

団塊世代高齢者を視野に入れた
身体・心理的特性に整合した運動手法,
評価方法および日常生活活性に関する研究

東京医療保健大学 山下和彦
(共同研究者) 東京大学 井野秀一
同 伊福部 達
東京電機大学 川澄正史

**Study for Development of Training Program and Evaluation Methods of
Lower Limb Muscular Power on the Eldely**

by

Kazuhiko Yamashita

*Faculty of Healthcare, Division of Healthcare Information,
Tokyo Healthcare University*

Shuichi Ino, Toru Ifukube

Research Center for

Advanced Science and Technology,

Masashi Kawasumi

*Faculty of Engineering, Department of Information
Systems and Multimedia Design*

ABSTRACT

Falling is one of the most common and serious problems because advancing age has been associated with muscle weakness, reduced cutaneous sensation. A simple method is desired that can evaluate the physical functions of the aged against fall. This study was

proposed a toe-gap force measurement of new method to estimate the lower limb muscular power. In the proposed method, the clipping toe-gap force is measured between the great toe and the digitus secundus. The toe-gap force in this situation, is muscles of the lower limb, which are supposed to have roles in the effort against falling. The aim of this paper was examined the aging change of lower limb muscular power focused fore part of the feet for 310 people (20 to 95 years old) include the physical weakness elderly. From the results, as for the male, it was suggested from 44 to 64 years old, as for female that lower limb muscular power declines from 65 years old. When the toe-gap force was less than 4 kgf in the male and less than 3 kgf in the female, it was indicated that a falling risk increases. The training program adjusted both psychological and physical feature of a subject was developed, as self-care of feet and training program of custom made based on the physical functions. We attempted to intervene to 28 elderly people using the training program. As the results, it was shown clearly that the lower limb muscular power of the subject who exercised enhances.

要 旨

高齢者の転倒が社会的問題であり、早急な転倒予防手法の開発が望まれる。転倒予防には下肢筋力の向上が有効とされるが、下肢筋力を定量的かつ簡便に計測・評価する手法は明らかではなく、また健常高齢者や団塊世代を含めた下肢筋力の加齢変化も解析されていない。本研究では、下肢筋力を定量的に計測・評価するための足指力計測器を開発し、虚弱高齢者を含む3～95歳まで310名を対象に下肢筋力を調べた。その結果、男性は44～64歳の中年層から、女性は65歳から足指力が低下することが明らかになり、足指力が男性で4kgf、女性で3kgfを下回ると転倒リスクが高まることが示唆された。また、対象者の心理的・身体的特性に整合した運動プログラムとして、足部のセルフケア、および身体機能状況に基づいた個別運動プログラムを開発し、その効果について5ヶ月間のフィールド実験を行い、運動を実施した対象者の足指力が向上することを明らかにした。

1. はじめに

高齢者医療費や介護保険の高騰が社会的問題であり、要介護要因の第3位に転倒が挙げられる¹⁾。高齢者の日常生活レベルを極端に低下させる要因に転倒骨折による大腿骨頸部骨折が挙げられ、年間約10万人に発生している。これにかかわる急性期および慢性期まで含めた医療・介護費は5318.5～6359.0億円と推定され²⁾、経済的側面と自立支援の観点から転倒を予防することが、経済の活性化、健康寿命の延長に重要であるといえる。日本の人口構成は2050年に高齢化率35.7%のピークを迎え、2050年以降の長期予測でも21世紀中は30%前後の高齢化率で推移すると予測³⁾され、転倒予防は今後も大きな問題として継続して議論されることが予測される。

転倒予防には下肢筋力とバランス機能の向上が有効であると報告されている⁴⁾。また、転倒発生と10mの歩行時間、バランス機能、足指力とが有意な相関を示すこと^{4, 5, 6, 7, 8, 9)}、移動能力が衰えると転倒が起こりやすいこと¹⁰⁾が報告されてい

る。

そのため、転倒予防のための運動プログラムは下肢筋力とバランス機能の向上を目指した項目が選ばれることが多い。また、運動指導のみではなく、運動継続のための心理的支援や実際的な運動の指導を実施するため、家庭への訪問を行うなどの試みもなされている^{11, 12)}。

しかし介入により、バランス機能が向上し、転倒発生率が低下したと報告¹¹⁾される一方で、身体機能の向上、転倒発生率の低下は認められず、定性的に元気になった程度のものであるとする報告¹³⁾も存在する。このように運動指導等の介入の効果は十分明らかになっておらず、さらなる研究が求められるのが現状である。

このような相反する結果が報告される原因の1つに計測・評価手法のばらつきの問題が挙げられる。例えば、先行研究の多くが10m歩行時間を計測しているが、10m歩行は半定量的で、計測結果には対象者の心理的側面や疲労など様々な擾乱が含まれるため、介入により歩行速度が変化しても、何が変化した結果であるのか要因の特定が難しいと考える。したがって、定量的かつ簡便に利用できる身体機能の計測・評価機器や指標を作成することが、効果的な介入プログラムを開発、評価するためには必要であると考えられる。

また、転倒予防のための身体機能の評価方法について、バランス保持のための姿勢制御は、転倒しないような位置に足を踏み出すために下肢筋力も重要であるが、判断が瞬間的に正しく行われる必要があるため、姿勢と重心移動にかかわる情報の獲得が重要となる。バランス維持に必要な情報は、足部からも獲得されるが、特に足裏からの機械受容器などへの入力情報が重要であるとされている^{14, 15, 16)}。

そこで、高齢者の足部や足爪に着目すると変形、変色、白癬菌等の感染が、高齢者全体の6割以上に達することが報告され¹⁴⁾、足部や足爪の異常

は下肢筋力とバランス機能を低下させ、転倒発生率を増加させることが報告されている¹⁷⁾。すなわち、転倒を予防するための運動指導などで、効果的な身体機能の改善を図るためには、足部および足爪にも注意を向ける必要があると考えられる。

これらの観点から本研究では、身体機能の新しい計測器および計測手法を開発し、足部ケアおよび運動指導による効果を、転倒に関係する下肢筋力の観点から定量的に評価し、転倒リスクの軽減効果について考察する。

2. 実験方法

2. 1 足指力計測機器を用いた加齢変化

図1, 2に開発した足指力計測器の概観、および計測風景を示す。図1のように足拇指と足第2指でセンサ部を挟みこむことによりその挟力が計測される¹⁸⁾。この挟力は下肢の筋力が総合的に反映される。また、図2のように椅座位により計測を行うため、計測過程において転倒の危険がなく、高齢者同士、虚弱高齢者、あるいは車椅子利

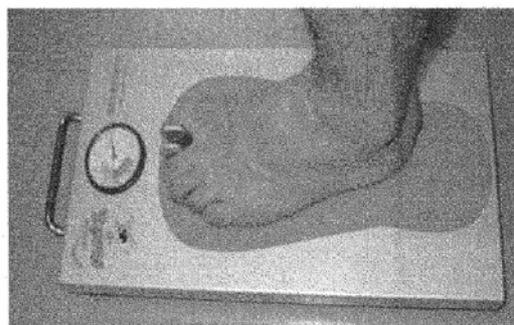


図1 足指力計測器の概観

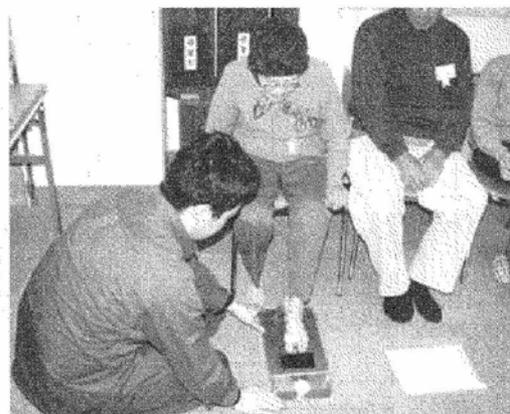


図2 足指力計測器の計測風景

表1 実験2における被験者の身体特性

	男性	女性
20-44歳	8	15
45-64歳	8	13
前期高齢者	12	34
後期高齢者	31	132
虚弱高齢者	23	34

用者でも計測が可能である。

そこで、足指力の加齢変化を調べるために、計測を実施した。対象者は310名（20～95歳，平均年齢73.8±15.2歳）である。表1に年齢別の人数を示した。表1中の対象者のうちの虚弱高齢者とは特別養護老人ホームに住む高齢者を対象として計測を行ったものである。なお，すべての対象者は自立歩行が可能である。

2. 2 足指力計測器を用いた足指力の加齢変化の結果および考察

図3, 4に足指力計測器を用いた計測結果について性別に平均値と標準偏差を示した。結果より20歳から44歳の青壮年群と45から64歳の中年群（団塊世代を含む人口構成の多い世代）を比較すると，中年群は青壮年群より男性の右足で10%，左足で20%低下（ $p<0.14$, t検定）し，女性はほぼ変わらない傾向がわかった。中年群と65から74歳の前期高齢者群を比較すると，前期高齢者群は中年群より男性の右足で33%，左足で23%低下

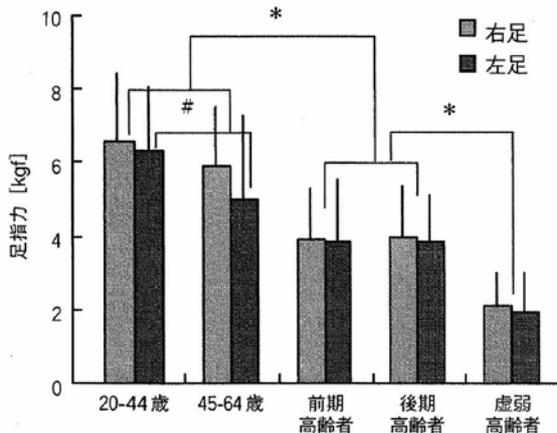


図3 下肢筋力の加齢変化の比較 (男性)

* $p<0.001$ # $p<0.14$

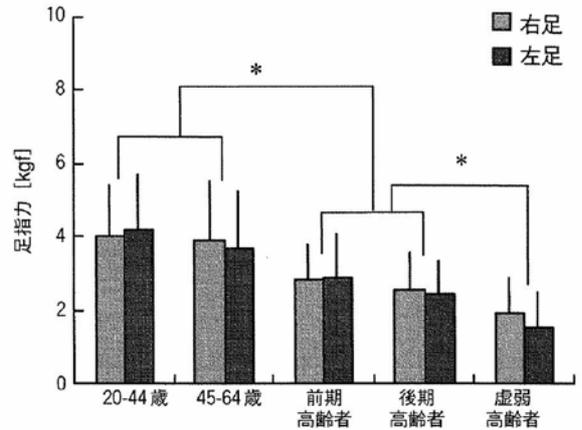


図4 下肢筋力の加齢変化の比較 (女性)

* $p<0.001$

し，女性の右足で28%，左足で21%低下することが認められた（ $p<0.001$, t検定）。

前期高齢者群と75歳以上の後期高齢者群の比較では，ほとんど足指力の低下が認められなかった。

前期高齢者群と虚弱高齢者群を比較すると，虚弱高齢者群は前期高齢者群より男性の右足で46%，左足で50%低下し，女性の右足で32%，左足で47%低下することが認められた（ $p<0.001$, t検定）。

以上の結果より，男女ともに日常生活で活動度が高いと考えられる健常高齢者群以降において極端に足指力が低下する傾向が見出された。また，健常高齢者の前期高齢者および後期高齢者において，男性の足指力は左右ともに約4kgf，女性は左右ともに約3kgfを保持しており，この水準が転倒リスク推定の基準と考えられる。

われわれはこれまでに，転倒リスクが高いと予測される要支援高齢者を含む後期高齢者82名の足指力と転倒歴を調べた結果より，過去1年間に転倒歴がある対象者は，転倒歴がない対象者よりも，足指力が15%低い傾向にあることを報告した¹⁸⁾。この結果と合わせて考えても，男性4kgf，女性3kgfを下回ることが転倒リスクを高めることにつながるという考え方が妥当だと考えられる。

したがって，65歳になってから足指力に代表

される下肢筋力を向上させるための介入を行うよりも、下肢筋力が下がりつつある青壮年群、特に団塊の世代を対象に転倒予防のための行動を行うことが重要であることが推測された。

3. 足部セルフケアと個別運動プログラムの実施による足指力の変化

3. 1 足部セルフケアと個別運動指導プログラムの提案

運動を指導し、身体機能向上の効果を上げるには、対象者に合った適切な運動プログラムの構築と、運動の継続が重要であると考えられる。

転倒予防という観点から考えると、転倒の発生要因で多く挙げられるのは“ひっかかり”である。ひっかかりが発生する原因は大まかに2つ考えられ、歩行相遊脚期に膝部が上がらない場合と足関節屈曲角度の低下、すなわちつま先が下がることが考えられる。これらが発生する要因として、大腿部などの筋力の低下も挙げられるが、実際には前頸骨筋および足底部の筋力低下と、歩行力学的観点から立脚層最終期のけり出し力の低下が挙げられる。

足部に着目してみると、高齢者の8割は立位中に足指が地面についていない¹⁷⁾こと、高齢者の6割以上が足爪、足指、および足部になんらかの異常を持っていること^{14, 17)}が報告されている。すなわち、転倒予防のためには、足部自体の機能を向上させることが重要であると考え、足部のセルフケアを中心とし、さらに前足部および足関節周辺の関節可動域や筋力を向上させるための個別運動指導プログラムを開発し、実施した。

2. 2で述べたように足指力を含む下肢筋力を効率よく向上させるためには、45から64歳の中年層から団塊世代にアプローチすることが求められるため、個別プログラム構築の要素に“快適性”と“モチベーション向上”が求められる。その意味でも本研究では、家庭内で実施可能な足部ケア

に着目して研究を進めた。

3. 2 対象者および調査項目

対象者は介入群として、28名の健常高齢者(72～87歳、平均年齢78.3±3.8歳)と、比較のための対象群として26名(72～93歳、80.2±4.7歳)である。介入期間は4ヶ月とし、月に1回全員が集まり、集団指導を実施した。さらに、介入群は家庭でも足部ケアおよび運動プログラムを実施するよう指示した。

身体機能計測は、介入前、運動実施2ヶ月後、4ヶ月後の3回行った。計測項目は、足指力、足指可動域、最大1歩幅などいくつか行ったが、本論文では足指力のみ限定して議論を進めることとする。

個別の運動指導プログラムの抽出には、足部の状態、すなわち、足爪の肥厚や巻き爪の有無や足裏の皮膚硬結の有無、位置、程度などを評価し、身体機能計測結果と合わせて作成した。

対象者のADLや運動指導期間4ヶ月中の運動の遂行の調査にはアンケートを用いた。対象者は毎日運動記録表に、運動を実施した(○)、少しした(△)、しなかった(×)の3段階のレベルで記入させた。毎日記録することで、運動実施のモチベーションの向上を図ることを目指した。(これ以外にも、趣味の実施などの調査も行っている)

毎回の運動指導前および計測前には、保健師が血圧、脈拍測定、問診を行い、体調の聞き取りや事故の防止に配慮した。対象者には、実験の主旨を説明し、同意を得た上で計測を開始した。

3. 3 足部ケアと個別運動プログラム実施の結果

結果は、対象者本人の介入1ヶ月目の運動実施状況のアンケート結果をもとに3グループに分類した。すなわち、運動実施群、時々実施群、あま

り運動をしなかった群と運動しなかった群（以下、あまり+しなかった群、とする）である。その結果、運動を実施群の対象者の人数は11名、時々実施群は14名、あまり+しなかった群は3名であった。

その結果、図5に示した運動実施群は、右足で介入2ヵ月後に足指力は1.1倍、4ヵ月後には1.2倍、左足で介入2ヵ月後に1.2倍（ $p<0.06$ ）、4ヵ月後には1.4倍（ $p<0.01$ ）に向上した。図6に示した運動を時々実施した群の足指力は、右足で介入2ヵ月後、4ヵ月後ともに1.1倍（ $p<0.05$ ）に向上し、左足で介入2ヵ月後は維持し、4ヵ月後に1.1倍（ $p<0.01$ ）に向上した。図7に示したあまり+しなかった群は、右足の足指力で介入2ヵ月後、4ヵ月後ともに1.2倍の向上、左足で介入2ヵ月後に2割の減少、4ヵ月後で1.1倍の向上となった。図8の対象群の足指力は変化が見られなかった。

以上の結果より、運動実施群、時々実施群で個別運動プログラムの実施により足指力の向上が認められた。しかし運動をあまりしなかった群と運

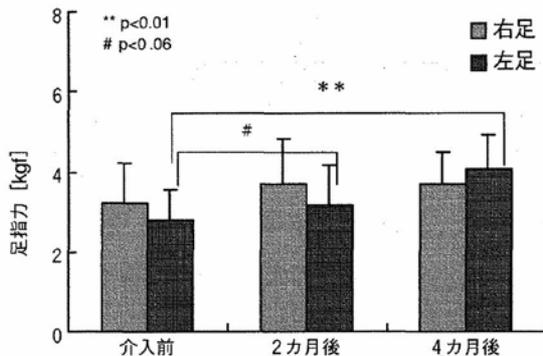


図5 運動実施群の足指力の変化

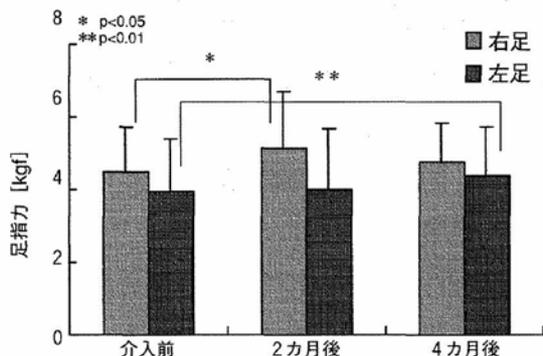


図6 時々実施群の足指力の変化

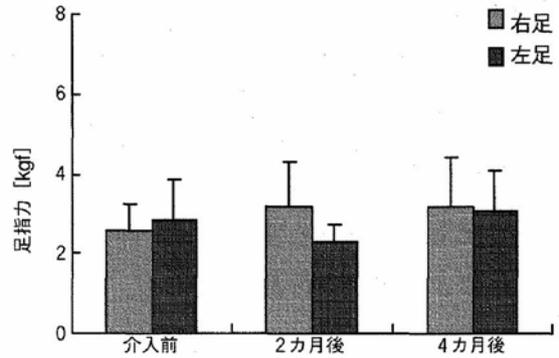


図7 あまり+しなかった群の足指力の変化

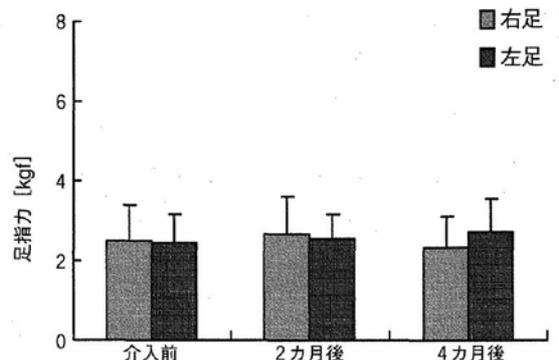


図8 対象群の足指力の変化

動をしなかった群（あまり+しなかった群）の結果からは向上が認められず、ばらつきが大きい結果となった。

3. 4 足部ケアと個別運動プログラム実施によるアンケート結果の一例

表2には介入4ヵ月後の終了後に行ったアンケートの結果の一部を示した。表2における質問4より、運動実施群および時々実施群において筋力（下肢筋力）に対し、半数以上が「向上したと思う」と回答した。さらに、質問6では、足指が地面をつかむ力が向上したことについて質問しており、その結果、運動実施群の半数以上が「向上したと思う」と回答した。また、足指の地面への接地状況に対する質問では、運動実施群、時々実施群ともに半数が足指の地面への接地能、すなわち前足部の機能向上を実感していることが伺える結果が得られた。

質問4, 6, 7の結果を受けて、質問9で外出の

表2 足部ケアと個別運動プログラム実施によるアンケート結果の一例

[人]	質問4 筋力が向上したと思う			質問6 地面をつかむ力が向上したと思う		
	思う	変化なし	下がった	思う	少し思う	変化なし
運動実施群	7	4	0	6	4	1
時々実施群	7	6	0	3	7	4
あまり+しなかった群	0	3	0	0	2	0

	質問7 足指が地面につくようになったと思う			質問9 外出する機会が増えた		質問11 食欲が増えた	
	思う	少し思う	変化なし	はい	いいえ	はい	いいえ
運動実施群	5	5	1	9	2	6	3
時々実施群	6	6	1	2	10	6	6
あまり+しなかった群	1	2	0	1	2	0	3

頻度に対する質問を行った。その結果、運動実施群 11 名中 9 名が外出する頻度が向上した。(p<0.01. クラスカル・ワリス検定) 外出頻度の低下は、閉じこもりの誘発につながり、ますます身体機能を低下させる原因だと考えられる。よって運動を実施することにより、外出を促進する効果が認められた。

副次的効果として質問 11 の食欲に対する質問にも運動実施群の半数が「食欲が増えた」と回答した。また結果には示さないが、個別運動指導を実施した 28 名中 19 名（無回答 6 名）が運動プログラムが自分に適していたと回答し、23 人が足に関心を持つようになったと回答した（無回答 4 名）。よって無回答者を除くとほとんどの対象者が運動プログラムが自分に整合し、足部への関心が高まったと回答した。

4. 考察およびまとめ

本研究では、現在の高齢者および、これから超高齢社会に突入した際の高齢者世代、すなわち団塊世代などを視野に入れた身体機能計測機器と評価指標の開発、および足指力計測器を用いた加齢変化と転倒リスクの検討を行った。さらに、快適性に着目した足部のセルフケアと身体機能・状況に応じた個別運動プログラムの推進による下肢筋力への影響をフィールドテストにより確かめた。

開発した足指力計測器による加齢変化では、男性は 45～64 歳の団塊世代を含む壮年期、女性は

65 歳以上の前期高齢期から極端に足指力が低下する傾向が明らかになり、転倒予防という観点から効果を上げるには、壮年期からの介入が必要であることが推察された。また、足指力の大きさが男性では 4kgf、女性では 3kgf を基準に転倒リスクが高まる可能性が示唆された。

転倒、および歩行力学的観点からひっかかりを予防し、快適性を追及して家庭内での気軽に実行できるセルフケアの一環として足部のセルフケアを中心とした運動プログラムを実施した。運動プログラムは、介入前および 2 ヶ月後の身体機能計測の結果から個別に運動プログラムを作成、実施した。その結果、運動実施群および時々運動を実施した群において足指力が向上した。

また、介入後のアンケートの結果からは、運動実施群が下肢筋力や身体機能に自信を持てたことがうかがえ、外出頻度や食欲の向上などが観察された。また、運動を実施しなかった対象者を含め、ほとんどの対象者は、今回行った個別運動プログラムが自分に整合しており、足部への関心が高まったと回答したことから、足部のセルフケアを中心とした運動指導方法は、家庭内で気楽に実施できるだけでなく、下肢筋力の向上に寄与し、転倒リスクを低下させる可能性が推測された。

さらに本研究では、介入前、2 ヶ月後、4 ヶ月後と対象者の身体機能計測の結果を対象者にフィードバックし、数値のみではなく、足圧分布などの足部の地面への接地状況などを視覚的に見せ、

さらに、対象者すべてに対し、身体機能のデータと運動のポイントについて個別指導を実施した。このことで対象者の運動や足部ケアへのモチベーションの向上を図り、運動を継続させるきっかけ作りを心がけた。

以上の結果より、対象者の身体的および心理的特性に基づいた個別運動指導の推進と定量的な身体機能計測によるデータに基づいた個別運動プログラムの作成が重要であることが明らかになったと考える。

今後、さらなるフィールドテストによるシステムティックな解析が望まれる。

文 献

- 1) 厚生労働省.国民生活基礎調査 (2000)
- 2) 太田壽城, 原田 敦, 徳田治彦.日本における大腿骨頸部骨折の医療経済.日老医誌; 39, 483-488 (2003)
- 3) 京極政宏. これからの少子・高齢社会における新しい市場の創造に向けて, 日本機械学会誌;108 (5) :37-42 (2005)
- 4) Province M.A., Hadley E.C., Hornbrook M.C., Lipsitz L.S., Miller J.P., Mulrow C.D., Ory M.G., Sattin R.W., Tinetti M.E., Wolf S.L. The effects of exercise on falls in elderly patients a preplanned meta-analysis of the FICSIT trials. *JAMA*; 273: 1341-1347 (1995)
- 5) 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)
- 6) 鈴木隆雄, 杉浦美穂, 古名丈人, 西沢 哲, 吉田英世, 石崎達郎, 金憲経, 湯川晴美, 柴田博, 地域高齢者の転倒発生に関連する身体的要因の分析的研究-5年間の追跡研究から, 日医老誌; 36: 472-478 (2005)
- 7) Obuchi S., Shibata H., Yasumura S., Suzuki T. Relationship between walking ability and risk of falls in community dwelling elderly in Japan. *Jap. Phys. Ther Sci.*; 6: 39-44 (1994)
- 8) Lord S.R., Mclean D., Stahers G. Physiological factors associated with injurious falls in older people living in the community. *Gerontol.*; 38: 338-346 (1992)
- 9) 武藤芳照, 黒柳律雄, 上野勝則, 太田美穂, 転倒予防教室, 日本医事新報社; 88: 46-47 (1999)
- 10) Magnusson M., Enbom H., Johansson R., Wiklund J. Significance of pressor input from the human feet in lateral postural control, *Acta Otolaryngol.*; 110: 321-327 (1990)
- 11) Campbell A.J., Robertson M.C., Gardner M.M., Norton R.N., Tilvard M.W., Buchner D.M. Rndomised controlled trial of a general practice programme of home based exercise to prevent falls in elderly women, *BMJ.*; 315: 1065-1069 (1997)
- 12) 財団法人長寿社会開発センター, ホームヘルパー機能強化のための方策に関する調査研究事業報告書 (2002)
- 13) 大高洋平, 里宇明元, 宇沢充圭, 千野直一, エビデンスからみた転倒予防プログラムの効果-1.狭義の転倒予防, リハ医学; 40 : 374-388 (2003)
- 14) 地域保健研究会内フットケアのあり方に関する研究委員会編, フットケアのあり方に関する調査研究報告書, 地域保健研究会 (2002)
- 15) Bisdorff A.R., Bronstein M.A., Gresty M.A., Wolsley C.J., Davies A., Young A. EMG responses to free fall in elderly subjects and akinetic rigid patients, *J. Neurol Neurosurg Psychiatry* ; 66 (4) : 447-455 (1999)
- 16) Bisdorff A.R., Bronstein M.A., Gresty M.A., Wolsley C.J., Davies A., Young A. EMG-responses to sudden onset free fall. *Acta. Otolaryngol Suppl.*; 347-349 (1995)
- 17) 山下和彦, 野本洋平, 梅沢淳, 宮川晴妃, 川澄正史, 小山裕徳, 斎藤正男, 高齢者の足部・足爪異常による転倒への影響, 電気学会論文誌, C ; 124 (10) : 2057-2063 (2004)
- 18) 山下和彦, 斎藤正男, 高齢者転倒予防能力の足指間圧力計測による推定. 計測自動制御学会誌 ; 38 (11) : 952-957 (2002)