

氏名	乾 康浩
学位の種類	博士（健康科学）
学位記番号	甲第 54 号
学位授与年月日	令和 8 年 3 月 19 日
学位授与の条件	畿央大学 学位規程第 17 条第 1 項 該当
論文題目	Integrated Elucidation of Uneven-Surface Walking Characteristics in People with Stroke: Understanding Based on Multidimensional Measurements and Predictive Extension Using Machine Learning (脳卒中者における不整地歩行特性の統合的解明： 多次元計測に基づく理解と機械学習による予測への展開)
指導教員	教授 森岡 周
論文審査委員	主査 教授 岡田 洋平 副査 教授 冷水 誠 副査 教授 信迫 悟志

学位論文の要旨

【背景】

脳卒中者にとって屋外歩行は社会参加に不可欠であるが、不整地歩行は予測困難な摂動を伴い、転倒リスクや活動制限の要因となる。これまで平地歩行に関する研究は多く報告されてきた一方で、不整地における歩行戦略や課題については十分に明らかにされていない。特に、健常者との違いによる基礎的理解、歩行能力による層別化、歩行距離延長に伴う疲労の影響、および不整地に特有の安定性の問題を体系的に整理し、それらを平地歩行パラメータから推定する社会実装への展開は、臨床的にも重要である。

【目的】

本研究は、脳卒中者の不整地歩行の特性を歩行速度・安定性・関節角度・筋電図を用いた多次元計測から検討することを目的とした。具体的には、①健常者と比較した脳卒中者の不整地歩行の特徴、②歩行能力差による不整地歩行戦略の層別化、③不整地歩行中の距離延長に伴う変化、④機械学習を用いて、脳卒中者に特徴的な不整地歩行の安定性指標を同定し、平地歩行パラメータからの予測可能性を検証した。

【方法】

脳卒中者および健常者を対象に、10mの平地と自作の不整地路の歩行課題を実施した。歩行

速度，体幹加速度，関節角度，下肢筋電図を計測し，①平地と不整地路での二元配置分散分析による健常者との群間比較，②脳卒中者を平地歩行速度 0.8m/s を基準にわけた二元配置分散分析による群間比較，③不整地路 4 往復での変化について線形混合モデルを用いて群間比較，④機械学習を用いて，不整地歩行中に脳卒中者を特徴づける安定性指標の抽出と，平地歩行パラメータからの予測モデルの構築を実施した。

【結果】

不整地歩行では，脳卒中者は健常者に比べ歩行速度は同等であるが安定性は低下し，股関節伸展角度低下やヒラメ筋の筋活動時間延長を示した．平地歩行速度 0.8m/s 以上の歩行能力の高い群では大腿筋の共収縮低下の適応的变化がみられた一方，低い群では保守的戦略が示唆された．距離延長に伴い，脳卒中者では歩行速度や安定性は維持したが，足関節背屈角度低下や中殿筋の筋活動周波数低下がみられ，適応と疲労が示された．機械学習解析では，**Root Mean Square**（垂直），**Harmonic Ratio**（前後），**Sample Entropy**（前後）が不整地歩行における脳卒中者の主要な識別指標として同定された．また，平地歩行速度 0.8 m/s 未満の脳卒中者では，不整地歩行において速度および安定性が低下しやすい傾向を示した．さらに，**Sample Entropy** は平地での足関節背屈角度と関連し，**Harmonic Ratio** は平地での値 1.5 を基準として変化しやすいことが示された．

【結論】

本研究は，不整地歩行における脳卒中者の歩行特性を歩行速度・安定性・関節角度・筋電図の多次元計測から明らかにし，健常者との比較による基礎的理解・歩行能力による層別化・距離延長による影響・機械学習による特徴的な安定性指標の特定と予測という一連の枠組みで統合的に示した．不整地歩行の困難さは一様ではなく，平地歩行能力に基づく層別化と体幹加速度指標の活用により，屋外歩行能力を定量的に評価できる可能性が示唆された．本成果は，臨床で取得可能なデータに基づく屋外歩行評価および個別化支援の基盤となる．