

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 19 日現在

機関番号：25406

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560290

研究課題名(和文) 着用者に歩き方を教える履物の提案 高齢者に安全な歩行を『知覚・学習させる』履物

研究課題名(英文) Study on footwear that facilitates gait and may make gait safe for the elderly

研究代表者

長谷川 正哉 (HASEGAWA, MASAKI)

県立広島大学・保健福祉学部・准教授

研究者番号：10382376

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：インソール上に設置した突起を用いて歩行指導を行う「知覚入力型インソール」(Perceptual Stimulus Insole:以下,PSI)を開発した。突起は荷重位置や体重の移動方向を教示する目的で設置されており、着用者は直感的に動作課題を理解することができる。また、課題を正確に理解できるため、PSIの非着用時においても効果が持続することを確認した。次に、PSI使用時の高齢者の歩容を調査したところ、トゥ・クリアランスや足関節背屈角度が改善し、歩幅の延長が確認された。PSIを用いた動作指導は高齢者の躓き転倒を予防し、継続的な歩容改善を目的とした動作学習用のデバイスとして利用可能と考える。

研究成果の概要(英文)：We developed the “perceptual stimulus insole” (PSI) to facilitate gait through the use of projections inserted on the insole. The projections have the purpose of facilitating the loading position and course of the center of foot pressure movement, and thus the wearer can perceive the purpose of the facilitation naturally. The study showed that the effects lasted even after wearing the PSI, because the wearer can understand the details of the facilitation precisely. After investigating elderly people using the PSI during gait, the results showed that during the swing phase toe clearance and ankle dorsiflexion angle had improved and the prolongation of the step length was confirmed. Therefore, the use of the PSI to facilitate movement may prevent the accidental falls experienced by the elderly, and it may be used as a device for “learning movement” and “continuous walking improvement”.

研究分野：理学療法学

キーワード：転倒予防 歩行 義肢 インソール 知覚入力 運動制御 運動学習 装具

1. 研究開始当初の背景

(1) 動作指導には口頭やジェスチャーによる指示を多用するが、動作課題が複雑な場合や指導者と学習者の運動イメージが一致しない場合、遂行される動作の正確性・再現性が低下する。特に高齢者の場合、複数のタスクに注意を向けながら動作することが困難であることから、より直感的に理解可能な指導方法の検討が必要と考えた。

(2) 従来の履物は足部の生体力学的要因をサポートする目的で作製、装用されており、この要素に主眼がおかれた開発が進められている。一方、足部には姿勢制御や動作遂行の結果を感覚情報としてフィードバックする機能が備わっているが、これまで足底感覚に着目した履物の開発は行われていなかった。

(3) 靴の中に入った小石をイメージして頂きたい。もし不快感や痛みがなければ足底感覚により異物を感知しながら、動作を続けることが可能である。この際、足底感覚により『異物の接触部位』や『動作中に接触が強くなるタイミング』などの情報が同時にフィードバックされる。これらの感覚情報を歩行動作中の『蹴り出し位置』や『着地位置』、『体重(足底圧)の移動方向』などに置換することで、学習者に動作のコツを分かりやすく指示できるものと考えた。

そこで本課題では足底感覚を刺激する履物の開発を進め、その効果検証を実施することとした。

2. 研究の目的

(1) 足底感覚を用いて動作指導を支援する新たな履物の開発。

(2) 歩行中の足底圧移動方向の指導を行い、その正確性および再現性について調査。加えて課題の指示方法が課題理解および課題遂行の正確性、再現性に与える影響の差異について調査。

(3) 突起の配置パターンが健常者および高齢者の歩容に与える影響について調査。

(1)~(3)を通じて知覚入力型インソール(以下 PSI, Perceptual Stimulus Insole)を開発し、その効果検証を進めることを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

(1) インソールを用いた足底感覚入力手法を提案し、ポリウレタン製のインソール上に半球形のプラスチック(直径は約 3 mm, 約 5 mm, 約 8 mm)を貼付する手法について検討した。なお、先行調査を実施し突起を着用させた状態で歩行を行わせ識別可能な突起径に

ついて検証した。また、足底感覚閾値は足底の部位によって異なることから、前足部、中足部、後足部別に突起を踏み分けさせながら、感覚および痛みの有無について聴取した。

(2) 作製した PSI の有効性を検証する目的で、感覚入力を用いた動作指導が実際の運動遂行結果に与える影響について調査した。まず、課題となる足底圧軌跡を被験者ごとに設定し(課題モデル)、口頭、図示、PSI を用いた感覚入力による課題指示を行った。その後、各条件別に被験者が理解した課題内容を図示させ、課題モデルとの比較を行った。続いて各条件ごとに歩行を行わせ、10 歩分の足底圧を計測した。得られた足底圧軌跡と課題モデルの比較を行い課題遂行の正確性および再現性について検証した。

(3) 踵外側後方に足底感覚入力を実施した状態での歩容調査を実施した。被験者には「突起を踏みながら歩く」よう指示し、トゥクリアランスおよび足関節背屈角度、歩幅等について調査した。

4. 研究成果

(1) まず、PSI の開発について、突起径に関する調査を実施した。突起径の識別能は若年者 > 高齢者、女性 > 男性、前足部 > 後足部であり、また着用する履物のソールの硬度によって知覚可能な突起径が異なる。後足部では突起による痛みを生じにくいものの、長時間(20 分~30 分)の着用により、閾値の上昇を認め識別できない被験者がいた。その一方、前足部(特に中足骨頭下)では突起による痛みを感じる被験者がおり、第 1 および第 5 中足骨頭下を避けた位置に突起を設定する必要があった。そのため、インソールの設定は被験者ごとに痛みなく知覚可能な突起径および位置を選択する必要が生じた。

(2) 次に課題指示方法が動作理解および課題遂行の正確性、再現性に与える影響について調査した。口頭指示条件、図示条件、感覚入力条件で実験を実施した結果、課題の理解は感覚入力条件 図示条件 > 口頭指示条件となり、運動学習の認知段階において差が生じる可能性が示唆された。一方、課題遂行の正確性については感覚入力条件 > 図示条件 > 口頭指示条件となり、再現性については感覚入力条件 図示条件 > 口頭指示条件となった。すなわち、口頭指示条件では「何を指示されたのか分からないまま闇雲に課題を遂行している」状態。図示条件では「誤って課題を認識し、反復している」状態。感覚入力条件では「正確に理解した課題を正確に遂行・反復している」状態であった。そのため、運動学習における認知段階~自動化段階をサポートする手法として本課題で作製した PSI が利用可能と考える。

(3) 踵後外側部 1 点に突起を設置した PSI を作製し(図 1), 突起を踏みながら歩行した際の歩容について調査した。健常成人を対象に, 三次元動作解析装置を用いた評価を行い, 歩行中のトゥクリアランス, 足関節背屈角度を調査した。結果, トゥクリアランスおよび足関節背屈角度が増加し, 開発した PSI が歩容を変化させる可能性を示唆した。作用機序として, 「突起を踏みながら歩く」という課題を遂行するために, 立脚に先行する遊脚期の予測的な動作戦略を企画・遂行したものと考え, 感覚を用いた課題指示と運動の遂行は着用者の感覚 運動の円環をトレーニングする手法として応用可能と考えた。



図 1 実験で使った PSI

(4) 健常者における効果を認めたことから, 高齢者を対象とした実験を実施した。PSI の突起位置は先の実験と同様とし, 着用条件および非着用条件における高齢者の歩容について二次元解析を実施した。結果, 歩行中のトゥクリアランスおよび歩幅, 足関節背屈角度の改善に至り, 健常者と類似した結果に至った(図 2)。踵の後方を着用させようと被験者が随意的に運動を制御した結果, 遊脚中のトゥクリアランスや初期接地時の足関節背屈が改善したものと考えられ, 躓き転倒予防のためのトレーニングツールとして利用可能と考えた。



非着用時 PSI 着用時
図 2 高齢者の歩容変化

以上, 本課題では動作の教示方法を容易にする手法の検討に主眼を置き, インソールを用いた歩行指導について検討を進めた。本研究の被験者には「突起を踏みながら歩く」よう指示するのみで, 歩容の大きな変化を認めており, 「直感的な理解」を可能にする手法の提案に至ったものと考え。また, 高齢者の歩容改善につながる可能性が示唆されたが, PSI 着用は足底感覚に注意を向けさせる手法であり, 注意資源の枯渇した高齢者では

歩行の難易度が上昇する可能性が示唆されるため, 引き続き安全性に関する検討を進める必要がある。(平成 28 年度より若手研究 B にて継続)

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3 件)

長谷川正哉, 高齢者のための靴の選び方, 理学療法の臨床と研究, 25 巻, 2016

長谷川正哉, 後藤拓也, 島谷康司, 金井秀作, 大塚彰, 知覚入力型インソールを用いた後足部への感覚入力と選択的注意が歩容に与える影響, 靴の医学, 28 巻, 2014

長谷川正哉, 島田雅史, 積山和加子, 島谷康司, 金井秀作, 田中聡, 沖貞明, 大塚彰, 高齢者が自覚する靴サイズ, 着用する靴サイズ, 足型に基づく靴サイズの相違, 理学療法の臨床と研究, 24 巻, 2013

〔学会発表〕(計 4 件)

長谷川正哉, 島谷康司, 佐藤慎也, 田中聡, 阿部薫, 大古場良太, 知覚入力型インソールが走行中の下肢アライメントにおよぼす影響, 第 31 回日本義肢装具学会学術大会(横浜), 2015 年 11 月 7 日

長谷川正哉, 田村栄治, 後藤拓也, 島谷康司, 高宮尚美, 沖田一彦, 知覚入力型インソールを用いた教示が動作の理解に与える影響, 第 50 回日本理学療法学会学術大会(東京), 2015 年 6 月 7 日

長谷川正哉, 寺田知代, 島谷康司, 金井秀作, 田中聡, 小野武也, 沖貞明, 大塚彰, 足底感覚入力型インソールの開発研究, 第 49 回日本理学療法学会学術大会(横浜), 2014 年 5 月 31 日

長谷川正哉, 島田雅史, 島谷康司, 金井秀作, 沖貞明, 大塚彰, 雪岡治雄, 足底感覚を『意識化する』インソールの開発, 第 29 回日本義肢装具学会学術大会(佐賀), 2013 年 10 月 26 日

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称: インソール

発明者: 鹿見亮太, 井原淳次, 長谷川正哉

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特許願 2013-163622 号

出願年月日: 平成 24 年 7 月 18 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

アウトリーチ活動（計 2 件）

長谷川正哉，『運動機能，感覚機能，脳機能に着目した福祉機器開発』，文部科学省地域イノベーション戦略支援プログラム，広島大学人材育成研修，特別公開講座「人間工学と感性の話題」講演，平成 27 年 9 月 18 日

長谷川正哉，転倒防止に利する足底感覚を高めた知覚入力型インソールの開発，ひろしま医療関連産業研究会講演，平成 27 年 3 月 3 日

6．研究組織

(1)研究代表者

長谷川 正哉（HASEGAWA，Masaki）

県立広島大学・理学療法学科・准教授

研究者番号：10382376