

筋電図バイオフィードバックによる歩行安定化

木 伏 紅 緒*

* 神戸大学大学院人間発達環境学研究所 兵庫県神戸市灘区鶴甲 3-11
 * Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University, 3-11 Tsurukabuto, Nada-ku, Kobe, Hyogo, Japan
 * E-mail: kibushi.b@ruby.kobe-u.ac.jp

キーワード: モーションキャプチャー (Motion capture), キネマティクス (Kinematics), 運動生理学 (Exercise physiology), 運動制御 (Motor control), 安定性 (Stability).
 J-L 0006/23/6206-0357 © 2023 SICE

1. 研究略歴

筆者は、歩行中の筋制御メカニズムに関する研究を主に進めてきた。人間は約 400 種以上の骨格筋を有しており、脳が多数の筋を逐一的に制御するのは困難だと考えられている。この問題が Bernstein (1967) により冗長自由度問題として提唱されてから、中枢神経系は冗長自由度問題をどのように解決しているのか? という問いに対する研究が続けられている。解決策としては、複数の筋をまとめて支配する神経機構である筋シナジーを介した制御が提案されており、筆者は歩行中の筋シナジーの特性を検証してきた。たとえばこれまでの研究を通して、中枢神経系は筋シナジーの時間的活動パターンを柔軟に制御することで、歩行速度や歩幅の調整を達成していることや¹⁾、高齢者は筋シナジーの活動が安定する低速度で歩行することによって転倒リスクを低減している²⁾等の示唆を得た。近年は筋電図バイオフィードバックによる運動改善にも取り組んでいる³⁾。本稿では、音による筋活動バイオフィードバックによって、歩行の安定化を試みた研究を紹介する。

2. 受賞論文の紹介

筋電図バイオフィードバックを用いることで、運動機能障害を有した患者の歩行能力を改善できることが知られている。ただし、健常者の歩行改善に有用であるかは不明である。そこで、筋電図バイオフィードバックは歩行を運動学的に安定化できるのかを健常者を対象に検証した。すでに歩行が安定している健常者を対象とすることで、歩行安定化の限界や、より安定した歩行の実現方策について理解を深めると考えた。実験では、実験参加者が歩行している際の、参加者自身の単一の筋活動を音としてフィードバックした (被験筋: 足関節底屈筋, 足関節背屈筋, 膝関節屈曲筋)。筋活動が特定の閾値を超えたときにビープ音が鳴るシステムを用いて、できるだけ歩行周期ごとの音が鳴り始めるタイミングと間隔が一定になるように実験参加者に歩いてもらった。分析では、歩行の滑らかさの指標である身体重心加速度の二乗平均平方根を条件間で比較した。その結果、どの筋をバイオフィードバックしても、鉛直方向の身体重心加速度は、バイオフィードバックがない歩行よりも低減されることを

明らかにした。さらに、足関節底屈筋のバイオフィードバックは、鉛直方向だけでなく前後方向の身体重心加速度を低減することを明らかにした。足関節底屈筋はほかの筋に比べて体幹加速度の生成に対する貢献度が高いため、前後・鉛直の両方向での身体重心加速度を低減できた可能性がある。

3. 今後の展望

音による筋電図バイオフィードバックによって、健常者であっても身体重心加速度を低減できることが明らかになったものの、筋活動自体がどう調整された結果なのかはいまだ不明である。そこで現在は、筋電図バイオフィードバックの歩行安定化効果の生理学的メカニズムを特定する研究を進めている。また、現状の筋電図バイオフィードバックシステムは日常で用いるのは困難であるため、扱いやすいシステムを開発する必要がある。

(2023 年 3 月 1 日受付)

参 考 文 献

- 1) B. Kibushi et al.: Modular Control of Muscle Coordination Patterns during Various Stride Time and Stride Length Combinations, *Gait & posture*, **94**, 230/235 (2022)
- 2) 木伏, 神崎: 歩行における高齢者の筋活動の制御機構 (特集 高齢社会へのバイオメカニクス支援), *バイオメカニクス研究*, **21-3**, 119/123 (2018)
- 3) B. Kibushi and J. Okada: Auditory sEMG Biofeedback for Reducing Muscle Co-contraction during Pedaling, *Physiological reports*, **10**, 10 (2022)

受賞種別 [研究奨励賞]

論文タイトル [Auditory EMG Biofeedback Slightly Reduce Center of Mass Acceleration During Walking]

発表講演会名 [ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2022]

[著 者 紹 介]

木 伏 紅 緒 君 (正会員)



1990 年東京都生。2016 年京都大学大学院人間・環境学研究科にて博士前期課程修了。同年、日本学術振興会特別研究員 DC1。2019 年同大学大学院博士後期課程修了。博士 (人間・環境学)。同年、早稲田大学スポーツ科学学術院助教を経て、現在に至る。人間の身体運動制御に関する研究に従事。日本体育・スポーツ・健康学会、日本バイオメカニクス学会、日本トレーニング科学会の会員。