

足趾が動的姿勢制御に果たす役割に関する研究

The Study of Relationship between Toe and Dynamic Postural Control

加辺 憲人¹⁾ 黒澤 和生²⁾ 西田 裕介¹⁾ 岸田あゆみ¹⁾ 小林 聖美¹⁾
田中 淑子¹⁾ 牧迫飛雄馬¹⁾ 増田 幸泰¹⁾ 渡辺観世子¹⁾

NORIHITO KABE, RPT¹⁾, KAZUO KUROSAWA, RPT²⁾, YUSUKE NISHIDA, RPT¹⁾, AYUMI KISHIDA, RPT¹⁾,
Satomi KOBAYASHI, RPT¹⁾, YOSHIKO TANAKA, RPT¹⁾, Hyuma MAKIZAKO, RPT¹⁾,
Yukiyasu MASUDA, RPT¹⁾, Miyoko WATANABE, RPT¹⁾

¹⁾ Physical Therapy Section, Health Sciences Program, Health and Welfare Sciences Course, Graduate School of International
University of Health and Welfare: 2600-1 Kitakanemaru, Ohtawara-city, Tochigi 324-8501, Japan. TEL+81 287-24-3000

²⁾ Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, International University of Health and Welfare

Rigakuryoho Kagaku 17(3): 199-204, 2002. Submitted Feb. 22, 2002. Accepted May 2, 2002.

ABSTRACT: The purposes of this study were to examine the roles of toe in dynamic postural control during horizontal and vertical movements, and to elucidate the relationship between dynamic postural control and toe grasp power in healthy young subjects. Three kinds of non-weight bearing insoles, that without weight on a great toe, that without weight on the second to fifth toes, and that without weight on all toes, and an insole of weight bearing were prepared. Center of foot pressure was measured during forward functional reach, and body sway was measured during crouching and standing motions as an index of dynamic postural control during vertical movement. Both in horizontal and vertical movements, a great toe exerted the function of supporting the shifted center of gravity, and the second to fifth toes had the function of re-centering the shifted center of gravity. These suggest a possible role of a great toe and the second to fifth toes in dynamic postural control during horizontal and vertical movements. Toe grasp power of a great toe and the second to fifth toes were measured separately by the hand-held dynamometer improved for toes. Analysis of the relationship between dynamic postural control and toe grasp power suggests that toe grasp power may reduce the body sway area. It is also suggested that toe grasp power may have an effect on dynamic postural control during vertical movement, and that strengthening of the toe grasp power may potentially decrease the risk of falling.

Key words: dynamic postural control, toe grasp power, center of foot pressure

要旨：本研究の目的は、健常若年男性を対象に、水平面・垂直面での足趾が動的姿勢制御能に果たす役割と足趾把持筋力との関係を明らかにすることである。母趾、第2～5趾、全趾をそれぞれ免荷する足底板および足趾を免荷しない足底板を4種類作成し、前方Functional Reach時の足圧中心移動距離を測定した。また、垂直面における動的姿勢制御能の指標として、しゃがみ・立ち上がり動作時の重心動揺を測定した。その結果、水平面・垂直面ともに、母趾は偏位した体重心を支持する「支持作用」、第2～5趾は偏位した体重心を中心に戻す「中心に戻す作用」があり、水平面・垂直面での動的姿勢制御能において母趾・第2～5趾の役割を示唆する結果となった。足趾把持筋力は握力測定用の握力計を足趾用に改良し、母趾と第2～5趾とを分けて測定した。動的姿勢制御能と足趾把持筋力との関係を分析した結果、足趾把持筋力が動揺面積を減少させることも示唆され、足趾把持筋力の強弱が垂直面での動的姿勢制御能に関与し、足趾把持筋力強化により転倒の危険性を減少させる可能性があると考えられる。

キーワード：動的姿勢制御、足趾把持筋力、足圧中心移動距離

¹⁾ 国際医療福祉大学大学院医療福祉研究科保健医療学専攻理学療法分野：栃木県大田原市北金丸2600-1 (〒324-8501)
TEL 0287-24-3000

²⁾ 国際医療福祉大学保健学部理学療法学科

受付日 2002年2月22日 受理日 2002年5月2日

I. 緒 言

高齢者の転倒の危険因子は外的環境因子のほか、姿勢制御能低下、歩容の変化、筋力低下、反射の減弱、視力低下、痴呆、向精神薬の服用等があり、特に下肢の機能障害や姿勢制御能の障害が重要であると考えられる。

転倒の予防として、下肢運動機能、姿勢制御能の維持・向上を図ることが重要であり、その指標としては握力などの粗大筋力テスト、閉眼片脚立位時間、重心動揺などの静的姿勢制御能を評価するテストなどが用いられている。静的立位姿勢制御能および前傾姿勢の安定性は60歳代以上において低下し、前方への最大振幅が将来の転倒を予測する最大の因子といわれている^{1,2)}。足底面は、立位姿勢の制御において単なる支持面ではなく姿勢の平衡を維持する機能面ともいわれており³⁾、その中でも前足部支持の重要性が指摘されている。また、足趾把持筋力強

化により静的立位姿勢制御時の重心動揺に改善効果がみられたとの報告もある^{4,5)}。その一方、足趾の関与はほとんどないとの報告もあり⁶⁻⁸⁾、静的立位姿勢制御能での足趾の関与についての見解は統一されていない。Horakらは、動的重心動揺の方が静的重心動揺よりも転倒の予測因子⁹⁾として重要であるとしている。姿勢制御能において母趾と第2～5趾との機能は同等であるとの報告がある¹⁰⁾、動的立位姿勢制御における前方への重心移動時は、足趾の第2～5趾より母趾の方が有意に関与しており、最前傾位では母指外転筋が下腿三頭筋の筋活動よりも高く、足圧中心位置は母趾把持筋の方が足関節底屈筋の筋力よりも高い相関があるとの報告もある^{1,10)}。その他に、足趾把持筋力が高ければ動的バランスも優れている¹¹⁾という報告や、足趾把持筋力は動的姿勢制御能、Functional Reach, 10 m歩行時間などと相関がある¹²⁾という報告もある。



a .足趾把持筋力計



b .各種足底板



c .水平面における動的姿勢制御能の測定



d .垂直面における動的姿勢制御能の測定

図1 測定器具と測定風景

以上のような背景のもと、本研究では足趾が動的姿勢制御能に果たす役割を明らかにすることを目的として、母趾、第2～5趾、全趾をそれぞれ免荷することによる水平面・垂直面での動的姿勢制御能への影響を検討した。また、母趾、第2～5趾、全趾の把持筋力を分けて測定し、それぞれの筋力と動的姿勢制御能との関係を検討した。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、特に整形外科的、神経学的疾患の既往のない健康若年男性10名（平均±標準偏差：年齢 23.2 ± 3.4 歳、身長 173.6 ± 5.8 cm、体重 66.6 ± 6.5 kg）であった。

研究前には十分な説明を行い、同意を得た上で行った。

2. 方法

(1)足趾把持筋力（Toe Grasp Power：以下TGP）の測定

TGPの測定は、三輪ら¹²⁾の測定方法を参考に、握力測定用の竹井機器工業株式会社製グリップ5101を足趾用に改良して行った（図1-a）。本研究では、母趾のTGPと第2～5趾のTGPを分けて測定するために、母趾ではグリップ部位を指節間関節に平行に、第2～5趾では近位指節間関節に平行となるように調節した。測定は、坐位にて膝関節が屈曲 90° 、足関節は底・背屈 0° に固定し、左右それぞれ3回ずつ行い、最大値を個人の代表値とした。また、それぞれの体重にて補正した体重比足趾把持筋力（%Toe Grasp Power：以下%TGP）を算出した。

(2)水平面における動的姿勢制御能の測定

立位動的姿勢制御能の測定に先立ち、母趾、第2～5趾および全趾をそれぞれ免荷する足底板と足趾は免荷しない足底板を左右それぞれ4種類作成した（図1-b）。足底板は、3 cm未満の厚みでは足趾が屈曲した際に床面に接触することから、これを避けるために最低の厚さを3 cmとした。

水平面における動的姿勢制御能の指標として前方Functional Reach（以下FR）時の足圧中心移動距離（Center of Foot Pressure:以下CFP）を測定した。

測定方法は、重心動揺計（アクティブバランス：酒井医療株式会社）上で母趾のみを支持し、第2～5趾を免荷した立位（以下母趾）、母趾のみを免荷した立位（以下4趾）、足趾部（全趾）を免荷した立位（以下免荷）、

足底・足趾を全て支持した立位（以下全趾）の4種類の立位で行った。肢位は右上肢を 90° 屈曲位、左上肢を体側に自然に垂らした立位とし、両足の内側縁間の距離は条件を統一するため8 cmとした。動作中は、安静立位時

の前方における目線の高さの指標を注視させ、足底面が離れないこと、体幹の前傾および股・膝関節の屈曲が生じない様に指示し、5秒間の静止立位後、できるだけ前方にリーチを行わせた（図1-c）。各条件における足底板はそれぞれランダムに選択し、2～3回の練習後に前方FR時のCFP測定を行った。CFPはそれぞれの足長にて補正し、足長比足圧中心移動距離（%Center of Foot Pressure:以下%CFP）を算出した。

(3)垂直面における動的姿勢制御能の測定

垂直面における動的姿勢制御能の指標として、しゃがみ・立ちあがり動作時の重心動揺を測定した。測定方法は、前述の4種類の足趾免荷条件にて、それぞれ6秒間の静止立位の後、3秒間でのしゃがみ動作、3秒間での立ち上がり動作の2動作を3回連続して行い、最後に6秒間の静止立位を行った。30秒間の重心動揺の測定は、開始から、終了までの全30秒間とした。両足の内側縁間の距離を8 cmとし、両上肢を頭頂部で組ませ、動作中は目線の高さを平行にする様指示した。また、足底面が離れないこと、体幹の前傾、股関節の内転が生じない範囲での最大しゃがみ動作とした（図1-d）。足底板はそれぞれランダムに選択し、2～3回の練習後にしゃがみ・立ちあがり動作時の重心動揺（総軌跡長：LNG AREA、外周面積：ENV AREA）を測定した。LNG AREA、ENV AREAはそれぞれの身長にて補正し、身長比総軌跡長（以下%LNG）、身長比外周面積（以下%ENV）を算出した。

3. 統計的解析

統計処理は、%CFP、%LNG、%ENVについて、各足趾の免荷条件を要因とする一元配置の分散分析を行い、主効果が確認されたものにはFisherの多重比較検定を行った。また、各足趾の%TGPと足趾の免荷条件における%CFP、%ENVの相関関係については、ピアソンの相関係数を用いた。各統計処理において、有意水準は5%未満とした。

III. 結果

1. 足趾把持筋力

表1に%TGPの値を示す。右母趾は $14.5 \pm 3.5\%$ 、左母趾は 16.0 ± 5.3 、右第2～5趾は $14.0 \pm 4.1\%$ 、左第2～5趾 $12.6 \pm 3.4\%$ 、右全趾は $19.1 \pm 5.4\%$ 、左全趾は $20.9 \pm 5.6\%$ であった。左全趾 右全趾 左母趾 右母趾 右第2～5趾 左第2～5趾の順で筋力が強く、右足趾よりも左足趾の方が強い傾向であった。

表1 体重比足趾把持筋力(平均±標準偏差)(%)

	母趾-%TGP	4趾-%TGP	全趾-%TGP
R	14.5 ± 3.5	14.0 ± 4.1	19.1 ± 5.4
L	16.0 ± 5.3	12.6 ± 3.4	20.9 ± 5.6

R:右足,L:左足,母趾:母趾の把持筋力,
4趾:第2~5趾の把持筋力,全趾:全趾の把持筋力,%
TGP:体重比足趾把持筋力

表3 体重比足趾把持筋力と足長比足圧中心移動距離の相関係数

	母趾-%CFP	4趾-%CFP	全趾-%CFP
R-母趾-%TGP	0.34		0.46
R-全趾-%TGP	0.25	0.01	0.42
L-母趾-%TGP	0.39		0.43
L-全趾-%TGP	0.36	0.14	0.42
R-4趾-%TGP		-0.23	-0.21
L-4趾-%TGP		-0.39	-0.37

R:右足,L:左足,母趾:母趾のみ,4趾:第2~5趾,
全趾:全趾,%TGP:体重比足趾把持筋力,%CFP:足長比
足圧中心移動距離

表2 各条件における足長比足圧中心移動距離(%),身長比総軌跡長(%),身長比外周面積(%)

	母趾	4趾	免荷	全趾	有意差
足長比足圧中心移動距離(%)(%CFP)	33.0 ± 6.3*	30.2 ± 7.2*	22.8 ± 9.7	35.6 ± 7.7*	P < 0.05
身長比総軌跡長(%)(%LNG)	71.4 ± 6.0	70.0 ± 6.7	70.4 ± 8.3	69.8 ± 9.0	NS
身長比外周面積(%)(%ENV)	64.0 ± 16.7	58.5 ± 20.6	46.8 ± 13.3	61.7 ± 33.0	NS

母趾:母趾のみ支持,4趾:母趾のみ免荷,免荷:全趾免荷,全趾:全趾支持

*免荷条件との間に有意差あり(平均±標準偏差)

2. 水平面における動的姿勢制御能

表2より前方FR時の%CFPは,母趾のみの支持で33.0 ± 6.3%,母趾のみの免荷で30.2 ± 7.2%,全趾免荷で22.8 ± 9.7%,全趾支持では35.6 ± 7.7%であった。足圧中心移動距離は前方から後方へ,全趾支持 母趾のみ支持 母趾のみ免荷 全趾免荷の順であった。

分散分析と多重比較検定の結果より%CFPにおいて母趾-免荷間,免荷-全趾間,4趾-免荷間において有意差が認められた(p<0.05)。

3. 体重比足趾把持筋力(%TGP)と足長比前方足圧中心移動距離(%CFP)の関係

表3より右母趾の%TGPと母趾のみ支持での%CRPではr=0.34および全趾支持%CRPではr=0.46と正の相関関係が得られた。

右全趾%TGPと母趾のみ支持での%CFPではr=0.25,母趾のみ免荷での%CFPではr=0.01,全趾支持での%CFPではr=0.42と正の相関関係が得られた。左母趾の%TGPと母趾のみ支持での%CFPではr=0.39,全趾支持での%CFPではr=0.43と正の相関関係が得られた。左全趾の%

TGPと母趾のみ支持での%CFPではr=0.36,母趾のみ免荷での%CFPではr=0.14,全趾支持での%CFPではr=0.42の相関係数と正の相関関係が得られた。

一方,右第2~5趾の%TGPと母趾のみ免荷での%CFPではr=-0.23,全趾支持での%CFPではr=-0.21と負の相関が得られた。左第2~5趾の%TGPと母趾のみ免荷での%CFPではr=-0.39,全趾支持での%CFPではr=-0.37の相関係数となり負の相関関係が得られた。

全ての相関関係において有意差は認められなかったが,母趾を含む把持筋力との間には正の相関関係が,また第2~5趾の間には負の相関関係が認められた。

母趾の%TGPと母趾のみ免荷%CFPおよび第2~5趾の%TGPと母趾のみ支持の%CFPとは関係していないことから,相関係数の算出は行わなかった。

4. 垂直面における動的姿勢制御能

(しゃがみ・立ち上がり動作時の重心動揺)

表2より%LNGでは母趾のみ支持で71.4 ± 6.0%,母趾のみの免荷で70.0 ± 6.7%,全趾免荷で70.4 ± 8.3%,全趾支持では69.8 ± 9.0%であった。母趾のみ支持 全趾免荷

表4 体重比足趾把持筋力と身長比外周面積の相関係数

	母趾 -%ENV	4趾 -%ENV	全趾 -%
ENV			
R-母趾 -%TGP	- 0.56		- 0.43
R-4趾 -%TGP		- 0.48	- 0.42
R-全趾 -%TGP	- 0.11	- 0.53	- 0.10
L-母趾 -%TGP	- 0.54		- 0.34
L-4趾 -%TGP	- 0.45		- 0.20
L-全趾 -%TGP	- 0.24	- 0.67	- 0.18

R:右足,L:左足,母趾:母趾のみ,4趾:第2~5趾,全趾:全趾,%TGP:体重比足趾把持筋力,%ENV:身長比外周面積

母趾のみ免荷 全趾支持の順で長く,ほぼ70%付近の値を示した。

%ENVにおいては,母趾のみの支持で $64.0 \pm 16.7\%$,母趾のみの免荷で $58.5 \pm 20.6\%$,全趾免荷で $46.8 \pm 13.3\%$,全趾支持では $61.7 \pm 33.0\%$ であった。広い方から,母趾のみ支持 全趾支持 母趾のみ免荷 全趾免荷の順となった。

分散分析と多重比較検定の結果より,各施行間に有意差は認められなかった。

5. 体重比足趾把持筋力(%TGP)と身長比外周面積(%ENV)との関係

表4より%TGPと%ENVとの相関係数は,右母趾の%TGPと母趾のみ支持での%ENVで $r = -0.56$,全趾支持での%ENVで $r = -0.43$ と負の相関係数が得られた。右第2~5趾の%TGPと母趾のみ免荷での%ENVでは $r = -0.48$,全趾支持での%ENVで $r = -0.42$ と負の相関係数が得られた。右全趾の%TGPと母趾のみ支持での%ENVでは $r = -0.11$,母趾のみ免荷での%ENVでは $r = -0.53$,全趾接支持での%ENVでは $r = -0.10$ と負の相関係数が得られた。

また,左母趾の%TGPと母趾のみ支持での%ENVでは $r = -0.54$,全趾接支持での%ENVでは $r = -0.34$ と負の相関係数が得られた。左第2~5趾の%TGPと母趾のみ免荷での%ENVでは $r = -0.45$,全趾支持での%ENVでは $r = -0.20$ と負の相関係数が得られた。左全趾の%TGPと母趾のみ支持での%ENVでは $r = -0.24$,母趾のみ免荷での%ENVでは $r = -0.67$,全趾支持での%ENVでは $r = -0.18$ と負の相関係数が得られた。

全ての相関係数において有意差は認められなかったが,全ての%TGPと%ENV負の相関係数の傾向を認めた。

IV. 考 察

本研究では,健常若年男性を対象に,足趾が動的姿勢制御に果たす役割を明らかにすることを目的として,水平面・垂直面での足趾の役割および動的姿勢制御能と足趾把持筋力との関係を分析した。

本研究の結果より,%TGPは左全趾 右全趾 左母趾 右母趾 右第2~5趾 左第2~5趾の順に強く,右足趾よりも左足趾の方が強い傾向にあった。このことは,両足立ちおよび片足立ちにおいて,右足よりも左足の方が支持能力が高く,立位においては左足有意であるという平沢らの報告¹⁴⁾と関連性があると考えられる。また,左足趾把持筋力が動的姿勢制御能を左右する因子として挙げている馬場らの報告¹¹⁾からも,左足趾把持筋力の重要性が示唆され,今回の被験者は健常者であり,動的姿勢制御能が保持されていることがわかった。

%CFPは前方から後方へ,全趾支持 母趾のみ支持 母趾のみ免荷 全趾免荷の順であり,水平面での前方動的姿勢制御能において,有意差は認められなかったが,第2~5趾よりも母趾の方が関与している傾向があると考えられる。足趾からの感覚入力の情報量の違いよりも,重心が前方に移動した場合にどれだけ足趾で支持できるかということが重要であり,第2~5趾よりも母趾の方が関与しているという浅井らの報告¹⁰⁾を支持する結果となった。

%TGPと%CFPとの関係は,有意差は認められなかったが,母趾を含む把持筋力においては,前方足圧中心移動距離との間に正の相関係数の傾向を認めた。しかし,第2~5趾の把持筋力との間には負の相関係数の傾向となっている。これらのことより,水平面の動的姿勢制御能の一つである前方リーチ時において,母趾は重心前方位置時に「支持作用」があり,第2~5趾は前方に偏位した体重心を,「中心に戻す作用」があると推察できる。

次に,本研究では垂直面における動的姿勢制御能の評価として,動揺した総距離を示すLNGと,動揺した広さを示すENVを指標として用いた。

%LNGは各施行間においてほとんど差はなく,70%付近でほぼ等しい結果であった。このことより垂直面での動的制御において動揺する総距離は,足趾の条件に影響を受けないことがわかった。%ENVは支持基底面の広さから予測すれば,面積の広いほうから全趾支持 母趾のみ免荷 母趾のみ支持 全趾免荷の順になる。しかし,本研究では母趾のみ支持 全趾支持 母趾のみ免荷 全趾免荷の順となった。これは前方リーチなどの水平面での足趾の作用と同様に,しゃがみ・立ち上がり動作時な

どの垂直面においても、母趾と第2～5趾の作用の違いを示していると考えられる。つまり、母趾のみの支持では、水平面における母趾の作用と同様の「支持作用」により、偏位した体重心を支持することができ、%ENVが最も広い面積となる。全趾支持では母趾の「支持作用」と第2～5趾の「中心に戻す作用」が拮抗し、母趾のみの支持の状態よりも狭く、第2～5趾のみで支持した状態よりも広い面積となる。母趾のみの免荷では、第2～5趾の「中心に戻す作用」により、偏位した体重心を戻し、結果として面積が減少するものと考えられる。

%TGPと%ENVとの相関関係には有意な差は認められなかったが、全ての%TGPと%ENVにおいて負の相関関係を示す傾向が得られた。これは、足趾把持筋力の強いほうが、動揺面積が小さいことを示しており、%ENVの減少が転倒の危険性を減少させるという木藤らの報告¹²⁾からも、足趾把持筋力の強弱が垂直面での動的姿勢制御能に参与している可能性があると考えられる。

以上の結果から、水平面・垂直面での動的姿勢制御に果たす各足趾の役割として、母趾には偏位した体重心を支持する「支持作用」が、そして第2～5趾には偏位した体重心を中心に戻す「中心に戻す作用」があるのではないかと考えられる。さらに、足趾把持筋力の強化によって動的姿勢制御能の向上が得られ、母趾と第2～5趾の両作用を強化＝全足趾把持筋力の強化をすることで転倒の危険性を減少させる可能性があると考えられる。

最後に、本研究の主たる結果が有意水準に満たず、傾向に留まっていることから推測の範囲であることも事実である。このような結果が得られた原因として、対象患者数が少ないことや足関節の運動のみを許した足関節運動戦略を¹⁵⁾CFP測定に用いたことなどが考えられる。しかし、本研究の結果は、有意差は認められなかったものの、結果をそのまま高齢者へ応用することは困難であるが、高齢者を対象とする際の基本的な資料として十分意義のある研究であると考えられる。また、今後、対象者を広め臨床における簡便な足趾機能評価法の開発を進めていくための基礎資料として本研究の有用性が確認できたものと考えている。

引用文献

- 1) 藤原勝夫, 池上晴夫, 岡田守彦・他: 立位姿勢の安定性における年齢および下肢筋力の関与. 人類誌, 1982, 90(4): 385-400.
- 2) Maki BE, Holliday PJ, Topper AK: FA prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. J Gerontol Med Sci, 1994, 49: M72-M84.
- 3) 片平清昭, 岩崎祥一, 塚原 進・他: 立位姿勢における身体動揺と足底部位圧. 姿勢研究, 1987, 7(1): 7-12.
- 4) 小林隆司, 細田昌孝, 峯松 亮・他: 高齢者の足趾把持訓練が静的重心動揺に及ぼす影響. 日災医学会誌, 1999, 47(10): 633-636.
- 5) 井原秀俊, 吉田拓也, 高柳清美・他: 足趾・足底訓練が筋力・バランス能に及ぼす効果. 整形スポーツ会誌, 1995, 15: No2, 268.
- 6) Kapandji IA: II下肢, 第1版. カバンディ関節の生理学(萩島秀男, 他訳). 医歯薬出版, 東京, 1986, pp148-213.
- 7) 中村隆一・他: 基礎運動学, 第3版, 医歯薬出版, 東京, 1986, pp224-223.
- 8) 沖田千恵美, 室井宏育, 柳沢ひでみ・他: 足趾が高齢者のバランスに及ぼす影響 - 足趾把持力と静的バランスの関係について -. 東北理学療法学, 1998, 10: 94-95.
- 9) Horak FB, Shupert CL, Miraka A: Component of postural dyscontrol in the elderly. A Review. Neurobiol Aging, 1989, 10: 727-738.
- 10) 浅井 仁, 奈良 勲, 立野勝彦・他: 立位姿勢保持における足趾の作用に関する研究. PTジャーナル, 1989, 23(2): 137-141.
- 11) 馬場八千代, 木藤伸宏, 井原秀俊・他: 健常女性高齢者の動的バランスを予測する因子. 理学療法学, 2000, 27: 80.
- 12) 木藤伸宏, 井原秀俊, 三輪 恵・他: 高齢者の易転倒性を予測する因子の抽出と, その予防のための訓練法の開発. 健康医科学研究助成論文集, 2000, 15: 25-36.
- 13) 三輪 恵, 井原秀俊: 足趾・足底握力測定器. Journal of Joint Surgery, 1995, 14(10): 143.
- 14) 平沢彌一郎: Stasiology からみた左足と右足. 神経研究の進歩, 1980, 24: 623-633.
- 15) 対馬栄輝, 対馬 均, 石田水理・他: 下肢の運動戦略とFunctional Reach Test - 足・股・踵上げ運動戦略の違いがFunctional Reach距離, 重心の前後移動, 重心動揺面積に及ぼす影響 -. 理学療法科学, 2001, 16(4): 159-165.