

高齢女性の歩行速度と体力

所属領域 スポーツ医科学

著者名 田井中幸司

論文指導教員 青木純一郎

合格年月日 平成 11 年 3 月 2 日

論文審査教員

主査 南谷和利教授

副査 岩井秀明教授

副査 形本静夫助教授

目次

第1章	緒言	1
第2章	関連文献の考証	4
第1節	高齢者の歩行	4
1)	高齢者における歩行の意義	4
2)	加齢に伴う歩行の変化	6
第2節	加齢と歩行速度	7
1)	加齢に伴う歩行速度の変化	7
2)	加齢に伴う歩行速度低下の要因	8
第3節	歩行速度と体力との関わり	9
1)	筋力	10
2)	柔軟性	13
3)	敏捷性	14
4)	平衡性	14
5)	全身持久性	15
第3章	研究方法	17
第1節	被験者	17
第2節	歩行能力の測定	18
第3節	体力測定	18
1)	筋力	18

2) 柔軟性	19
3) 敏捷性	20
4) 平衡性	21
第4節 統計処理	21
第4章 研究結果	23
第1節 歩行能力	23
第2節 体力	23
第3節 歩行速度と体力	24
第5章 考察	27
第1節 歩行速度と体力との関係	27
第2節 歩行速度の低下に及ぼす要因	31
第6章 結論	35
第7章 要約	36
謝辞	38
引用文献	39
欧文要約	48
表1～7	
図1～2	
付表1～2	

第1章 緒言

加齢に伴う歩行の変化については、古くから多くの観察がなされている⁵⁶⁾。たとえば、Murrayらは20～87歳の男性⁶¹⁾および20～70歳の女性⁶²⁾を対象にしたいずれの研究も、加齢に伴う歩行の変化の特徴が、速度、歩幅および歩調の低下、両脚支持期の増加ならびに歩行動作時の関節運動域の減少にあることを観察し、高齢者の歩行態様を「滑りやすい路面を歩くとき、または暗闇を手探りで歩くときの動作に似ている」と表現している。また、加齢に伴う歩行能力の変化を比較的容易に測定できる指標の1つとして歩行速度が用いられ、この観点からも多くの研究が行われている^{12、19、24、29、31、33、35、37、41、47、56、61、69、75、77)}。それらの結果を要約すると、加齢に伴う歩行速度の低下は、70歳代前半から大きくなりはじめ、以後年齢の増加とともに低下の度合いが一層大きくなっていくことが示唆されている^{31、77)}。

高齢者において歩行能力が退行することは、自立した生活を営む上で大きな支障となり、日常の生活動作全般に大きな影響を及ぼす。たとえば、歩行速度が4年後の死亡および活動性の維持を予測する因子になり得ることが報告されている⁷⁷⁾。歩行能力は他の日常の生活動作よりも先行して低下することが指摘³⁾され、高齢者の自立性

を評価するための極めて重要な能力の1つともなっている。

加齢に伴う歩行速度の低下の生理学的要因として、Himannら³⁵⁾は、除脂肪体重の減少、速筋線維の萎縮、小脳および運動単位の機能低下、関節液の減少ならびに柔軟性の低下を示唆している。また、これまでの先行研究によると、歩行速度の低下の要因として、筋力、柔軟性、敏捷性あるいは平衡性の低下との関連が議論されている^{45、56)}。なかでも、その主たる原因として、下肢の筋力の低下を指摘する報告が数多く見られる^{2、7、8、9、11、12、15、27、28、31、41、42、43、53、73、85)}。しかし、歩行速度と下肢の筋力との間に有意な関連が見られなかったとする報告も、幾つかある^{13、21、25、30、50)}。これらの報告に見られる結果の相違に対して、下肢のある一定の筋力閾値を境に、歩行速度が急激に低下する筋力水準があるとする研究者^{15、27、43、73、85)}もいる。たとえば、Buchnerら¹⁵⁾は、閾値以上の筋力のある集団では、筋力に余力があるため筋力の変化が大きくても歩行速度には少ししか影響しないが、閾値以下の集団では、歩行に対して下肢の筋力が不十分なためにわずかな筋力の変化で大きな速度の変化を導くため、先行研究の結果が相違したものと考えている。しかし、彼らは、筋力のみを焦点を当てているため、速度低下に関わる他の要因との関連については検討されていない。したがって、閾値以上の筋力のある集団とそれ以下の集団とでは、歩行速度に影響を

及ぼす体力要因が異なることが予想されるため、被験者の筋力水準を考慮しながら歩行速度の低下に関連する他の要因についても同時に検討する必要があると考えられる。

そこで、本研究では高齢女性を対象に歩行速度の低下に影響を及ぼすと考えられている体力要素から、筋力、柔軟性、敏捷性および平衡性について測定し、加齢に伴う歩行速度の低下に及ぼす主たる体力要因を明らかにすることを目的とした。

第2章 関連文献の考証

加齢と歩行の関係を明らかにする試みは、少なくとも1940年にまでさかのぼり、今日まで続いている。また、近年、急速に進行する人口の高齢化に対応して、高齢者の自立した生活の維持が注目されているが、高齢者が自立した生活を営む上で、日常生活の基本的な動作の1つである歩行能力の維持が重要であると思われる。そこで、本章では、特に体力との関連において、高齢者の歩行能力に関する文献を考証する。

第1節 高齢者の歩行

1) 高齢者における歩行の意義

高齢者の生活の自立性と歩行能力との関係について調査した報告が幾つか見られる^{3, 20, 32, 45, 72, 74, 77, 87)}。たとえば、初回調査時69～71歳の都市部の在宅高齢者を対象に、食事、排泄、入浴、着脱衣および歩行の動作に対し、10年後を追跡調査した結果³²⁾、自立していると評価された割合は、歩行においては、男性で69.7%および女性で75%であった。しかし、歩行を除く他の動作においては、いずれも90%以上が自立していると評価されていた。また、初回調査時65歳以上の高齢者を対象に、6年間の追跡調査した例⁷⁴⁾では、

歩行や階段上りなどの移動に困難を感じる者は 24%であったのに対して、他の動作では 16%にすぎなかった。さらに、高齢者の日常生活動作の中で先ず歩行能力が低下することは、荒尾³⁾によっても指摘されている。

Potter ら⁷²⁾が、65~93 歳の老人病棟患者男女 161 名を対象に歩行速度と A D L (Activities of Daily Living: 日常生活動作⁶⁸⁾) の評価との関連を調査したところ、普通歩行速度が 0.35~0.55 m/秒の患者においては、72.1%が全ての A D L の項目において自立していると評価されたのに対し、0.25 m/秒以下の患者では 36%しか自立していると評価されなかった。また、Cunningham ら²⁰⁾は、生活における自立性の維持に最も強く影響している因子を明らかにするため、活動性を調査する質問紙、筋力、柔軟性および歩行速度を、自立して生活している高齢者と介助を要する高齢者とで比較した。重回帰分析の結果、生活における自立性の維持に影響を及ぼす因子は、屋外活動への参加や肩関節の関節可動域および速い普通歩行速度 (> 1.0 m/s) であった。さらに、杉浦ら⁷⁷⁾は、初回調査時 65~89 歳の男女 510 名について 4 年後に追跡調査し、歩行速度の縦断的変化に対する死亡リスクおよび活動性の低下との関連を調査した。すると、死亡リスクの要因には、初回調査時の最大歩行速度と性が選ばれ、年齢には関連が見られなかった。また、4 年後に活動性が維

持されているかどうかに関与する要因は、年齢および最大歩行速度であることが報告されている。

2) 加齢に伴う歩行の変化

古くから、多くの研究者たちが歩行を観察し、加齢に伴い歩行動作が変化することを報告している⁵⁶⁾。Murrayらは、20～87歳の男性および20～70歳の女性における歩行に関する一連の動作学的研究^{61, 62)}で、加齢に伴う普通歩行の特徴が、速度、歩幅および歩調の低下、ならびに両脚支持期の増加にあることを示した。また、高齢者の歩行の動作の特徴として、67歳以上の男性および60歳以上の女性は、若年者と比較して、歩行時の股関節の屈曲および伸展の角度、遊脚期中の爪先の高さ、踵接地時の足関節の背屈角度、および爪先離地時の足関節の底屈角度のそれぞれが減少することを観察し、そのような高齢者の歩行態様を「滑りやすい路面を歩くとき、または暗闇を手探りで歩くときの動作に似ている」と表現した。また、吉澤ら⁸⁸⁾は、1～79歳までの女子を対象に、歩行中の筋電図および16mm映画の同時記録を行い、筋の作用機序および動作の面から年齢的特徴について検討している。その結果、若年者の股関節および足関節の大きく力強い伸展による後方への蹴り出しの効いた動作とは異なり、高齢者では体幹の前傾や大腿挙上を大きくすることにより推進力を得ていて、それは幼児の歩行パターンに類似してい

ることが観察された。また、筋電図からは、高齢者は若年者と比較して多くの筋から持続的な強い筋放電があることが認められた。

このような、加齢に伴う歩行動作の変化あるいは高齢者の歩行の特徴については多くの報告がなされていて、いずれも、歩行動作時の関節運動域が減少し、歩幅および歩調の低下ならびに両脚支持期の増加により歩行速度が低下することが観察されている^{26、29、33、34、46、47、56、61、67、86、88}。

第2節 加齢と歩行速度

1) 加齢に伴う歩行速度の変化

加齢に伴う歩行速度の低下については、横断的研究で数多く報告されている^{12、19、24、29、33、35、41、47、56、61、62、69}。たとえば、*Craik*ら¹⁸⁾は、若年女性（平均27歳）と高齢女性（平均75歳）を対象に、非常にゆっくり、ゆっくり、心地よい、および速くの4条件の歩行速度を測定した。若年群は、それぞれ0.49、0.84、1.21および1.86 m/秒で歩き、高齢群は、0.26、0.79、1.16および1.6 m/秒で、いずれの条件の歩行速度でも、高齢群は若年群より有意に遅く歩くことを報告した。*Himann*ら³⁵⁾は、男性289名（19～102歳）および女性149名（22～95歳）を対象に、年齢と歩行速度（遅い、普通および最大）との関係が、男女とも62歳までは年齢に対する速度低下

は緩やかであるが、それ以降は年齢の増加とともに著しく曲線的(年齢の3乗)に低下することを報告している。そして、10年間当たりの低下率は、62歳以前の男性が2.5%、女性が4.5%であるのに対し、62歳以後では男性が16%、女性が12%の急激な低下に転じることを示した。さらに、金子ら⁴⁷⁾も、48~82歳の57名の女性において、普通および最大の歩行速度が60歳以降で著しく低下するという、同様な結果を報告している。

また、高齢者に限った縦断的研究もいくつかなされている^{16, 31, 37, 75, 77)}。Gibbsら³¹⁾は、60歳以上の588名を対象に50フィートの普通歩行速度を測定し、4年後に速度が平均14%低下し、特に75歳からの速度低下が著しく、85歳からはさらに低下の度合いが増すことを報告した。さらに、杉浦ら⁷⁷⁾は、初回調査時65~89歳の男女510名について4年後に追跡調査したところ、同一個人における歩行速度の4年後の低下率が、普通歩行で男性-4.79%および女性-5.15%、最大歩行で男性-8.43%および女性-9.76%で、その低下がいずれも有意であることを報告した。また、その低下の程度は、70歳代前半から一層大きくなっていくことが示唆された。

2) 加齢に伴う歩行速度低下の要因

歩行速度は歩幅と歩調の積によって決まることから、脚長あるいは身長低下による歩幅の減少が、速度低下の一因として考えられ

ている^{6, 9, 35)}。しかし、歩幅/身長比や速度/身長比で身長補正しても、加齢に伴う低下は明らかとなり^{46, 86)}、速度低下が解剖学的な変化だけではなく、加齢による生理的な機能低下に原因があることが示唆されている。

また、歩行速度の低下の生理学的要因として、Himann ら³⁵⁾は除脂肪体重の減少、速筋線維の萎縮、小脳および運動単位の機能低下、関節液の減少、関節柔軟性の低下を示唆している。

さらに、動作学的研究において見られる歩幅や歩調の低下や両脚支持時間の増加は、片脚および両脚での接床時間を長くし、歩行中の安定性を確保すると考えられる。このことから、加齢に伴う歩行速度の減少には、平衡性の低下も関係しているものと考えられている^{79, 86)}。また、歩行動作時の関節運動域の減少は、柔軟性および筋力の低下によるものではないかとする研究もある^{67, 80, 83)}。さらに、高齢者の歩行中の筋電図において、若年者と比べて多くの筋から持続的な強い筋放電が見られることに関しては、加齢に伴う平衡機能の低下によって体幹の安定性の欠如を保障する作用が働いたものと考えられている^{70, 80, 88)}。

第3節 歩行速度と体力との関わり

これまで、加齢に伴う歩行速度の低下の要因についていくつかの

体力要素が関連していることが示唆されてきた。しかし、歴年齢を重ねることが速度低下の最大の要因なのか、それとも、もっと強い影響力をもつ体力の要因があるのかは必ずしも明らかにされていない⁴⁶⁾。特に主たる体力要因については、一致した見解が得られていないわけではない^{46, 56)}。そこで、ここでは、高齢者における歩行速度と体力との関わりについて考証する。

1) 筋力

歩行速度の低下の要因は、下肢の筋力の低下にあると指摘する報告が多く見られる^{2, 7, 8, 9, 11, 12, 15, 16, 27, 28, 31, 36, 41, 42, 43, 53, 73, 82, 85)}。たとえば、Bendall ら⁹⁾は、65歳以上の男性58名（平均71.4歳）および女性67名（平均72.4歳）を対象にした研究で、普通歩行速度と足関節の等尺性底屈筋力との間に、両性ともに有意な正の相関関係（男性； $r = 0.41$, $p < 0.01$ 、女性； $r = 0.36$, $p < 0.01$ ）が示されることを報告した。また、Bassey ら⁸⁾は、80～99歳の男女の入院患者を対象にした研究において、脚の伸展パワーと普通歩行速度の間に両性ともに有意な正の相関関係（男性； $r = 0.58$, $p < 0.05$ 、女性； $r = 0.93$, $p < 0.001$ ）が得られ、特にその関係が女性において強いことを示した。さらに、50～79歳の男女を対象にした研究¹¹⁾では、性別、体重および5つの下肢の等尺性筋力（股関節の屈曲・外転、膝関節の屈曲・伸展および足関節の背屈の等尺性最大筋力）を独立変

数とし、普通および最大の歩行速度低下の要因を選出するために重回帰分析を行った。その結果、両歩行速度の低下の要因に、性別、体重および非利き足の股関節の屈曲筋力（普通： $R^2=0.131$ 、最大： $R^2=0.211$ ）が選出されたことを報告している。

一方、歩行速度と下肢の筋力との間に関連が見られなかったとする報告も幾つか行われている^{13, 21, 25, 30, 50}。たとえば、Brownら¹³⁾による、平均80.9歳の男女を対象にした研究では、股関節の伸展・外転、膝関節の伸展、足関節の底屈の動的および静的筋力と普通歩行速度との間に統計的に有意な関係が認められず、筋力以外の平衡機能の低下や関節可動域の減少などの他の要因が影響していることが示唆された。また、Duncanら²⁵⁾は、69歳以上の男性を対象にした研究で、歩行速度の異なった3群の股関節の外転、ならびに膝関節の伸展および屈曲の動的筋力に有意な差が見られないことを報告している。また、歩行速度の低下の要因が下肢の筋力にあると仮定して、40~58歳の男女を対象に体幹および下肢のレジスタンストレーニングを行ったところ³⁰⁾、膝伸展筋力は有意に増大したが、普通歩行時の歩幅、歩調および速度には変化が見られなかった。

先行研究に見られる結果の相違の原因として、下肢の筋力に歩行速度が急激に低下する閾値が存在すると示唆されている^{14, 15, 27, 43, 73, 85)}。下肢の筋力と歩行速度との関係について、Buchnerら¹⁵⁾は、

筋力の高い集団では筋力の低下に伴う速度の低下は少ないが、筋力の低い集団においては、筋力の低下に伴い上に凸の曲線的な歩行速度の低下を示すと考え、歩行速度が急激に低下する筋力の境を閾値と説明している。Ferrucciら²⁷⁾は、65歳以上の女性1002名の股関節の屈曲の静的筋力と普通歩行速度との関係を図示し、直線回帰に当てはめた場合、直線回帰から逸脱する分布があることを報告している。また、Buchnerら¹⁵⁾は、60～96歳の男女409名を対象に、下肢の筋力（膝関節の伸展・屈曲、足関節の底屈・背屈の動的筋力）の絶対筋力の合計値と普通歩行速度との関係を図示した場合、直線回帰（ $r^2=0.17$ ）に当てはめるより、上に凸の2次曲線（ $r^2=0.22$ ）に当てはめた時の方が、決定係数を5%有意に増加させたことを報告している。そして、下肢の筋力と歩行速度との関係について分布から閾値を仮定し、閾値以下の集団では、歩行に対して下肢の筋力が不十分なために少しの筋力の低下が速度の低下に大きく影響するが、閾値以上の集団では、筋力に余力があるため大きな筋力の低下があっても速度に影響しないと説明した。さらにJudgeら⁴³⁾は、平均82歳の男女を対象に、歩行速度の向上を目的とした筋力トレーニングを含む運動の介入研究を行った。すると介入前後ともに、膝関節の伸展の動的筋力（60度/秒時）と普通歩行速度との関係に共通した傾向が見られた。それは、筋力が48 Nm以上の集団では回帰の正の

勾配が小さく、48 N m以下の集団では正の勾配が大きいことであった。そして、介入後、48 N m以下の集団はそれ以上の集団と比較して、歩行速度が有意に改善されたことを報告している。

このように、歩行速度と下肢の筋力との関係について、先行研究では一致した結果は得られていない。その原因として、下肢の筋力水準によって筋力が歩行速度に影響を及ぼす程度が異なることを示唆している。

2) 柔軟性

動作学的研究では、加齢に伴う歩行の変化として、普通歩行時の股関節の伸展および足関節の背屈の運動範囲の減少が観察されてきた^{26, 29, 33, 34, 46, 47, 56, 61, 67, 86, 88)}。また、関節可動域が抑制されている障害患者において、股関節および膝関節の屈曲位への拘縮と足関節の尖足位への拘縮が、歩行速度の低下に関与すると報告されている^{36, 82)}。しかし、健康な高齢者を対象に歩行速度と柔軟性との関連を検討した報告は、比較的少ない^{1, 25, 41, 47, 67)}。

Duncanら²⁵⁾は、歩行速度の異なる3群において、速度の遅い群ほど足関節の背屈および膝関節の屈曲の関節可動域が有意に小さいことを報告している。また、Niggら⁶⁷⁾が、20~79歳の男性60名および女性58名を対象に、普通歩行動作中の関節運動範囲、関節可動域および力学的変数を比較したところ、底屈および背屈の関節可動

域は、加齢に伴い 11.1 度の有意な減少を示し、同様に動作時の関節運動域にも 4.4 度の有意な減少が認められた。また、地面反力をもとに算出された力学的エネルギーから、足関節の筋力の減少が動作および関節可動域の減少と関連していることが示唆された。

3) 敏捷性

高齢者の特徴のひとつに、随意的反応時間の遅延から動作が遅くなることが知られているが⁵⁶⁾、歩行速度と敏捷性との関連を検討した報告は少ない^{25、47、53、77)}。

Lord ら⁵³⁾による 22~99 歳の女性 183 名を対象にした研究では、歩行速度と手指の単純反応時間の遅延との間に、有意な負の相関関係 ($r = -0.39$, $p < 0.01$) が示された。また、杉浦ら⁷⁷⁾は、在宅高齢者の 4 年後の追跡調査で、初年度の指タッピングが優れている者ほど 4 年後の歩行速度の低下が小さいことを報告している。さらに、57 名の女性 (48~82 歳) を対象にした研究⁴⁷⁾では、普通および最大歩行速度と座位ステッピングとの間に有意な正の相関関係 (普通: $r = 0.486$, $p < 0.001$ 、最大: $r = 0.516$, $p < 0.001$) が認められている。

4) 平衡性

歩行速度の低下の要因のひとつに平衡性の低下を挙げる報告も、幾つか見られる^{39、40、41、47、49、53、77、80)}。

伊東ら⁴⁰⁾が、61～85歳の男女23名を対象に、最大歩行時の速度、歩幅および歩調と、重心動揺、握力および年齢を重回帰分析をしたところ、歩調の低下は、重心動揺が最大の要因であることが認められた。また、60～99歳の神経疾患がないと診断された男女71名を対象にした研究³⁹⁾において、歩行速度は、静的バランスの測定値である姿勢の揺れの増加と有意な負の相関関係 ($r = -0.59$, $p < 0.001$) にあることが示されている。さらに、杉浦ら⁷⁷⁾は、在宅高齢者の4年間の追跡調査で、初回調査時の開眼片足立ちが優れている者ほど4年後の歩行速度の低下が小さいことを報告した。

5) 全身持久性

歩行速度の低下の要因として全身持久性の機能低下を挙げる研究者も少なくない^{5、10、19、57、74、79、80)}。

たとえば、Cunninghamら¹⁹⁾は、19～66歳男性を対象に自己調節による4種類の歩行速度（ゆっくり、普通、速く、出来るだけ速く）と、身長、体重、肥満度（皮脂厚）、最大酸素摂取量（以下 Vo2max と略）および年齢との関連を検討したところ、年齢は「速く」と「出来るだけ速く」に有意な相関関係がみられたのに対し、Vo2maxは、「普通」より速い3つの速度との間に有意な相関関係が認められた。しかも、身長、体重および肥満度を加えた重回帰分析の結果、歩行速度の低下の要因は、年齢よりも Vo2max の方が強い関係にあるこ

とを示した。また、20～59歳の男性を対象にした普通歩行時の呼吸循環器応答に対する研究¹⁰⁾では、普通歩行時の%Vo2maxは高齢群ほど高く、加齢に伴うVo2maxの低下が歩行速度の低下の要因のひとつであることが示唆された。しかし、これらの研究では70歳を越える高齢者は含まれていなかった。

歩行速度と体力との関連を報告した先行研究では、主に、体力要素の一部だけが測定され、歩行速度の低下に影響を与える体力の要因が個々に指摘されてきた。なかでも、高齢者の歩行速度の低下の主たる要因が、下肢の筋力の低下にあると指摘する報告が数多く見られるが、歩行速度と下肢の筋力との間に関連が見られなかったとする報告も幾つかある。このような結果の相違に対し、下肢の筋力には歩行速度が急激に低下する閾値の存在を示唆する報告が見られ、下肢の筋力水準により歩行速度の低下に影響を及ぼす体力要因が異なることが予想される。しかし、先行研究では歩行速度と筋力との関係にのみ焦点が当てられているため、歩行速度の低下に関わる他の要因との関連については不明である。したがって、歩行速度の低下の要因として、筋力だけでなく他の体力要因についても同時に検討する必要があると思われる。

第3章 研究方法

第1節 被験者

70歳以上の在宅女性で、以下の3つの条件を全て満たす63名を対象とした。すなわち、芳賀らのADL尺度(付表1)³²⁾の全項目で「自立」と評価され、体力測定により悪化が予想される内科的・整形外科的問題がなく、かつ本研究の目的および研究の内容について承諾の得られた者(付表2)に限った。なお、加齢に伴う体力、歩行能力などの低下率の基準を得るため、20歳代の病院に勤務する健康な女性9名についても同様な測定を行った。

被験者の年齢、身長および体重を、表1に示した。高齢女性の身長および体重の平均を年代別に見ると、75～79歳(n=27)が147.4cmおよび52.9kg、80歳以上(n=34)が145.3cmおよび47.2kgであった。これらの値は、平成8年度国民栄養調査成績⁵²⁾による、75～79歳の144.4cmおよび47.7kg、ならびに80歳以上の143.4cmおよび45.2kgに比較して、いずれも高い傾向にあった。しかし、比較的多数の高齢の日本人女性を対象に体力測定を行った先行研究^{22、49、59、65)}に見られる、75～79歳の145～148.2cmおよび47.7～50.3kg、ならびに80歳以上の142.2～147.6cmおよび42.9～46.9kgと比較して、75～79歳で体重がやや高い傾向にあったことを除いて、ほぼ同一の

範囲内にあった。また、若年女性は、同年齢層の一般人⁵²⁾の範囲内の集団であった。

第2節 歩行能力の測定

歩行能力を評価するための条件は、Basseyら⁵⁾に従って、日常歩いている速さで歩く「普通歩行」^{46、47、56、63)}、および出来る限り速く歩く「最大歩行」^{46、47、56、63)}とした。

歩行距離は10mとし、直線コース^{47、63)}を用いて、普通および最大歩行の順に、それぞれ3回ずつ所要時間(秒)を測定した。なお、普通歩行は3回の平均時間を、最大歩行は、予備実験で1回目の所要時間が有意に遅かったことから、最短時間をそれぞれ採用した。そして、得られた時間から各歩行速度(m/秒)を求めた。

すべての測定は、ゴム底の靴を履いて屋内の平らな床で行った。

第3節 体力測定

被験対象とした体力要素は、歩行能力に関連していると示唆されている^{35、44、46、56)}、筋力、柔軟性、敏捷性および平衡性の4つとした。

1) 筋力

筋力は、等速性運動装置(CybexII: Lumex社製)を用いて下肢の

動的筋力を測定した。

測定した筋力は、歩行において第一に重要となる筋群¹³⁾と指摘されている股関節の伸展および外転筋群、膝関節の伸展筋群ならびに足関節の底屈筋群とした。

股関節の伸展は仰臥位、股関節の外転は横臥位、膝関節の伸展は座位および足関節の底屈は伏臥位で、それぞれ標準的な手順⁵⁴⁾に従って測定を行った。運動速度は、股関節の伸展および足関節の底屈筋群では30度/秒、股関節の外転筋群では15度/秒、膝関節の伸展筋群では30および60度/秒とし、右または左足から、それぞれ3回ずつ両足について行った。なお、測定の順序による影響を避けるため、試行順序は無作為とした。

発揮されたトルクは、等速性運動装置から出力され、ペン書き記録器（Lumex社製）に記録された。そして、各測定における最大振幅を、振幅—トルク関係式に代入して左右の最大トルクを求め、それらの平均値を各筋群の動的筋力とした。

2) 柔軟性

日本整形外科学会および日本リハビリテーション医学会の測定法⁷⁸⁾に準じた自動運動による下肢の関節可動域（Range of motion：以下ROMと略）を測定した。

測定部位は、股関節の伸展・屈曲・外転位、膝関節の伸展・屈曲

位、および足関節の底屈・背屈位とした。

股関節の伸展および屈曲のROMは、基本軸を体幹の平行線にとり、移動軸は大腿骨とし、伸展は伏臥位にて膝関節を伸展位で、屈曲は仰臥位にて膝関節を屈曲位で行った。また、股関節の外転のROMは、基本軸を両側の上前腸骨棘を結ぶ線への垂直線にとり、移動軸は大腿中央線とし、横臥位で行った。そして、膝関節の伸展および屈曲のROMは、基本軸を大腿骨にとり、移動軸は腓骨で、股関節を屈曲位で行った。さらに、足関節の底屈および背屈のROMは、基本軸を腓骨への垂直線にとり、移動軸は第5中足骨で、膝関節を屈曲位で行った。

なお、測定は東大式角度計を用いて、1人の験者によって、5度刻みで片足ずつ両足について行われ、評価値は左右の各関節の可動域の平均値とした。

3) 敏捷性

敏捷性の評価³⁸⁾には全身反応時間^{22, 65)}を用いた。測定は垂直方向ひずみ盤、動ひずみ測定器およびペン書き記録器（いずれも竹井機器社製）を用いて行った。

被験者をひずみ盤上に膝関節を軽く曲げて立たせ、前方約2mに設置した光刺激に対して出来るだけ速くひずみ盤上より垂直に跳び離れるように指示した。記録器から得られたデータをもとに、全身

反応時間を、刺激が与えられてから動作が開始するまでの神経反応時間、および動作が開始されて足がひずみ盤から離れるまでの筋収縮時間とに分けて求めた。なお測定は、方法に十分熟知させた上で5回行い、最大および最小値を除いた3回の平均値を記録とした。

4) 平衡性

平衡機能は、文部省の平成10年度、高齢者新体力テスト試行実施要項に従って開眼片足立ちを測定することによって評価した⁶⁰⁾。

被験者はまず支持足を決めるために、両手を腰に当てて素足で床の上に立ち、片足立ちを左右について行った。その後、両手を腰に当て「片足を挙げて」の合図で支持足による片足立ちの姿勢をとり、その持続時間を秒単位で2回測定し、良い方の記録を採用した。ただし、最長120秒で打ち切った。

第4節 統計処理

高齢および若年女性のそれぞれの測定値の平均値および標準偏差を算出した。両者の平均値の差の有意差を検定するために、等分散であるときは対応のない Student's t-test を、等分散でない場合は Welch's t-test を用いた²³⁾。高齢女性の年齢と歩行能力との関係について、回帰式および相関係数を求めた²³⁾。

高齢女性の歩行速度、体力、年齢、身長および体重の関連を解析

するため、各変数間の相関係数を求めた。また、高齢女性の歩行速度に影響を及ぼす要因を選出するために、重回帰分析を行った²³⁾。

いずれも、有意水準は危険率5%未満とした。

第4章 研究結果

第1節 歩行能力

2つの歩行条件における被験者の歩行能力テストの結果を表2に示した。高齢女性の普通および最大歩行速度は若年女性と比較して43%および46%低く、その差はいずれも統計的に有意であった($p < 0.01$)。

また、高齢女性において得られた普通および最大歩行速度の値を年齢に対して目盛る(図1)と、いずれも年齢と歩行速度との関係が直線的に有意な低下が示された(普通： $y = -0.017x + 2.2$, $r = -0.357$, $p < 0.01$ 、最大： $y = -0.028x + 3.4$, $r = -0.408$, $p < 0.01$)。

第2節 体力

被験者の体力測定の結果を表3に示した。高齢女性の下肢のそれぞれの筋力は、若年女性と比較しておよそ50~60%低く、その差は統計的に有意であった($p < 0.01$)。また、ROMにおいては、特に股関節の伸展が84%と低く、股関節の外転・屈曲、膝関節の伸展および足関節の各ROMにおいても有意に低い値が示された($p < 0.01$)。しかし、膝関節の屈曲のROMにおいては、若年女性との間に有意な差は認められなかった。

全身反応時間を構成する神経反応時間および筋収縮時間は、若年女性と比較していずれも 50%遅く、その差は統計的に有意であった ($p<0.01$)。さらに、開眼片足立ちにおいても、全ての測定項目の中で最大の 89%低い有意な差が認められた ($p<0.01$)。

高齢女性の年齢と各体力との相関係数を表 4 に示した。筋力では、股関節の伸展・外転および膝関節の伸展において、年齢との間にそれぞれ有意な負の相関関係が得られた ($p<0.01$) が、足関節の底屈筋力には有意な相関が認められなかった。また、ROMについては、股関節の伸展だけが年齢との間に有意な負の相関関係が認められた ($p<0.01$)が、股関節の屈曲・外転および膝関節・足関節の各ROMには、有意な関係は示されなかった。さらに、全身反応時間および神経反応時間において、年齢との間に有意な正の相関関係が得られた ($p<0.05$ および $p<0.01$)が、筋収縮時間には有意な関係は認められなかった。

開眼片足立ちについては年齢との間に統計的に有意な相関関係は認められなかった。

第 3 節 歩行速度と体力

高齢女性の普通および最大歩行速度、各体力要素、年齢、身長および体重の相関行列を表 5 に示した。

2条件の歩行速度には、全ての筋力との間にそれぞれ有意な正の相関関係が認められた ($r=0.596\sim 0.726$, $p<0.01$)。また、股関節の伸展・屈曲・外転、および足関節の背屈の各ROMとの間には、それぞれ有意な正の相関関係が認められた ($r=0.290\sim 0.553$, $p<0.05$ および $p<0.01$)。また、有意な負の相関関係が、両歩行速度と神経反応時間および筋収縮時間との間にそれぞれ認められた (神経反応時間: $r=-0.637\sim -0.694$, $p<0.01$ 、筋収縮時間: $r=-0.427\sim -0.461$, $p<0.01$)。

開眼片足立ちでは、最大歩行速度との間に有意な正の相関関係が示された ($r=0.290$, $p<0.05$) が、普通歩行速度との間には相関が認められなかった。また、身長は、いずれの歩行速度とも有意な正の相関関係を示した ($p<0.05$)。さらに、体重ならびに膝関節の伸展・屈曲および足関節の底屈のROMと歩行速度との間には、どちらの歩行速度にも有意な相関が見られなかった。

そこで、各歩行速度と有意な相関関係が認められた変数を独立変数にして、それぞれの歩行速度に対する重回帰分析を行い、選出された項目の寄与率を表6に示した。なお、各歩行速度と筋力およびROMとの間には、それぞれ複数の有意な相関関係 (表5参照) が得られているので、相関が得られた筋力およびROMの絶対値の合計値 (以後、それを「下肢の筋力」および「下肢のROM」と称す)

を独立変数として用いた。

2つの歩行速度は、ともに下肢の筋力が最大の寄与率を示し、年齢は歩行速度を説明する変数には選ばれなかった。

図2に、下肢の筋力と各歩行速度との関係を示した。いずれの関係も直線的に有意な正の回帰を示した($p < 0.01$)。しかし、いずれの分布も、歩行速度の遅速あるいは下肢の筋力の高低により等分した付近を境に、筋力と歩行速度との関係が異なった勾配を持つ2つの直線回帰で示される傾向にあった。そこで、高齢女性の各歩行速度を上位および下位に等分し、有意に速度の異なる2群($p < 0.01$)に対し、各歩行速度と有意な相関関係が認められた変数を独立変数として2条件の歩行別に寄与率を求め、表7に示した。

いずれの歩行条件においても、歩行速度の「速い」群では下肢の筋力が最大の貢献度を示したが、「遅い」群においては、神経反応時間が歩行速度を最も説明する要因であった。

第5章 考察

第1節 歩行速度と体力との関係

本研究の高齢女性（ 80.5 ± 3.9 歳）において測定された普通歩行速度は、 0.86 ± 0.18 m/秒であった。在宅の高齢女性を対象にした先行研究では、 77.0 ± 3.0 歳の普通歩行速度が 0.96 m/秒⁴⁷⁾、 76.6 ± 7.1 歳で 0.98 m/秒⁶³⁾、 $75 \sim 79$ 歳で 0.95 m/秒⁷⁷⁾、 80 歳以上で 0.90 m/秒⁷⁷⁾ などが記録されている。したがって、本研究の高齢女性の普通歩行速度は先行研究に比べやや遅い傾向にあったと言える。さらに、本研究の高齢女性の最大歩行速度は 1.21 ± 0.27 m/秒で、先行研究の 1.21 m/秒（ 77.0 ± 3.0 歳）⁴⁷⁾、 1.23 m/秒（ 76.6 ± 7.1 歳）⁶¹⁾、 1.38 m/秒（ $75 \sim 79$ 歳）あるいは 1.25 m/秒（ $80 \sim 84$ 歳）⁶⁶⁾ とほぼ同一範囲内であった。

また、本研究の若年女性（ 22.4 ± 2.0 歳）の普通および最大の平均歩行速度は、 1.51 および 2.22 m/秒であった。20歳代女性を対象とした先行研究では、普通歩行速度が 1.41 ± 0.25 ⁵⁰⁾ あるいは 1.49 ± 0.12 m/秒⁷⁹⁾、最大歩行速度が $2 \sim 2.5$ m/秒⁷¹⁾ などが報告されている。したがって、本研究の若年女性の歩行速度も、先行研究とほぼ同じ範囲内であったと言える。

本研究において普通および最大歩行速度は、若年女性と比較して

高齢女性では 43 および 46% 遅く、高齢女性の年齢範囲内（74～88 歳）においても、加齢に伴い直線的に有意に低下する傾向が示された。60～98 歳の女性を対象に本研究と同様の方法で普通および最大歩行速度を測定した報告⁶³⁾でも、年齢との間に有意な負の相関関係（普通： $r = -0.470$, $p < 0.01$ 、最大： $r = -0.521$, $p < 0.01$ ）が認められている。また、Himann ら³⁵⁾は、19～102 歳の男性 289 名および 22～95 歳の女性 149 名を対象に、「遅い」、「普通」および「速い」の 3 つの条件の歩行速度が、両性ともおよそ 62 歳を境にして、それ以前では緩やかに、それ以降では著しく加齢に伴って低下することを報告している。その他にも、加齢に伴い歩行速度が低下することは、多くの先行研究で認められている^{12、19、24、29、33、35、41、47、61、62、69)}。しかし、本研究の年齢と各歩行速度との相関関係は、普通歩行 $r = -0.357$ および最大歩行 $r = -0.408$ と、いずれも年齢からは 13% および 17% しか歩行速度を説明できない。さらに、本研究を始めとして年齢と各歩行速度との間には分布のばらつきが大きく^{7) 9) 11) 12)} 19)、歩行速度の低下には年齢以外の要因の関与が予想される。

一般に、体力は加齢に伴って低下することが知られていて、その低下の過程は各体力要素の構成基盤となっている生理機能によって異なることが指摘されている^{48、50、55、76)}。本研究の高齢女性は、若年女性と比較して膝関節の屈曲の ROM を除く全ての項目において

有意に低い値を示した。また、本研究の若年女性を基準として高齢女性の測定値を低下率で見ると、筋力が50~60%、全身反応時間の構成要素である筋収縮時間および神経反応時間がともにおよそ50%、開眼片足立ちが89%を示した。また、ROMでは、部位による差が大きく、股関節の伸展の84%減が最大で、足関節の背屈の43%がそれに次いでいた。万井ら⁵⁵⁾は、老化の速度が平衡性や筋持久力に関わる運動能力では速く、筋力では遅いことを報告している。また、衣笠ら⁵⁰⁾は18~83歳の男性150名を対象に体力測定を行い、20歳代を基準として80歳代の運動能力の低下率を示し、膝伸展の静的筋力が43%、指タッピングおよび単純反応時間が30%以内、立位時の重心動揺面積が182%および体前屈が79%の低下率を示したことを報告している。渡辺ら⁸⁴⁾は、加齢に伴う下肢の関節可動域の変化の特徴として、股関節の伸展・屈曲および足関節の底屈・背屈の各可動域が狭くなり、足関節の背屈においてその程度が著明であることを示している。さらに、浅井ら⁴⁾は、60歳以上の高齢男女を対象に下肢のROMを測定し、60歳代は、20歳代と比較して下肢のROMの有意な減少は認められないが、70歳以上の女性は、20および60歳代と比較して、股関節の伸展が有意に減少することを報告している。したがって、本研究の高齢女性における各体力要素の低下の傾向は、これまでの高齢者を対象とした先行研究とほぼ一致する

結果が得られたと考えられる。

表5に示したように、歩行速度と体力との関係は、いずれの歩行速度にも、多くの項目に有意な正あるいは負の相関関係が認められた。そして、どちらの歩行速度も、他の体力と比較して、筋力が最も高い相関関係を示した。Bohannonら¹¹⁾は、50~79歳の男女を対象に、普通および最大歩行速度と下肢の静的筋力（股関節の屈曲・外転、膝関節の伸展・屈曲および足関節の背屈）との関連について研究した結果、普通歩行速度では、股関節の屈曲・外転および膝関節の屈曲、最大歩行速度では、股関節の屈曲・外転および膝関節の伸展・屈曲に有意な正の相関関係($r=0.233\sim 0.220$)を示したので、歩行速度に影響を与える要因として身長と下肢の筋力を挙げている。その後の研究¹²⁾で、20~79歳の男女を対象に、年齢($r=0.210$)や身長($r=0.220$)よりも強い相関関係が、普通歩行速度では股関節の外転筋力($r=0.251$)、最大歩行速度では膝関節の伸展筋力($r=0.500$)に認められることを示した。さらに、その他の多くの先行研究において、歩行速度の低下が下肢の筋力の衰退に関連していることが指摘されている^{2、7、8、9、11、12、15、16、27、28、31、41、42、43、53、73、85)}。本研究の結果からも、これらの先行研究の結果と同様に、高齢女性の歩行速度の低下の要因には、下肢の筋力の衰退が最も強く関連していると考えられた。

第2節 歩行速度の低下に及ぼす要因

本研究において普通および最大の歩行速度は、他の体力要素と比較して、下肢の筋力と最も高い相関関係を示したが、股関節の伸展ROMあるいは神経反応時間にも同程度の高い相関関係が認められた。そこで、重回帰分析を行ったところ、本研究の高齢女性の普通および最大歩行速度に影響を与える主要因としては、下肢の筋力が選出された（表6参照）。つまり、下肢の筋力と歩行速度との正の関係が最も強く歩行速度を説明したことになり、本研究の高齢女性の歩行速度の低下の主たる要因が下肢の筋力の衰退にあることが認められたことになる。

その結果、当然のことながら、図2のように、下肢の筋力の合計値と各歩行速度との関係は、いずれも有意な正の直線関係を示した。しかし、いずれも歩行速度の速い集団では筋力に対する直線回帰の正の勾配が緩やかであるのに対して、遅い集団では正の勾配が大きくなる傾向が見られた。Ferrucciら²⁷⁾は、65歳以上の女性1002名の普通歩行速度と股関節の屈曲筋力との関係を図示し、歩行速度の遅い集団に、直線回帰から逸脱する分布が見られることを報告している。さらに、Buchnerら¹⁵⁾は、60~96歳の男女409名の下肢の動的筋力と普通歩行速度との関係を直線回帰に当てはめるより、上に凸の2次曲線に当てはめた時の方が、決定係数を5%増加させるこ

とを報告している。その他にも、下肢の筋力と歩行速度との非直線的な関係を支持する先行研究が幾つか見られる^{43, 73, 85)}。本研究でも、上に凸の2次回帰は、1次回帰と比較して、いずれの歩行速度も統計的に有意ではないが、2%程度決定係数を増加させる。したがって、歩行速度の速い群と遅い群に分けた場合、歩行速度と筋力あるいは他の体力要因との関係が異なることが予想される。

そこで、各歩行速度の遅速により、上位および下位に等分し、「速い」および「遅い」群に分けて、別々に歩行速度に影響を及ぼす要因を選出した。その結果、いずれの歩行条件でも、「速い」群では、歩行速度の低下を最も強く説明する要因として下肢の筋力の衰退が選出された。しかし、「遅い」群では下肢の筋力よりも神経反応時間の遅延がより大きな要因として選出された（表7参照）。

これまで歩行速度と敏捷性との関連については、Lordら⁵³⁾による22~99歳の女性183名を対象にした研究で、歩行速度と手指の単純反応時間との間に有意な負の相関関係が示されている。また、杉浦ら⁷⁷⁾は、在宅高齢者の4年後の追跡調査で、初年度に指タッピングが優れていた者ほど4年後の歩行速度の低下が小さいことを報告している。しかし、先行研究において、歩行速度の低下に影響を及ぼすその他の要因に対しては十分な検討はなされてこなかった。

また、本研究における下肢の筋力と歩行速度との関係は、一見す

ると歩行速度に対する筋力の影響が、速度の速い群では小さく、遅い群ほど次第に大きくなるように推察できる（図2参照）。さらに、下肢の筋力と歩行速度との非直線的な関係を支持する研究者達は、下肢の筋力が比較的衰退している歩行速度の遅い高齢者ほど、わずかな筋力の衰退が大きな歩行速度の低下を導くと考えている^{15, 27, 43, 73}。しかし、本研究の2群別の速度低下に対する寄与率は、歩行速度の速い群では筋力の衰退が、遅い群では筋力の衰退以上に神経反応時間の遅延が重要な要因であることを示し、先行研究の主張と異なる結果となった。その原因として、先行研究では歩行速度の低下の要因として下肢の筋力だけが用いられていて、他の速度低下に関わる要因については検討されていなかったことが考えられる。

さらに、歩行を含めた運動は、絶え間なく筋の収縮および弛緩を繰り返して、関節を動かしたり、固定することによって行われている⁶⁴が、そのためには筋の働きを促進あるいは抑制する中枢および末梢の神経機能が基盤となっている。しかし、加齢に伴って、脳の萎縮⁵⁸、脊髄運動ニューロンおよび末梢の神経繊維の数の減少^{17, 64, 81}、運動終板やシナプスにおける信号到達の効率の低下⁶⁴など中枢および末梢の神経機能が低下することが報告されている。これらの報告から、神経反応時間の遅延が加齢に伴う神経機能の衰えを反映しているとする、歩行速度の遅い群の速度低下には、加齢に

伴う神経系の機能低下が強く関与して、さらに下肢の筋力が衰退したものと推測される。

要約すると、加齢に伴う高齢者の歩行速度の低下の主たる要因は、下肢の筋力の衰退にあるが、特に歩行速度の遅い高齢者においては、神経系の機能低下による筋への一層強い影響が示唆される。

第6章 結論

普通および最大歩行速度の低下に影響を及ぼす主たる要因を、筋力、柔軟性（ROM）、敏捷性（神経反応時間および筋収縮時間）および平衡性（開眼片足立ち）の寄与率を中心に検討した。その結果、加齢に伴う高齢女性の歩行速度の低下の要因として、下肢の筋力の衰退が主因であることが認められたが、歩行速度が比較的遅い高齢者においては、神経系の機能低下がさらに筋力の減退に強く影響していることが示唆された。

第7章 要約

- 1) 本研究の目的は、70～80歳代の自立している高齢女性63名を対象に、歩行速度の低下に及ぼす主たる体力要因を明らかにすることであった。
- 2) 歩行能力は、10mの直線コースでの「普通」および「最大」歩行速度を評価した。
- 3) 歩行速度の低下に影響を与える要因と考えられている筋力（股関節の伸展・外転、膝関節の伸展および足関節の底屈に関する動的筋力）、柔軟性（股関節の伸展・屈曲・外転、膝関節の伸展・屈曲および足関節の底屈・背屈のROM）、敏捷性（全身反応時間）および平衡性（開眼片足立ち）について測定を行った。
- 4) 高齢女性の「普通」および「最大」歩行速度は、いずれも加齢に伴い有意な低下が示された（普通歩行： $y = -0.017x + 2.2$, $r = -0.357$, $p < 0.01$ 、最大歩行： $y = -0.028x + 3.5$, $r = -0.408$, $p < 0.01$ ）。
- 5) 重回帰分析の結果、高齢女性の歩行速度（普通および最大）の低下に及ぼす主たる体力要因は、下肢の筋力の衰退にあった。
- 6) 2条件の歩行において、歩行速度の遅速により高齢女性を2分して分析した結果、歩行速度に対する寄与率は、「速い」群においては下肢の筋力が、また「遅い」群では神経反応時間がそれぞれ最

も高かった。

7) 以上の結果から、高齢女性における歩行速度の低下は下肢の筋力の衰退が主因であるが、歩行速度が比較的遅い高齢者においては、加齢に伴う神経系の機能低下が、さらに筋力の減退に強く影響していることが示唆された。

謝辞

稿を終えるにあたり、被験者のメデイカルチェックおよび測定会場を提供して頂いた医療法人芳仁会海村昌和医院長、海村孝子医師、ならびに被験者としてご協力頂いた皆様に、深く感謝の意を表します。

引用文献

- 1) Alexander, N. B : Gait disorders in older adults. *J. Am. Geriatr. Soc.* 44 : 434-451 (1996)
- 2) Aniansson, A., A. Rundgren and L. Sperling: Evaluation of functional capacity in activities of dailiy living in 70-year-old men and women. *Scand. J. Rehab. Med.* 12 : 145-154 (1980)
- 3) 荒尾 孝 : 高齢者の身体的活動能力の実態とその維持増進. 体力研究 92 : 1-20 (1996)
- 4) 浅井 仁, 藤原勝夫, 宮口義明 : 高齢者の体格及び下肢の柔軟性. 金沢経済大学人間科学研究所 12 : 15-23 (1994)
- 5) Bassey, E. J., P. H. Fenten, I. C. Macdonald and P. M. Scriven : Seif-paced walking as a method for exercise testing in elderly and young men. *Cli. Sci. Molec. Med.* 51 : 609-612 (1976)
- 6) Bassey, E. J., I. A. Macdonald and J. M. Patrick: Factors affecting the heart rate during self-paced walking. *Eur. J. Appl. Physiol.* 48 : 105-115 (1982)
- 7) Bassey, E. J., M. J. Bendall and M. Pearson : Muscle strength in the triceps surae and objectively measured customary walking activity in men and women over 65years of age. *Clinical Science* 74 : 85-89 (1988)
- 8) Bassey, E. J., M. A. Fiatarone, E. F. O'neill, M. Kelly, W. J. Evans and L. A. Lips-itz : Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clinical Science* 82 : 321-327 (1992)
- 9) Bendall, M. J., E. J. Bassey and M. B. Person : Factors affecting walking speed of elderly people. *Age and Ageing* 18 : 327-332 (1989)
- 10) Blessey, R. L., H. J. Hislop, R. L. Waters and D. Antonelli : Metabolic energy cost of unrestrained walking. *Phys. Ther.* 56 : 1019-1024 (1976)
- 11) Bohannon, R. W., A. W. Andrews and M. W. Thomas: Walking speed: reference values and correlates for older adults. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 24 : 86-90 (1996)

- 12) Bohannon, R. W : Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years:reference values and determinants. *Age and Ageing* 26 : 15-19 (1997)
- 13) Brown, M., D.R. Sinacore and H.H. Host : The relationship of strength to function in the older adult. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 50A : 55-59 (1995)
- 14) Buchner, D.M., and B. J. deLateur : The importance of skeletal muscle strength to physical function in older adults. *Ann. Behav. Med.* 13 : 91-98 (1991)
- 15) Buchner, D. M., E. B. Larson, E. H. Wagner, T. D. Koepsell and B. J. de Lateur : Evidenve for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. *Age and Ageing* 25 : 386-391 (1996)
- 16) Buchner, D.M., M.E. Cress, P. C. Esselman, A. J. Margherita, B. J. deLateur, A. J. Campbell and E.H. Wabner : Factors associated with changes in gait speed in older adults. *J. Gelontol. Med. Sci.* 51A : M297-M302 (1996)
- 17) Cartee, G.D. : Aging skeletal muscle : response to exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Vol.22 (Holloszy, J. O. ed), pp.91-120, Williams & Wilkins (1994) , トレーニング科学研究会 : トレーニング科学ハンドブック. 朝倉書店 : 東京, pp.346-347 (1997) より引用
- 18) Craik, R. L., W. Inverso, D. Soucy and B. Dawkins : The influence of aging on walking behavior. *Phys. Ther.* 63 : 757-760 (1983) , Marjorie, H. W., and A. Shumway-Cook (矢部京之助監訳) : 姿勢と歩行の発達. 大修館 : 東京, pp.163-184 (1996) より引用
- 19) Cunningham, D. A., P. A. Rechnitzer, M. E. Pearce and A. P. Donner : Detrminants of self-selected walking pace across ages 19 to 66. *J. Gerontol.* 37 : 560-564 (1982)
- 20) Cunningham, D. A., D. H. Paterson, J. E. Himann and P. A. Rechnitzer : Deter - minants of independence in the elderly. *Can. J. Appl. Physiol.* 18 : 243-254

(1993)

- 21) Danneskiold-Samsoe, B., V. Kofod, J. Munter, G. Grimby, P. Schnohr and G. Jensen : Muscle strength and functional capacity in 78-81-year-old men and women. *Eur. J. Appl. Physiol.* 52 : 310-314 (1984)
- 22) 出村慎一, 中比呂志, 春日晃章, 松沢甚三郎 : 女性高齢者における体力因子構造と基礎体力評価のための組テストの作成. 体育学研究41 : 115-127 (1996)
- 23) 出村慎一 : 健康・スポーツ科学のための統計学. 大修館 : 東京 (1996)
- 24) Dobbs, R. J., A. Charlett, S. G. Bowes, C. J. A. O'neil, C. Weller, J. Hughes and S. M. Dobbs : Is this walk normal? *Age and Ageing* 22 : 27-30 (1993)
- 25) Duncan, P. W., J. Chandler, S. Studenski, M. Hughes and B. Prescott : How do physiological components of balance affect mobility in elderly men? *Arch. Phy. Med. Rehab.* 74 : 1343-1349 (1993)
- 26) Ferrandez, A. M., J. Pailhous and M. Durup : Slowness in elderly gait. *Exp. Aging. Res.* 16 : 79-89 (1990)
- 27) Ferrucci, L., J. M. Guralnik, D. Buchner, J. Kasper, S. E. Lamb, E. M. Simonsick, M. C. Corti, K. Bandeen-Roche and L. P. Fried : Departures from linearity in the relationship between measures of muscular strength and physical performance of the lower extremities: the Women's Health and Aging Study. *J. Gerontol. Med. Sci.* 52 A : M275-M285 (1997)
- 28) Fiatarone, M. A., E. C. Marks, N. D. Ryan, C. N. Meredith, L. A. Lipsitz and W. J. Evans. High-intensity strength training in nonagenarians. *J. A. M. A.* 263 : 3029-3034 (1990)
- 29) Finley, F. R., K. A. Cody and R. V. Finizie : Locomotion patters in elderly women. *Arch. Phy. Med. Rehab.* 50 : 560-564 (1969)
- 30) 深代千之, 沢井史穂, 船渡和男, 柴山 明, 若山章信, 福永哲夫 : 中高年者のレジスタンストレーニングによる歩行動作の変化. 体育科学25 : 136-140 (1997)

- 31) Gibbs, J., S. Hughes, D. Dunlop, R. Singer and R. W. Chang : Predictors of change in walking velocity in older adults. *J. Am. Geriatr. Soc.* 44 : 126-132 (1996)
- 32) 芳賀 博, 柴田 博, 松崎俊久, 安村誠司 : 地域老人の日常生活動作能力に関する追跡調査. *民族衛生* 54 : 217-233 (1988)
- 33) Hageman, P. A. and D. J. Blanke : Comparison of gait of young women and elderly women. *Phys. Ther.* 66 : 1382-1387 (1986)
- 34) Hausdorff, J. M., H. K. Edelberg, S. L. Mitchell, A. L. Goldberger and J. Y. Wei : Increased gait unsteadiness in community-dwelling elderly fallers. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 78 : 278-283 (1997)
- 35) Himann, J. E., D. A. Cunningham, P. A. Rechnitzer and D. H. Paterson : Age-related changes in speed of walking. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20 : 161-166 (1988)
- 36) 廣谷速人, 田中清介, 渡辺 良 (監修) : 整形外科シラバス 2 - 自己研修のための最新知識 -. 南江堂 : 東京, pp.103-111 (1991)
- 37) Hoeymans, N., E. M. Feskens, G. M. van den Bos and D. Kromhout : Measuring functional status: Cross-sectional and longitudinal associations between performance and self-report (Zutphen elderly study 1990-1993). *J. Clin. Epidemiol* 49 : 1103-1110 (1996)
- 38) 猪飼道夫, 浅見高明, 芝山秀太郎 : 全身反応時間の研究とその応用. *Olympia* 7 : 210-219 (1961)
- 39) Imms, F. J., and O. G. Edholm : Studies of gait and mobility in the elderly. *Age and Ageing* 10 : 147-156 (1981)
- 40) 伊東 元, 丸山仁司, 橋詰 謙, 長崎 浩, 中村隆一 : 老年者の歩行能力 - 筋力, 立位バランスとの関連 -. *リハビリテーション医学* 25 : p.239 (1988)

- 41) 岩岡研典, 田中信幸, 金田安正: 成人女性の運動能力の加齢変化とその測定に関する研究. 体育科学 24: 168-177 (1996)
- 42) 岩岡研典: 中高年女性の日常身体活動水準, 身体作業能力に及ぼすトレーニングの影響. 体育科学 25: 167-174 (1997)
- 43) Judge, J. O., M. Underwood and T. Gennosa: Exercise to improve gait velocity in older persons. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 74: 400-406 (1993)
- 44) Judge, J. O., S. Ounpuu and R. B. Davis II: Effects of age on the biomechanics and physiology of gait. *Clin. Geriatr. Med.* 12: 659-678 (1996)
- 45) Judge, J. O., K. Schectman, E. Cress and the FICSIT Group: The relationship between physical performance measures and independence in instrumental activities of daily living. *J. A. G. S.* 44: 1332-1341 (1996)
- 46) 金子公宥: 高齢者の歩行運動. *Jpn. J. Sports Sci.* 10: 729-733 (1991)
- 47) Kaneko, M., Y. Morimoto, M. Kimura, K. Fuchimoto and T. Fuchimoto: A Kinematic analysis of walking and physical fitness testing in elderly women. *Can. J. Spt. Sci.* 16: 223-228 (1991)
- 48) 木村みさか, 平川和文, 奥野 直, 小田慶喜, 森本武利, 木谷輝夫, 藤田大祐, 永田久紀: 体力診断バッテリーテストからみた高齢者の体力測定の分布および年齢との関連. 体力科学 38: 175-185 (1989)
- 49) 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 26: 103-114 (1998)
- 50) 衣笠 隆, 長崎 浩, 伊東 元, 橋詰 謙, 古名丈人, 丸山仁司: 男性 (18~83歳) を対象にした運動能力の加齢変化の研究. 体力科学 43: 343-351 (1994)
- 51) 小林寛道, 近藤孝晴: 高齢者の運動と体力. 朝倉書店: 東京, pp.57-102 (1989)
- 52) 厚生省保健医療局地域保健・健康増進栄養課生活習慣病対策室監修: 平成10年度版国民栄養の現状 (平成8年国民栄養調査成績). 第一出

- 版：東京， p.103 (1998)
- 53) Lord, S. R., D. G. Lloyd and S. K. Li : Sensori-motor function, gait patterns and fall in community-dwelling women. *Age and Ageing* 25 : 292-299 (1996)
- 54) Lumex inc : Isolated-joint testing & exercise. A handbook for using Cybex II and the U. B. X. T. USA (1980)
- 55) 万井正人 : 老化と運動機能. 医学のあゆみ 97 : 652-655 (1976)
- 56) Marjorie, H. W., and A. Shumway-Cook (矢部京之助監訳) : 姿勢と歩行の発達. 大修館 : 東京, pp.163-184 (1996)
- 57) Martin, P. E., D. E. Rothstein and D. D. Larish : Effect of age and physical activity status on the speed-aerobic demand relationship of walking. *J. Appl. Physiol.* 73 : 200-206 (1992)
- 58) 松澤大樹 : 老化と脳の萎縮. ダイヤモンド社 : 東京 (1989), 藤原勝夫, 碓井外幸, 立野勝彦 (編) : 身体機能の老化と運動訓練. 日本出版サービス : 東京, pp.116-117 (1996) より引用
- 59) 南 雅樹, 出村慎一, 佐藤 進, 春日晃章, 松沢 甚三郎, 郷司文男 : 高齢期における形態及び体力要因の加齢変化とその性差. 体力科学 47 : 601-616 (1998)
- 60) 文部省体育局 : 新体力テスト試行実施要項. 体力づくり情報 56 : 2-20 (1998)
- 61) Murray, M. P., R. C. Kory and B. H. Clarkson : Walking patterns in healthy old men. *J. Gerontol.* 24 : 169-78 (1969)
- 62) Murry, M. P., R. C. Kory and S. B. Speck : Walking patterns of normal women. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 51 : 637-650 (1970)
- 63) 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 78 : 19-24 (1991)
- 64) 長崎幸雄, 渡邊和子, 小園 知, 山本 哲, 小野塚 実 : 身体運動の加齢変化に関する神経機構について. 教育医学 41 : 268-272 (1996)

- 65) 中 比呂志, 出村慎一, 松沢 甚三郎: 高齢者における体格・体力の加齢に伴う変化及びその性差. 体育学研究 42: 84-96 (1997)
- 66) 中原凱文, 北川 淳, 樋口雄三: 高齢者の歩行速度に関する検討. デサントスポーツ医学 16: 160-170 (1995)
- 67) Nigg, B. M., V. Fisher and J. L. Ronsky: Gait characteristics as a function of age and gender. *Gait & Posture* 2: 213-220 (1994)
- 68) 日本リハビリテーション医学会: A D L 評価について. リハ医学 13: 315 (1976)
- 69) Oberg, T., A. Karsznia and K. Oberg: Basic gait parameters: Reference data for normal subjects, 10-79 years of age. *J. Rehabil. Reserch. Develop.* 30-2: 210-223 (1993)
- 70) 岡本 勉, 岡本香代子, 岡本恵美, 山下英明, 堤 博美, 後藤幸弘: 筋の働きから見た運動としての歩行. 臨床スポーツ医学 10: 849-857 (1993)
- 71) 太田壽城, 星川 保, 青木和夫, 大道 等, 吉武 裕: 歩数計の利用. 平成4年度健康情報調査報告書: 4-32 (1992)
- 72) Potter, J. M., A. L. Evans and G. Duncan: Gait speed and activities of daily living function in geriatric patients. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 76: 997-999 (1995)
- 73) Rantanen, T., and J. Avela: Leg extension power and walking speed in very old people living independently. *J. Gerontol. Med. Sci.* 52A: M225-M231 (1997)
- 74) Satrawbridge, W. J., G. A. Kaplan, T. Camacho and R. D. Chen: The dynamics of some recent reserch. *J. Am. Geriatr. Soc.* 40: 799-806 (1992)
- 75) Seeman. T. E., P. A. Charpentier, L. F. Berkman, M. E. Tinetti, J. M. Guralnik, M. Albert, D. Blazer and J. W. Rowe: Predicting changes in physical performance in a high-functioning elderly cohort: MacArthur studies of successful aging. *J. Gelontol. Med. Sci.* 49: M97-M108 (1994)

- 76) Shephard, R.J. : Physical activity and aging. 2nd ed., Croom Helm : London (1987) , 青木純一郎, 堀田 昇, 石河利寛 : 高齢者の反応時間. 体育科学 19 : 67-72 (1991) より引用
- 77) 杉浦美穂, 長崎 浩, 古名丈人, 奥住秀之 : 地域高齢者の歩行能力 - 4年間の縦断的变化 -. 体力科学 47 : 443-452(1998)
- 78) 寺山和雄, 広畑和志 : 標準整形外科学第6版. 医学書院 : 東京, pp.95-100 (1997)
- 79) 徳田哲男, 丸山仁司, 中山彰博, 梶村由美子 : トレッドミル歩行と屋外歩行における老年者の歩行の特性. 人間工学 20 : 161 - 169 (1984)
- 80) 徳田哲男 : 歩行 - 基礎から臨床まで -. 理作療法 20 : 347-352 (1986)
- 81) Tomlison, B.E. and D.Irving : The numbers of limb motor neurons in the human lumbosacral cord throughout life. *J. Neurol. Soc.* 34 : 213- 219 (1977)
- 82) 津山直一, 黒川高秀 (監修) : 整形外科クルズス (改訂第3版). 南江堂 : 東京, pp.68-69 (1997)
- 83) 渡部和彦, 塩川満久, 宮川 健 : 高齢者の歩行調節機能に関する研究 II. - 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 20 : 104-109 (1992)
- 84) 渡辺英夫, 尾方克己 : 健康日本人における四肢関節可動域について - 年齢による変化 -. 日整会誌. 53 : 275-291 (1979)
- 85) Wolfson, L., J. Judge, R. Whipple and M. King : Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 50A : 64-67 (1995)
- 86) 山本明美, 森本剛史, 淵本隆文, 金子公宥 : 加齢に伴う歩行能力の退行. *J. J. Sports Sci.* 14 : 445-450 (1995)
- 87) 安田誠史, 三野善央, 久繁哲徳, 大原啓志, 豊田 誠, 大平昌彦 : 地域在宅高齢者野日常生活動作能力の低下に関連する生活様式. 日本公衛誌 9 : 675-681 (1989)

88) 吉澤正伊, 中田久美子, 熊本水頼, 岡本 勉: 加齢による歩容変化の
動作筋電図学的研究. *J.J.Sports Sci.* 8: 134-141 (1989)

Fitness-related factors associated with changes
in walking speed in elderly women

Kohji TAINAKA

Summary

- 1) The purpose of the present study was to elucidate the relation between the deterioration of walking speed and physical fitness.
- 2) Sixty-three elderly women (80.5 ± 3.9 years old) volunteered to participate as the subjects.
- 3) Walking speeds at the normal and the fast speeds on a 10m straight course, muscular strength, flexibility, agility and balance were measured.
- 4) Walking speed decreased in inverse proportion to aging and it was mostly depended on the lower extremity muscle strength.
- 5) Two groups divided according to the walking speed showed the different results ; in the "fast" walking group the highest contribution factor was lower extremity muscle strength, but it was the delay of nerve reaction time in the "slow" walking group.

6) From these results, it was clarified that the main factor of the deterioration of walking speed in elderly women was the decline of lower extremity muscle strength, and it was suggested in slower walkers the decrease of muscular strength related to walking would be so much affected by the functional decline of nervous system.

Table 1 . Age, height and weight of the subjects

	n	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)
Elderly women	63	80.5 ± 3.9	146.4 ± 5.2	49.9 ± 7.7
Young women	9	22.4 ± 2.0	160.4 ± 6.1	51.1 ± 4.7

(mean±SD)

Table 2. Walking speed of elderly and young women

(mean±SD)

	n	Walking speed (m/sec)	
		normal	fast
Elderly women	63	0.86 ± 0.18 **	1.21 ± 0.27 **
Young women	9	1.51 ± 0.12	2.22 ± 0.20

Elderly vs Young, ** : p<0.01

Table 3. Physical fitness of elderly and young women

Variables	(mean±SD)	
	Elderly women n=63	Young women n=9
Muscular strength (Nm)		
hip extension (30° /sec)	45.3 ± 15.09 **	105.5 ± 15.71
hip abduction (15° /sec)	30.4 ± 12.43 **	68.1 ± 13.35
knee extension (60° /sec)	39.7 ± 15.38 **	99.7 ± 11.57
knee extension (30° /sec)	54.6 ± 18.77 **	107.3 ± 9.66
ankle planter Flexion (30° /sec)	23.0 ± 9.25 **	57.8 ± 10.51
ROM (°)		
hip extension	4.9 ± 4.61 **	30.3 ± 4.32
hip flexion	112.5 ± 10.67 **	127.8 ± 7.21
hip abduction	33.4 ± 5.31 **	43.6 ± 2.91
knee extenstion	-1.3 ± 2.47 **	0.0 ± 0.00
knee flexion	139.0 ± 9.06	144.7 ± 7.86
ankle planter flexion	51.2 ± 3.61 **	61.1 ± 3.93
ankle dorsiflexion	11.4 ± 4.69 **	20.0 ± 5.27
Whole body reaction time (msec)		
nerve reaction time	506.6 ± 108.82 **	335.5 ± 21.94
muscle contraction time	223.5 ± 62.89 **	146.7 ± 15.85
	283.1 ± 59.57 **	188.7 ± 16.99
Open-eyes one foot balance (sec)	12.9 ± 10.73 **	120.0 ± 0.00

Elderly vs Young, ** : p<0.01

Table 4. Correlation between age and
physical fitness for elderly women

Variables	r
Muscle strength	
hip extension (30° /sec)	-0.361 **
abduction (15° /sec)	-0.381 **
knee extension (60° /sec)	-0.370 **
extension (30° /sec)	-0.368 **
ankle planter Flexion (30° /sec)	ns
ROM	
hip extension	-0.428 **
flexion	ns
abduction	ns
knee extension	ns
flexion	ns
ankle planter flexion	ns
dorsiflexion	ns
Whole body reaction time	-0.361 **
nerve reaction time	-0.381 **
muscle contraction time	ns
Open-eyes one foot balance	ns

ns : not significant , ** : $p < 0.01$

Table 5. Correlation among walking speed, physical fitness and physical characteristics

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1 Normal walking speed																					
2 Fast walking speed	0.893																				
3 Hip extension strength	0.596	0.622																			
4 Hip abduction strength	0.666	0.726	0.756																		
5 Knee extension strength (60° /sec)	0.621	0.670	0.755	0.734																	
6 Knee extension strength (30° /sec)	0.670	0.713	0.755	0.782	0.915																
7 Ankle planter flexion strength	0.636	0.650	0.680	0.731	0.664	0.683															
8 Range of hip extension	0.477	0.553	0.341	0.303	0.557	0.456	0.395														
9 Range of hip flexion	0.290	0.381	0.176	0.141	0.256	—	—	0.404													
10 Range of hip abduction	0.365	0.433	0.221	0.305	0.343	—	0.326	0.433	—												
11 Range of knee extension	—	—	—	—	—	—	—	0.252	—	—											
12 Range of knee flexion	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
13 Range of ankle planter flexion	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.285	0.263									
14 Range of dorsiflexion	0.334	0.366	0.225	0.139	0.288	0.255	—	0.419	0.250	0.448	—	—	—								
15 Whole body reaction time	-0.602	-0.653	-0.313	-0.429	-0.438	-0.441	-0.422	-0.415	-0.260	-0.253	—	—	—	—							
16 Nerve reaction time	-0.637	-0.694	-0.371	-0.459	-0.529	-0.519	-0.458	-0.509	-0.341	—	—	—	—	-0.319	0.895						
17 Muscle contraction time	-0.427	-0.461	—	-0.300	—	-0.257	-0.288	—	—	—	—	—	—	—	0.882	0.579					
18 Open-eyes one foot balance	—	0.290	0.257	—	0.307	0.300	0.253	0.473	—	0.253	—	—	—	—	-0.348	-0.354	-0.261				
19 Age	-0.357	-0.408	-0.361	-0.381	-0.370	-0.368	—	-0.428	—	—	—	—	—	—	0.269	0.380	—	—			
20 Height	0.281	0.254	0.497	0.349	0.467	0.412	—	0.265	—	—	—	—	—	—	-0.259	-0.283	—	—	—		
21 Weight	—	—	0.442	0.364	0.358	0.373	—	—	—	—	—	-0.487	—	—	—	—	—	—	—	-0.361	0.597

0.250 ≤ r < 0.325 : p < 0.05, r ≤ 0.325 : p < 0.01, — : not significant

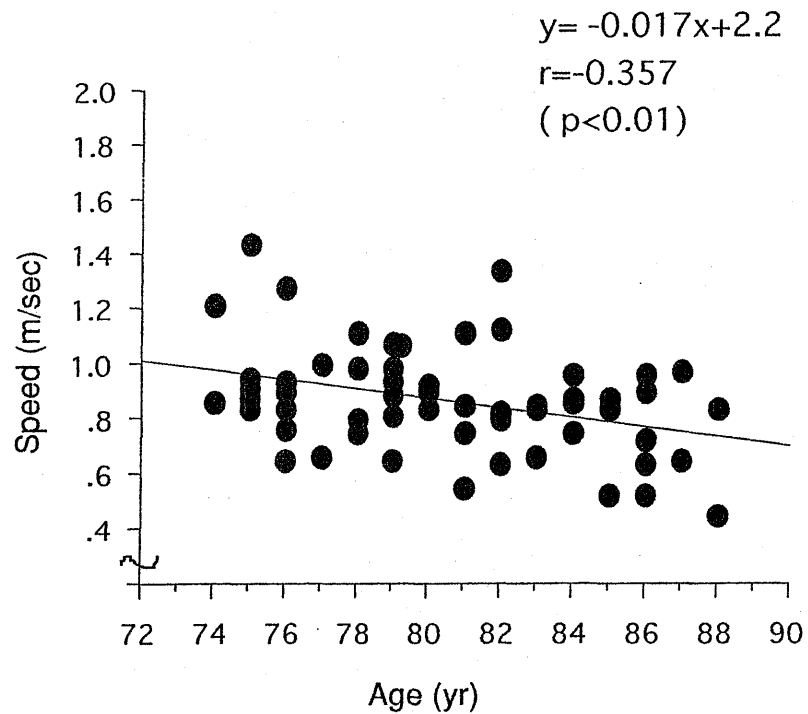
Table 6. The result of multiple regression analysis

Dependent variable	Explanatory variable	Coefficient of determination(%)
Normal walking speed	Lower extremity muscle strength	36.1
	Nerve reaction time	19.9
	Lower extremity ROM	7.0
Fast walking speed	Lower extremity muscle strength	38.2
	Nerve reaction time	17.1
	Lower extremity ROM	14.5
	Muscle contraction time	5.9

Table 7. Coefficient of determination in two groups of different walking speed

Walking condition	Slow group (n=31)		Fast group (n=31)	
	Factor	Coefficient of determination(%)	Factor	Coefficient of determination(%)
normal	Nerve reaction time	36.0	Lower extremity muscle strength	28.8
	Lower extremity muscle strength	17.7		
fast	Nerve reaction time	49.2	Lower extremity muscle strength	36.4
	Lower extremity muscle strength	13.1		

a : Normal walk



b : Fast walk

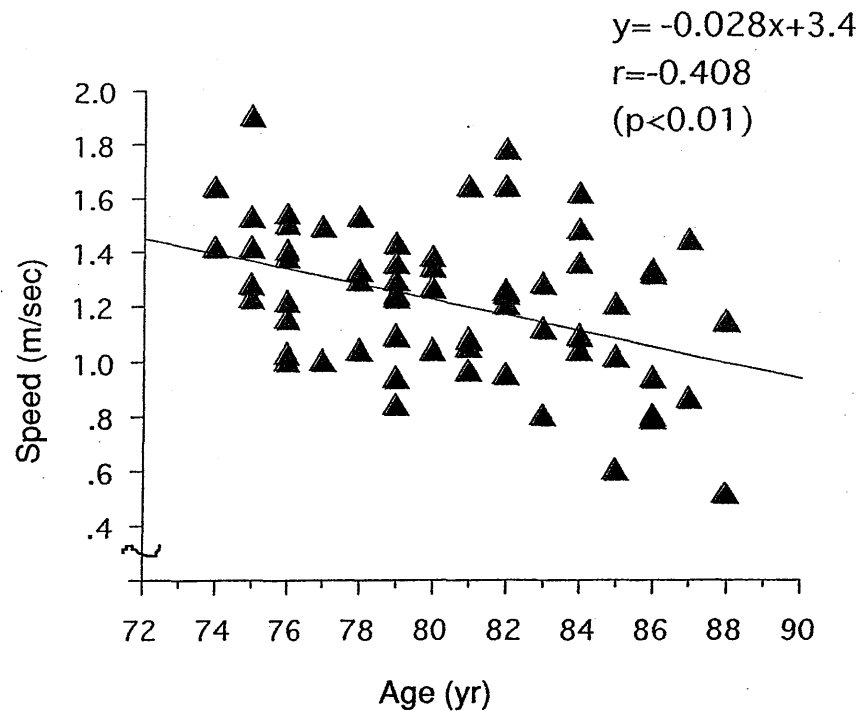
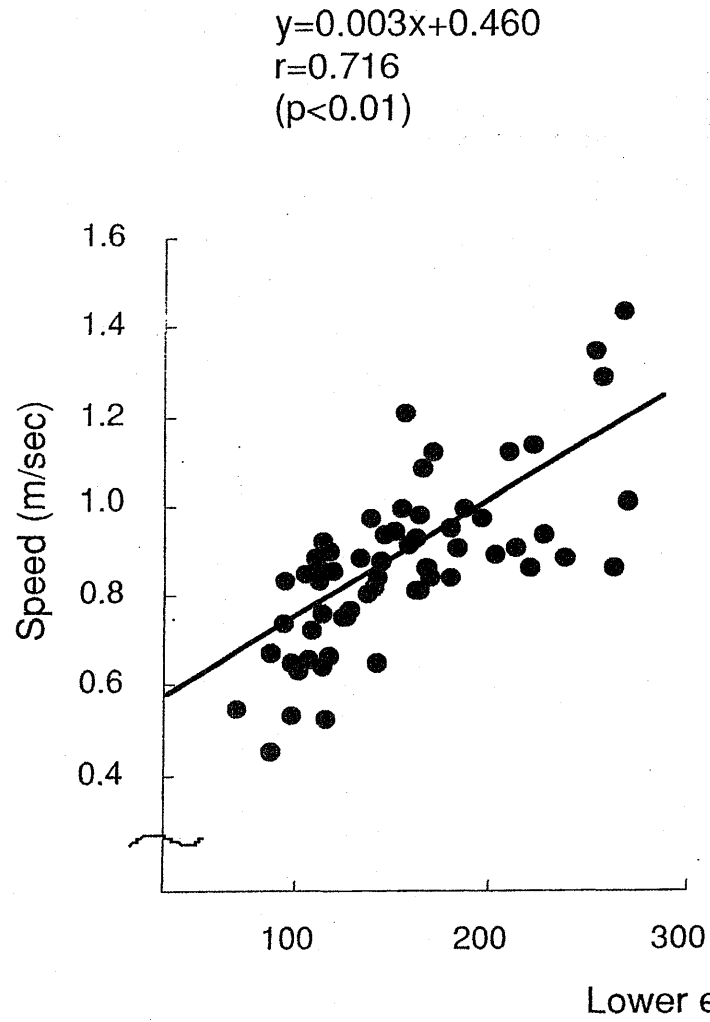


Fig.1 Walking speed in relation to age for elderly women

A: Normal walk



B: Fast walk

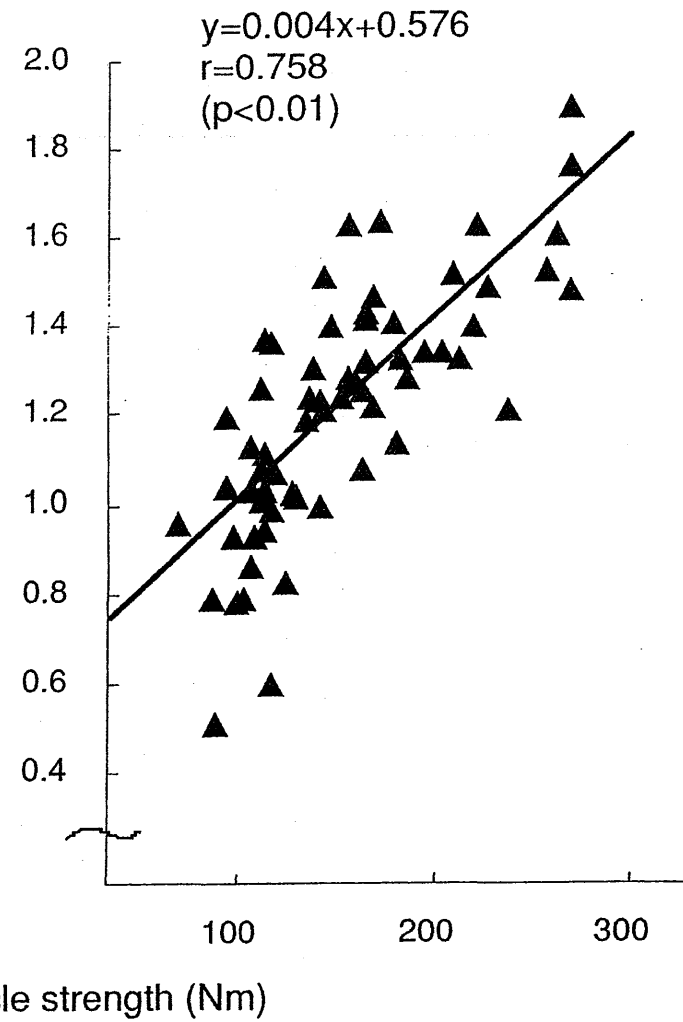


Fig.2 Correlation between walking speed and lower extremity muscle strength

付表1.ADL尺度と評価基準³²⁾

評価 動作	自立	まあ自立	半介助	介助
歩行	普通 (外出できる)	ゆっくりならば歩ける。 または杖が必要	介助されれば歩ける	移動不能
食事	普通 (特別の配慮はいらない)	箸が使える。しかし、肉を細かく切っておくなど食べやすくしておく必要がある	箸が使えない。しかし、スプーンやフォークで食べられる (前項目以上の配慮が必要)	自分では食べられない
排泄	普通 (トイレもしくは便器を使いもらうことはない)	自分でトイレに行くがときどき間に合わなくてもらう	ときどき気づかないでもらうことがある	常時おむつを使用
入浴	普通	洗うのを一部手伝う	自分で浴槽の出入りはするが体は洗ってあげる	全面介助または清拭だけである
着脱衣	普通	時間をかければ自分で着られる	ボタンかけ、帯などについて手伝わなければ着られない	全面的に介助する

付表 2. 同意書の書式

被験者のお願い

順天堂大学大学院2年 田井中幸司

指導教員 青木純一郎

私は、修士論文作成のために次のような測定を計画しています。つきましては被験者としてあなたに御協力して頂きたくお願い申し上げます。測定の内容は以下の通りです。質問等がありましたら御遠慮なく申し出て下さい。内容を十分に理解された上で、測定に御協力して頂ける場合、承諾書に御署名下さい。

記

1. 測定の目的

高齢者の歩行速度に下肢の筋力をはじめとする体力が、どのように影響するかを明らかにする。

2. 測定項目

①身長

②体重

③歩行能力

イ. 10mの直線コースを、あなた自身が「速い」および「普通」と感じる速さで歩いた時間と、ロ. 所定のコースを「1時間続けて歩けると思われる速さ」で6分間歩いた距離を測定します。

④下肢の筋力

サイベックス・マシンを用いて股関節、膝および足首の筋力を測定します。

⑤下肢の柔軟性

股関節、膝および足首の関節の可動範囲を測定します。

⑥全身反応時間

光が点滅してから、できるだけ早く垂直に跳び上がる時間を測定します。

⑦開眼片足立ち

目を開けたまま片足で何秒立っていられるかを測定します。

⑧質問

日常生活について、いくつか質問します。

3. 測定に伴う安全対策

事前に、医師により測定により悪化しそうな内科的・整形外科的な問題を持たないかどうかを診断し、問題のない方だけに測定を行います。なお、慣れていない測定項目においては、前もって十分練習をし安全を確かめた上で行います。また、途中でいやになったらやめることは自由です。

4. 測定結果から得られる利点

得られたデータを皆様に報告し、それに基づいた運動の指導をさせていただきます。

-----きりとり-----

平成10年 月 日

同意書

田井中幸司 殿

私は、測定内容を理解し、被験者として参加することに同意します。

署名 _____

医師の証明

上記被験者は、今回の測定にあたり特に問題となる疾患・障害を持たないことを証明します。

医師名 _____