Sono-Assessment Index）を算出するものである。すなわち、次の演算式で計算されるものである：

$$OSI = TI \times SOS^2$$
 左右両足をそれぞれ測定した。

3. 統計処理

歩行能力と各基礎体力項目との2変数間の関連はSpearmanの順位相関係数 ρ を用い、平均値の群間差はMann-WhitneyのU検定を用いた。検定結果は、 $p < 0.05$ を有意性ありと判定した。

III. 測定結果

本研究では、高齢者の歩行能力に影響する体力要因

を明らかとすることに視点をおき、歩行能力と体力測定値の相関関係を分析した。また、今回の被検者の年齢は70歳代から90歳代であり、歩行能力が年齢に影響されることが予測されるので、年齢との相関関係も分析項目とした。得られた結果を以下に示す。

1. 被検者の身体的特徴

今回測定した31名の被検者の身体的特徴を表1に示す。

表1. 被検者の身体的特徴

	在居者群 n=13	デイサービス群 n=18	全体 n=31
年齢(歳)	79.2±6.0	83.6±4.4	81.7±5.0
身長(cm)	144.6±7.8	140.8±7.3	142.4±7.7
体重(kg)	48.7±8.3	42.8±4.8	45.3±7.1

(平均値±SD)

2. 歩行能力と基礎的体力測定結果との相関関係

歩行能力と基礎的体力測定項目との関係について表2に示す。

1) 歩行能力

本研究における高齢者の歩行速度は、普通歩行 0.9 ± 0.2 m/秒及び最大歩行 1.1 ± 0.3 m/秒であった。10mジグザク歩行の所要時間は 13.6 ± 5.0 秒であった。

2) 歩行能力と年齢との関係

加齢に伴って歩行速度が低下することが指摘されるが、今回の測定で得られた31名の高齢女性の歩行速度は年齢との間に有意な相関関係が認められなかった。

3) 歩行能力と下肢筋力との関連

スクワット得点の平均値は 3.2 ± 1.8 であった。歩行速度との間に有意な相関関係が認められた（普通歩行 $\rho = 0.643$, 最大歩行 $\rho = 0.506$, ジグザク歩行 $\rho = -0.587$, それぞれ $p < 0.01$ ）（表2, 図3）。

4) 歩行能力とバランス機能との関連

①片足立ちテスト

片足立ちテストの測定値については、開眼条件 6.1 ± 6.8 s, 閉眼条件 2.1 ± 1.6 sであった。

歩行能力との間に、開眼条件では普通歩行 $\rho = 0.549$ ($p < 0.01$), 最大歩行 $\rho = 0.510$ ($p < 0.01$), ジグザク歩行 $\rho = -0.529$ ($p < 0.01$)であった。閉眼条件では普通歩行 $\rho = 0.462$ ($p < 0.05$), 最大歩行 $\rho = 0.472$ ($p < 0.05$), ジグザク歩行 $\rho = -0.408$ ($p < 0.01$)であった。各項目ともに各歩行速度との間に有意な相関関係が認められた。

②身体重心動揺

身体重心動揺測定値については、開眼条件の動揺軌跡長： 41.2 ± 15.8 cm, 包絡面積： 3.3 ± 2.0 cm², 矩形面積： 9.8 ± 6.0 cm²であった。閉眼条件では動揺

表2 歩行速度と基礎的体力測定値および各項目間の相関関係

項目	平均値 (±SD)	歩行速度		
		普通歩行	最大歩行	ジグザク歩行
歩行速度				
普通(m/s)	0.9±0.2	1.000	0.787***	-0.774***
最大(m/s)	1.1±0.3	0.787***	1.000	-0.725***
ジグザク歩行(s)	13.6±5.0	-0.774***	-0.725***	1.000
筋力				
スクワット(得点)	3.2±1.8	0.643***	0.506***	-0.587***
バランス				
片足立ち (開眼)(s)	6.1±6.8	0.549***	0.510***	-0.529***
片足立ち (閉眼)(s)	2.1±1.6	0.462**	0.472**	-0.408***
重心動揺軌跡				
長(開眼)(cm)	41.2±15.8	ns	ns	ns
包絡面積 (開眼)(cm ²)	3.3±2.0	ns	ns	ns
矩形面積 (開眼)(cm ²)	9.8±6.0	ns	ns	ns
重心動揺軌跡				
長(閉眼)(cm)	59.1±31.0	ns	ns	ns
包絡面積 (閉眼)(cm ²)	4.7±4.1	ns	ns	ns
矩形面積 (閉眼)(cm ²)	14.9±12.3	ns	ns	ns
敏捷性				
棒反応(cm)	29.9±5.1	-0.430**	-0.392**	0.481***
柔軟性				
座位前屈(cm)	21.0±5.4	ns	ns	ns
骨密度				
(×10 ⁹)	2.2±0.3	ns	ns	ns

***: p<0.01 ns: 有意な相関なし
** : p<0.05

軌跡長: 59.1 ± 31.0cm, 包絡面積: 4.7 ± 4.1cm², 矩形面積: 14.9 ± 12.3cm² の値を得た。歩行速度に対しては動揺軌跡長及び動揺面積のいずれも有意な相関関係が認められなかった。

5) 敏捷性

敏捷性の指標とした棒反応時間の平均値は 29.9 ± 5.1cm であった。歩行速度との間に各条件ともに有意な相関関係が認められた。特にジグザク歩行との間に、(p<0.01) の有意な相関関係が認められた。

6) 柔軟性

柔軟性に関して(長座位体前屈)は、平均値は21.0 ± 5.4cm であった。歩行速度との間には有意な相関関係は認められなかった。

7) 骨密度

今回の測定において被検者全員の利き足側では2.20, 非利き足では2.18の値が得られた。両者の間に有意差は認められなかった。また、同年齢の他の高齢女性グループの値(未発表資料)との比較においても有意差は認められなかった。

また、利き足と非利き足との間に有意差が認められなかったことから、左右足の値を合計して平均値2.2 ± 0.3を算出した。この平均値を用いて年齢との関係を分析した結果、年齢が高いほど骨密度が低くなるという有意な負の相関関係が認められた (ρ=-0.639 p<0.01) (図4)。

8) バランス機能と下肢筋力との関係

バランス機能と下肢筋力(スクワット得点)との関係を調べた結果、片足立ちテストとスクワット得点との2項目の間に有意な相関関係が認められた(開眼片足立ち ρ=0.527, 閉眼片足立ち ρ=0.522, それぞれ p<0.01) (図5)。しかしながら、身体重心動揺測定値との間にはいずれも有意な相関関係が認められなかった。

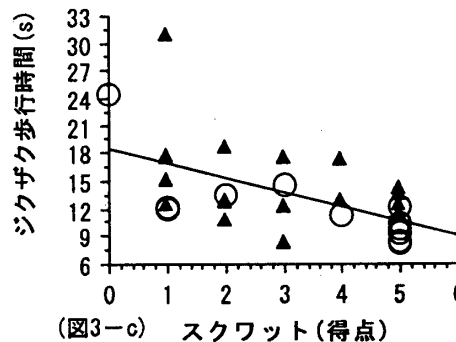
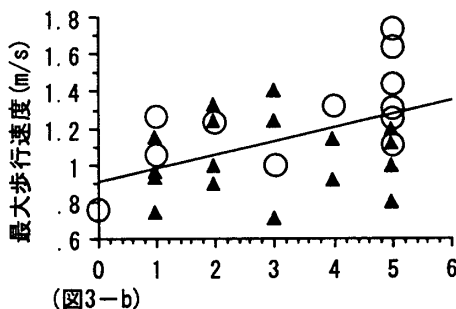
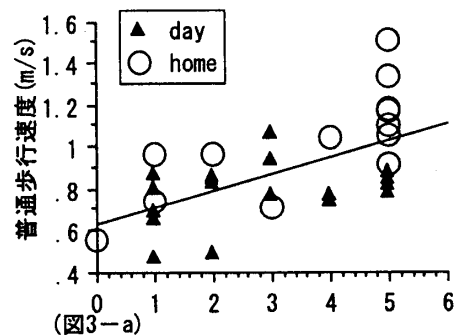


図3. 各歩行条件の歩行速度とスクワット得点との関係

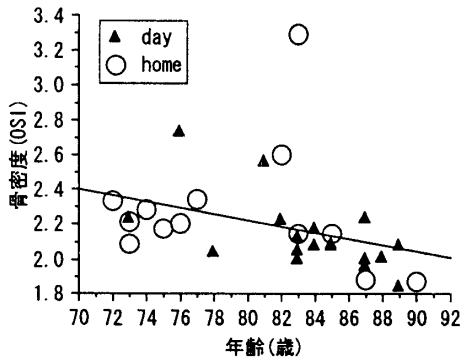
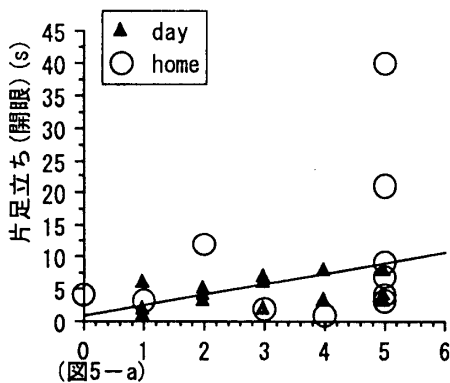
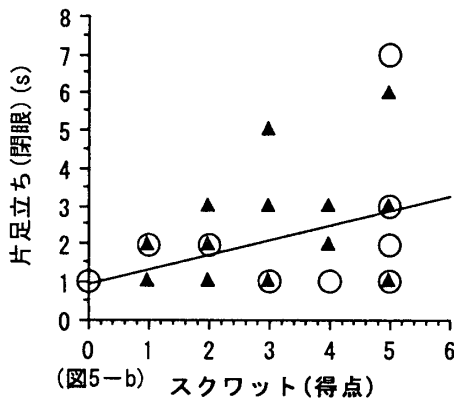


図4. 骨密度と年齢との関係



(図5-a)



(図5-b) スクワット(得点)

図5. 片足立ちテストとスクワット得点との関係

IV. 考 察

1. 「距離 10m の歩行速度」を、高齢者の歩行能力を評価するための指標とする妥当性について

これまで、高齢者の歩行能力を評価するため、歩調など時間的因子、歩幅や歩隔など距離的因子、または二次元および三次元画像解析の手法で歩行時の関節角度、運動軌跡などの空間的因子、および床反力計による力学的因子などが評価指標として用いられた。たとえば、Murray et al.¹¹⁾は健康男性において若年群と比べ高齢群は普通歩行、最大歩行ともにより狭い歩幅と遅い歩調が見られたと報告した。Himann et al.²⁾の報告にも、63歳以上の高齢者群がそれより若い年齢群に

比べ歩幅、歩調が有意に低下したと指摘している。また、普通歩行における高齢者群の歩行速度が若年者群より遅い原因は歩幅の狭さにあったと指摘している¹²⁾¹³⁾。山本ら¹⁴⁾は歩行中踵着地の瞬間と爪先が床から離れる瞬間の二局面における下肢関節角度について分析した結果、高齢者は着地時に膝関節が伸びないこと、キック直後に股関節、膝関節伸展度が小さいことを指摘した。また、これらが高齢者の歩幅低下の要因であると論じた。これらの知見から、加齢に伴い、壮年とは違う歩行パターンが示され、歩行速度の低下をまねく諸要因となっていると考えられた。そこで、高齢者の歩行能力を比較的容易に評価できる指標の一つとして歩行速度が用いられる。このような理由から、本研究では高齢者の歩行能力の評価指標として「歩行速度」を用いた。また、永松ら¹⁵⁾は60歳以上の男女計138名を対象に、5分間の歩行距離と10m普通速歩行速度及び高速歩行速度との関連を分析した結果、いずれも有意な相関を認めたことを報告している。これらの結果から、高齢者の歩行能力の測定に、10m歩行を課題として用いることには妥当性があると考えた。

2. 歩行能力(歩行速度)

本研究の測定対象とした31名の高齢女性の歩行能力については歩行速度を指標に分析を行った。その結果、本研究と同様の方法で測定された高齢女性(80.4±4.0歳)¹⁶⁾の普通歩行速度0.87m/秒及び最大歩行速度1.21m/秒に比べ普通歩行はほぼ同一範囲内に、最大歩行ではやや遅い傾向がみられたが、その年齢層に相当する歩行速度であると推察される。また、各歩行条件の間にそれぞれ相関関係が認められたことから、歩行運動を高齢者における運動処方プログラムとして採用する場合、安全性の上から、最大歩行よりもむしろ普通の歩行速度を高齢者に対するトレーニング内容とすることが妥当であろう。さらに敏捷性やバランス機能などの訓練のねらいとしては、ジグザク歩行も有効な方法であると考えられる。

3. 歩行能力とバランス機能との関係

今回測定した片足立ちテストの時間については、開眼条件でも10秒以下の値がほとんどであった。閉眼条件ではその値がより下回った。この傾向は先行研究と同様であり⁷⁾¹⁷⁾¹⁸⁾、高齢になるほど片足立ちテストでは低い値を示す割合が明らかに増加した。

片足立ちテストと歩行能力との関連については、開眼条件および閉眼条件ともに各条件の歩行速度との間に有意な相関が認められた。特にジグザク歩行は開眼、閉眼条件ともに顕著な相関関係が示された。しかし、

重心動揺軌跡長および重心動揺面積のいずれも、歩行速度に対して有意な相関関係が認められなかった。このような傾向は高齢者に関する歩行能力と平衡機能との研究においてもみられた⁷⁾。すなわち歩行能力とバランス機能との関連は、片足立ちや躯幹を前後に傾斜させる課題のように、より動的な条件において顕著であると指摘されている。歩行は身体重心を移動させながら、片足支持期と両足支持期を交代させ遂行する運動であり、一種の動的な姿勢保持方式であると考えられる。今回行ったジグザク歩行のような身体のバランス維持能力がより要求される課題ではバランス機能との間に顕著な相関関係が示された。

また、木村ら⁷⁾は片足立ち能力が筋機能の働きをより多く反映すると指摘していることから、スクワット得点と片足立ちテストとの関係を調べた。図5に示したように2項目間には有意な正の相関関係が認められた。このことから、歩行能力とバランス機能との関係には、下肢筋力が関与していることも推察される。一方、スクワット得点と身体重心動揺軌跡長及び動揺面積との間には開眼、閉眼の視覚条件を問わず、いずれも有意な相関関係が認められなかった。木村ら¹⁷⁾は身体重心動揺と併せて筋力(底屈力、背屈力、母指屈曲力)を測定した結果、安静立位では安定性を規定する要因として筋力はそれほど重要ではないと指摘している。安静立位姿勢の重心動揺測定値と歩行能力(歩行速度)との関係については再検討する必要があると思われる。

4. 歩行能力と下肢筋力(スクワット得点)との関係

高齢者の歩行能力を低下させる主な要因の一つは、下肢筋力の低下があげられている²⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁶⁾。今回の測定ではスクワット得点に対して普通および最大歩行は正の、ジグザク歩行は負の相関関係が認められた。これは、下肢筋力が歩行速度に大きく影響することを示唆するもので、先行研究の知見と一致する。

5. 歩行能力と敏捷性との関係

棒反応時間は敏捷性を測定するための簡易なテスト法であるが、刺激に対する神経系および動作反応の両方が反映される。今回の測定で得られた値は、「シニア体力テスト」の測定値¹⁹⁾と比べると、中間に位置する値となった。各条件の歩行速度と棒反応時間との間にはいずれも有意な相関関係が認められた。この結果は加齢に伴う神経系機能の低下が歩行動作に影響し、スピードと正確性の両方を要求されるジグザク歩行ではより顕著な相関関係が得られることが示唆された。

6. 骨密度に影響を及ぼす要因

骨密度は年齢、運動習慣、また食事²⁰⁾⁽²¹⁾に影響される。今回の骨密度の測定値にも年齢との間に有意な負の相関関係が認められた。年齢の影響は在居者群とデイサービス群の間にも認められた。両群の年齢の平均値をみると、在居者群の方がやや年齢が低い傾向があった(表1)。骨密度も在居者群の方が有意に高い値が認められた。また、アンケート調査の結果により、最近一年間に習慣的に軽い運動、たとえばラジオ体操やテレビ体操、ウォーキングなどを行っているかについての両群の比較では、在居者群では体操とウォーキングともに全体の7割近くが行っている一方、デイサービス群では体操は全体の3割、ウォーキングは全体の6割であった。石黒ら²²⁾は高齢女性では日常生活における歩数の増大が骨強度の維持・増進に有効であると報告している。今回の調査結果では骨密度が歩行能力(歩行速度)と直接関連が低いものと示唆されるが、歩行運動の継続を通して骨密度に良い影響が与えられると考える。すなわち、本研究における結果は両群の運動習慣の相違がある程度骨密度に影響を及ぼしたと推測されるが更に検討したい。

V. 運動プログラム作成の視点

歩行運動に関与する基礎的体力要因について検討した結果、いくつかの点が明らかとなった。今回の測定結果から、高齢者のための歩行能力を向上させるための運動プログラムの作成においては、基礎的体力に関するトレーニング内容に視点をおくと、まずは下肢筋力を鍛えることが必要であると示唆された。下肢筋力の維持、あるいは向上は高齢者の歩行能力の保持には重要である。これはまたバランス機能にも良い影響を与えると考えられる。また、今回の測定結果において柔軟性と歩行能力の間には有意な相関関係が認められなかったが、形本ら²³⁾は、中高齢者において良好な柔軟性を保持することは加齢に伴う歩行時の股関節や膝関節あるいは足関節での可動域の低下を防止し、歩行能力の維持や獲得に関与する可能性を示唆すると報告している。そこで、柔軟性のトレーニングに関してはストレッチ体操の形でプログラムに取り入れ、筋、腱の伸展によって関節可動域の拡大を狙うことを考えたい。

骨密度は加齢にともない低下するが、適切な運動を行うことによってその低下の程度を抑制することが期待できることが示唆された。歩行運動との関連で有効なトレーニング方法を探りたいと考える。

まとめ

1. 31名の高齢女性を対象に、歩行速度に着目し、歩行能力と基礎的体力との関連を実験的な手法を用いて調べた。
2. 歩行能力とスクワット得点との間に相関関係が認められ、高齢者の歩行速度の低下は下肢筋力の低下が影響すると推察された。
3. 歩行運動をプログラムに取り入れる場合、高速での歩行よりも普通速度の歩行により無理なく効果が期待できると考える。さらに、バランス機能や敏捷性のトレーニング、また実際の日常生活場面を考えると、ジグザク歩行も一つ有効な方法であると考える。
4. 姿勢の安定性を維持する能力、すなわちバランス機能も歩行動作に大きな影響を与える。しかし、歩行能力とバランス機能との関連は深いものの、下肢筋力の介在も無視できない。また、歩行能力と身体重心動揺との関連性を検討した結果、安静立位姿勢での身体重心動揺値は必ずしも動的バランス機能を反映していないのではないかと示唆され、その妥当性を再考すべきであると考えられる。
5. 高齢者は、加齢にともない骨密度が低下することが認められた。一方、日常的運動習慣の有無が骨密度の低下の度合いに影響を与えることが示唆された。

【引用文献】

- 1) Bohannon, R. W., Andrews, A. W., Thomas, M. W., Walking speed: reference values and correlates for older adults. *JOSPT.*, (1996), **24** (2), 86-90.
- 2) Himann, J. E., Cunningham, D. A., Rechner, P. A., Paterson, D. H., Age-related changes in speed of walking. *Med.Sci.Sports Exerc.*, (1988), **20**, 161-166.
- 3) 小坂井留美, 下方浩史, 矢部京之助, 加齢に伴う歩行動作の変化, *バイオメカニクス研究*, (2001), **5**, 162-167.
- 4) 高見正利, 福井園彦, 床反力計による健常者歩行の研究—特に年齢及び性別による違いについて—, *リハビリテーション医学*, (1987), **24**(2), 93-101.
- 5) Kaneko, M., Morimoto, Y., Kimura, M., Fuchimoto, K., Fuchimoto, T., A kinematics analysis of walking and physical fitness testing in elderly women. *Can.J.Sport.Sci.*, (1991), **16**, 223-228.
- 6) 渡部和彦, 塩川満久, 宮川 健, 高齢者の歩行調整機能に関する研究 I—トレッドミル上での着地局面における足部の姿勢に着目—, *体育科学*, (1992), **20**, 104-109.
- 7) 木村みさか, 岡山寧子, 小松光代, 奥野 直, 永井由香, 佐藤勇輝, 平衡性指標と平衡能の関連からみた高齢者の立位姿勢保持能, *体育科学*, (1998), **27**, 83-93.
- 8) 淵本隆文, 加藤浩人, 金子公宥, 高齢者の歩行能力に関する体力的・動作学的研究 (第2報) —膝伸展, 足底屈, 足背屈の筋力と歩行能力の関係—, *体育科学*, (1998), **27**, 108-115.
- 9) 金 俊東, 久野譜也, 相場りか, 増田和実, 足立和隆, 西嶋尚彦, 石津政雄, 岡田守彦, 加齢による下肢筋量の低下が歩行能力に及ぼす影響, *体力科学*, (2000), **49**, 589-596.
- 10) 渡部和彦, 高齢者の歩行運動の特徴, *保健の科学*, (1999), **41**, 506-511.
- 11) Murray, M. P., Kory, R. C., Clarkson, B. H. Walking patterns in healthy old men. *Journal of gerontology.*, (1969), **24**, 169-178.
- 12) 金子公宥, 淵本隆文, 森本剛史, 高齢女性の自由歩行における振子的エネルギー変換効率, *体育科学*, (1996), **24**, 137-143.
- 13) 長谷川 淳, 淵本隆文, 金子公宥, 高齢者の自由歩行における足先の上下動と左右動, *大阪体育大学紀要*, (1998), **29**, 39-47.
- 14) 山本明美, 森本剛史, 淵本隆本, 金子公宥, 加齢に伴う歩行能力の退行—高齢女性の歩行動作と振子的エネルギー効率について, *J. J. Sports.Sci.*, (1995), **14**, 445-450.
- 15) 永松俊哉, 荒尾 孝, 種田行男, 江橋 博, 高齢者の日常生活における身体活動能力 (生活体力) 測定法の開発に関する研究第3報—歩行能力について, *体力研究*, (1991), **78**, 19-24.
- 16) 田井中幸司, 青木純一郎, 高齢女性の歩行速度の低下と体力, *体力科学*, (2002), **51**, 245-252.
- 17) 木村みさか, 奥野 直, 岡山寧子, 田中靖人, 高齢者の立位姿勢保持能に関する一考察, *体育科学*, (1998), **26**, 103-114.
- 18) 木村みさか, 徳広正俊, 岡山寧子, 奥野 直, 中尾高広, 閉眼片足立ちと開眼片足立ちからみた高齢者の平衡機能, *体育科学*, (1996), **24**, 118-129.
- 19) トレーニング科学研究会. 加齢とトレーニング, 初版, 簡易体力テストの具体例, 朝倉書店, 東京, (1999), 181-189.
- 20) 宮下充正, 女性のための骨粗鬆症予防のための運動プログラム, *J. J.Sports.Sci.*, (1993), **12**, 589-593.
- 21) 澤井和彦, 宮下充正, 活動的な女性の閉経後の骨

- 密度, J. J. Sports. Sci, (1993), **12**, 805-810.
- 22) 石黒憲子, 宮谷昌枝, 金久博昭, 久野譜也, 福永哲夫, 高齢者における日常生活での歩数と踵骨強度および下肢筋厚との関係, 体力科学, (2003), **52** (suppl), 127-132.
- 23) 形本静夫, 青木純一郎, 及川勝宏, 中高年者における歩行能力と健康関連体力との関係, 体育科学, (1998), **27**, 77-82.
- (主任指導教官 渡部和彦)