

## 修士論文要旨

研究テーマ： 後方転倒回避ステップングの運動学的分析および  
下肢筋機能との関係についての研究

学籍番号 2270056

氏 名 判治 真也

研究指導教員 越智 亮

研究指導補助教員 \_\_\_\_\_

### 概 要

#### 【背景・目的】

転倒と骨折は介護原因の約 12%を占め、転倒予防は高齢者の健康増進に重要な課題である。転倒方向は前方、側方の順が多いが、後方は仙骨や股関節に対する衝撃力が大きく、重大な傷害に繋がりやすい。転倒に関する運動学的研究は様々あり、その中でも外乱を加えた際の転倒回避反応をみる研究があるが、後方への外乱と転倒回避行動に着目した研究は多くない。外乱を加える方法の一つに、身体腰部を牽引し傾斜させた姿勢から解放してステップングを誘発させる Tether-release 法がある。この方法を用いた研究において、前方ステップングでは、下肢を素早く大きく振り出すことと、着地時の姿勢が転倒回避に重要とされている<sup>1)</sup>。また、その際の筋活動も分析され、ステップングに関与する筋が明らかにされている<sup>2)</sup>。一方で、後方では運動学的分析や筋活動分析がされておらず、ステップングに関与する下肢筋は明らかにされていない。

筋機能の中で下肢の敏捷性と瞬発力は転倒回避のためのバランス回復能力と関連性がある。Tether-release 法におけるバランス回復能力は、牽引時の初期姿勢の傾斜角度や身体牽引量であり、より大きく傾いた角度からステップングで体重を支えられるほど能力が高いとされている<sup>3)</sup>。前方ステップングのバランス回復能力の予測因子を検討した先行研究において、ステップングに関与する下肢筋の等尺性最大筋力ではなく、股関節屈曲や膝関節屈曲の瞬発力の指標となる筋力発揮率 (Rate of force development: 以下, RFD) が抽出されている<sup>4)</sup>。後方ステップングでも素早く下肢を踏み出す能力がバランス回復能力と関係しているなら、前方ステップングと同様に下肢筋の RFD と関係していることが考えられる。また、これらの関係が明らかにできれば、高齢者の転倒予防トレーニングを考案する上で参考になる。

本研究の目的は、後方ステップングに関与する下肢筋と、その下肢筋 RFD がバランス回復能力と関係するかどうかを明らかにすることである。研究①では後方への外乱量を増大させた際のステップング中の下肢筋活動量を調査する。研究②では、実験①で明らかにした後方ステップングに関与する筋の最大筋力や RFD と、後方ステップングのバランス回復能力やステップ着地時姿勢と関係があるかどうかを調査する。

#### 【対象・方法】

##### 1. 研究①

健康若年者 12 名を対象とした。対象者の腹部に牽引ケーブルを装着し、Tether-release 法でステップングを誘発した。ケーブル牽引量(外乱量)は対象者の体重の 5%, 10%, 15%とし(以下, %BW), 1 歩で踏み止まれた試技を成功とし、各牽引量 5 回ず

つ行わせた。ステッピング動作中の支持脚と遊脚それぞれの大殿筋、大腿直筋、半腱様筋、前脛骨筋、腓腹筋内側頭筋から筋電図を導出し、波形を平滑化、最大筋活動量で正規化して平均活動量を算出した (%MVC)。ステッピング着地時の姿勢の指標として、矢状面から見た開脚角度であるステッピング角度  $\alpha$  (度) と、身体傾斜角度  $\theta$  (度)、 $\alpha$  の角速度 (deg/s)、および着地時身体安定性の指標となる  $\alpha/\theta$  を記録した。各アウトカムの 3 外乱量間の比較には、反復測定一元配置分散分析、またはフリードマン検定と Bonferroni の多重比較を用いた。

## 2. 研究②

健常若年者 28 名を対象とした。外乱量は 15%BW から 5%BW ずつ増やしていき、1 歩での体重支持に失敗した場合は 2%BW 減らし、成功試技の外乱量の最大値をバランス回復能力 (%BW) とした。徒手筋力計を用い、股関節伸展、膝関節屈曲・伸展、足関節背屈・底屈の各運動について対象者に素早く筋力発揮を行うよう指示し、最大等尺性筋力 (N/kg) と RFD を測定した。筋力発揮は 3 秒間×3 回行わせた。筋力発揮のオンセットから 50 ミリ秒後までのトルクカーブの傾きを RFD (N/kg/s) として算出した。統計解析について、バランス回復能力を目的変数、最大筋力や RFD 等の各項目を説明変数としてスピアマンの順位相関係数を算出した。サブ解析として、バランス回復能力の中央値が 25%BW であったため、バランス回復能力が低い群 (15%~23%BW ; 10 名) と、バランス回復能力が高い群 (25%~30%BW ; 18 名) とで 2 群間で最大筋力や RFD 等の各項目を t 検定や Wilcoxon 符号付順位検定を用いて比較した。

### 【結果】

研究①では外乱の増大に応じて、遊脚中のステップ下肢の半腱様筋と大腿直筋、支持脚側の大殿筋と前脛骨筋の筋活動量が有意に増加した。 $\alpha$  の角速度も有意に増加し、着地時姿勢は  $\alpha$  や  $\theta$  の増大が認められた。

研究②ではステップ側の膝関節伸展 RFD において弱い相関を認めた ( $r_s = 0.4$ )。その他の最大筋力や着地姿勢の項目等では有意な相関を認めなかった。サブ解析の結果、バランス回復能力が高い群が低い群に比べ、 $\alpha$  が有意に高く、ステッピング時間が有意に長かった。

### 【考察】

研究①では、後方ステッピングに関与する 4 筋を明らかにした。遊脚側において、半腱様筋と大腿直筋はクリアランス確保と足部接地の体重支持、支持脚側においては、前脛骨筋と大殿筋は支持基底面の確保と骨盤固定や体幹運動に関与していたと考える。着地時姿勢において、外乱量が増えてもステップスピードを調整することで、 $\alpha/\theta$  を一定に確保し、複数ステップや転倒をしないように保ったと考えられた。

研究②の結果、後方ステッピングにおいてバランス回復能力と下肢筋 RFD との間に強い相関関係はなかった。この原因としてサブ解析の結果から、下肢を素早く振り出すことよりも、ステッピング時間が長くかかっても両下肢で囲まれた支持基底面を大きくすることが高いバランス回復能力に重要であったと考えられ、下肢筋の瞬発力よりも体幹コントロールやバランス機能等の方が関係していた可能性がある。

### 【文献】

- 1) Thelen DG, Wojcik LA, et al.: MEDICAL SCIENCES. 1997; 52A(1): 8-13.
- 2) Thelen DG, Muriuki M, et al.: J Electromyogr Kinesiol. 2000; 10: 93-101.
- 3) Hsiao ET, Robinovitch SN: MEDICAL SCIENCES. 2001; 56A(1): 42-47.
- 4) Ochi A, Ohko H, et al.: J Mot Behav. 2020; 52(1): 71-78.