

氏名（本籍）	高橋 一史（群馬県）
学位の種類	博士（保健医療科学）
学位記番号	博甲第 54 号
学位授与年月日	令和 6 年 9 月 30 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審査研究科	保健医療科学研究科
学位論文題目	神経発達障害児の歩容評価 -総合評価指標 Gait Profile Score の有益性について-

学位審査委員

主査	茨城県立医療大学教授	博士（保健学）	富田 和秀
副査	茨城県立医療大学准教授	博士（ヒューマン・ケア科学）	松田 智行
副査	茨城県立医療大学准教授	博士（ヒューマン・ケア科学）	藤田 好彦
審査員	茨城県立医療大学名誉教授	博士（医学）	岩崎 信明

論文の内容の要旨

【背景】神経発達障害（Neurodevelopmental Disorders; NDD）は、発達期に発症する一群の疾患であるが、NDD の歩行障害についてはまだ統一した見解が得られていない。歩行評価には、三次元動作解析装置を使用した Gait Profile Score (GPS) という指標があり、これは9つの関節角度を基に、定型発達（Typical Development; TD）児の平均歩行パターンからの歩行逸脱度を算出するものである。さらに、Gait Variable Score (GVS) により、関節ごとの逸脱度を評価できるため、臨床診療においても有益な指標である。しかしながら、NDD 児に関する GPS の研究はほとんど行われていない。加えて、これまでの先行研究ではすべて光学式（Optical Motion Capture; OMC）が使用されており、OMC は実験環境に限られる一方で、慣性センサー式（Inertial Measurement Unit; IMU）は持ち運びが可能であり、臨床診療に適した機器である。

【目的】本研究は、機器に IMU を使用して NDD 児の歩行障害の特徴を GPS により明らかにすることを目的とする。第 1 研究においては、TD 児の GPS データを作成し、その特徴を明らかにすることを目的とした。第 2 研究においては、GPS を使用して NDD 児の歩容を定量化し、歩行障害の特徴を明らかにすることを目的とした。第 3 研究においては、自閉症スペクトラム症（Autism Spectrum Disorder; ASD）、注意欠如多動症（Attention Deficit Hyperactivity Disorder; ADHD）、発達性協調運動症（Developmental Coordination Disorder; DCD）の併存パターンの違いによって歩容が異なるのかを検証することを目的とした。

【方法】第 1 研究の対象は 5～15 歳の TD 児であり、研究協力者は快適速度で 14m の歩行

路を歩行し、三次元動作解析装置を使用して 10 歩行周期分の歩行データを解析した。解析にはソフトウェア myoRESEARCH3.16 (Noraxon 社, 米国) と MATLAB (MathWorks 社, 米国) を使用し、時空間パラメータおよび GPS, GVS を Baker らの方法に準じて算出した。

第 2 研究の対象は 5~15 歳の NDD 児であり、計測および解析方法は第 1 研究と同様である。統計には、時空間パラメータ間の関係を明らかにするため、Spearman の順位相関係数を用いて相関分析を行い、各評価項目の NDD 児と TD 児の群間比較を Mann-Whitney の U 検定を用いて行った。

第 3 研究では、第 2 研究で対象となった NDD 児を対象とし、二次的な層別解析を行った。ASD, ADHD, DCD の併存パターンを明らかにするために、標準的な質問紙スクリーニング評価指標を使用して障害の有無を判断した。統計には、GPS スコアを変数としてクラスター分析を用いて分類し、クラスター間の ASD, ADHD, DCD の併存パターンを比較した他、クラスター間でスクリーニング評価の得点を独立したサンプルの T 検定を用いて比較した。

【結果及び考察】第 1 研究では、36 名の TD 児が参加し、GPS は中央値 7.2° (四分位範囲 $5.9-8.3^{\circ}$) であった。

第 2 研究では、35 名の NDD 児が参加し、GPS は 7.8° ($7.4-9.0^{\circ}$) であり、TD 児と比べて有意に大きかった。群間差は 0.6° と非常に小さいものであった。この結果は、NDD 児と TD 児の歩容が観察評価では差がわからないほど近似しており、そのわずかな差を GPS が数値化できたことを示唆している。また、GVS では足関節背屈/底屈において NDD 児が有意に高かった。

第 3 研究では、GPS スコアが低いクラスターと高いクラスター間で障害の併存パターンの特徴に差は見られなかった。この結果は、歩行障害が ASD, ADHD, DCD の疾患特性によるものではなく、NDD 全体の特徴である可能性を示唆している。

なお、本研究はすべて茨城県立医療大学倫理委員会の承認 (第 1047 号, 第 e374 号) を得て実施された。

【今後の課題】OMC と IMU の機器の差が今回の GPS の結果に影響を及ぼしたかどうかを検証する必要がある。また、第 3 研究の結果については、障害の併存パターンのグループ間で人数差にばらつきが大きく、各グループの人数も十分でなかった可能性がある。今後、対象児を増やして研究を継続する必要がある。

【結語】本研究は、GPS を使用して NDD 児の歩行障害の特徴を明らかにすることを目的としたものである。TD 児の GPS は 7.2° であったのに対し、NDD 児は 7.8° と有意に高値であった。部位別の GVS では、足関節背屈/底屈において NDD 児が有意に高く、足関節運動に特徴があることが明らかになった。

審査の結果の要旨

本論文の審査では、令和6年8月7日に公開の場での研究発表と質疑応答を行った後に、上記の審査員4名による協議が行われた。論文審査は、本研究科の指針に従い、創造性・新規性、専門領域との関連性、論理性、信頼性・妥当性、論文の表現力、倫理的配慮の観点から行われた。以下に、各観点に関する協議内容の要旨を述べる。

本博士論文は、3つの研究で構成されている。第1研究では、TD児のGPSデータを作成し、36名のTD児のGPS中央値は 7.2° であることを明らかにした。第2研究では、35名のNDD児のGPSが 7.8° であり、TD児よりも有意に高いことを示した。第3研究では、NDDに含まれる自閉症スペクトラム症(ASD)、注意欠如多動症(ADHD)、発達性協調運動症(DCD)の併存パターンによる歩容の違いを検証し、有意な差は認められなかったものの、NDD児には総じて歩行障害を併発している可能性を示唆した。これらの研究成果は、従来の研究にはない新しいアプローチから得られた知見であり、神経発達障害児の歩容評価における新しい評価指標の有効性を検証した、創造性と新規性の高い研究内容であると評価された。さらに、本論文では従来の計測方法である光学式から慣性センサー式による3次元解析を導入することで、臨床応用につなげるための試みも行っている。従来の臨床研究で行われてきた光学式による3次元歩行解析は時間を要し、患者負担も高いといった課題があった。本研究で提案された慣性センサー式の3次元歩行解析を用いたGPS指標による歩容評価は簡便であり、今後の利用が期待され、臨床応用に寄与する可能性が高い。また、神経発達障害児の歩容において、GPSの下位分析であるGait Variable Score (GVS)を活用することで、歩行時の下肢の関節毎の逸脱度を評価できる。そのため、GPSを用いた定型発達児との比較検証は、小児リハビリテーション領域において極めて関連性が高く、発達早期からのリハビリテーション治療の効果を客観的に評価する指標として、大いに貢献する研究成果である。

本研究は、概ね適切な手順に従って進められていた。一方、いくつかの点で改善の余地があった。特に、第3研究の神経発達障害児の障害合併程度の違いがGPSに与える影響を検討した部分では、重複障害を併存しているほうがGPS低値を示しており、今後の研究が必要あると考えられた。また、本研究では慣性センサー式の3次元解析装置を使用しているが、先行研究で用いられた光学式装置とは一部の関節角度において大きな違いが報告されている。そのため、慣性センサー式と光学式の比較検証が行うことが望ましく、今後の検討課題である。なお、本論文の作成に用いられているすべての研究は、本学倫理委員会の承認を得て、適切な倫理的配慮のもとに実施されていた。

以上の論文審査結果を総括して、審査員全員の合意のもとに、本論文が博士論文として適切であることを認めた