



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	認知負荷がある状況下での歩行能力に対して有効かつ安全な練習方法の考案
Author(s)	榊, 悠介
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(保健科学)
Dissertation Number	甲第16818号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16818
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99663
Type	doctoral thesis
File Information	Yusuke_Sakaki_abstract.pdf, 論文内容の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（保健科学）

氏名：榊 悠介

学位論文題名

認知負荷がある状況下での歩行能力に対して有効かつ安全な練習方法の考案

【背景】

転倒は自立度の低下だけでなく、医療費の増大や介護者の負担増加などの社会保障の問題にも甚大な影響を与えている。従って、転倒を予防する介入の考案が求められている。特に、歩行速度の低下は転倒リスクを増加させる要因であり、日常生活動作は常に何らかの認知負荷の影響を受けていることから、二重課題条件での歩行速度を維持することが日常生活場面での転倒予防において重要となる。二重課題条件での歩行速度は、歩行課題と認知課題を組み合わせた二重課題歩行練習で改善することが示されている。しかし、歩行練習は本質的な不安定性と環境の条件の観点から、自主練習としての実用性が低い。従って、本研究では、安全に二重課題条件での歩行開始動作、歩行速度、および認知課題正答率を改善させる介入を考案することを目的とした。

【感覚様式の異なる認知課題が静止立位時の姿勢制御に与える影響】

本研究では、二重課題歩行の評価に有効な認知課題を検証するために、静的バランス課題を用いて認知課題の感覚様式の違いが姿勢制御能力に与える影響を比較検証した。健康若年者 25 名を対象とし、床反力計上で異なる 3 種類の認知課題を実施しながらの静止立位保持を行った：黒点の注視（Control 条件）、視覚認知課題（Visual 条件）、聴覚認知課題（Auditory 条件）。床反力計から計測された足圧中心（COP）のデータから 95%信頼域楕円面積（Sway area）、前後（AP）および左右（ML）方向の最大動揺範囲（Range AP, Range ML）、平均移動速度（Velocity AP, Velocity ML）および COP 座標データの標準偏差を算出した（SD AP, SD ML）。加えて、COP 座標データを高速フーリエ変換して得られた各周波数帯におけるパワー値を基に、AP 方向と ML 方向の平均パワー周波数と（MPF AP, MPF ML）、異なる 4 周波数帯のパワースペクトル密度（Power Spectrum Density: PSD）の割合を算出した：極低周波帯（Ultra-low）、超低周波数帯（Very-low）、低周波数帯（Low）、中周波数帯（Moderate）。結果、Sway area, Range ML, および SD ML は、Visual 条件、Auditory 条件ともに Control 条件と比較して有意に減少した。ML 方向における Moderate の周波数帯の割合は、他 2 条件と比較して、Auditory 条件で有意に増加した。Auditory 条件では MPF ML が Control 条件と比較して有意に増加したのに対し、Visual 条件と Control 条件との間には有意差が認められなかった。本章の結果から、聴覚刺激を用いた認知課題（PASAT）は視覚刺激を用いた認知課題よりも姿勢制御に影響を与え、二重課題条件に対してより有効な認知課題と考えられた。

【歩行開始時の予測的姿勢制御と歩行速度の関連性の検証】

次に、二重課題条件での歩行開始時の予測的姿勢調整 (APA) と歩行速度の関連性を検証した。健常若年者 31 名を対象とし、慣性計測装置 (IMUs) を装着した状態で、歩行課題のみを実施する条件 (Single 条件) と、PASAT と歩行課題を同時に実施する条件 (Dual 条件) の 2 条件を実施した。IMUs から計測された加速度および角速度のデータから各条件で歩行指標を算出し、従属変数として歩行速度を、説明変数として歩行開始時の APA (APA 持続時間, AP 振幅, ML 振幅, 1 歩目の歩幅) を算出して重回帰分析を実施した。加えて、Dual 条件においては歩行課題中の PASAT 正答率も説明変数に含めて分析を実施した。結果、APA 持続時間は、Single 条件、Dual 条件ともに歩行速度に負の影響を与え、AP 振幅は Dual 条件のみ歩行速度に正の影響を与えていた。本章の結果から、二重課題条件において、歩行開始時の APA を改善させる介入は歩行速度も改善する可能性が示された。

【二重課題でのステップ練習が二重課題条件での歩行能力に与える影響】

最後に、ここまで得られた知見を基に、選択ステップ反応課題 (CSRT) を用いた介入が、CSRT 実施時の APA、二重課題条件での歩行開始時の APA、定常歩行速度、および認知課題正答率に与える影響を検証した。健常若年者 16 名を対象とし、無作為に口頭で指示された下肢でステップする課題 (SSRT) を練習課題で実施する群 (Control 群) と CSRT を用いた練習課題を実施する群 (Intervention 群) に割り当てられた。対象者は、SSRT, CSRT, 歩行課題 (Single 条件), および PASAT を行いながら歩行する課題 (Dual 条件) を介入前後で実施した (Pre 測定, Post 測定)。ステップ課題では、床反力計から得られた COP を用いて時間的指標 (反応時間, APA 持続時間, 除荷時間, フットオフ時間, 遊脚時間, 合計時間), 空間的指標 (AP 振幅, ML 振幅), および不適切な COP 偏移が観測された施行の割合 (エラー率) を算出した。歩行課題では、IMUs から計測された加速度および角速度のデータを用いて、歩行速度、歩行開始時の APA を算出した。加えて、PASAT 正答率も計測した。ステップ課題と歩行課題ともに、二重課題干渉の影響を比較検討するために、二重課題コスト (DTC) を算出した。結果、ステップ課題において、Intervention 群では、Pre 測定と比較して、Post 測定で CSRT の APA 持続時間、エラー率、APA 持続時間の DTC が有意に減少した。一方、AP 振幅の DTC は Pre 測定と比較して Post 測定で有意に増加した。歩行課題では、Intervention 群で APA 持続時間が Post 測定で有意に増加したが、歩行速度は Pre 測定と Post 測定との間には有意差が認められなかった。加えて、PASAT 正答率の DTC は Pre 測定と比較して Post 測定で有意に増加した。本章の結果から、CSRT を用いた介入が CSRT 実施時の APA および二重課題歩行のパフォーマンスの一部を改善することが示された。

【考察・結論】

本研究の結果より、聴覚刺激を用いる PASAT はスティフネス戦略および感覚の再重みづけを誘発し、姿勢制御に強く影響を与えることが示され、二重課題条件における PASAT の有効性が示唆された。加えて、歩行練習よりも安全な課題である CSRT を用いた介入により、二重課題歩行中の認知課題の遂行能力が改善し、二重課題歩行のパフォーマンスを改善することが明らかになった。二重課題歩行中の認知課題遂行能力が改善した要因には、CSRT の反復が二重課題条件での歩行に影響を与えるワーキングメモリの機能を改善したことが挙げられる。従って、CSRT を用いた介入は、安全に在宅でも実施可能な介入方法として、日常生活での転倒を予防する新たなリハビリテーション手法の 1 つとして機能することが示唆された。