

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：32206

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2022

課題番号：18H06442・19K21513

研究課題名（和文）足底部への選択的注意が歩行動作にもたらす運動学・運動力学的効果の解明

研究課題名（英文）Kinematic and kinematic effects of selective attention to the plantar region on gait

研究代表者

大古場 良太（OKOBA, Ryota）

国際医療福祉大学・福岡保健医療学部・助教

研究者番号：30825253

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：足底部に半球状の突起物を直接貼付することで足底感覚を賦活し、同部位への荷重を促すことで歩行動作に及ぼす運動学的影響を検証してきた。その結果、足底感覚入力した場合にそうでない場合と比較して、つま先高やクリアランスの上昇、歩行時の下肢筋活動の賦活、体幹移動量の増大などの効果がみられた。これは、対象者が突起による足底感覚に注意をより向けることで、歩行動作に変化をもたらすものであり、能動的注意がもたらす変化はリハビリテーションにおいて新しい荷重練習や歩行練習への応用可能性を示唆する結果となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

リハビリテーションの臨床場面において、歩行練習等の動作指導の場合には、対象者に対して口頭指示（言語指示）や視覚指示（ジェスチャー）などが頻用される。しかし、運動イメージの想起に乏しい高齢者等は、療法士の指示を全て理解することに難渋するケースが多い。そこで、足底感覚を用いて、直接足底に突起物を貼付することで、対象者と療法士の共通理解の感覚的ポイントを教示することで、動作指導が円滑に進む、また歩行動作においては足底圧軌跡を修正するポイントに貼付し、歩行動作の改善を図ることができる手法として、リハビリテーションにおける新しい動作指導方法としての応用が可能となる。

研究成果の概要（英文）：We have examined the kinematic effects on walking movements by activating plantar sensation through the direct application of hemispherical protrusions on the plantar surface of the foot and by encouraging loading on the same area. The results showed that, compared to the case without plantar sensory input, there were effects such as an increase in toe height and clearance, activation of lower limb muscle activity during walking, and an increase in trunk movement. These results suggest that active attention can be applied to new loading and walking exercises in rehabilitation.

研究分野：理学療法

キーワード：歩行 足底感覚 筋活動 知覚 注意 動作指導 知覚入力型インソール 足

1. 研究開始当初の背景

これまで流通するインソールや整形外科的靴は、衝撃緩衝やアライメント矯正など足部の力学的要因に効果を発揮することが知られており、着用者はその効果によって「他動的」に足部を制御「される」状態にある。一方、足部は唯一地面と接する部位であるため、接地面情報を求心性にフィードバックする感覚器としての機能も担っている。この特性を利用し、足底部に貼り付けた突起を手掛かり刺激として、対象者が「意識的」に足底圧を制御する方法を用いて荷重位置や荷重方向を教示した際の歩行についてどのような影響をもたらすかを検討している。

リハビリテーションにおける動作指導には、口頭指示やジェスチャーによる指示が頻用されるが、指導者と対象者の運動イメージが合致しないとズレが生じるため、指導に難渋するケースが多い。その場合、遂行される動作の正確性や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、より直感的に近い可能な指導方法の検討が必要と考えた。そこで、足底部に直接感覚入力するための突起を貼付することで、感覚情報を動作中の「着地位置」や「蹴り出し位置」、「荷重移動の方向」などに置き換え、着用者に足底感覚を利用して動作のコツを分かりやすく教示できる可能性があると考えた。

そこで本研究では、感覚を用いた足底圧指導が実際の歩容に与える影響について調査することで突起貼付位置の違いと骨盤・体幹を含めた運動連鎖との関係を、運動学的検証により明らかにし、足底感覚を用いた歩行動作や荷重練習への応用可能性を探ることを目的とした。

2. 研究の目的

足底感覚を識別する能力が歩行などの姿勢制御能力に及ぼす影響について、これまでスポンジの硬度弁別課題による知覚トレーニングが動的バランスや歩行安定性に寄与することが報告されている。また、全体に満遍なく突起が配されたインソールを装着した際の歩行対称性に関する研究などが報告されており、足底感覚入力が静的・動的姿勢制御や歩行動作に与える影響が調査されている。しかし、これらの介入方法は足底感覚の賦活は図られるが、我々の研究のように任意の位置に設置した突起に対して「能動的」かつ「意識的」に動作を制御させるという側面は有していない。我々の介入手法は突起位置の違いによって要求される動きが変わるため、知覚や認知的側面から運動を支援する方法であり、様々な動作のトレーニングとしても応用できる可能性がある。その中でも歩行動作においては、荷重位置や蹴り出し位置のガイドとしての役割や足底部へ「意識的」に注意を向けさせる効果があり、突起の使用が下肢の動きだけでなく骨盤や体幹など他部位へどのように波及的な運動学的変化を生じさせるかを解明することで、より効果的に歩行支援ツールとしての応用が可能になると考えられ、独創的な手法としての動的姿勢制御のトレーニングに活用できると思われる。

そこで、以下の2点について検証し、本手法における歩行動作にもたらす運動学的効果について明らかにすることを目的とした。

- (1) 突起位置の違いが歩行時の下肢筋活動の変化にもたらす影響
- (2) 突起位置の違いが歩行時の足関節動態にもたらす影響

3. 研究の方法

足底感覚入力の方法として、図1のように足底の踵部の各3点(後方、外側、内側)にそれぞれ直径5mm、高さ3mmの半球状突起シールを貼付した。計測動作は前後3mの準備路を設けた10m歩行とした。突起は、対象者が立位にて突起を知覚でき、かつ痛みがない位置に貼付した。また、対象者への指示として、「足裏に付いている突起部位から着地するように歩いてください」と指示を与えた。さらに、全ての被験者において計測は右下肢とし、突起貼付後には自由に歩行する一定の練習時間を設けてから計測を行った。

- (1) 筋活動計測は、表面筋電図 km-818MT Mercury (メディエリアサポート社製) を用い、サンプリング周波数は1,000 Hz とした。検査筋は、初期接地時において踵底面の接触部位を制御する作用を持つ前脛骨筋、長腓骨筋、後脛骨筋の3筋とした。

条件設定として、何も突起を貼付しない通常条件と突起をそれぞれ踵の外側、後方に貼付する条件を設定した。歩行速度は任意、計測順序は無作為とした。歩行周期は、踵部および母趾にそれぞれフットスイッチを装着し、遊脚期と立脚期を同定した。

得られた筋電図波形から、10m歩行にて3歩目以降の遊脚期における各筋電図積分値を算出し得られた値を、突起物無し条件での3歩目以降の遊脚期における筋電図積分ピーク値(MVC-swing)で正規化し、筋電図積分ピーク相対値(%MVC-swing)を求め比較した。

さらに、歩行周期における条件間の筋活動を比較するため、得られた%MVC-swing 値を5%ずつ抽出し、遊脚期0%から100%まで計21の%MVC-swing 値を算出した。それぞれの%周期において、突起物無し条件と突起物有り各3条件での各筋の筋活動を比較した。

- (2) 足関節動態は、デジタルビデオカメラ (HDR-CX675, SONY 社製) をサンプリング周波数30Hzにて使用した。矢状面にて各条件下の歩行を撮影した動画をPCに取り込み、画像解析ソフトImageJを用いて静止画を作成し、初期接地時足関節背屈角度および遊脚時つま先高を算出した。初期接地時足関節背屈角度は、被験者に貼付したマーカーにカーソルを合わせて腓骨頭、外果、第5中足骨頭側面の順に結び、腓骨頭と外果を結んだ線および外果と第5中足骨頭側面を結んだ線が成す角度を初期接地足関節背屈角度として算出した。遊脚時つま先高は、足尖離地後の最大ピーク値 (以下、P1)、遊脚中期の最小ピーク値 (以下、P2)、遊脚終期の最大ピーク値 (以下、P3) を歩行路に貼付したテープからつま先までの垂線の長さを用いてそれぞれ算出した。

統計処理は、各分析項目において、正規性及び等分散性を確認できた場合には一元配置分散分析及びTurkey法による多重比較を、正規性を認めなかった場合はKruskal-Wallisによる分散分析及びSteel-Dwass法による多重比較を行った。有意水準は5%とした。



図1 突起貼付位置の設定



図2 突起の貼付位置の違いによる歩行初期接地時の足部動態

4. 研究成果

筋活動は、前脛骨筋において、通常条件と比較し、外側、後方条件の両方とも、筋活動が有意に増大した。長腓骨筋では、通常条件と比較し、後方条件において有意差がみられた。後脛骨筋では、有意差は認められなかった。

足関節動態は、初期接地時の足関節背屈角度について、通常条件よりも外側条件、後方条件ともに足関節背屈角度の増大を認めた。また、遊脚中につま先高についても通常条件より外側、後方条件ともに有意につま先高の上昇が確認できた。

これらの成果より、突起の使用による足底感覚入力への賦活がもたらす効果として、初期接地を動作の帰結とすると、それに先行する遊脚期において「どのように着地を迎えるか」を予測しつつ、足底踵部に貼付された突起物という特殊な外的環境に対しどのように足部の運動を調整する必要があるのかを随意的に筋活動を高めることで、能動的に判断しているものと考えられる。足底感覚に注意が賦活され、「踵のどの部分に突起があるか」という位置把握や、「的確に突起物を踏むためにはどのような足部の運動が必要か」という運動イメージと運動企画、「運動した際にどのような感覚が生じるか」という感覚モダリティなど、さまざまな認知過程の関与が必要と考えられる。足底感覚への注意の賦活や突起物を踏むための運動企画、随意的に筋活動を高めることで能動的な制御を行うという点は、「他動的または無意識」に動作を制御される従来のインソールや靴にはない効果であるといえる。また、本研究の方法は突起を足底部に貼付するのみで汎用性が高く、知覚可能なものであれば様々なもので代用できるため、突起により足底感覚を意識化することで、先述した認知的トレーニングと同様の要素を含んだ手法として臨床応用が可能と考えられる。

今後の展開として、より歩行速度や歩隔などのパラメータを規定したうえでの効果や、転倒予防や身体機能の向上という観点での中高齢者での検証などを実施し、より臨床応用可能な活用方法を検討していく。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 江越正次朗, 國分 裕一, 吉塚 久記, 光武 翼, 大古場良太	4. 巻 6
2. 論文標題 若年者の健康コントロール所在と身体機能, 身体活動量との関係	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 理学療法さが	6. 最初と最後の頁 1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20813/sagapt.6.1_1	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 -
1. 著者名 Okoba Ryota, Hasegawa Masaki, Yoshizuka Hisayoshi, Honda Yuichi, Ichiba Masayoshi, Asami Toyoko	4. 巻 31
2. 論文標題 Particular protrusion perception arising from plantar sensory input and task guidance enhances lower limb joint dynamics during gait	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 261~266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/jpts.31.261	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 -
1. 著者名 OKOBA Ryota, HASEGAWA Masaki, YOSHIZUKA Hisayoshi, HONDA Yuichi, EGOSHI Shojiro, MITSUTAKE Tsubasa, ASAMI Toyoko	4. 巻 33
2. 論文標題 Effects of a Perceptual Stimulus Insole on Foot Dynamics during Gait	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Rigakuryoho Kagaku	6. 最初と最後の頁 343~346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/rika.33.343	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 -
1. 著者名 大古場良太, 長谷川正哉, 吉塚久記, 本多裕一, 江越正次朗, 光武翼, 浅見豊子	4. 巻 33
2. 論文標題 知覚入力型インソールの使用が歩行時の足部動態に及ぼす影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 理学療法科学	6. 最初と最後の頁 343-346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/rika.33.343	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10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大古場良太、松田憲亮
2. 発表標題 足底感覚入力を用いた動作指導による歩行時の体幹加速度変化に関する基礎的研究
3. 学会等名 第11回国際医療福祉大学学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大古場良太、長谷川正哉、吉塚久記、本多裕一、高野吉朗、松田憲亮、有家尚志、浅見豊子
2. 発表標題 足底の特定部位への知覚と荷重指示による歩行時の体幹移動量の変化について
3. 学会等名 第57回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 立石菜々美、大島有紀子、大宮はな、嘉数匡晃、小柳翔、塚本陸斗、長尾篤志、小林薫、松田憲亮、大古場良太、池田拓郎、高野吉朗
2. 発表標題 Generalized Joint Hypermobility (GJH)を伴う若年成人女性における脊柱可動性、体幹筋量、腰痛の有訴者率の調査および腰痛への影響に対する検討
3. 学会等名 第112回理学療法科学学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松田憲亮、大古場良太、有家尚志、池田拓郎、高野吉朗
2. 発表標題 地域高齢者における注意干渉と身体的反応に関する研究
3. 学会等名 第10回国際医療福祉大学学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大古場良太, 高野吉朗, 松田憲亮, 有家尚志
2. 発表標題 体幹加速度リサージュ波形からみる歩行時の足底部位への知覚と荷重指示の影響
3. 学会等名 第10回国際医療福祉大学学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高野吉朗, 岡真一郎, 大古場良太, 下田武良, 濱地望, 鈴木あかり, 有家尚志, 松田憲亮, 下井俊典, 松瀬博夫
2. 発表標題 高齢者の転倒予防を目的とした運動機能改善機器の開発と検証
3. 学会等名 第45回日本運動療法学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大古場良太, 長谷川正哉, 高野吉朗, 松田憲亮, 浅見豊子
2. 発表標題 足底の特定部位への知覚が歩行遊脚時の足部コントロールに及ぼす影響
3. 学会等名 第9回国際医療福祉大学学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大古場良太, 長谷川正哉, 吉塚久記, 本多裕一, 浅見豊子
2. 発表標題 知覚入力型インソールによる足底部への選択的注意が歩行遊脚期における下肢筋活動に与える影響
3. 学会等名 第56回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大古場良太, 長谷川正哉, 吉塚久記, 本多裕一, 浅見豊子
2. 発表標題 足底感覚入力と課題指示から生じる特定の突起知覚がもたらす歩行時の下肢筋活動変化
3. 学会等名 第2回リハビリテーションのための姿勢運動制御研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大古場良太, 長谷川正哉, 吉塚久記, 本多裕一, 浅見豊子
2. 発表標題 知覚入力型インソールによる感覚入力位置の違いが歩行時の下肢筋活動に及ぼす影響
3. 学会等名 第55回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関