

# インソールの使用が歩行中の認知課題における脳活動に及ぼす影響

大阪医療大学 理学療法学科 設立準備委員 笹川健吾

## 【はじめに】

わが国における要支援・要介護状態の要因調査によれば、「骨折・転倒」は全体の13.9%を占め、第3位の主要原因となっている。超高齢社会において健康寿命を延伸し、医療・介護費を抑制するためには、転倒予防が喫緊の課題である。

高齢者や転倒リスクを抱える対象者では、歩行能力の低下を代償するために、本来「自動的」に制御される歩行動作に対し、より多くの注意資源を割く必要がある。その結果、歩行中に会話や思考を行う「二重課題」下では、認知処理に割り振る注意資源が枯渇し、歩行の不安定化や転倒を招くことが知られている。これまで、インソールの装着が運動学的なバランス改善に寄与することは報告されてきたが、それが脳の認知負荷（脳活動）へ及ぼす影響については未解明な点が多い。

## 【目的】

本研究では、インソール装着による歩行の安定化が、歩行中の認知課題実行時における前頭葉背外側部の脳活動にどのような影響を及ぼすかを、近赤外分光法（NIRS）を用いて明らかにすることを目的とする。

## 【方法】

本研究は、以下の計画およびプロトコルに従い、看護リハビリ新潟保健医療専門学校にて計測を実施した。

対象は健常成人8名（ $27.8 \pm 11.7$ 歳）とし、除外基準を前日の睡眠時間が4時間以下の者、精神薬を服用している者、疼痛を有すなど体調の優れない者とした。

使用機器は、脳活動計測に携帯型脳活動計測装置「HOT-2000」（NeU社製）を使用した。近赤外分光法（NIRS）に基づき、前頭葉の活動を計測した。

インソールには被験者個々に「入谷式足底板®」の評価に基づき、歩行において影響の大きい距骨下関節の誘導方向を決定し、インソールパッドを被験者の靴の中敷に貼付した。

計測部位および指標として、両側の前頭葉背外側部におけるヘモグロビン濃度変化を計測した。

実験デザインは安静座位、トレッドミルにおけるインソール非装着の歩行、インソール装着下における歩行の3条件（座位・インソール非装着・装着）のクロスオーバー比較とした。また、各条件の施行順序はランダム化した。認知課題は色を意味する漢字の文字色の回答を20問連続で実施し、回答が完遂した時点で計測を終了した。

## 実験プロトコル

①安静座位でのアイドリング（ベースライン計測）：1分間

②条件1～3の実施（課題間に1分間の安静座位休憩、歩行では身体制御の安定化の為1分間のアイドリングを実施）

条件1：安静座位

条件2：インソール非装着の歩行

条件3：インソール装着下の歩行

## ③歩行中の認知課題実行

解析手法は、アイドリング1分間の値をベースラインとし、課題中のデータとベースラインとの差で変化量を算出した。アイドリングや各条件のデータは平均値を算出している。左右それぞれの前頭葉背外側部の比率を算出し、左に比して右が高い場合を認知ストレスが高い状態とした。被験者それぞれの値の中央値を代表値とし、3条件で比較した。統計解析ではFriedman検定の実施後、Wilcoxon検定をholm法で補正した。統計解析にはRコマンダーを用いた。

## 【結果】

3条件を比較した結果、座位とインソールなし歩行、および座位とインソール装着歩行の間では、認知課題中の前頭葉活動の変化に差はみられなかった。一方、歩行条件間の比較では、インソール装着時の歩行で右前頭葉背外側部の活動が左より低下するという有意な差が認められた。（ $p=0.023$ ）。

## 【考察】

Agbanglaらは認知課題を用いて左右の前頭葉背外側部をNIRSにて計測し、左右比率として右の活動が高くなることで認知ストレスが高くなることを報告している。今回の結果ではインソール非装着下と比較してインソール装着下の歩行では、インソールにより歩行が安定することで歩行に費やす注意資源が低減し、認知課題へ資源を供給することができたことにより、認知ストレスが減弱したことが考えられる。

入谷式足底板は従来の足型を合わせる足底挿板療法的手法とは異なり、姿勢や動作を足から遠隔操作によってコントロールする概念で作成する。これにより身体各関節のメカニカルストレスを減少させ、より効率的な身体動作を誘導するものである。今回は特に足部全体の柔軟性や固定性に関与し、遠位と近位の運動連鎖のキーポイントである後足部の操作を行なった。被験者ごとに入谷式足底板の評価に基づき距骨下関節の回内・回外を決定しインソールの誘導方向を決定した。その結果、下肢のアライメントおよび歩行安定性を向上させたと考えられる。これにより、本来「高次脳（前頭葉）」が意識的に制御していた歩行動作が、より「自動的」な運動制御へ回帰したと推察される。

運動学的な安定によって歩行制御に要する注意資源が削減された結果、脳の処理能力に余剰が生じた。この余剰資源が認知課題の処理へと効率的に分配されたことで、前頭葉の過負荷（認知ストレス）が軽減したものと考えられる。つまり、注意資源の再分配（Neural Efficiency）が達成されたものと考えられる。

学術的意義として、本研究は、「足底からの力学的介入」が「前頭葉の認知負荷軽減」に関連することを可視化した。これは、インソールが単なる身体のサポートではなく、二重課題下における転倒リスクを低減させるための注意資源の調整手法として機能する可能性を示唆している。