

## 40. 自己身体の知覚能力の低下は歩行安定性に影響するか？

～高齢者の転倒予防を目的として～

○中野英樹<sup>1)</sup> 大村 豊<sup>1)</sup> 三鬼健太<sup>2)</sup> 西上智彦<sup>3)</sup> 森岡 周<sup>4)</sup>

- 1) 摂南総合病院認知神経リハビリテーションセンター
- 2) 東大阪山路病院リハビリテーション科
- 3) 甲南女子大学看護リハビリテーション学部理学療法学科
- 4) 畿央大学大学院健康科学研究科ニューロリハビリテーション研究室

### 1. 目的

高齢社会が進行する日本において、高齢者の要介護状態を改善するために高齢者の転倒予防を図ることは重要な課題の1つである。高齢者の転倒発生の要因として、特に歩行能力が重要であることが報告されている<sup>1)</sup>。高齢者の歩行能力の向上を目的として、これまで数多くの Randomized Control Trial (以下, RCT) が報告されているが、それらの多くは運動制御を筋骨格系から捉えた報告である。近年、運動制御を筋骨格系からのみならず神経系から捉えた報告がある。Moriokaらは、足底の知覚学習課題による足底の知覚能力の向上により、高齢者および超高齢者の立位重心動揺および Functional Reach Test (以下, FRT) が有意に向上することを RCT にて報告している<sup>2,3)</sup>。これらの報告は、足底の知覚能力の向上により立位姿勢バランスが向上することを明らかにしている。従来、転倒と相関がある指標として立位重心動揺や FRT などが数多く用いられてきた。しかしながら、これらの指標は歩行能力を直接評価したものではない。高齢者の転倒発生には歩行能力が強く関連し<sup>1)</sup>、高齢者の転倒は歩行中に多く発生することが報告されていることから<sup>4)</sup>、歩行中の分析を行うことが重要であると考えられる。近年、歩行能力を直接かつ簡便に評価する方法として、加速度センサーを用いた歩行中の加速度変化を分析する方法が報告されている<sup>5)</sup>。本研究の目的は、転倒経験のある高齢者を対象として、足底知覚能力と歩行安定性との関連性について検討することである。

### 2. 方法

#### (1) 対象者

対象は、デイサービスを利用している 65 歳以上の地域在住高齢者 27 名 (年齢 68.3 ± 2.6 歳) とした。取り込み基準は、過去 1 年以内に転倒経験がある者、歩行補助具なしで独歩が可能なる者、認知機能検査である Rapid Dementia Screening Test<sup>6)</sup> が 8 点以上の者とした。転倒の定義は、Gibson<sup>7)</sup>による「本人の意思からではなく、地面またはそれより低い面に身体の一部が接触した場合」とした。除外基準は、本研究課題の実施が困難な整形

疾患，神経疾患，精神疾患を認める者，過去1年以内に医療保険による運動機能の早期改善を目的としたリハビリテーションを受けていた者とした．全ての対象者に対して本研究の目的と内容，利益とリスク，個人情報の保護および参加の拒否と撤回について十分に説明を行った後に参加合意に対して自筆による署名を得た．なお，本研究は当院の研究倫理委員会の承認を得て実施した．

## (2) 足底知覚課題

対象者には，床に設置したスポンジの硬度を足底で弁別する知覚課題を立位姿勢にて実施した<sup>2,3)</sup>．足底知覚課題には，表面素材や形状は同じだが硬度の異なる5段階のスポンジ（イノアック社）を用いた．スポンジの大きさは30×30 cmであり，硬度は58.8，78.5，107.9，200，308 Nであった．足底知覚課題は，介入実施者と対象者の2人1組で実施した．介入実施者は床にスポンジを設置し，対象者はそのスポンジ上に立位姿勢をとり，足底でスポンジの硬度の弁別を行った．その際，対象者には足底がスポンジから離れないように足関節を底背屈することを求めた．まず，対象者には上昇系列（スポンジ1から5まで），下降系列（スポンジ5から1まで）に10回，スポンジの硬度の弁別を行いながらそのスポンジの硬度の記憶を求めた．この時，介入実施者から結果の知識を与えた．その後，ランダム表に基づき5回，硬度の異なるスポンジを設置し，対象者にはどの硬度のスポンジであるかの弁別を求めた．この時，介入実施者から結果の知識を与え，対象者には足底知覚の誤差修正を求めた．次に，ランダム表に基づき10回，硬度の異なるスポンジを設置し，対象者にはどの硬度のスポンジであるかの弁別を求めた．この時，介入実施者から結果の知識は与えなかった．この際の誤答数を記録し，これを足底知覚能力の指標とした．なお，ランダム表はコンピューターの乱数発生プログラム（Microsoft Office Excel）を使用して作成し，5回のランダム表には5段階のスポンジが1回ずつ，10回のランダム表には5段階のスポンジが2回ずつ含まれるように作成した．

## (3) 歩行能力の測定

歩行中の体幹加速度は，無線型3軸加速度計（Microstone社，MVP-RF8）を用いて測定した．無線型3軸加速度計の大きさは縦45×横45×厚さ18.5 mm，重量は60 gであり，サンプリング周波数200 Hzにて記録した．記録した加速度データは，Bluetoothワイヤレステクノロジーによりリアルタイムでパーソナルコンピュータに転送された．加速度計の装着部位は，対象者の重心位置に近く，重心移動に近似する第3腰椎棘突起部とした<sup>8,9)</sup>．対象者は，加速・減速路を2.5 mずつ含む15 mの直線歩行路を自由歩行条件下にて歩行し，中間10 mの歩行中の体幹加速度を測定した．また，ストップウォッチを用いて中間10 mの歩行時間を計測し，歩行速度を算出した．靴が歩行速度<sup>10)</sup>やバランス能力<sup>11)</sup>，加速度<sup>12)</sup>に与える影響を除外するために，裸足にて歩行を行った．加速度計より得られたデータから側方成分，垂直成分，前後成分の3軸を合成したRoot Mean Square（以下，RMS）を算

出した。RMS は動揺性の指標であり、この RMS の値が大きいほど身体の動揺が大きく、不安定な歩行であることが報告されている<sup>13,14)</sup>。また、RMS は歩行速度の影響を受け、その 2 乗倍に比例することから<sup>15)</sup>、歩行速度の 2 乗値で除した。

#### (4) 統計解析

足底知覚課題の誤答数と 3 軸合成 RMS との相関関係を検討するために、Pearson product-moment correlation coefficient を用いて統計処理した。有意水準は全て 5%未満とした。なお、統計処理には SPSS Statistics 17.0 (SPSS 社) を使用した。

### 3. 結果

足底知覚課題の誤答数は  $6.4 \pm 2.2$  回、3 軸合成 RMS は  $1.7 \pm 0.4$ 、歩行速度は  $1.6 \pm 0.5$  m/s であった。統計解析の結果、足底知覚課題の誤答数と 3 軸合成 RMS との間に中等度の正の相関を認めた ( $r = 0.64$ ,  $p < 0.01$ )。

### 4. 考察

足底知覚課題の誤答数と 3 軸合成 RMS との間に中等度の正の相関を認めた ( $r = 0.64$ ,  $p < 0.01$ )。RMS は動揺性の指標であり、RMS 値が大きいほど身体の動揺が大きく、不安定な歩行であることが報告されている<sup>13,14)</sup>。また、本研究で実施した足底知覚課題の誤答数には、足底から入力された感覚情報を記憶し、その記憶を基に弁別した結果と介入実施者から付与された結果の知識との誤差修正がいかにかが関与している。つまり足底知覚課題の誤答数は、足底知覚の誤差修正能力を示している。本研究結果は、足底知覚課題の誤答数と 3 軸合成 RMS との間に中等度の正の相関を認めた。この結果から、足底知覚の誤差修正能力が低い高齢者は歩行中の姿勢バランスが不安定であり、足底知覚の誤差修正能力が高齢者は歩行中の姿勢バランスが安定していることが考えられた。

過去に、足底知覚能力は立位姿勢バランスに関与することが報告されている。森岡らは、2 歳から 92 歳までの 1073 名を対象とした横断的研究にて、足底二点識別覚と片脚保持時間との関連性について報告している<sup>16)</sup>。その結果では、足底二点識別覚と片脚保持時間との間に有意な負の相関を認め、さらに年齢と足底二点識別覚との間に有意な正の相関を認めている。このことから、加齢が進むにつれて足底二点識別覚は低下し、さらに片脚保持時間が低下することが明らかにされた。これらの報告から、足底知覚能力は高齢者の姿勢バランスのみならず歩行中の姿勢バランスにも関与することが示唆された。

本研究の限界として、足底知覚能力の低下が高齢者の転倒要因に直接的に影響を及ぼすかどうかについては明らかにできていない。また、足底知覚能力の向上が高齢者の転倒予防に効果的に作用するかどうかも検討できていない。しかしながら、足底知覚能力の向上により高齢者や超高齢者の立位姿勢制バランスが向上することが報告されている<sup>2,3)</sup>。また我々は、本研究で実施した足底知覚学習課題と同様の課題を実施している際には、

前頭前野, 運動前野, 補足運動野, 頭頂連合野, 側頭連合野の oxy-Hb が有意に増加することを機能的近赤外分光装置 (functional near-infrared spectroscopy; fNIRS) を用いて報告している<sup>17)</sup>. これらの報告から, 足底知覚学習課題による足底知覚能力の向上が高齢者の歩行中の姿勢バランスを向上させ, 転倒予防に寄与する可能性は十分に考えられる. 今後は上記の点を考慮しながら, 足底知覚能力の向上を目的としたトレーニング方法を考案し, 高齢者の転倒予防への効果を検証していきたいと考える.

#### 謝辞

本研究に対してご助成を賜りました公益財団法人大同生命厚生事業団に対して深く感謝を申し上げます.

#### 参考文献

- 1) Shimada H, et al: Relationship between age-associated changes of gait and falls and life-space in elderly people. *J PhysTher Sci* 22: 419-24, 2010
- 2) Morioka S, et al: Effects of plantar hardness discrimination training on standing postural balance in the elderly: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 23: 483-491, 2009
- 3) Morioka S, et al: Effects of plantar perception training on standing posture balance in the old old and the very old living in nursing facilities: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 19, 2011, [Epub ahead of print]
- 4) Cali CM, et al: An epidemiologic study of fall-related fractures among institutionalized older people. *J Am Geriatr Soc* 43: 1336-1340, 1995
- 5) Maffiuletti NA, et al: Concurrent validity and intrasession reliability of the IDEEA accelerometry system for the quantification of spatiotemporal gait parameters. *Gait Posture* 27: 160-163, 2008
- 6) Kalbe E, et al: CaThe Rapid Dementia Screening Test (RDST): A new economical tool for detecting possible patients with dementia. *Dement Geriatr Cogn Disord* 16: 193-199, 2003
- 7) Gibson MJ: Falls in later life. In: *Improving the Health of Older People; A World View*. New York: Oxford University Press, pp296-315, 1990
- 8) Auvinet B, et al: Reference data for normal subjects obtained with an accelerometric device. *Gait Posture* 16: 124-134, 2002
- 9) Moe-Nilssen R, et al: Trunk accelerometry as a measure of balance control during quiet standing. *Gait Posture* 16: 60-68, 2002
- 10) Arnadottir SA, et al: Effects of footwear on measurements of balance and gait in women between the ages of 65 and 93 years. *Phys Ther* 80: 17-27, 2000

- 11) Lord SR, et al: Shoe characteristics and balance in older women. J Am Geriatr Soc 44: 429-433, 1996
- 12) Light LH, et al: Skeletal transients on heel strike in normal walking with different footwear. J Biomech 13: 477-480, 1980
- 13) Menz HB, et al: Age-related differences in walking stability. Age Ageing 32: 137-142, 2003
- 14) Kavanagh JJ, et al: Upper body accelerations during walking in healthy young and elderly men. Gait Posture 20: 291-298, 2004
- 15) Menz HB, et al: Acceleration patterns of the head and pelvis when walking on level and irregular surfaces. Gait Posture 18: 35-46, 2003
- 16) 森岡 周, 他 : 年代別にみた立位姿勢バランス能力と足底二点識別覚の変化過程. PT ジャーナル 39 : 919-926, 2005
- 17) Nakano H, et al: Effects of plantar perceptual learning involving a discrimination task on brain activity: A functional near-infrared spectroscopy study. <http://www.abstractsonline.com/Plan/ViewAbstract.aspx?sKey=13d3e8c1-614d-452c-8399-3ba7fb2984c9&cKey=bca906b4-a320-4923-9959-34175a9ff04f&mKey=%7bE5D5C83F-CE2D-4D71-9DD6-FC7231E090FB%7d> (2011年10月27日アクセス)

経費使途明細

加速度センサー (Microstone 社, MVP-RF8)	99,750 円
研究用クッション (INOAC 社)	63,000 円
参考書籍購入費 (SPSS マニュアル、他 6 冊)	38,600 円
研究協力謝礼 (5,000 円×12 人)	60,000 円
交通費 (1,000 円×18 人)	18,000 円
消耗品購入費 (文具、コピー用紙、プリンタインク、資料印刷)	21,500 円
合 計	300,850 円