

【研究区分：先端的研究】

研究テーマ：脳卒中片麻痺者の姿勢調節障害に対する知覚型インソール療法の開発	
研究代表者：保健福祉学部 保健福祉学科 理学療法学コース 教授 長谷川正哉	連絡先：m-hasegawa@pu-hiroshima.ac.jp
共同研究者：保健福祉学部 保健福祉学科 理学療法学コース 助教 大古場良太	
【研究概要】 本研究では、知覚入力型インソール（以下,PSI）を用いた動作指導方法が、神経疾患患者の姿勢調節能力や荷重学習に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、脳卒中片麻痺患者およびパーキンソン病患者に対して介入を実施した。また、得られた知見を活かした介護予防事業に応用可能か検討する目的で、別集団への簡易介入を行い、歩行や立ち上がり動作における所要時間を評価した。実験結果は、動作の安定性および時間的効率の向上を示し、感覚入力型の運動誘導の有効性を支持する結果となった。	

【研究内容・成果】

脳卒中やパーキンソン病などの神経疾患患者では、感覚障害や姿勢制御機能の低下により、荷重の偏りや動作開始困難が生じやすく、これが日常生活動作の制限や転倒リスクや予後に影響することが報告されている。特に脳卒中片麻痺患者においては、麻痺側への荷重率が低下し、重心移動が困難になることで、立位や歩行時の動的姿勢制御能力に影響を及ぼす。また、パーキンソン病患者においても、離殿動作や初動困難など、感覚と運動の統合に関わる問題がみられる。こうした背景のもと、本研究では、足底への微細な感覚入力によって動作の再構築を促す方法として、研究者らが開発した「知覚入力型インソール（Perceptual Stimulus Insole：PSI）」を用いた介入法の有効性を検討することを目的とした。PSIは、足底部に個別の突起を貼付することで、荷重時の接触感覚を明確化し、対象者自身が荷重位置を把握しやすくする構造を有している。刺激は固定的ではなく、感覚の低下部位や動作困難部位に応じて柔軟に配置を調整できるため、個別最適化が可能である。また、装着時のみならず、非装着時にも効果が持続することが先行研究により示唆されており、反復的な運動学習支援ツールとしての応用が期待される。

本研究では、神経疾患を有する患者群に対する治療的介入（研究1）と、感覚運動障害を有さない高齢者を対象とした介護予防的介入（研究2）を実施し、PSIの汎用性と再現性を検証した。

研究1では、脳卒中片麻痺患者8名およびパーキンソン病患者10名を対象とし、PSIの刺激部位を個別に調整したうえで適用し、介入前後での荷重率、重心移動距離、動作解析を行った。脳卒中群においては、麻痺側荷重率が70.0%（67.0-81.8）から78.8%（76.2-88.8）へと有意に増加した（ $p<0.05$ ）。また、重心移動距離も48.07cm（47.00-55.55）から49.98cm（49.33-58.92）へと有意に増加した（ $p<0.01$ ）。非麻痺側には有意な変化は認められなかった。介入後のインタビューでは、「荷重位置がわかりやすい」「踏みやすい」といった表現が聞かれ、感覚刺激に対する主観的気づきの増大が確認された。パーキンソン病患者に対しても、離殿動作や歩行開始困難に対する変化がみられ、前傾姿勢や歩幅の改善が確認された。動画解析においても、介入後には立ち上がり時の体幹前傾角や床反力の変化が認められ、運動戦略の変容が示唆された。これらの変化は、PSIによる足底感覚の再構成が、中枢における運動出力の再編成を促した可能性を示している。介入は全例で安全に実施され、有害事象は認められなかった。

研究2では、介護予防事業者の協力を得て実証実験を行った。対象は利用者15名であり、PSI装着前後での立ち上がり動作、10m歩行、静的バランス保持時間の3項目について測定

【研究区分：先端的研究】

を行った。立ち上がり動作の所要時間は、介入前平均 12.69 秒から介入後 11.41 秒へと有意に短縮された ($p < 0.05$)。10m 歩行テストでは、介入前平均 5.41 秒から介入後 4.77 秒へと改善が見られ、こちらにも有意差が認められた ($p < 0.05$)。静的立位でのバランス保持時間は、介入前 6.07 秒から介入後 8.51 秒へと有意に延長された ($p < 0.05$)。これらの結果から、短時間の介入であっても動作効率やバランス能力の向上が統計的に裏付けられた。研究 1 で示された知覚入力による運動誘導効果が、高齢者集団にも適用可能であることが示唆された。すべての介入は安全に実施され、有害事象は報告されていない。以上の結果より、本知覚入力型インソールを活用した感覚集中型の指導法は、動作学習支援ツールとしての有効性を備えており、介護予防事業においても一定の実効性を持つことが統計的に確認された。

【成果と展望】

本研究に関連して、特許第 7576893 号「インソール」および登録商標第 6867128 号「知覚入力型インソール」を取得しており、研究成果の知的財産化を進めた。今後、臨床応用および商品展開において知的財産保護しつつ、普及体制を整備している。

1. 学術的成果の展開

本研究の初期成果の一部は、脳卒中患者に対する臨床応用として、雑誌『靴の医学』に掲載された。また、2024 年度日本靴医学会においては 2 演題を発表した。さらに、学内外の研究会でも知覚入力型アプローチに関する講演依頼が増加している。

2. 教育的応用の進展

本研究成果は、教育分野にも活用され、「知覚入力型インソールを使用した障がい者模擬体験学習」が第 1 回理学療法教育アイデアコンテストにて優秀賞を受賞した。この取り組みは、学生に対して感覚障害の体験と理解を促す新たな教育方法として高く評価されている。大学内カリキュラムにも一部組み込まれ、今後さらに教育的展開を進める予定である。

3. 社会実装と事業化の推進

本研究の成果に基づき、2025 年度に大学発ベンチャー「合同会社 ASI」を設立し、臨床現場への導入支援、指導者育成セミナー等の活動を展開している。セミナー受講者への限定販売による品質保証と正確な使用法の普及を両立させており、現在までに 100 名を超える医療・介護・運動指導者が本プログラムに参加している。インソールの活用は治療的場面のみならず、健康増進やウェルビーイングの文脈でも需要が拡大している。

4. 今後の研究計画と課題

本研究の次段階として、科学研究費補助金の採択を受けており、標準化された使用プロトコルの確立を目指している。また、臨床応用における再現性と長期効果の検証を進めるため、今後対象を拡大して効果検証を進めていきたい。

5. 地域連携と多職種協働の推進

地域の介護予防事業所や通所型施設との連携により、短期集中型の感覚指導プログラムとして導入が進められている。また、理学療法士に限らず、作業療法士、柔道整復師、ピラティスインストラクターなど、多様な専門職との協働体制を築きながら、PSI を共通言語とした指導ネットワークの形成に取り組んでいる。

これらの取り組みを通じて、感覚への気づきを中心とした運動支援の新たな枠組みが、研究・教育・地域貢献のいずれの領域においても高い評価を得ており、すでに社会実装へとつながっている点が本研究の大きな特長である。単なる理論的成果にとどまらず、実際の現場に根ざした応用が進んでいることから、感覚を軸とした介入が従来の運動指導とは異なる新たな価値を創出する可能性を実証している。こうした実効性に支えられた本研究成果は、今後ますます重要な役割を担うものと考えられる。