

■ 原著

健常者における身体柔軟性と直立姿勢保持能力 に関する研究

A study of body flexibility and the standing-postural keeping ability in
healthy subjects

谷内幸喜

Kouki Taniuchi

大阪河崎リハビリテーション大学リハビリテーション学部リハビリテーション学科：
〒597-0104 大阪府貝塚市水間 158 番地
TEL 072-446-6700 FAX 072-446-6767 E-mail: taniuchik@kawasakigakuen.ac.jp

Faculty of Rehabilitation, School of Rehabilitation, Osaka Kawasaki Rehabilitation University :
158 Mizuma, Kaiduka City, Osaka 597-0104
TEL +8172-446-6700 FAX 072-264-6767 E-mail: taniuchik@kawasakigakuen.ac.jp

保健医療学雑誌 4(2): 26-34, 2013. 受付日 2012 年 6 月 19 日 受理日 2013 年 6 月 28 日
JAHS 4(2): 26-34, 2013. Submitted Jun. 19, 2012. Accepted Jun. 28, 2013.

ABSTRACT : The purpose of this study is to investigate the relationships between body flexibility and the standing-postural keeping ability in healthy subjects. For testing the standing-postural keeping ability, thirty healthy subjects (male 20, female 10, average age 25.5 ± 4.3 years) were measured for their root mean square (COP) and the maximum amplitudes of postural sway in the x-axis and the y-axis respectively during the disturbance stimulus which a floor moves to the front by the total motion analysis system (MA6000). In addition, the stand-and-reach distance and the sit-and-reach distance as indices were used to examine body flexibility of healthy subjects. The measurements resulted in significant ($p < 0.05$) negative correlation between body sway factors and flexibility factors. In healthy subjects with high flexibility on the body, the fact is notable that the higher postural balance keeping ability possesses, the less suppressing body sway has. The findings of this study indicate an effectiveness of body flexibility in balance ability evaluation and present a potential for clinical application.

Key words : body flexibility, the standing-postural keeping ability, center of foot pressure (COP)

要旨 : 健常者における身体柔軟性の要素に着目し直立姿勢保持能力との関係を検討した。対象は健常者 30 名で男性 20 名、女性 10 名、平均年齢 25.7 ± 4.3 歳であった。直立姿勢保持能力の指標としては、アニメ社製総合動作分析システム (MA6000) を使用して前方床移動外乱中の動揺軌跡の実効値及び左右前後の最大振幅を求めた。身体柔軟性の指標としては、立位体前屈距離及び長座体前屈距離を測定した。結果として、身体柔軟性指標と直立姿勢保持能力指標との関係では、負の相関性が認められ ($p < 0.05$)、身体柔軟性の高い人ほど少ない動揺で直立姿勢を保持していることが示唆された。本研究は、バランス能力評価において身体柔軟性の有効性を示すとともに、臨床的応用の可能性を得ることができた。
キーワード : 身体柔軟性, 直立姿勢保持能力, 足圧中心

はじめに

高齢社会の到来によって理学療法に対する社会的ニーズはますます高まりつつある。高齢社会を支えるためには、人々の健康の維持・増進に努めることが求められ、さらに高齢者や障害者が、安定的に継続して地域における生活をできるよう、援助していくことが求められている。

健常者においても、突然介護が必要になる要因に転倒・骨折がある。転倒および転倒不安と関連する予測因子として、バランス能力の低下が挙げられている^{1,4)}。要介護の身体的要因に着目した疫学的研究によれば、バランス能力障害を有することによって転倒する相対的危険率は 2.6 から 2.9 倍、再転倒の危険率は 5.0 倍に増大すると言われている^{2,3)}。また再転倒と関連する予測因子を明らかにした研究でも、性、年齢、転倒回数、精神機能、筋力、バランス能力のうち、バランス能力が 3.9 倍と最も強い予測因子であると報告している⁴⁾。

転倒予防に関する先行研究をみると、転倒に関する内的要因として、バランス機能の低下^{5,6)}や、下肢筋力の低下⁶⁻⁸⁾が数多く指摘されている。また、転倒予防のための運動方法に関しては、その内容の多くが単に基礎的な運動のみの介入にとどまらず日常生活を意識した複合的な運動介入の重要性^{5,8-15)}といったことがキーワードとして述べられているが、アプローチにおける具体的かつ統一的内容や期間・頻度などに一定の指標が見当たらないといった問題点がある。

転倒および転倒不安と関連するバランス能力への影響に関しては、見解が一致していないもののバランス能力の改善の背景に筋力関与の有無が議論^{8,16-19)}されているが、バランス能力における柔軟性関与に関しては、その重要性を指摘²⁰⁾されながらも詳しい内容を述べた報告は見受けられない。

Kendall²¹⁾によれば、姿勢とは、運動に対する身体の全関節の肢位を合成したもので、姿勢は筋バランスという観点からも記述することができる。さらに、標準姿勢として使われる理想的な骨格アライメントは、健全な科学的原理に一致しており、筋バランスも良くストレスや緊張が最小限の状態での身体のもっとも効率的な状態であるとも述べている。また、佐藤²²⁾によれば、

姿勢が悪くなってしまいう主な原因は、筋バランスの乱れ、すなわち筋力バランスと柔軟性バランスの乱れにある²²⁾ことなども述べられており、筋バランスという観点は、筋力バランスや柔軟性バランスを含んだ概念であることが伺われる。さらに、筋バランスから述べた報告では、抗重力筋のアンバランスは重心の動揺を増加させ、日常生活においても姿勢や歩き方が悪くなり運動能力が偏り、怪我や腰痛などの故障が起こりやすくなることが報告²³⁾されているが、バランス制御において筋力の大小は関係ないことも報告^{23,24)}されている。

以上の先行研究を踏まえ、本研究ではバランス能力と身体柔軟性との関連性を調べ、バランス能力評価における身体柔軟性の有効性を検討した。

対象と方法

1. 対象

日常生活に支障をきたしていない健常人 30 名を対象とした。その内訳は男性 20 名、女性 10 名、平均年齢は 25.7±4.3 歳(21-35 歳)、平均身長は 166.6±6.9cm(153.0-183.0cm)、平均体重は 65.5±12.5kg(48.0-95.5kg)である。なお、本研究課題に影響を及ぼす可能性のある骨関節疾患等の既往歴を持つ者は除外し、動作遂行が十分可能な者を被験者とした。被験者には本研究の趣旨と目的を文書で説明し、被験者となることに同意を得た後に実施した。なお、本研究は医療法人財団尚温会伊予病院教育倫理委員会にて承認を得て行った。

2. 測定方法と統計解析

バランス能力の指標としては、再テストにおいて 0.71 から 0.95 の相関があり再現性の高い²⁵⁾²⁶⁾、足圧中心(center of foot pressure 以下 COP)の移動を記録する直立姿勢における重心動揺を測定した(以下、直立姿勢保持能力)。

測定方法は、電動車椅子につないだ台車の上にアニマ社製総合動作分析システム(MA6000,日本)の床反力計を設置し、被験者はその上に両上肢を体幹の外側に垂らした自然状態で進行方向に向かい開眼にて直立姿勢をとる。両足底の位置は任意とし普段行っている状態としたが、左右方向軸

(以下, x 軸)が足部の中央を通過し, 両踵後縁を結ぶ線が x 軸と平行でかつ前後方向軸(以下, y 軸)から左右均等に離すように設定した(Fig 1).

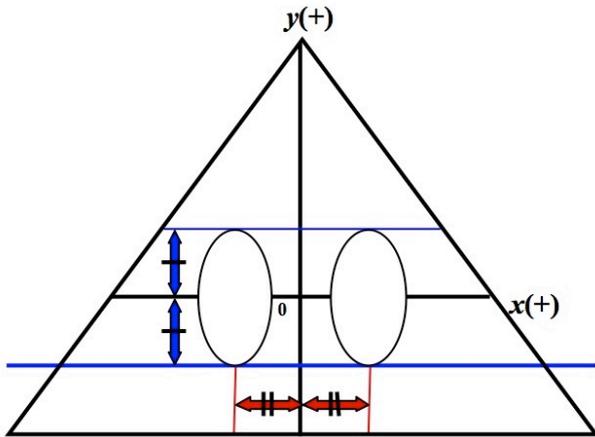


Fig1. Position of the feet on the force plate

測定時間は 10 秒間で, 最初の 3 秒間は直立姿勢のまま, その後 5 秒間は電動車椅子を一定のスピードで真っ直ぐ走行させる. そして, ストップさせて 2 秒後測定を終える. したがって, 被験者には電動車椅子がストップした後も, 再度合図があるまでの数秒間はできるだけそのままの立位姿勢をとり続けるように指示した. なお, 測定は 2.5km/h のスピードと 4.0km/h のスピードを各々別の日に測定するとともに測定前に 1 回の練習を施行した. 直立姿勢保持能力は, COP における動揺軌跡を指標とした^{23,27,28}. 測定項目は, COP における動揺軌跡の実効値(cm)及び左右前後の最大振幅(cm)を求めた. また, 加速度を一定にするために台車の上に砂のうを置くなどして台車にかかる重さは一定(体重+砂のう=110kg)とした.

身体柔軟性は, 走行が前方方向であり前方への反応が予想されるため, 体幹背部から腰部, 大腿および下腿後部の筋や腱の伸張性を指標とした²⁹. 測定項目は, 文部科学省スポーツテストの柔軟性指標項目である立位体前屈距離 (the stand-and-reach distance)を測定した³⁰. さらに, 安全性の配慮から近年, 体幹背部から腰部, 大腿および下腿後部の筋や腱における柔軟性指標として用いられている長座体前屈距離 (the sit-and-reach distance)を測定した³¹⁻³³. 立位体前屈距離の測定は, 足底が接地している台面を 0cm とし, そこから上に 25cm, 下に 40cm まで 1cm ごと目の盛りで定規をつけた台を用意し, 被験者は両

足の踵をつけ, 足先を 5cm ほど開いて台の上に立ち, 両手を伸ばしてものさしに触れながらからだを前屈させ両指先が達した最下端の位置を測定器の目盛りで読みとった(Fig.2). 長座体前屈距離の測定は, 長座の姿勢からからだを前屈させ立位体前屈同様, 前屈の度合いを両指先が達した最下端の位置で読みとった(Fig.3). 両方とも膝を曲げたり反動をつけたり, 片手を余分に伸ばしたりしないようにして 2 回測定し最高値を採用した.



Fig2. The stand-and-reach distance



Fig3. The sit-and-reach distance

身体柔軟性と直立姿勢保持能力の関係を調べるために, それぞれにおける相関係数を求め, その有意性判定の方法として t 検定を用い有意水準を 5%未満として解析を行った. なお統計学的解析には, Microsoft 社製表計算等ソフトウェア (Microsoft Excel 2003,日本)の分析ツールを使用した.

結果

被験者 30 名における身体柔軟性指標(立位体前屈距離・長座体前屈距離)および直立姿勢保持能力指標(COP 実効値・x 軸および y 軸における最大振幅)の結果を示す(Table1).

身体柔軟性指標と直立姿勢保持能力指標との関係において以下の結果が認められた(Table2). 立位体前屈距離は, 両スピードにおける COP 実効値 (2.5km/h: $r = -0.36$; $p < 0.05$, 4.0km/h:

$r = -0.52$; $p < 0.01$), および 4.0km/h における x 軸および y 軸方向の COP 最大振幅(x 軸: $r = -0.45$; $p < 0.05$, y 軸: $r = -0.37$; $p < 0.05$)と有意な負の相関を示した(Fig.4, 5). 長座位体前屈距離は, 4.0km/h における COP 実効値(4.0 km/h: $r = -0.54$; $p < 0.01$), および 4.0km/h における x 軸および y 軸方向の COP 最大振幅(x 軸: $r = -0.42$; $p < 0.05$, y 軸: $r = -0.36$; $p < 0.05$)と有意な負の相関を示した(Fig.6, 7).

Table 1. Data for subjects

	The stand-and-reach distance (cm)	The sit-and-reach distance (cm)	Root mean square length (cm)				The maximum amplitude of postural sway (cm)							
			2.5km/h		4.0km/h		2.5km/h				4.0km/h			
			The first trial	The second trial	The first trial	The second trial	The first trial		The second trial		The first trial		The second trial	
							x-axis	y-axis	x-axis	y-axis	x-axis	y-axis	x-axis	y-axis
Average	6.8	10.0	3.3	3.0	3.9	3.5	16.7	8.1	14.6	7.3	17.6	10.9	16.1	10.1
Standard Deviation	11.5	11.3	0.5	0.5	0.5	0.5	2.6	1.2	2.1	1.2	2.1	2.0	1.6	2.0

Table 2. Correlation between body sway factors and flexibility factors

	Root mean square length (cm)				The maximum amplitude of postural sway (cm)			
	2.5km/h	4.0km/h	2.5km/h		4.0km/h			
			x-axis	y-axis	x-axis	y-axis		
The stand-and-reach distance (cm)	$r = -0.36$; $p < 0.05$	$r = -0.52$; $p < 0.01$	$r = -0.41$; $p < 0.05$	$r = -0.23$; NS	$r = -0.45$; $p < 0.05$	$r = -0.37$; $p < 0.05$		
The sit-and-reach distance (cm)	$r = -0.31$; NS	$r = -0.54$; $p < 0.01$	$r = -0.34$; NS	$r = -0.21$; NS	$r = -0.42$; $p < 0.05$	$r = -0.36$; $p < 0.05$		

NS : no significant difference

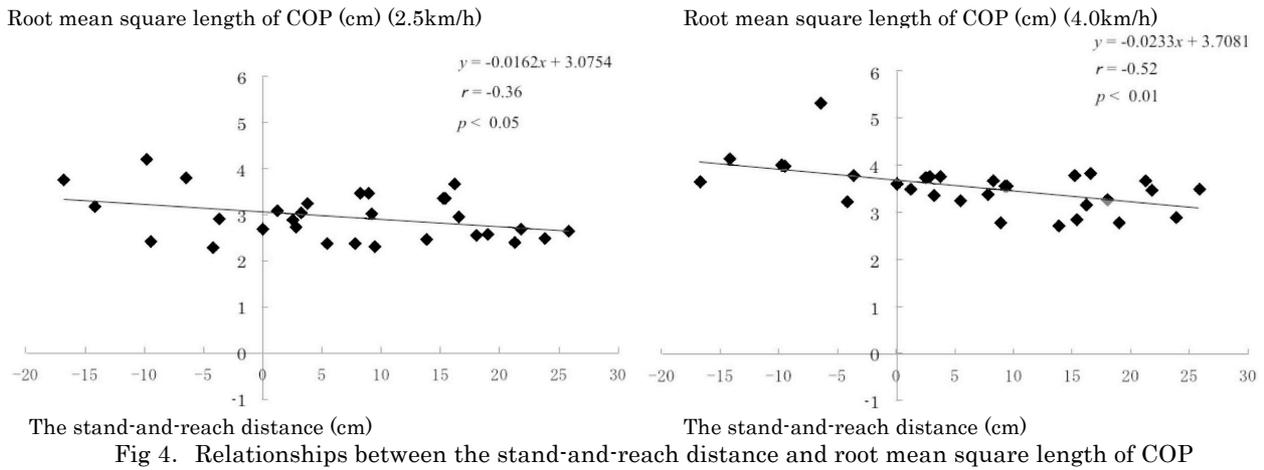


Fig 4. Relationships between the stand-and-reach distance and root mean square length of COP

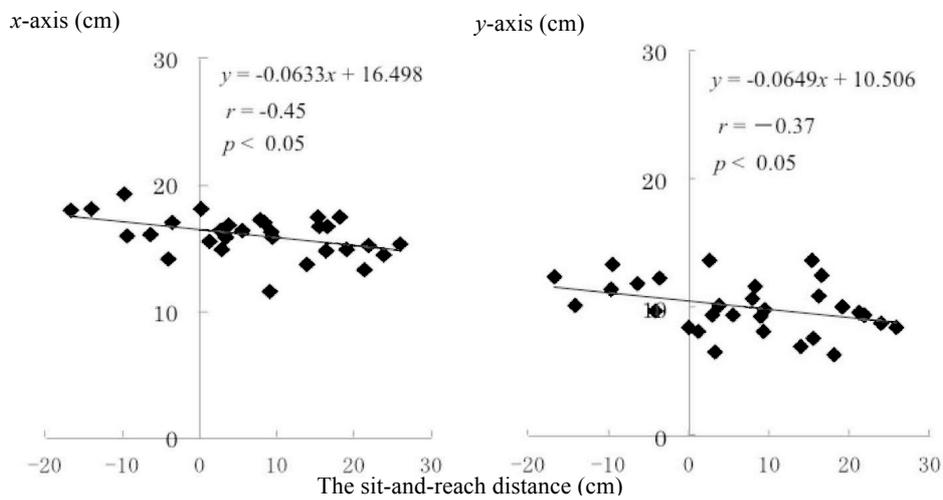


Fig 5. Relationships between the stand-and-reach distance and the maximum amplitude of postural sway(4.0km/h)

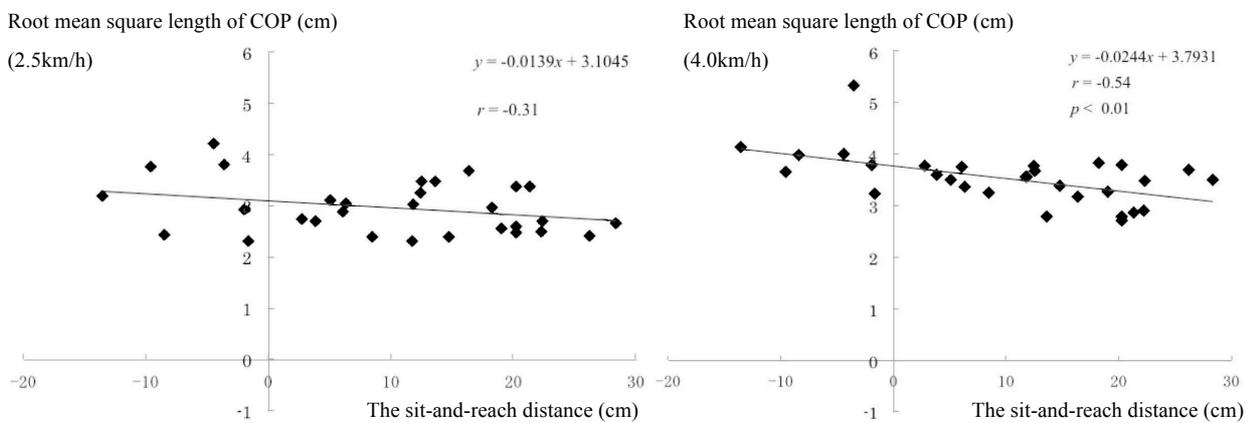


Fig 6. Relationships between the sit-and-reach distance and root mean square length of COP

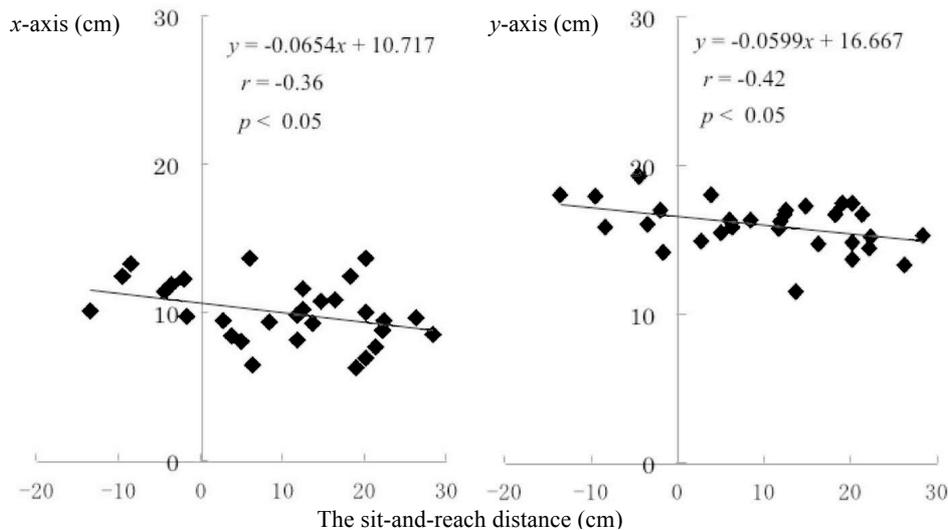


Fig 7. Relationships between the sit-and-reach distance and maximum amplitude of postural sway(4.0km/h)

考察

今回、バランス能力評価において身体柔軟性の重要性を指摘²⁰⁾されながらもその内容について述べた報告が見受けられないことに鑑み、バランス能力と身体柔軟性との関連性を調べ、バランス能力評価における身体柔軟性の影響を検討した結果、身体柔軟性指標と直立姿勢保持能力指標との関係において負の相関性が認められた。この結果は端的に言う、身体柔軟性の高い人ほど少ない動揺で直立姿勢を保持しており、バランス能力評価において身体柔軟性の有効性が示唆されたことになる。

本研究で用いた指標に関して、直立姿勢保持能力指標においては、先行研究^{25,26)}に基づき COPの移動を記録する直立姿勢における重心動揺を測定しCOP実効値およびx,y軸における最大振幅を用いた。本研究結果からどちらの値も直立姿勢保持能力指標としての有効性を得たと考える。また、身体柔軟性指標では、立位体前屈距離のほうがスピードに関係なく直立姿勢保持能力指標との関係において相関性を認めた。長座位姿勢による体前屈は立位姿勢による体前屈に比べて、測定上足関節における自由度の因子が加わるため、上下肢の長さだけでなく足部の状態などにより影響を受けやすいことが指摘されている³⁴⁾ため、体幹背部から腰部、大腿および下腿後部の筋や腱における伸張性指標としてはやや客観性に欠けたのではないかと推測される。値のほうも立位体前

屈距離(平均 $6.8 \pm 11.5\text{cm}$)に比べて長座位前屈距離のほうが高値(平均 $10.0 \pm 11.3\text{cm}$)を示していたことを考えると、足関節自由度が体前屈角度に与えた影響は少なからずあることは否定できない。高齢者を対象に身体柔軟性指標を長座位前屈距離として、立位バランスなどの身体能力を検討した研究では、その関連性は認められなかったとする報告^{35,36)}があるものの、足部可動性(足関節背屈角度)といった足部柔軟性が姿勢制御能力を高め結果的に転倒予防効果があるとの報告^{28,37)}があるように、直立姿勢保持能力との関連に関して足部の状態を無視することはできないことが推測される。近年主流になっている身体柔軟性の評価^{29,31-33)}とともに、今後の研究における測定方法において考慮すべき所見と考える。

柔軟性の向上は、筋線維・筋腱移行部・コラーゲン線維を中心とした結合組織の伸張性の増大変化であり、筋に急激な負荷がかかった場合に筋肉にそれ以上負担がかからないように固有受容器の興奮を抑制するなど筋・腱・靭帯の傷害を予防すると同時に、筋肉の緊張を和らげリラクセーション効果を生むことで、関節・筋(協同筋,拮抗筋)をスムーズに動かせるようにして運動パフォーマンス向上を促すと考えられている^{38,39)}。このように、柔軟性向上は、結果的に固有受容器の興奮を抑制し運動パフォーマンス向上を促すことが報告されている。また、Nathalieら³⁹⁾の研究でも示されているように、関節可動域向上や柔軟性の向上は、筋や筋腱移行部、そしてコラーゲン線維を

中心とした結合組織の粘弾性の減少や、神経・筋系の興奮性の抑制による筋のリラクゼーション効果をもたらし、運動においてより広い関節可動範囲での関節運動を発揮できるとし、柔軟性の向上の意義が述べられている。

外乱動揺下における平衡戦略は様々な状況に応じて運動戦略を取り混ぜながら行っている^{40,41)}が、平衡戦略には筋活動による姿勢制御が複雑に絡んでおり、両面因子から述べなければならないのは言うまでもない。しかし、姿勢制御に関して行われた先行研究⁴²⁻⁴⁴⁾からは、外乱動揺によって生じた筋活動は個々の関節に生じる動きにตอบสนองして活動しているのではなく、複数筋の協調的組織化による神経筋協同収縮系の反応としての平衡戦略の一部をなしていると言われている。ストレッチングによる柔軟性向上によって、運動パフォーマンスだけではなく、筋肉から知覚神経への働きがスムーズになり体性感覚が向上するとしてバランス能力も向上するといった報告^{38,39,45)}を鑑みると、外乱動揺によって生じた神経筋協同収縮系の反応は、体性感覚機能としてのバランス能力指標として捉えることができると考える。これらの姿勢制御機構から推測すると、本研究結果は身体柔軟性(筋の柔軟性)が、神経筋協同収縮系の反応としての体性感覚に好影響を与えている可能性が推測され、バランス能力評価における身体柔軟性の影響を示唆したものと考えられる。

しかしながら、本研究では身体柔軟性指標を立位体前屈距離と長座体前屈距離とし、直立姿勢保持能力指標を COP 実効値と x 軸および y 軸における最大振幅とするなど、単一項目との関係を調べたに留まり、身体柔軟性とバランス能力との関係を普遍的に示したものであることは言い難く、本研究の限界として挙げられる。

今後、直立姿勢保持能力指標に関しては、身体重心(center of gravity)等の様々な視点から分析し、運動パフォーマンス指標として示していくことはもちろんのこと、身体柔軟性指標に関しては、ストレッチングによる影響や筋肉のリラクゼーション状態による影響を調べることが必要である。本研究は、具体的で効果的な理学療法の検討に繋げていくための臨床的応用の可能性を得ることができたと考える。

文献

- 1) Rubenstein ZL, Robbins AS, Schulman BL, et al. : Falls and instability in the elderly. *American Geriatrics Society* 36: 266-278, 1988
- 2) Graafmans CW, Otoms EM, Hofstee MH, et al. : Falls in the elderly: a prospective study of risk factors and risk profiles. *American Journal of Epidemiology* 143: 1129-1136, 1996
- 3) Rubenstein ZL, Josephson RK : Falls and instability in the elderly. *Clinics in Geriatric Medicine* 18: 141-158, 2002
- 4) Stalenhoef AP, Diederiks JP, Knottnerus AJ, et al. : A risk model for the prediction of recurrent falls in community-dwelling elderly: A prospective cohort study. *Journal of Clinical Epidemiology* 55: 1088-1094, 2002
- 5) 島田裕之, 大淵修一, 加倉井周一・他 : 施設利用高齢者のバランス機能と転倒との関係. *総合リハ* 28 : 961-966, 2000
- 6) 三好 圭, 大平 雅美, 木村 貞治・他 : 高齢者の転倒経験の有無と体力要素の関係—ケアマンション入居者の結果から—. *理学療法学* 25 : 474, 1998
- 7) 浅川 康吉, 高橋 龍太郎, 青木 信雄・他 : 筋力と高齢者の ADL—下肢筋力と転倒・ADL 障害の関連, *PT ジャーナル* 32 : 933-938, 1998
- 8) Whipple RH, Wolfson LI, Amerman PM : The relationship of knee and ankle weakness to falls in nursing home residents ; An isokinetic study. *J Am Geriatr Soc* 35: 13-20, 1987
- 9) Hu MH, Woollacott MH : Multisensory training of standing balance in older adults: I. Postural stability and one-leg stance balance. *J Gerontol* 49: M52-61, 1994
- 10) Judge JO, Whipple RH, Wolfson LI : Effects resistive and balance exercises on isokinetic strength in older persons. *J Am Geriatr Soc* 42: 937-946, 1994
- 11) Wolfson L, Whipple R, Derby C, et al. : Balance and strength training in older adults ; Intervention gains and Tai Chi maintenance. *J Am Geriatr Soc* 44: 498-506, 1996
- 12) Horak FB, Shupert CL, Mirka A : Components of postural dyscontrol in elderly ; A review. *Neurobiology of Aging* 10: 727-738, 1989

- 13) Campbell AJ, Robertson MC, Gardner MM, et al. : Falls prevention over 2years; A randomized controlled trial in women 80 years and over. *Age Aging* 28: 513-518, 1999
- 14) Shumway-Cook A, Gruber W, Baldwin M, et al. : The effect of multidimensional exercises on balance, mobility, and fall risk in community-dwelling older adults. *Phys ther* 77: 46-57, 1997
- 15) 小松 泰喜 : 転倒予防に対する理学療法. *理学療法科学* 19(3): 183-188, 2004
- 16) 新井 武志, 大淵 修一, 柴 喜崇・他 : 高負荷レジスタンストレーニングを中心とした運動プログラムに対する虚弱高齢者の身体機能改善効果とそれに影響する身体・体力諸要素の検討. *理学療法学* 30: 377-385, 2003
- 17) Shimada H, Uchiyama Y : Specific effects of balance and gait exercises on physical function among the frail elderly. *Clinical Rehabilitation* 17: 472-479, 2003
- 18) Wolfson L, Whipple R, Derby C, et al. : Balance and strength training in older adults: Intervention gains and Tai Chi maintenance. *Journal of the American Geriatrics Society* 44: 498-506, 1996
- 19) Chandler JM, Duncan PW, Kohersberger G, et al. : Is lower extremity strength gain associated with improvement in physical performance and disability in frail, community-dwelling elders? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 79: 24-30, 1998
- 20) 林 史人, 浅井 友詞, 森本 浩之, ・他 : 高齢者のバランス支持要素において感覚器が及ぼす影響. *日本福祉大学健康科学論集* 15: 11-16, 2012
- 21) Kendall FP : *Muscles testing and function with posture and pain*. 5th edition. Lippincott Williams and Wilkins. 2005
- 22) 佐藤 拓矢 : 筋肉バランストレーニング□キレのあるブレないカラダをつくる□(安藤邦彦, 監修), 新星出版社, 東京, 2006
- 23) 砂田 浩克, 田中 誠一, 鎌田 貴, ・他 : 局所的筋疲労による抗重力筋の機能的アンバランスが直立姿勢の安定性におよぼす影響—重心動揺の観点から—. *中京大学体育学論叢* 39(2) : 103-109, 1998
- 24) 小野 晃, 琉子 友男 : 高齢者における下肢筋厚および筋力が動的バランスに及ぼす影響. *日本生理人類学会誌* 6(1) : 17-22, 2001
- 25) Bauer C, Groger I, Ruppel R, et al. : Intrasection reliability of force parameters in community-dwelling older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1977-1983, 2008
- 26) Lafond D, Corriveau H, Hebert R, et al. : *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 85: 896-901, 2004
- 27) 堀本 ゆかり, 丸山 仁司 : 健常成人における足底圧中心軌跡の特徴. *理学療法科学* 25(5) : 687-691, 2010
- 28) 岡田 洋平 : パーキンソン病患者の足趾把握機能が姿勢に与える影響の解明～転倒予防を目的に～. *科学研究費補助金研究成果報告書*. 課題番号 21800080, 2011
- 29) 宮崎 純弥, 村田 伸, 堀江 淳, ・他 : 高齢者の長座体前屈距離と脊柱可動性ならびに下肢伸展拳上可動域との関係. *理学療法科学* 25(5) : 683-686, 2010
- 30) 波多野 義郎 : 諸外国の体力テストと日本の体力テスト. *J J Sports Sei*; 14: 193-202, 1995
- 31) 波多野 義郎 : 立位体前屈から長座体前屈へ. *体育の科学* 47 : 884-888, 1997
- 32) 田中 喜代次, 重松良裕 : アメリカで実施されている最近の体力テスト. *体育の科学* 47 : 858-863, 1997
- 33) 水野 真佐夫 : ヨーロッパ諸外国での体力テスト. *体育の科学* 47 : 869-873, 1997
- 34) 小松 洋介, 磯貝 直弘, 小瀬 勝也, ・他 : 注意喚起の有無が立位での下肢荷重量と荷重時痛, 側方リーチに与える影響—下肢運動器疾患における荷重訓練の再考—. 第 28 回東海北陸理学療法学会大会抄録 : 130, 2012
- 35) 村田 伸, 大山 美智江, 大田尾 浩, ・他 : 地域在住女性高齢者の開眼片足立ち保持時間と身体機能との関連. *理学療法科学* 23(1): 79-83, 2008
- 36) 村田 伸, 津田 彰, 稲谷 ふみ枝, ・他 : 在宅障害高齢者の転倒に影響を及ぼす身体及び認知的要因. *理学療法学* 32(2) : 88-95, 2005
- 37) Mecagni C, Smith JP, Roberts KE, et al. : Balance and ankle range of motion in community-dwelling

- women aged 64 to 87 years; A correlational study.
Phys Ther 80: 1004-1011, 2000
- 38) Garrett WE Jr, Nikolaou PK, Ribbeck BM, et al. :
 The effect of muscle architecture on the
 biomechanical failure properties of skeletal
 muscle under passive extension. *Am J Sports Med*
 16: 7-12, 1988
- 39) Nathalie G, Jacques D : Effect of static stretch
 training on neural and mechanical properties of
 the human plantar-flexor muscles. *Muscle &
 Nerve* 29(2): 248-255, 2003
- 40) Shumway-Cook A, Woollacott M : モーターコ
 ントロール—運動制御の理論から臨床実践へ
 (原著第3版)—(田中繁, 他監訳), 医歯薬出版,
 東京, pp152-182, 2009
- 41) Horak F, Nashner LM : Central programming of
 postural movements: adaptation to altered support
 surface configurations. *J Neurophysiol* 55:
 1369-1381, 1986
- 42) Nashner LM : Fixed patterns of rapid postural
 responses among leg muscles during stance. *Exp
 Brain Res* 30: 13-24, 1977
- 43) Nashner LM, Woollacott M, Tuma G :
 Organization of rapid responses to postural and
 locomotor-like perturbations of standing man.
Exp Brain Res 36: 463-476, 1979
- 44) Nashner LM : Adapting reflexes controlling the
 human posture. *Exp Brain Res* 26: 59-72, 1976
- 45) Thomas RB, Roger WE (石井直方・総監修) :
 ストレングストレーニング&コンディショニ
 ング. ブックハウス・エイチディ, 2004