

【綜 説】

高 齢 者 の 運 動 能 力 と そ の 測 定 法

西 嶋 尚 彦¹⁾ 大 塚 慶 輔²⁾

TEST AND MEASUREMENT FOR MOTOR ABILITY IN ELDERLY PEOPLE

TAKAHIKO NISHIJIMA and KEISUKE OHTSUKA

Abstract

As safety of testing was the highest priority for physical ability measurement in elderly people, their motor ability was evaluated by means of test performance of walking. The purpose of this study was to review existing research on walking tests assessing motor ability of elderly people. Motor ability exerted to perform walking was assumed to be divided into three domains of speed, coordination, and endurance. The maximum and normal speed walking tests were used to measure walking speed in elderly people. The principal determinant of walking speed was stride that was affected by strength of lower limbs. Hurdle walking and the 8-figure walking were used to measure coordination including balance and agility required in walking. Distance walking for 6 and/or 12 min was used to measure walking endurance. The 6 min distance walking was the most useful test item to assess the aerobic fitness level of elderly people. The 10 m hurdle walking test and the 6 min distance walking test were selected in Japan Fitness Test for 65-79 years of age.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2003, 52 Suppl : 97~104)

key word : walking test, speed, coordination, endurance

青少年を対象とする運動能力テストでは走、跳、投などの基礎的運動パフォーマンスが測定されることが一般的である。しかし、高齢者のパフォーマンステストでは安全性が第一に確保されることから、高齢者の運動能力テストに用いられる運動課題は歩行が中心となり、高齢者の運動能力は歩行テスト成績から評価される。歩行に關与する運動能力領域の構成概念は歩行能力と定義され、スピード(速力)、調整力、持久力の3領域に区分されると仮定される。歩行能力を測定するテストは、スピード(速力)を測定する歩行速度テスト、調整力を測定する障害物歩行テスト、持久力を測定する持久歩行テストに分類される。

1. 歩行速度

歩行速度は歩行能力を構成するスピード(速力)

を測定する。歩行速度と体力および身体活動能力との関係性が検証されている。Himann et al.¹⁾は、若齢者から高齢者に至る幅広い年齢層(19歳~102歳)を対象に、20 mの歩行路における①遅く、②普通に、③速く、と教示した場合の歩行速度を調査し、歩行速度の決定要因を検討した。男女ともに60歳を越えたあたりから急な低下が示され、歩行能力の臨界年齢の存在を報告した。Gibbs²⁾は、歩行速度の低下は下肢の筋活動、筋力水準に影響を受けることを指摘した。Murray³⁾、Hageman & Blanke⁴⁾、および山岸と徳田⁵⁾は、ストロボ写真やビデオカメラを用いて自由歩行と速歩行時の動作を観察し、歩行速度の低下は歩幅の減少と歩調の減少、および両脚支持期の延長によるものであると報告した。徳田⁶⁾は、歩幅の減少と歩行速度の低下は下肢関節可動域の減少とバランス機能

¹⁾筑波大学体育科学系
〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1

Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba
1-1-1 Tennodai, Tsukuba 305-8574 JAPAN

²⁾筑波大学大学院人間総合科学研究科
〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1

Doctoral Program of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba
1-1-1 Tennodai, Tsukuba 305-8574 JAPAN

低下に対処した結果であると報告した。このように、加齢に伴う歩行速度の低下の要因として歩幅の減少、歩行時の関節角度の減少などの高齢者に特徴的な歩行動作、歩容が報告された。

歩行速度は筋力、平衡性、全身持久力などの健康に関連する体力要素と高い関係性を示すことが報告されている⁷⁻¹⁰⁾。衣笠たち⁷⁾は16mの最大歩行速度と体力要素との相関関係から、高齢者の運動機能を評価するための測定項目として最大歩行速度の妥当性を検証した。青柳たち⁸⁾は11mの最大歩行速度と通常歩行速度は膝伸展力(筋力)だけでなく、 $\dot{V}O_2\text{max}$ (全身持久力)をもよく反映することを報告している。また、最大歩行速度と通常歩行速度との関係性から、最大歩行速度の速い者はそれに比例して通常歩行速度も速いことも合わせて報告している。

加齢に伴う歩行速度の低下には筋力低下が大きく関与している。金たち¹¹⁾は筋量から筋力が推定可能であることから、加齢による筋量の低下、筋力の低下、歩行速度の低下の間の因果関係を検証した。深代たち¹²⁾は、高齢期におけるレジスタンストレーニングによる下肢筋力の発達が生歩行能力に影響を与えることを報告している。このように、歩行速度が下肢筋力などの体力に影響を受けるということは加齢に伴う筋力の低下が生歩行能力に大きく影響をあたえていることを示している。歩行能力と筋力の加齢変化が類似していることより、歩行能力の維持には筋力の影響が大きいことが考えられる。

しかし、古名ら¹³⁾が指摘するように、高齢者の歩行能力の衰退は単に加齢のみに依存するものではなく、高齢者の不活動的なライフスタイルによる影響も極めて大きい。徳田¹⁴⁾、Leiper and Claik¹⁵⁾、Potter¹⁶⁾、Cress et al.¹⁷⁾、Hoeymans et al.¹⁸⁾は、歩行速度と日常の身体活動、および身体機能との関係性について報告した。Koyano et al.¹⁹⁾はADLの上位概念である生活機能を質問紙により評価し、それに対する歩行速度の予測性について報告している。このように、歩行速度は高齢者の日常生活における自立の程度の簡易測定法として有用であることが報告されている^{20,21)}。

2. 障害物歩行

高齢者の体力を総合的に評価することを目的として、様々な運動課題から構成された歩行能力テストが報告されている。種田ら²²⁾は日常生活における歩行は必ずしも直線的なものばかりではなく、方向変換動作が求められることから、10m歩行路の2m毎に中心線から50cm離れた左右に、方向変換点を設けた10m方向転換歩行テストを実施した。テストパフォーマンスは脚筋パワー、敏捷性、協調性などの複数の体力指標において最大歩行速度よりも強い関係性が確認された。

AAHPERDは敏捷性、動的平衡性を総合的に評価するテストとして、椅座位姿勢から両側に1.8m、後ろに1.5m地点のコーンを回る8の字歩行を提案している²³⁾。重松ら²⁴⁾は8の字歩行と体力要素との関係性を検討した結果、8の字歩行パフォーマンスには筋力、動的平衡性、協調性、および関節機能が大きく関与していることを報告した。

しかし、8の字歩行テストの実施には広い面積が必要であり、屋内での実施は困難な場合が多い。Rikli and Jones²⁵⁾は廊下などの直線で行える急歩能力、および椅子を用いた立ち座りを代替項目として用いている。また、8の字歩行と同様に8-Foot Up- and- Go Testを用いた敏捷性および動的平衡性テストを報告している。8-Foot Up- and-Go Testは、椅座位姿勢から8フィートの距離にあるコーンを回って座るまでの時間を計測するテストであり、Berg Balance Scaleや歩行速度、Barthel Indexと高い関係性が報告されている²⁶⁾。

池田²⁷⁾は、高齢者は加齢に伴い機能が低下するために、屋外における段差や凸凹などの歩行環境には注意を払い、身体的活動能力としての歩行能力の獲得は必要不可欠であることを指摘している。Hsieh-ching²⁸⁾は10mの歩行路における障害物歩行の動作と反応を測定した結果から、若年者と高齢者では差異がみられ、歩行パターンは屋外の段差越えと関連することを報告している。文部科学省²⁹⁾新体力テストは、脚筋力やまたぎ動作に関する総合的な体力要素を反映する歩行能力

のテストとして 10 m 障害物歩行を採用している。

3. 持久歩行

高齢者における全身持久力測定ではフィールドテストを用いて $\dot{V}O_2\max$ を推定する研究が多くなされている。テストの安全性や簡便性を考慮し、運動課題に歩行を用いるテストが多く報告されている。木村たち³⁰⁾は3分間に 10 m 区間を往復歩行するシャトル・スタミナ・ウォークテスト (SSWT) を作成した。3分間での 10 m 区間往復歩行距離が加齢の指標になること、および $\dot{V}O_2\max$ と相関が高いことを報告し、高齢者の心肺機能評価の可能性を示した。海外では歩行距離に 1 マイルやハーフマイル、または 12 分間における歩行距離を用いた研究が報告がされている^{31,32)}。また、Rockport 1 マイル歩行テストは体重、年齢、性、歩行時間および心拍数に基づいて回帰式から最大酸素摂取量を推定することができ、ACSM が中高年者の全身持久力性体力を評価する有用なテストとして推奨している³³⁾。

竹島たち³⁴⁾は、12分間歩行距離テストは $\dot{V}O_2\max$ や乳酸性閾値に高い相関関係があることを報告している。また、トレーニング効果の鋭敏性を検証し、全身持久力の簡易な評価指標としての妥当性を確認している。一方、有疾患者や虚弱者では 12 分間の歩行テストの実施が困難なため、6分間歩行テストを用いた全身持久力の測定が報告されている^{35~37)}。Rikli and Jones²⁵⁾はトレッドミルを用いて HRmax の 85% に達する時間との相関関係を検証し、6分間歩行テストの妥当性を報告している。その後、地域在住の高齢者 7,183 名を対象として、年齢階級ごとの標準値を作成している。Harada et al.³⁵⁾は、6分間歩行パフォーマンスは椅子からの立ち上がり、平衡性、歩行速度などの身体機能、ならびに高齢者の健康全般に関する認知と高い相関を示すことを報告している。このような背景の中で、文部科学省²⁹⁾は、新体力テストにおいて高齢者の全身持久力を評価する項目として 6分間歩行を採用し経年的なデータの蓄積を行っている。

4. 測定方法

表 1 は、高齢者を対象とする歩行テストの方法を示している。測定方法は用具、歩行路、測定、記録の 4 項目から説明される。

通常歩行速度は日常生活における通常の歩行速度測定する。最大歩行速度は短距離での最大の歩行速度を測定する。通常歩行速度と最大歩行速度の歩行テストは米国国立老化研究所・東京都老人総合研究所運動機能部門³⁸⁾に準拠する。屋内施設の平坦な床面上の 11 m の直線歩行路を設置する。被験者はスタートライン上に直立し、スタートの合図で前方に向かって歩行を開始し、スタート (0 m) 地点から 11 m 地点まで直線歩行を行う。検者は、歩行路途中の 3 m 地点から 8 m 地点までの 5 m 間に要した時間をストップウォッチで計測する。5 m 間の歩行時間から速度 (m/sec) を算出する。

10 m 障害物歩行は文部科学省新体力テスト²⁹⁾に準拠する。被験者はスタートライン上に直立し、スタートの合図で前方に向かって歩行を開始する。2 m 間隔に設置されている障害物 (高さ 20 cm, 幅 10 cm, 奥行き 50 cm × 2) をできるだけ早くまたぎ越して、歩行する。検者は、最後の障害物をまたいだ足が床に着地するまでに要した時間をストップウォッチで計測し、 $\frac{1}{10}$ 秒未満は切りすてる。秒単位で記録する。

8 の字歩行は重松たち²⁴⁾に準拠する。屋内施設の平坦な床面上に 1.5 cm × 3.6 cm の長方形の一長辺の両端にコーンを設置する。正対する長辺の中央に背もたれのついた椅子を置く。被験者は椅座位をとり、スタートの合図で立ち上がり、歩行を開始する。左右後方にあるコーンを歩いて回って来てから、元の位置まで戻って椅子に座り、続けて反対にあるコーンを回って来てから座る。これをさらにもう 1 回行う。検者はスタートから元の位置まで戻って座るまでに要する時間をストップウォッチで計測し、 $\frac{1}{10}$ 秒未満は切りすてる。秒単位で記録する。

6分間歩行は文部科学省新体力テスト²⁹⁾に準拠する。基準として 50 m の周回路設置する。測定実施場所の状況で 50 m 折り返し直線路となる

表1. 高齢者を対象とする歩行テストの方法

領域	測定項目 (単位)	第1著者(文献)	年	標本 性	年齢	平均値±標準偏差
スピード	通常歩行速度 (m/秒)	永松俊哉(39)	1991	男女	男性:77.75±7.41, 女性:76.63±7.11	男性:1.08±0.20, 女性:0.98±0.21
		衣笠隆(7)	1994	男性	18~83歳	1.37±0.22
		古名丈人(13)	1995	男女	小金井市:65~84歳, 南外村:65~89歳	小金井市 男性:1.18±0.24, 女性:1.09±0.23 南外村 男性:1.10±0.24, 女性:0.96±0.24
		種田行男†(22)	1996	男女	60歳以上	男性:1.37±0.25, 女性:1.25±0.22
		杉浦美穂(40)	1998	男女	65~89歳	1992年, 男性:1.23±0.23, 女性:1.06±0.24 1996年, 男性:1.15±0.24, 女性:0.99±0.27
		金俊東(11)	2000	男女	20~84歳	男性:1.05±0.18, 女性:1.10±0.14
		青柳幸利(8)	2001	男女	男性:69±3, 女性:68±3	男性:1.36±0.14, 女性:1.24±0.08
		Steffen, T M(41)	2002	男女	男性:73±8, 女性:73±8	男性:1.06±0.21, 女性:1.31±0.23
		田井中幸司(10)	2002	女性	80.4±4.0	0.87±0.19
		伊藤元(42)	1985	男性	22~39歳	男性:1.42±0.26, 女性:1.23±0.25
		永松俊哉(39)	1991	男女	男性:77.75±7.41, 女性:76.63±7.11	小金井市 男性:2.10±0.41, 女性:1.46±0.36
		古名丈人(13)	1995	男女	小金井市:65~84歳, 南外村:65~89歳	南外村 男性:1.80±0.39, 女性:1.46±0.33
		衣笠隆(7)	1994	男性	18~83歳	3.4±0.57
		杉浦美穂(40)	1998	男女	65~89歳	'92 男性:2.02±0.39, 女性:1.64±0.35 '96 男性:1.84±0.40, 女性:1.48±0.38
調整力	10m障害物歩行* (m/秒)	青柳幸利(8)	2001	男女	男性:69±3, 女性:68±3	男性:2.62±0.39, 女性:2.29±0.18
		Schlicht, J(43)	2001	男女	72±6.3	運動群:2.01±0.33, コントロール群:1.99±0.58
		Steffen, T M(41)	2002	男女	男性:73±8, 女性:73±8	男性:1.84±0.33, 女性:1.72±0.28
		田井中幸司(10)	2002	女性	80.4±4.0	1.21±0.28
		種田行男(22)	1996	男女	60歳以上	
		荒尾孝(44)	1998	男女	男性:73.5±7.0, 女性:73.2±6.6	男性:1.45±0.10, 女性:1.25±0.12
		文部科学省†(29)	2000	男女	65~79歳	
		Osness, W H(23)	1989	女性	60~91歳	0.33±0.11
		Kim, H S†(45)	1995	女性	73.4±6.0	0.37±0.10
		重松良祐†(24)	1999	女性	73.4±6.0	
持久力	6分間歩行* (m)	Harada, N D(35)	1999	男女	75±6	504.99±97.03
		文部科学省†(29)	2000	男女	65~79歳	男性:570.70, 女性:527.86±83.94
		Rikli, R E(25)	2001			
		Steffen, T M(41)	2002	男女	男性:73±8, 女性:73±8	男性:505.33±83.33, 女性:467±84

* : 文部科学省新体力テスト項目 ; † : 時間データから速度を算出

表1 (続き)

測定方法 用具	歩行路	測定	記録
ストップウォッチ	10m直線路 16m直線路の3-13m間 11m直線路の3-8m間	足部がラインを越える時点間を測定 3-13m間に要した時間を測定 3mを越えた接床から8mを越えた接床時間を測定	3回の平均値 1回
ストップウォッチ	10m直線路 11m直線路の3-8m間	3mを越えた接床から8mを越えた接床時間を測定	1回
ストップウォッチ	7mの直線路 11m直線路の3-8m間 10m直線路の中6m 10m直線路	3-8mに要した時間を測定 被検者の横や後ろで安全を確保する 足部がラインを越える時点間を測定	3回の平均値 3回の平均値 2回の平均値 3回の平均値
ストップウォッチ	15m直線路の間10m 10m直線路	足部がラインを越える時点間を測定 3mを越えた接床から8mを越えた接床時間を測定	3回の最良値 3回の平均値 2回の最良値
ストップウォッチ	16m直線路の3-13m間 11m直線路の3-8m間	3-13m間に要した時間を測定 3mを越えた接床から8mを越えた接床時間を測定	2回の最良値 2回の最良値
ストップウォッチ	11m直線路の3-8m間 45フィートの直線路の間25フィート 10m直線路の間6m 10m直線路	3-8mに要した時間を測定 被検者の横や後ろで安全を確保する 足部がラインを越える時点間を測定	3回の最良値 2回の最良値 2回の平均値 3回の平均値
マーカ― ストップウォッチ, メジャー, 障害物(高さ20cm, 幅10cm, 奥行き50cm×2)	10m歩行路の2m毎に中心線から50cm離れて 左右2個ずつの方向変換点 10mの直線路に2m間隔に障害物を置く		2回の最良値 2回の最良値 2回の最良値
コーン, 椅子 コーン, 椅子	椅子から両側に2.4mの地点にコーンを置く 椅子から両側に1.8m, 後ろに1.5m地点にコーンを置く		2回の最良値 2回の最良値
ストップウォッチ, 旗, 笛, マーカ―コーン, マーカ―, ストップウォッチ, メジャー, メジャー, ストップウォッチ, コーン, マーカ―, 1人12-15本のスティック,	1周40フィートの周回路 1周30m以上の周回路か50m以上の直線路 1周50ヤードの周回路, 四隅にコーン, 5mおきにマーカ― 30mの直線路	被検者の側を歩く 距離を測定(5m未満切り捨て) 周回ごとにスティックを渡し, 箸の数と端数から距離を測定 両側に配置	1回 1回 1回 1回練習後2回目

場合がある。被験者はスタートライン上に直立し、スタートの合図で前方に向かって歩行を開始する。歩行路をできるだけよい歩行姿勢を保ち、普段歩く速さで6分間歩く。検者は6分間の歩行距離を計測し、5m単位で記録する。

5. まとめ

高齢者の身体能力測定では安全性が第1に優先される条件であることから、運動能力は歩行テスト成績から評価される。本研究の目的は、高齢者の運動能力を評価するための歩行テストの研究についてレビューすることであった。歩行に關与する運動能力は、スピード、調整力、持久力の3領域に区分されると仮定された。最大歩行速度テストや通常歩行速度テストは、高齢者の歩行速力の測定項目である。歩行速度の主要な決定因子は歩幅であり、歩幅は下肢筋力の影響を受ける。障害物歩行テストや8の字歩行テストは、歩行に要求されるバランスや敏捷性を含む調整力の測定項目である。6分間歩行テストや12分間歩行テストは歩行の持久力の測定項目である。6分間歩行テストは高齢者の全身持久力水準を評価する実用性の高い測定項目である。新体力テストでは、10m障害物歩行と6分間歩行テストを採用している。

本綜説に用いた研究成果の一部は、平成11~16年度に実施される文部科学省科学技術振興調整費(代表村上和雄)により実施されたものである。ここに記して感謝する。

(受理日 平成15年3月14日)

文 献

- 1) Himann, J. E., Cunningham, D. A., Rechnitzer, P. A., Paterson, D. H. Age-related changes in speed of walking. *Med Sci Sports Exerc*, (1988), **20**, 161-166.
- 2) Gibbs, J. Predictors of change in walking velocity in older adults. *J. Gerontol*, (1990), **17**, 83-88.
- 3) Murray, M. P. Walking patterns in healthy old men. *J Gerontology*, (1969), **24**, 169-178.
- 4) Hageman, P. A., and Blanke, D. J. Comparisons of gait of young women and elderly women. *Phys Ther*, (1986), **66**, 1382-1387.
- 5) 山岸 豪, 徳田哲男, 老人歩行: 光学的分析による, *リハ医学*, (1986), **12**, 97-104.
- 6) 徳田哲男, 老人の歩行, *人間工学*, (1977), **13**, 219-222.
- 7) 衣笠 隆, 長崎 浩, 伊藤 元, 橋詰謙, 古名丈人, 丸山仁司, 男性(18-83)を対象にした運動能力の加齢変化の研究, *体力科学*, (1994), **43**, 343-351.
- 8) 青柳幸利, 東郷史治, 古名丈人, 西澤 哲, 杉浦美穂, 杉田秀二郎, 松木重村, 熊崎泰仁, 仲眞美子, 村上 茂, 高宮朋子, 小野文子, 内田有美, 井口ちよ, 高齢者の運動処方ガイドラインの作成: 歩行速度に基づく新しい運動強度設定法の開発, 「健康医科学」研究助成論文集, (2001), **16**, 1-10.
- 9) Nagasaki, H., Itoh, H., Furuna, T. A physical fitness model of older adults. *Aging Clin. Exp. Res*, (1995), **7**, 392-397.
- 10) 田井中孝司, 青木純一郎, 高齢者の歩行速度の低下と体力, *体力科学*, (2002), **51**, 245-252.
- 11) 金 俊東, 久野譜也, 相馬りか, 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.
- 12) 深代千之, 沢井史穂, 船渡和男, 芝山 明, 若山章信, 福永哲夫, 中高齢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*, (1997), **25**, 136-140.
- 13) 古名丈人, 長崎 浩, 伊藤 元, 橋詰 謙, 衣笠隆, 丸山仁司, 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.
- 14) 徳田哲男, 高齢者の歩行, *理学療法と作業療法*, (1986), **20**, 347-352.
- 15) Leiper, C. I., and Claik, R. L. Relationship between physical activity and temporal-distance characteristics of walking in elderly women. *Phys Ther*, (1991), **71**, 791-803.
- 16) Potter, J. M., Evans, A. L., Duncan, G. Gait speed and activities of daily living function in geriatric patients. *Arch Phys. Med. Rehabil*, (1995), **76**, 997-999.
- 17) Cress, M. E., Schetman, K. B., Mulrow, C. D., Fiatarone, M. A., Gerety, M. B., Buchner, D. M. Relationship between physical performance and self-perceived function. *J. Am Geriatr. Soc*, (1995), **43**, 93-101.
- 18) Hoeymans, N., Feskens, E. J., van den Bos, G. A., Kromhout, D. Measuring functional status: cross-sectional and longitudinal associations between performance and self-report (Zutphen Elderly Study 1990-1993). *J. Clin. Epidemiol*, (1996), **49**, 1103-1110.
- 19) Koyano, W., Shibata, H., Nakazato, K., Suyama, Y. Measurement of competence: reliability and validity of the TMIG Index of Competence. *Arch. Gerontol. Geriatr*, (1991), **13**, 103-116.
- 20) Friedman, P. J., Richmond, D. E., Baskett, J. J. A prospective trial of serial gait speed as a measure of rehabilitation in the elderly. *Age aging*, (1988), **17**, 227-235.
- 21) Guralnik, J. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L. A

- short physical performance battery assessing lower extremity and prediction of mortality and nursing home admission. *J. Gerontol.*, (1994), **49**, 85-94.
- 22) 種田行男, 荒尾 孝, 西嶋洋子, 北島義典, 永松俊哉, 一木昭男, 江橋 博, 前田 明, 高齢者の身体的活動能力(生活体力)の測定法の開発, *日本公衆衛生雑誌*, (1996), **3**, 196-207.
 - 23) Osness, W. H. and Leslie, D. K. (ed), *Activity for the older adult, Assessment of physical function among older adults*, American Alliance for health, physical education, recreation, and dance, Mature Stuff, Virginia, (1989), 93-118.
 - 24) 重松良祐, 金 憲経, 張 美蘭, 上野リンダ, 田中喜代次, 高齢邦人女性の身体機能を評価するテストバッテリーの作成 低水準から高水準への適用を目指して, *日本公衆誌*, (1999), **46**, 14-23.
 - 25) Rikli, R. E. and Jones, C. J. *Senior fitness test manual*, Human Kinetics, Champaign, (2001).
 - 26) Podsiadlo, D., and Richardson, S. The timed "up and go": A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatric Society*, (1991), **39**, 142-148.
 - 27) 池田 誠, 屋外環境における高齢者の歩行, *理学療法*, (2001), **18**, 400-406.
 - 28) Hsieh-Ching. Stepping over obstacles -Gait patterns of healthy young and old adults. *Medical Sciences*, (1991), **46**, 196-203.
 - 29) 文部科学省. (新体力テスト有意義な活用のために, 初版, ぎょうせい, 東京, (2000).
 - 30) 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, 高齢者のための簡便な持久性評価法の提案 -シャトル・スタミナ・ウォークテストの有用性について, *体育科学*, (1991), **47**, 401-410.
 - 31) Cooper, K. H. A means of assessing maximal oxygen intake. *Journal of the American Medical Association*, (1968), **203**, 135-138.
 - 32) Kline, R. B. (Ed), *Principles and practice of structural equation modeling*, Guilford, New York, (1998).
 - 33) アメリカスポーツ医学会編 (日本体力医学会体力科学編集委員会監訳), *運動処方指針 運動負荷試験と運動プログラム* 第6版, 南江堂, 東京, (2001), 68-69.
 - 34) 竹島伸生, 高齢者の全身持久性評価における種々の間接法の妥当性, *体力科学*, (1992), **41**, 295-303.
 - 35) Harada, N. D., Chiu V., Stewart, A. L. Mobility-related function in older adults: assesement with 6-minute walk test. *Arch Phys Med Rehabil*, (1999), **80**, 837-841.
 - 36) Montgomert, P. S. and Gardner, A. W. The clinical utility of a six- minute walk test in peripheralarterial occlusive disease patients. *Jornal of the American Geriatric Society*, (1998), **46**, 706-711.
 - 37) Steele, B. Timed walking test of exercise capacity in chronic cardiopulmonary illness. *J Cardiopulmonary Rehabil*, (1996), **16**, 25-33.
 - 38) 米国国立老化研究所・東京都老人総合研究所運動機能部門. *高齢者の運動ハンドブック*, 初版, 大修館書店, 東京, (2001).
 - 39) 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.
 - 40) 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*, (1998), **47**, 443-452.
 - 41) Steffen T. M., Hacker, T. A., Mollinger, L. Age- and gender-related test performance in community-dwellig elderly: Six-minute walk test, Berg balance scale, Timed up & go test, and gait speeds. *Physical therapy*, (2002), **2**, 128-137.
 - 42) 伊藤 元・橋詰 謙・齋藤 宏・中村隆一, 大腿四頭筋機能と歩行能力の関係, *リハ医学*, (1985), **22**, 164-165.
 - 43) Schlicht, J., Camaione, D. N., Owen, S. V. Effect of intense strength training on Standing balance, Walking speed, and Sit-to-Stand performance in older adults. *Journal of Gerontology*, (2001), **56**, 281-286.
 - 44) 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*, (1996), **92**, 1-20.
 - 45) Kim, H. S. and Tanaka, K. The assessment of functional age using "activities of daily living" performance test : a study of Korea women. *Journal of Aging and Physical Activity*, (1995), **3**, 39-53.