

## ○令和5年度奨励研究

### 「センサ内蔵型インソールを用いた神経障害理学療法技術の構築」

理学療法学科 助教 山本 哲

#### 1. 研究目的

中枢神経障害後の運動療法において、効果的な機能回復には十分量の反復運動が必要であることが報告されている(Langhorne P, Lancet Neurol, 2009). しかしながら、臨床場面で、適切に運動の量と質を客観的に計測・評価する手段は確立されていない(盆子原,2008). 本邦は少子高齢化が進行し、医療費の増大が進んでいる(田畑,2019). さらに、働き手(医療の担い手)が減少し、人的にも経済的にも資源が減少することが見込まれる. 解決策の一つの方向性としてInternet of Things (IoT)を推進している. IoTデバイスの一つであるセンサ内蔵型インソールは、インソールに搭載した荷重をはじめとする様々なセンサを用いて歩行に関するデータを取得し、そのデータを無線形式でスマートフォン等のデバイスに転送する. このデータを活用して中枢神経疾患や骨折患者等、歩行練習に役立つデータを提供するものである.

本研究は、本学と株式会社アール・ティール・シー社が共同で研究開発を進めている「センサ内蔵型インソール」を用いて、新たなリハビリテーション技術の確立に向けた計測および検討を行う. 令和4年度は、健常者を対象とし、既存の3次元動作解析装置および床反力計とセンサ内蔵型インソールの同時計測を行い、当該インソールの精度について検証を行い、良好な精度を得られることを確認した.

本研究では、付属病院の中枢神経障害患者を対象とし、当該インソールの着用下にて歩行テストの測定を行う. そして、当該データ測定における有害事象の有無を確認するとともに、これらのデータが運動療法プログラム作成に資するかについて検討することを本研究の目的とする. 本研究の進展によって効率的な運動療法プログラムが構築された場合、対象患者の早期回復・早期退院、さらには医療費削減に繋がると考える.

#### 2. 研究方法

茨城県立医療大学付属病院入院もしくは通院中の中枢神経障害患者を対象とし、個別に症例検討を行った. 症例に対し、センサ内蔵型インソールシステムを用いて理学療法中の歩行動作の計測を行った. センサ内蔵型インソールシステムは、インソール内部に荷重、加速度、角速度、地磁気、温度センサ、バッテリーを有する. インソールは、スマートフォンと無線接続され、独自アプリケーション内から、荷重データを出力した. スマートフォン内のカメラデータと連動し歩行中の動画の撮影を行った.

#### 3. 研究結果および考察

本研究で対象とした全症例において、有害事象は確認されなかった.

##### 3-1. 脳血管障害により左片麻痺を呈した症例

脳卒中により左片麻痺を呈した症例を対象とした. 症例は測定時に発症後2か月で現在回復期にあり、徐々に左足の随意性に改善傾向が見られていた. 理学療法で施行されている歩行練習は、左短下肢装具の装着下における平行棒内歩行もしくは介助歩行であった. 近位監視での歩行は、短時間であれば可能であるが、左足のつま先の引っかかり等がみられるため、転倒の危険性があった.

本症例に対し、スマートインソールを用いた歩行評価を行った. 評価中に、圧中心が左脚に存在する時間割合が多いことがスマートフォンの画面から確認することができた. オフライン解析として、各足のセンサ値を合計し、歩行時の推移を確認した. その結果、測定荷重の合計値は、非麻痺側である右足よりも、麻痺側である左足のほうが大きいことが分かった.

本症例は運動麻痺を有しており、麻痺側である左足で荷重を制御することが困難であった. そのため、非麻痺側下肢に歩行の軸足を置き、より麻痺側下肢の制御負荷を減じた安全な歩行を第一に獲得する練習方略が有効であると考えられた.

##### 3-2. パーキンソン病症例

パーキンソン病により重度の歩行障害を呈した症例を対象とした. 筋固縮の症状が強く、踵接地が困難であり前足部荷重にて歩行を行っていた. 足底全面が床面に接地することで、支持面が拡大するため、歩行の安定性が高まるため、本症例の踵に3cmの補高を行った.

その結果、左右ともに踵の荷重量が増大した. さらに、右足は正常歩行と同様に、踵から接地し、徐々に荷重が前足部に移動することが確認できた. 本症例に対する今後の課題としては、母趾への過荷重が確認されたため、補高の形状の検討が必要であることが推定された.

### 3-3 脳幹梗塞により右運動失調を呈した症例

本症例が安定して行うことが可能な歩行器歩行の評価を行った。その結果、観察による歩行分析では判別が困難であった右下肢の急激な接地(荷重量の増加)が確認された。また、床に置いたT字杖をまたいで歩く動作を評価したところ、3本目の杖を跨ぎ終えた後、右下肢を外側に接地させ、バランスを崩す場面が確認された。荷重データでは、バランスを崩す数歩前から正常歩行と異なり、立脚後期に左内側及び右外側の荷重が大きかった。

これらの結果より、本症例において、バランスを崩す以前に、力学的なイベントがあったことが確認された。このことは、右方向にバランスを崩す前に右足の外側に体重をかけてバランスを安定化させようとすることや、右下肢の外側ステップによる右方向への支持面の拡大による安定化ができない場合には転倒に至るものと思われたが、本患者はバランスを崩すものの、このようなバランス反応が生じたために転倒せずにバランスを安定化することができたと考えられた。

## 4. 結論

スマートインソールを用いた歩行評価を行うことで、客観的に症例の歩容を評価することが可能であった。臨床における歩行分析は主にセラピストの視覚を用いて行うが、詳細な左右の荷重比や、足底の前後の荷重値を含めて評価することは困難である。本研究で用いたスマートインソールにおける評価は、セラピストが患者の歩行介助の方法選定や、歩行における靴や補高等の形状等の選定に資することが確認された。今後、症例数を増やし、足底荷重の評価に基づいて行う理学療法プログラムが、対象患者の早期回復・早期退院に繋がるかについて検討を進める必要がある。

## 5. 成果の発表(学会・論文等, 予定を含む)

- 1) 山本哲, 石井大典, 石橋清成, 小山武司, 河野豊. パーキンソン病患者におけるトレッドミル免荷歩行時の足底圧: 無線式インソール測定による症例検討. 第21回日本神経理学療法学会学術大会(横浜). 2023年9月9日
- 2) S. Yamamoto ; D. Ishii ; K. Ishibashi ; Y. Okamoto ; K. Kawamura ; Y. Takasaki ; M. Tagami ; K. Tanamachi ; Y. Kohno ; (2023): Combined Exercise and Education Program: Effect of Smaller Group Size and Longer Duration on Physical Function and Social Engagement among Community-Dwelling Older Adults. The Journal of Aging and Lifestyle (JARLife). <http://dx.doi.org/10.14283/jarlife.2023.10>

## 6. 参考文献

- 1) Langhorne P, Coupar F, Pollock A. Motor recovery after stroke: a systematic review. *Lancet Neurol*. 2009 Aug;8(8):741-54. doi: 10.1016/S1474-4422(09)70150-4. PMID: 19608100.