

靴製甲部の固定が地域在住高齢者の バランス能力に与える影響

Effect of Shoe Instep Fixation on the Community-dwelling Elderly's Balance Ability

沼田 純希¹⁾ 黒後 裕彦¹⁾

ATSUKI NUMATA, RPT, Msc¹⁾, HIROHIKO KUROGO, RPT, PhD¹⁾

¹⁾ Physical Therapy Course, Department of Rehabilitation, Faculty of Medical Science and Welfare, Tohoku Bunka Gakuen University: 6-45-1 Kunimi, Aoba-ku, Sendai-shi, Miyagi 981-8551, Japan TEL +81 22-233-3310
E-mail: numata@rehab.tbgu.ac.jp

Rigakuryoho Kagaku 34(4): 399-403, 2019. Submitted Jan. 9, 2019. Accepted Mar. 2, 2019.

ABSTRACT: [Purpose] The effect of shoe instep fixation on elderly people's balance ability was examined using the Index of Postural Stability (IPS). [Participants and Methods] Twelve community-dwelling elderly people stood upright and with their bodies tilting at the maximum in all directions for 10 seconds in each case to measure their centers of plantar pressure using a sway meter. Their IPS values were calculated and compared based on the number of Velcro tapes used for shoe instep fixation. [Results] The IPS value did not vary according to the number of Velcro tapes. On the other hand, the area of stability limit as an IPS component was significantly larger when more Velcro tapes were used. [Conclusion] Shoe instep fixation did not influence elderly people's IPS values, but it was suggested to expand their stability limits.

Key words: balance ability, shoe instep fixation, Index of Postural Stability

要旨:〔目的〕靴甲部の固定が高齢者のバランス能力に与える影響を、姿勢安定度評価指標 (Index of postural stability : IPS) を用い検討した。〔対象と方法〕地域在住高齢者 12 名を対象に、重心動揺計上で直立位および前後左右へ身体を最大限傾けた姿勢で各 10 秒間の足圧中心を測定した。IPS を算出し、ベルクロによる靴甲部の固定本数による条件間で比較検討を行った。〔結果〕IPS に固定条件間で差はなかったが、IPS の構成要素である安定域面積において、固定本数の増加により有意な拡大を認めた。〔結語〕靴甲部の固定は IPS に影響を与えなかったが、安定性限界の拡大に寄与することが示唆された。

キーワード: バランス能力, 靴甲部の固定, 姿勢安定度評価指標

¹⁾ 東北文化学園大学 医療福祉学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻: 宮城県仙台市青葉区国見6-45-1 (〒981-8551) TEL 022-233-3310



I. はじめに

高齢者における転倒は、骨折を含む重大な外傷の原因となり^{1,2)}、特に大腿骨頸部骨折のほとんどが転倒に起因することが知られている³⁾。内閣府による平成29年版高齢社会白書において、「転倒・骨折」は「脳血管疾患（脳卒中）」、「認知症」、「高齢による衰弱」に続く第4位の要介護状態となる原因になっており、その予防は重要である⁴⁾。

転倒に関連する要因は内的因子と外的因子に大別され、その中で靴（履物）は、転倒に関わる外的因子（環境因子）の一つとされる⁵⁾。靴は足底と接地面の間の衝撃吸収等に寄与し、安全で安定した移動に重要であり、その構造は大別して製甲部と靴底に分類される。それぞれの構造の素材や形状の違いがヒトの姿勢制御・動作能力に与える影響が考えられ、種々の研究がなされている^{6,7)}。

そのなかで、靴紐やベルクロ等による製甲部を介した履き口の締め付けは、足関節の安定性に寄与し、多方向へのバランス能力に影響を与えると考えられる。だが、理学療法における臨床場面でも、履き口が緩んだ靴を着用している対象者が多くみられるのが現状である。靴の種類や形状と高齢者の転倒リスクへの影響に関して検討され⁸⁻¹⁰⁾、スリッパや固定性の悪い靴が転倒リスクと関連すると報告されている⁸⁾。しかし、製甲部の固定強度が高齢者のバランス能力に与える影響を検討した報告はなく、その詳細は不明である。

望月らにより考案された姿勢安定度評価指標（Index of postural stability：以下、IPS）¹¹⁾は、重心動揺計を用いて求められるバランス能力の評価指標である。IPSは、支持基底面内における安定域の面積が大きく、重心動揺が小さいほど姿勢の安定性が高くなるとの考えから、安定域面積と重心動揺面積の比を求めることでバランス能力を総合的に評価した指標である。IPSについては信頼性・妥当性が検討され¹¹⁾、系統誤差においても再現性が確認されており¹²⁾、臨床指標としての有用性が報告されている。さらに高齢者や神経疾患・循環器疾患症例などを対象とした姿勢制御機能の検討がなされている^{11,13,14)}。靴紐やベルクロによる製甲部の固定は、履き口の締め付けを介して全方向への安定性（重心動揺の減少）に寄与する一方で、自由度（安定域面積の拡大）を制限することが推察されるため、両者の関係についてIPSを用いて検討することが妥当と考えた。

本研究では、IPSを用いて高齢者のバランス能力に対する靴製甲部の固定強度による影響を評価するとともに、その構成要素である前後左右方向への重心移動距離、および各方向への重心移動後の動揺面積についても比較検討することを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、地域の健康増進グループに所属し、定期的（週1回程度）に活動へ参加している地域在住高齢者とした。取り込み基準は、①バランス能力に影響を与える整形外科的または神経学的疾患の既往がないこと、②過去1年以内に傷病による入院歴がないこと、③過去1年以内の転倒歴がないこと、④要支援・要介護認定を受けていないこととした。実験には、上記基準を満たした女性12名（77.5 ± 4.7歳、身長152.8 ± 3.6cm、体重51.3 ± 11.1kg、靴サイズ23.0 ± 0.7cm（平均 ± 標準偏差））が参加した。なお、対象者について明らかな関節可動域制限および筋力低下を認めるものはいなかった。

本研究は、東北文化学園大学研究倫理委員会の承認を受け（文大倫第17-11号）、ヘルシンキ宣言に則り実施した。すべての対象者には研究内容を書面および口頭で十分に説明を行ったうえ、署名にて同意を得て実施した。

2. 方法

測定には重心動揺計（GRAVICODER GP-7、アニメ社製、サンプリング周波数20Hz）を使用した。測定には、3本のベルクロで固定する型の既製靴（VALCLEAN2 CMF BTZ19、adidas Japan社製）を用いた。靴のサイズに関しては、0.5cm間隔で適合性の確認を行い、最も近いサイズの靴を使用した。固定強度は、0～3本のベルクロでの固定本数により、すべてのベルクロを外した条件（非固定）、中足骨近位レベルとして遠位の1本を固定した条件（中度固定）、近位足根骨レベルとして3本ともに固定した条件（最大固定）の3条件とした。固定強度を一定とするため、ベルクロの固定は同一検者が行い、疼痛を生じない範囲で可能な限り強く締めることとした。

測定は望月らの方法¹¹⁾に準じ実施した。対象者の開始肢位は、重心動揺計上で開眼し、足底内側を並行に10cm離れた開脚立位とした。上記の姿勢をとったのち対象者に安静立位を保つよう指示し、初期の大きな動揺が収まった時点から10秒間の測定を行った。続けて、対象者に「直立姿勢を変えないように体をできるだけ傾けてください」と教示し、前方・後方・右方・左方の順で重心移動した位置における10秒間の測定を行った。なお、3つの固定条件における測定順をランダム化して実施した。測定に先立ち、口頭説明のうえで検者がまず動作の見本を提示し、十分な理解が得られたことを確認したのちに測定を行った。また、測定中は対象者に静止姿勢を保持すること、直立姿勢を保持した状態で身体を傾け重心移動を行うこと、支持基底面が変化しないよう踵や片側の足が浮かないように教示して行い、足底の離

地や、股関節・体幹の屈曲伸展などのアライメント変化といった代償が生じた場合は再測定とした。

測定されたデータは、安静時と前後左右への重心移動時の重心移動中心位置および、各位置での重心動揺軌跡の前後・左右の最大径を乗じた矩形面積である。これらより、望月の方法に準じ、以下の式により IPS の算出を行った。IPS の構成要素には重心動揺面積と安定域面積がある。重心動揺面積は、安静および前後左右の各測定時における矩形面積の平均値とした。また、安定域面積は、前後の各重心移動中心の距離と左右の重心移動中心の距離を乗じた矩形面積とした (図 1)。さらに、安定域面積に関して、前後左右方向それぞれへの重心移動距離を検討するために重心移動率を求めた。これは、各重心移動中心と安静時の重心移動中心の距離を、支持基底面の前後径または左右径で除して算出した。

安定域面積 = (安定域の左右径) × (安定域の前後径)
 重心動揺面積 = (中央 + 前方 + 後方 + 右方 + 左方の各矩形面積) / 5
 IPS = $\log((\text{安定域面積}) + (\text{重心動揺面積})) / (\text{重心動揺面積})$

統計解析は、IPS および、その構成要素である重心動揺面積と安定域面積、前後左右各方向での重心移動率および矩形面積について、固定条件間で比較検討を行った。正規性の確認後、一元配置反復測定分散分析または Friedman 検定を行い、統計学的有意差を認めた項目について多重比較検定 (Bonferroni 法により調整) により条件間の比較を行った。なお、統計解析には SPSS software package (version 22.0, SPSS 社製) を使用し、有意水準は 5% とした。

III. 結果

表 1 に各データの代表値および統計解析の結果を示す。

一元配置反復測定分散分析の結果、IPS では条件間に有意差を認めなかった。IPS の構成要素である安定域面積において、条件間で有意差がみられた ($F_{2,22} = 5.319$, $MSe = 31.019$, $p < 0.05$)。多重比較検定により、最大固定条件で非固定条件に比較して安定域面積の有意な拡大を認めた ($p < 0.01$)。

また右方への重心移動率において、条件間で有意差が

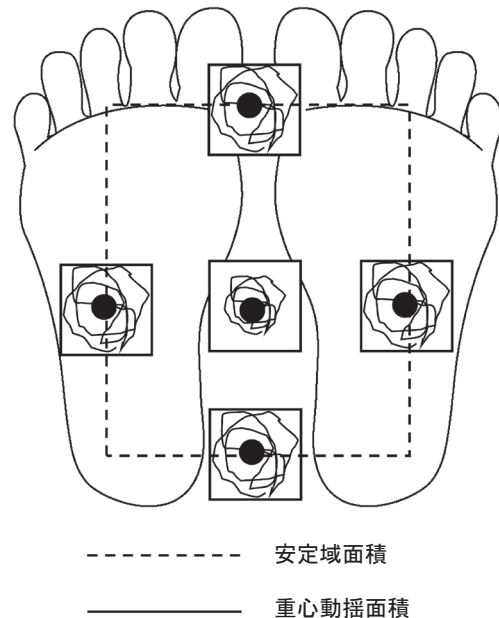


図 1 算出データの概念図

表 1 姿勢安定度評価指標 (IPS) および各構成要素の固定条件間比較

項目		非固定	中度固定	最大固定
重心移動率 (%)	前	14.3 ± 4.9	14.3 ± 6.3	15.9 ± 5.3
	後	11.6 ± 6.4	11.6 ± 4.6	12.0 ± 5.4
	右	11.0 ± 4.7*	13.2 ± 4.4	12.3 ± 4.2
	左	9.8 ± 4.2	10.9 ± 2.7	11.4 ± 3.6
矩形面積 (cm ²)	安静	2.36 (1.68–6.09)	2.38 (1.26–4.59)	3.58 (1.59–5.11)
	前	4.91 ± 2.73	6.06 ± 3.41	4.31 ± 1.76
	後	6.16 ± 3.47	7.57 ± 5.27	7.59 ± 3.39
	右	4.56 (1.93–7.21)	5.18 (3.85–6.32)	4.71 (3.12–7.60)
	左	5.00 (3.05–7.81)	6.86 (2.92–9.67)	3.96 (3.51–7.02)
重心動揺面積 (cm ²)		5.37 ± 3.16	6.05 ± 3.29	5.31 ± 1.65
安定域面積 (cm ²)		31.6 ± 22.6 [†]	35.3 ± 18.6	39.0 ± 22.2
IPS		0.83 ± 0.33	0.86 ± 0.25	0.90 ± 0.21

平均値 ± 標準偏差または、中央値 (25 パーセンタイル–75 パーセンタイル)。* : $p < 0.05$ (vs 中度固定), [†] : $p < 0.05$ (vs 最大固定)。

あった ($F_{2,22} = 5.647$, $MSe = 4.424$, $p < 0.05$). 多重比較検定により, 中度固定条件で非固定条件に比較して重心移動率の有意な延長を認めた ($p < 0.05$).

その他の項目では条件間に有意差を認めなかった.

IV. 考 察

本研究の結果より, 製甲部の固定強度の条件間で IPS に有意差を認めなかった. その構成要素を検討したところ, 固定強度を増すことで安定域面積の有意な拡大がみられた一方で, 重心動揺面積には条件間の差を認めず, 仮説と異なる結果を示した.

製甲部の固定により安定域面積の拡大を認め, ベルク口による製甲部の締め付けは重心移動距離の延長に寄与することが示唆された. 高齢者は足関節戦略による姿勢調節能力が低下し足関節戦略を用いる傾向にあるとされる¹⁵⁾. 本研究では, 直立姿勢を保ったまま全身を傾ける測定条件設定により足関節運動は制限されており, 足関節戦略を用いたバランス能力が評価されたものと考えている. よって, 製甲部の固定は, 高齢者の低下した足関節機能を補助することで安定性を高め, 安定域面積の拡大に寄与したことが示唆された. 山本¹⁶⁾は閉脚立位時の重心動揺径の測定から, 高齢者では前後方向に比して左右の動揺径が大きいことを報告し, 加齢とともに左右方向の復元力がさらに減少すると述べている. 本研究においては, 製甲部の固定により側方の復元力が増すことで重心移動率の延長を認めたと考えられた. また, 右方向の重心移動率のみに有意差を認めた点に関しては下肢機能における左右差 (laterality) の関与が推察された. 左右差の有無については課題の種類や難易度により異なる結果が示されており^{17,18)}, 一定の見解は得られていないものの, 難易度の高い課題で左右差が検出されやすいとの報告がある¹⁹⁾. 本研究の課題は対象とした高齢者にとって難易度が高かったために左右差がみられたのかもしれない. ただしこの点については, いわゆる利き足・軸足と荷重量の関連および靴条件の影響に関する今後の検証が必要である.

重心動揺面積および各矩形面積に条件間の差がなかったことに関して, IPS を用いた先行研究において靴の着用による影響を検討した報告はない. 先行研究から靴の着用によるバランス能力の低下が報告されている^{10,20-22)}. 元重ら²⁰⁾が履物の種類を変えて安静立位での重心動揺検査を行ったところ, 裸足に比較してサンダルやパンプスで重心動揺軌跡の外形面積で有意な増大を認め, 運動靴では裸足に比べ外形面積が増大傾向にあったことを報告した. また, Functional reach test (FRT) を用いた検討でも, 足関節運動を含む課題ではあるものの靴着用による測定値の減少が報告されている²¹⁾. 靴の着用により, 立位バランス制御に重要とされる足趾把

持力^{23,24)}が床面に作用しにくく, また床面からの感覚情報が直接入力されないことが姿勢制御において不利に働くと考えられる. 本研究の結果からも, 製甲部の固定は靴着用による重心動揺の増大を軽減するには不十分であることが示唆された.

本研究の結果からは, IPS における固定条件間の差が認められず, 立位バランス能力全体に影響を与えるものではなかったことが推察された. しかし, IPS は2つの要素からなるバランス評価指標であり, 固定強度が重心動揺に影響しなかった一方で, 安定域面積の拡大が認められた点は本研究の意義であると考えている. よって製甲部の固定は, 安定性限界の拡大により影響を与えることが示唆され, この点に着目したさらなる検討を行っていききたい.

今後の課題として, 軟面を用いた課題難易度の設定¹⁴⁾や固定強度の定量化²⁵⁾を行う必要がある. また, 足部機能が低下している高齢者ではより製甲部の影響を受けやすいことが考えられ, 足趾機能や転倒歴, 要介護度等を考慮した転倒リスクによって対象者を分類し, 足部機能と製甲部の固定強度の関連について群間で比較することを検討している. これらの検討により, 製甲部の固定による立位バランス能力への影響がより明確になると考えている.

利益相反 本研究に際し, 開示すべき利益相反関係にある企業などはない.

引用文献

- 1) Masud T, Morris RO: Epidemiology of falls. *Age Ageing*, 2001, 30: 3-7.
- 2) Stalenhoef PA, Diederiks JP, Knottnerus JA, et al.: A risk model for the prediction of recurrent falls in community-dwelling elderly: a prospective cohort study. *J Clin Epidemiol*, 2002, 55: 1088-1094.
- 3) Parkkari J, Kannus P, Palvanen M, et al.: Majority of hip fractures occur as a result of a fall and impact on the greater trochanter of the femur: a prospective controlled hip fracture study with 206 consecutive patients. *Calcif Tissue Int*, 1999, 65: 183-187.
- 4) 内閣府:平成29年版高齢社会白書.
- 5) 山本精三:認知症と整形外科的疾患. *Clin Neurosci*, 2007, 25: 224-225.
- 6) Robbins S, Waked E, Gouw GJ, et al.: Athletic footwear affects balance in men. *Br J Sports Med*, 1994, 28: 117-122.
- 7) Lord SR, Bashford GM: Shoe characteristics and balance in older women. *J Am Geriatr Soc*, 1996, 44: 429-433.
- 8) Sherrington C, Menz HB: An evaluation of footwear worn at the time of fall-related hip fracture. *Age Ageing*, 2003, 32: 310-314.
- 9) Koepsell TD, Wolf ME, Buchner DM, et al.: Footwear style and risk of falls in older adults. *J Am Geriatr Soc*, 2004, 52:

- 1495-1501.
- 10) Menant JC, Steele JR, Menz HB, et al.: Effects of footwear features on balance and stepping in older people. *Gerontology*, 2008, 54: 18-23.
- 11) 望月 久, 峯島孝雄: 重心動揺計を用いた姿勢安定度評価指標の信頼性および妥当性. *理学療法学*, 2000, 27: 199-203.
- 12) 鈴木康裕, 田邊裕基, 丸山 剛・他: 姿勢安定度評価指標 (IPS) による適切なバランス能力評価の臨床指標についての検討. *理学療法ジャーナル*, 2014, 48: 232-236.
- 13) 根本慎司, 松永篤彦, 山本周平・他: 高齢虚血性心疾患患者の退院後の身体活動強度は下肢筋力だけでなくバランス機能の影響を受けている. *心臓リハビリテーション*, 2012, 17: 98-102.
- 14) 鈴木康裕, 中田由夫, 加藤秀典・他: 重心動揺計を用いた動的バランス能力と年齢の関連. *体力科学*, 2015, 64: 419-425.
- 15) Horak FB, Shupert CL, Mirka A: Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. *Neurobiol Aging*, 1989, 10: 727-738.
- 16) 山本高司: 直立動揺の年齢による変化. *体力科学*, 1979, 28: 249-256.
- 17) Huurnink A, Fransz DP, Kingma I, et al.: The effect of leg preference on postural stability in healthy athletes. *J Biomech*, 2014, 47: 308-312.
- 18) Noguchi T, Demura S, Nakagawa T: Postural stability during one-leg stance on an unstable moving platform and its relationship with each leg. *Percept Mot Skills*, 2013, 116: 555-563.
- 19) Matsuda S, Demura S, Nagasawa Y: Static one-legged balance in soccer players during use of a lifted leg. *Percept Mot Skills*, 2010, 111: 167-177.
- 20) 元重悠子, 會田信子: 履物の種類による静的・動的重心動揺の相違に関する基礎的研究. *日本看護医療学会雑誌*, 2011, 13: 42-49.
- 21) 金井秀作, 長谷川正哉, 島谷康司・他: 高齢者の立位バランスに靴の着用は影響する. *靴の医学*, 2007, 21: 60-64.
- 22) 成田大一, 尾田 敦: 靴の違いが静的および動的運動課題の成績に及ぼす影響. *東北理学療法学*, 2004, 16: 7-13.
- 23) 井原秀俊, 高山正伸, 福本貴彦・他: スポーツ選手の足機能間の相関および姿勢制御能との関連. *整形外科と災害外科*, 2006, 55: 238-241.
- 24) 木藤伸宏, 井原秀俊, 三輪 恵・他: 高齢者の転倒予防としての足指トレーニングの効果. *理学療法学*, 2001, 28: 313-319.
- 25) 齋藤 淳, 阿部 薫: 甲部にかかる圧力値—靴紐の締め付け具合の定量化に向けて—. *靴の医学*, 2010, 24: 40-44.