

女性高齢者における不安定な状況下での姿勢保持能力と 下肢筋力、バランス能力の関係、および転倒との関連性*

杉浦 宏季^{*1}, 戎 利光^{*1}, 加藤 芳信^{*1}, 澤崎 雅之^{*1}, 横谷 智久^{*1}

The Relationship between Ability to Maintain a Stable Posture on an Unstable Stool and Leg Strength, Balance Ability and Fall Experiences in the Female Elderly

Hiroki SUGIURA^{*1}, Toshimitsu EBISU^{*1}, Yoshinobu YOSHIMURA^{*1},
Masayuki SAWAZAKI^{*1} and Tomohisa YOKOYA^{*1}

^{*1} Department of Sports and Health Sciences

This study examined the relationship between ability to maintain a stable posture on an unstable stool (involuntary stimulation test: IS test) and physical functions and fall experiences in the female elderly. The subjects were 137 elderly female (age, 76.6 ± 6.2 years; height, 147.8 ± 5.4 cm; weight, 49.3 ± 7.5 kg). Physical functions included isometric leg strength, and balance ability. They were administered the above-stated various tests and surveys on fall experience. The relationships between each parameter were examined by Pearson's correlation coefficient. The differences between the non-fall group and fall group in stable index was examined using unpaired t-tests. The significance level in this study was set at $p < 0.05$. Significantly lower correlations were found between the IS test and the one-leg standing with eyes open (OLS) test ($|r| = 0.23$), and between the IS test and the functional reach (FR) test ($|r| = 0.26$). In addition, non-fall group was superior in ability to maintain a stable posture on an unstable stool compared with fall group. In this study, we found a significant relationship between the IS and the OLS tests, and between the IS and the FR tests; however, it was not high. The IS test is related to a different ability than the OLS and FR tests.

Key Words : Involuntary Stimulation, Physical Functions, Fall

1. 緒 言

高齢期において、加齢に伴うサルコペニアなどの運動器の機能低下により、移動能力が低下するロコモティブシンドロームが問題視されている⁽¹⁾。更に問題なのが、それに伴い、転倒リスクが高まることである。この因果関係として、運動器の機能低下による不活動が廃用性萎縮を惹起し、転倒を引き起こすような外乱に対する転倒回避動作が困難となることが考えられる。高齢者が自立した日常生活を営むためには、筋力やバランス能力といった身体機能の低下を抑制することが不可欠である。

高齢期におけるバランス能力は、歩行能力や転倒リスクと密接な関係があることから⁽²⁾、バランステストは転倒リスクのスクリーニングに利用されている⁽²⁾⁽³⁾。バランス能力は、「外乱に対して身体重心位置を留める能力」と定義されており、身体アライメントや筋力、柔軟性などが関与する⁽³⁾。転倒回避能力に関連したバランス能力を評価するために、Functional reach テスト⁽⁴⁾⁽⁵⁾や Limits of stability テスト⁽⁶⁾⁽⁷⁾などが開発されている。これらのテストは随意的に身体を動かした時のバランス能力を評価する。しかしながら、一般的に、転倒は偶発的に生じるため、身体が不随意的な刺激を受ける時に安定姿勢を保持するバランス能力の評価も重要と考えられる。

前述のバランス能力を評価するため、近年、不安定板上での姿勢保持テストが開発されている⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。不安定板上では、支持基底面が随時変動するため、重心位置が常に変動する不安定な状況下で立位姿勢を保持し続ける必要がある。このテストの成就度が劣る者は、受動的なバランス能力を含んだ各種身体機能に劣り、転倒リスク

* 原稿受付 2017年2月28日

^{*1} スポーツ健康科学科

E-mail: sugiura@fukui-ut.ac.jp

が高いと仮定される。

本研究の目的は、高齢者を対象に、不安定板上での姿勢保持能力と下肢筋力およびバランス能力の関係、ならびに転倒との関連性を検討することであった。

2. 方 法

2.1 被験者

測定および調査の対象は、福井県鯖江市に在住する 60 歳以上の女性高齢者 137 名（年齢 76.6 ± 6.2 歳、身長 $147.8 \pm 5.4\text{cm}$ 、体重 $49.3 \pm 7.5\text{kg}$ ）であった。過去 1 年間の転倒経験者（1 回以上）は 30 名であった。被験者は、自治体が主催している健康教室に、隔週もしくは週に 1 回程度参加していた。また、日常的に運動、余暇活動、および仕事に従事している者が多く、日常生活を営む上で自立度の高い高齢者であった。各被験者に研究の内容および趣旨について十分説明をし、書面による同意を得た後、以下に示す測定および調査を実施した。なお、本研究の実験計画は、福井工業大学における人を対象とする研究倫理審査委員会による承認を得ている（人-2015-01）。

2.2 実験および測定方法

2.2.1 不安定板上での姿勢保持能力

不安定板上での姿勢保持能力を検討するため、ディジョックボード・プラス（酒井医療株式会社）を用いた（Fig. 1）。Noguchi et al.⁽¹⁰⁾は、青年男性を対象に、全方向に揺れる不安定板上での姿勢の安定度を検討している。高齢者の場合、前述のテストは困難で、危険性もある。よって、本研究では、高齢者のバランス能力の評価に、前後にのみ揺れる条件⁽⁹⁾を利用した。本測定器は、平らな板の裏面にドーム状のボスを 2 つ装着し、前後に最大 12 度まで傾斜させることができる。板に内蔵されたセンサーが板の上で両脚立ちをした際の前後の傾き度を感知し、測定データを算出する。被験者は、前後のみに揺れる不安定板上で 20 秒間の両脚立ちを、1 分間の休息を挟み 2 試行実施した。測定中に不安定板の縁が地面に接地、あるいは、いずれかの脚が地面に接地した際、その試行は失敗と判断した。本研究では、2 試行目を代表値とし、評価変数には前後安定指数（水平状態を基準に、テスト中に変動した不安定板の角度）を用いた。



Fig. 1 Measurement of maintain a stable posture

2.2.2 下肢筋力

下肢筋力の評価には、股関節屈曲筋力、膝伸展筋力、および足趾把持力を選択した。股関節屈曲筋力の測定には $\mu\text{TAS F-1}$ （アニマ株式会社）を、膝伸展筋力の測定には張力用アタッチメント（竹井機器工業株式会社）および筋力表示計（ティアック株式会社）を、足趾把持力の測定には足趾筋力測定器（竹井機器工業株式会社）をそれぞれ用いた。いずれの測定においても、被験者は椅子座位にて垂直位を保ち、膝を 90 度に曲げ、両腕を胸の前で組んだ。股関節屈曲筋力の測定時、検者は測定器を大腿遠位部に固定し、約 3 秒間最大限に膝を真上に持ち上げるよう指示した。膝伸展筋力の測定時、検者はパッドの位置がずれないように固定し、約 3 秒間最大限に膝を伸展するよう指示した。足趾把持力の測定時、検者は測定器の把持バーを被験者の第 1 中足指節関節に合うように調節し、約 3 秒間最大限に足趾で握るよう指示した。代表値は、それぞれ左右 1 試行の平均値とした。値が大きいほど、筋力は優れると解釈される。

2.2.3 バランス能力

バランス能力を評価には、開眼片脚立ちおよび Functional reach（FR）を選択した。開眼片脚立ちの測定にはストップウォッチを用いた。挙げた足が支持脚や床に触れた場合、支持足の位置がずれた場合、腰に当てた両手、

もしくは片手が腰から離れた場合、測定終了とした。代表値は、片脚立ち支持時間とした。値が大きいほど、バランス能力に優れると解釈される。なお、本研究では上限を 120 秒とした（天井効果）。

Functional reach の測定には、伸縮棒を用いた⁽¹¹⁾。各被験者は壁に向かい、利き手に保持した伸縮棒の先端を壁面に接した直立姿勢から、立位姿勢が保持可能な限界まで利き手を前方に伸ばした時の伸縮棒の短縮距離を測定した。被験者には、足を動かすことなく、可能な限り遠くまで手を伸ばすように指示した。代表値はリーチ距離とした。距離が長いほど、バランス能力に優れると解釈される。なお、各測定は、それぞれ 1 試行とした。

2.3 統計解析

前後安定指数と各変数間の関係はピアソンの積率相関係数により検討した。転倒経験群および非転倒経験群における前後安定指数の平均値の差の検定は、対応のない t 検定により検討した。平均値の差の大きさを検討するために、効果の大きさ（ES: Effect Size）を算出した。本研究における統計的仮説検定の有意水準は 5%とした。

3. 結 果

Table 1 は、各変数の基礎統計値、および前後安定指数との関係を示している。前後安定指数と開眼片脚立ち、および FR 間に有意な低い相関が認められた（ $r=0.23, 0.26$ ）。Table 2 は、転倒経験群および転倒非経験群における前後安定指数の基礎統計値、および平均値差の検定結果を示している。前後安定指数は、転倒経験群が転倒非経験群よりも有意に高かった。

Table 1 The basic statistics of each parameter, and correlation coefficient between stable index and physical functions

	M	SD	MAX	MIN	r (a vs b-g)
a. Stable index	3.04	2.06	8.39	0.05	—
b. Toe flexion strength (kg)	4.58	2.15	13.25	1.1	-0.13
c. Hip flexion strength (kg)	12.10	3.44	25.65	4.07	-0.06
d. Knee extension strength (kg)	6.62	2.22	15.62	2.5	-0.13
e. One-leg standing with eyes open (s)	39.13	40.21	120.00	1.72	-0.23*
f. Functional Reach (cm)	31.91	5.74	53.40	19.70	-0.26*

*: $p < 0.05$

Table 2 The basic statistics of stable index in both groups, and the test result between their means

	M	SD	MAX	MIN	t	p	ES
Fall group	3.61	2.23	8.22	0.97	2.10*	0.04	0.45
Non-fall group	2.88	1.98	8.39	0.05			

*: $p < 0.05$ ES: Effect Size

4. 考 察

高齢期において一定水準以上の下肢筋力は姿勢保持に不可欠である。よって、不安定板上での姿勢保持能力は各種下肢筋力と関係があると仮説を立てた。しかし、本研究の結果では、両者の間に関係は認められなかった。本研究における下肢筋力の測定においては、瞬間的な最大筋力発揮が要求される。一方、不安定板上での姿勢保持においては、連続的な筋力発揮が要求される。つまり、筋の発揮様式の違いが影響していたことが示唆される。

下肢筋力は転倒との関連があると報告されている⁽¹²⁾。本研究では、代表的な下肢筋力とされる股関節屈曲筋力、膝伸展筋力、および足趾保持筋力を選択したが、姿勢保持には大腿二頭筋やヒラメ筋といった抗重力筋も関与する⁽¹³⁾。今後、これらの筋力についても検討する必要があるだろう。

開眼片脚立ちおよび Functional reach はバランス能力を評価するテストである。開眼片脚立ち支持時間には静的なバランス能力が関与しているのに対し、不安定板上での姿勢保持能力には動的なバランス能力が関与している。また、Functional reach は、身体を徐々に前方に傾ける際に足関節を大きく屈曲するのに対し、不安定板上での姿

姿勢保持は、身体が連続的に不随意的な刺激を受ける際に足関節の素早い屈曲および伸展の反復が強いられる。つまり、関与の仕方はかなり異なるものの、両者には足首関節の戦略が深く関与する。本結果では、前後安定指数と開眼片脚立ち、およびFR間に有意な低い相関が認められた ($r = 0.23, 0.26$)。しかし、それらの関係は低いことから、不安定板上での姿勢保持能力は各種バランス能力とは異なるバランス能力が関与していると推察される。

高齢者の転倒の原因は多種にわたり、下肢筋力やバランス能力等の身体機能の低下や、関節痛、環境等が関与する⁽¹²⁾ため、転倒経験者の転倒原因を特定することは非常に困難である。しかし、Maki and McIlroy⁽¹⁴⁾は、転倒回避能力の評価方法として、床振動などの外乱により転倒危険場面を誘発させることが妥当と報告している。本研究において、高齢者の不安定板上での姿勢保持能力を検討した結果、転倒経験者は転倒非経験者よりも前後安定指数が有意に劣った。不随意的な刺激への対応能力が優れる程、転倒回避能力が高いことが示唆された。従来の転倒リスク調査に本テストを併用することで、より正確な転倒予測が可能になるかもしれない。今後、これらの因果関係について検討していく必要がある。

5. 結 語

不安定板上での姿勢保持テストは、開眼片脚立ち、およびFRと低い関係がある。また、本テストには他のテストとは異なる独自の能力が関与すると考えられる。

文 献

- (1) 次期国民健康づくり運動プラン策定専門委員会, “健康日本 21 (第 2 次) の推進に関する参考資料”, 厚生労働省, http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_02.pdf (参照日 2017 年 2 月 17 日).
- (2) 竹島伸生, and M.E. Rogers, 転倒予防のためのバランス運動の理論と実際. 第1版 (2010), pp. 11-18, Nap.
- (3) 出村慎一, 地域高齢者のための転倒予防. 第1版 (2012), pp. 81-103, 杏林書院.
- (4) P. W. Duncan, D. K. Weiner, J. Chandler, and S. Studenski, “Functional reach: a new clinical measure of balance”, *Journal of Gerontology*, Vol. 45, No. 6 (1990), pp. M192-M197.
- (5) P. W. Duncan, S. Studenski, J. Chandler, and B. Prescott, “Functional reach: predictive validity in a sample of elderly male veterans”, *Journal of Gerontology*, Vol. 47, No. 3 (1992), pp. M93-M98.
- (6) R. A. Newton, “Validity of the multi-directional reach test: a practical measure for limits of stability in older adults”, *Journals of Gerontology*, Vol. 56, No. 4 (2001), pp. M248-252.
- (7) H. W. Wallman, “Comparison of elderly nonfallers and fallers on performance measures of functional reach, sensory organization, and limits of stability”, *Journals of Gerontology*, Vol. 56, No. 9 (2001), pp. M580-583.
- (8) 小栢進也, 池添冬芽, 坪山直生, 市橋則明, “若年者と高齢者における姿勢制御能力—不安定板上および安定した支持面上での比較—”, *理学療法学*, Vol. 24, No. 1 (2009), pp. 81-85.
- (9) S. Ogaya, T. Ikezoe, N. Soda, and N. Ichihashi, “Effects of balance training using wobble boards in the elderly”, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 25, No. 9 (2011), pp. 2616-2622.
- (10) T. Noguchi, S. Demura, and T. Nakagawa, “Posture stability during a one-leg stance on an unstable moving platform and its relationship with each leg”, *Perceptual and Motor Skills*, Vol. 116, No. 2 (2013), pp. 555-563.
- (11) S. Demura, and T. Yamada, “Simple and easy assessment of falling risk in the elderly by functional reach test using elastic stick”, *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, Vol. 213, No. 2 (2007), pp. 105-111.
- (12) American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention, “Guideline for the prevention of falls in older persons”, *Journal of the American Geriatrics Society*, Vol. 49, No. 5 (2001), pp. 664-672.
- (13) R. Fitzpatrick, D. K. Rogers, and D. I. McCloskey, “Stable human standing with lower-limb muscle afferents providing the only sensory input”, *The Journal of Physiology*, Vol. 480 (1994), pp. 395-403.
- (14) B. E. Maki, and W. E. McIlroy, “Control of rapid limb movements for balance recovery: age-related changes and implications for fall prevention”, *Age and Ageing*, Vol. 35, No. 2 (2006), pp. ii12-ii18.

(平成 29 年 3 月 31 日受理)