

令和 2 年 5 月 7 日現在

機関番号：25406

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K21297

研究課題名（和文）足底感覚入力を用いた歩行指導方法の理論構築とその応用

研究課題名（英文）Theory establishment and application of walking instructions with plantar sensation

研究代表者

長谷川 正哉（Hasegawa, Masaki）

県立広島大学・保健福祉学部（三原キャンパス）・教授

研究者番号：10382376

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：足底の感覚を用いて動作指導を行う「知覚入力型インソール」を開発している。インソール上に設置した突起を用いて動作中の体重のかけ方をわかりやすく指導することが可能である。本研究では変形性膝関節症者に対する知覚入力型インソールの影響について調査した。その結果、知覚入力型インソール着用下での歩行指導により変形性膝関節症者の膝関節内反モーメントおよび内反角度、疼痛の軽減を認めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
体性感覚を用いた動作指導の有効性が確認された。また、知覚入力型インソールは指導者と学習者の双方の動作指導の効率化をはかる可能性が確認された。  
また、変形性膝関節症の増悪因子とされる膝関節内反モーメントやアライメント異常を軽減することが確認されたため、治療的、予防的介入としての応用が可能である。

研究成果の概要（英文）：“Perceptual Stimulus Insole” is developed for walking instructions with plantar sensation. The protruding parts on the insole helps to calculate the body in actions and thus provide useful information for walking instructions. This research aims to investigate the influence of the perceptual stimulus insole on knee osteoarthritis patients. In the result, we found that by putting on perceptual stimulus insole in walking training, both varus moments and angle of the knee joints can be improved; pains are eased as well.

研究分野：理学療法学

キーワード：動作指導 知覚 インソール 高齢者 認知 膝関節 バイオメカニクス 変形性関節症

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 2013年度からの挑戦的萌芽研究にて「知覚入力型インソール」を開発し、知覚入力型インソールを用いた荷重位置の指導が姿勢や動作、下肢関節アライメントに影響することを報告した。

(2) また、知覚入力型インソールを用いた荷重位置の指導は言語指導や視聴覚指導と比較し、対象者に伝わりやすく、能動的な荷重制御につながることを報告した。

(3) 加えて、体性感覚を用いた荷重位置の指導により荷重位置の学習と保持につながることを報告した。知覚入力型インソールが運動学習過程における認知段階を効率化し、知覚運動円環を支援するものと考えている。

(4) 上記結果から知覚入力型インソールを用いた動作指導の可能性について検討を進めており、これまでに高齢者の歩容の改善について報告した。また、ランニング中の足部アライメントに対する介入の結果から上行性運動連鎖を通じた下肢関節アライメントの能動的な制御が可能になることを報告した。

(5) その応用として、変形性膝関節症者に対する荷重位置の指導が下肢関節アライメントや力学的負荷の軽減につながる可能性が示唆される。その一方、現在臨床場面で実践されている歩行指導や装具療法については荷重位置の制御方法に対して統一した見解がみられない。

そこで本研究では荷重パターンと膝関節動態の影響に関する調査を実施するとともに、調査結果に基づく変形性膝関節症者用の知覚入力型インソールについて検討することとした。

### 2. 研究の目的

(1) 荷重パターンと膝関節動態の関連について調査

(2) 変形性膝関節症用の知覚入力型インソールの開発とその利用方法の検討

(3) 試作された知覚入力型インソールが変形性膝関節症者に与える影響について検証

(1) ~ (3) を通じて変形性膝関節症者に対する知覚入力型インソールを開発し、その効果検証を行うことを本研究の目的とした。

### 3. 研究の方法

(1) 先行研究にて開発した知覚入力型インソールを用い、各種荷重パターンについて検討した。また、検討した荷重パターンを指示し、その際の足底圧軌跡を抽出した。その際の膝関節アライメントおよびモーメントを抽出し照合することで荷重パターンと膝関節動態の影響について検討した。なお、先行研究にて知覚入力型インソールが口頭指示や視覚指示と比較し荷重パターンの制御が可能であることを確認している。

(2) 実験(1)にて抽出された荷重パターンを用いて変形性膝関節症者に対する知覚入力型インソールを試作した。知覚入力型インソールを変形性膝関節症者に着用させ、知覚の可否や疼痛の有無を口頭で確認することで、大きさや硬度、位置について検討するとともに、口頭指示の方法および評価方法について検討した。また、プレ実験として変形性膝関節症者5名に対して、試作した知覚入力型インソールを用いた歩行指導が膝関節外側角度(内反角)、歩行速度、歩幅、膝関節痛に与える影響について調査した。

(3) 実験(1)(2)にて試作されたインソールを用いた歩行指導が変形性膝関節症者の下肢関節動態に与える影響について検証した。実験条件はコントロール条件および知覚入力型インソールを用いた歩行指導後の指導条件とし、実際のデータ計測の際には知覚入力型インソールを除去して計測を行った。データの計測には三次元動作解析装置を用い膝関節内反モーメントおよび前額面上の下肢関節アライメント、膝関節痛に対する影響について各条件間の比較を行った。

### 4. 研究成果

(1) 荷重パターンと下肢関節動態に関する検討を行った。荷重パターンとして荷重位置、荷重方向、歩行周期、足関節の固定の有無などを検討した。

まず、知覚可能な条件は被験者の注意分配能に依拠するが、荷重位置や各歩行周期において意識しやすい設定があることが確認された。また、各種設定のうち膝関節アライメントおよび膝関節モーメントに影響する条件が確認された。また、そのうち特定の荷重条件(以下、荷重条件A)にて膝関節内反モーメントおよび膝関節内反角度の軽減を認めた。

次に変形性膝関節症では距腿関節および距骨下関節のマリアライメントを呈する者が多いこ

とから、アングルストラップを用いて同部位の固定性を高めた状態で同様の実験を実施した。結果、膝関節内反モーメントが増加する傾向を認めた。これは、足関節固定が足関節における緩衝能を阻害した結果、代償的に膝関節負担が増加した可能性が示唆される。また、実験1の被験者が健常者であったことが影響している可能性が示唆された。実験1の結果をうけ荷重条件Aに準拠した知覚入力型インソールの試作を行った。(図1, 2))

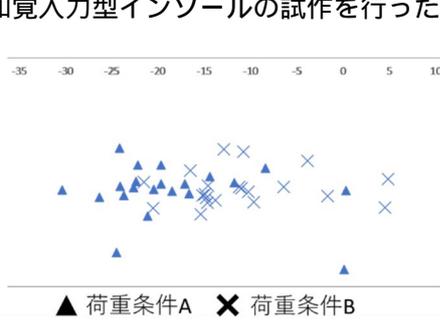


図1 各荷重条件時の足底圧座標

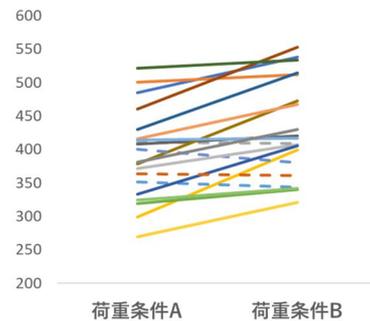


図2 膝関節内反モーメント (Nm)

荷重条件Aにて内反モーメントの軽減を認めた( $p < 0.01$ )、内反モーメントの軽減に至らない被験者では、荷重制御が不十分なケースや歩行速度が低下するケース等を認めた。

(2)変形性膝関節症者用の知覚入力型インソールの設定について検討した。保存療法中の変形性膝関節症者を対象として、知覚入力型インソール着用下における知覚の有無および荷重下での疼痛などについて聴取した。健常者と比較し高齢者では足底感覚の閾値が上昇しているケースが多く、これらの対象では知覚入力型インソールの設定変更が必要であった。なお、刺激の特性を変更することで被験者が知覚可能であり、疼痛をおこさず歩行することができた。また、知覚入力型インソールを用いて歩行指導を行ったところ、荷重指導がわかりやすく、歩きやすさが改善したとの内省報告が得られた。また、変形性膝関節症者5名に知覚入力型インソール着用下での歩行指導を実施したところ、膝関節内反角度の減少、歩行速度の増加、歩幅の延長、膝関節痛の軽減を認めた。(図3)

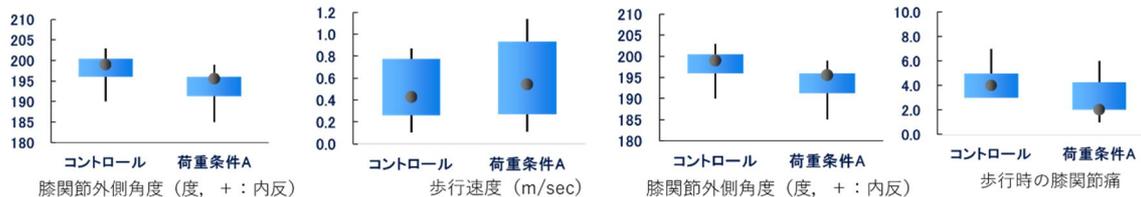


図3 変形性膝関節症者に対する歩行指導の結果

(3)術前の変形性膝関節症者22名に対して知覚入力型インソールを用いた歩行指導を実施し、指導前後の膝関節内反角度および内反モーメント、膝関節痛に関する調査を実施した。実験(1)および(2)で試作した荷重条件Aに準拠する知覚入力型インソールを用いて5分程度の歩行指導を行い、その後インソールを除去した状態で歩行計測を実施した。

その結果、コントロール条件と比較し、歩行指導条件にて膝関節内反角度( $p < 0.001$ )および内反モーメント( $p < 0.001$ )、膝関節痛( $p < 0.05$ )の軽減を認めた。これらの結果から変形性膝関節症者に対する知覚入力型インソールの有効性が確認された。(図4)

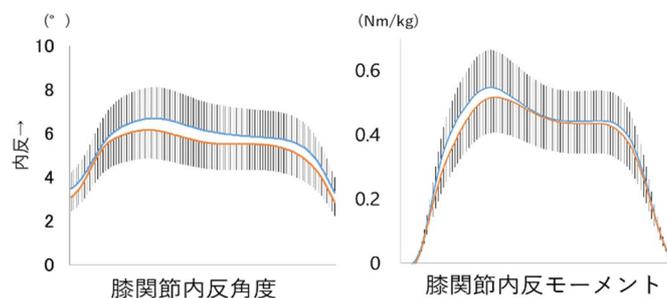


図4 代表1例の膝関節内反角度、膝関節内反モーメント

横軸は歩行周期(100%)を示す。グラフ上がコントロール条件、グラフ下が荷重条件Aでの歩行指導後。著効例では各周期において膝関節内反角度および膝関節内反モーメントの軽減を認めた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 長谷川正哉	4. 巻 6
2. 論文標題 新しい足底板：知覚入力型インソール	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 リハ ジュ	6. 最初と最後の頁 101-105
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 長谷川正哉	4. 巻 19
2. 論文標題 足底パッドを用いた歩行指導の効果	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 地域ケアリング	6. 最初と最後の頁 61-63
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 長谷川正哉、梶川菜津美、阿部薫、島谷康司、田中聡	4. 巻 30
2. 論文標題 知覚入力型インソール開発のための基礎的研究	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 靴の医学	6. 最初と最後の頁 57-61
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大古場良太、長谷川正哉、吉塚久記、本多裕一、浅見豊子	4. 巻 31
2. 論文標題 突起物による初期接地位置の教示が歩行時の下腿筋活動に及ぼす影響	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 理学療法科学	6. 最初と最後の頁 911-914
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 千崎大輔, 長谷川正哉
2. 発表標題 知覚入力型インソールを用いた足底荷重位置の教示が外部膝関節内反モーメントにあたる影響
3. 学会等名 第6回日本運動器理学療法学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長谷川正哉, 足立あやめ, 高宮尚美, 島谷康司, 金井秀作, 田中聡
2. 発表標題 知覚入力型インソールによる足底圧中心位置の指導が立ち上がり動作中の下肢筋活動にあたる影響について
3. 学会等名 第52回日本理学療法学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長谷川正哉
2. 発表標題 知覚入力型インソール開発のための基礎的研究
3. 学会等名 LIFE2016
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----