

2023 年度 優秀発表賞 受賞

2023 年度 日本人間工学会関西支部大会 講演論文集 (於 兵庫県立大学 姫路工学キャンパス 2023.12.9)

足アーチ補正用ハーフィンソールの効果に関する研究 Study on the Effects of Half Insoles to Modify the Foot Arch

○田河琴音*, 山本秀二**, [REDACTED], 川野常夫*

*摂南大学 **プレスコントロール [REDACTED]

TAGAWA Kotone*, YAMAMOTO Shuji**, [REDACTED], KAWANO Tsuneo*

*Setsunan University, **PRESS CONTROL Co.,Ltd.,

*[REDACTED]

1. はじめに

インソールは、靴の中敷きに凹凸をつけ、人間の土台となる足の肢位や使い方に変化を与えるものである。靴の歴史が1000年以上に渡るヨーロッパ諸国などではインソールはかなり古くから使用され発展してきたが、靴の歴史が70年足らずの日本ではインソールの開発ならびに普及が遅れているのが現状である。インソールに関する研究は多いものの、姿勢の安定性や足の衝撃に関するものがほとんどである¹⁾。また、足の爪先から踵まで足の全面をサポートするインソールが対象で、足のアーチ部から踵までをサポートするハーフィンソールの研究は見当たらない。

本研究では、足のアーチ補正を目的とした2種類のハーフィンソールを対象として、インソールの違いによる姿勢の違いや筋負担の違いを実験を行って明らかにする。また、足アーチの補正効果を見るために、被験者にハーフィンソールを長期間使用してもらい、定期的に足圧分布の測定を行った。

なお、本研究は所属機関の人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て実施した(承認番号2021-069)。また、各実験においては、被験者からインフォームドコンセントを得て実施した。

2. 対象としたハーフィンソールの特性

図1に本研究で対象とした2種類のハーフィンソール(プレスコントロール社、坂本設計技術開発研究所による設計、開発)を示す。1つは図(a)に示すプラチナ ハーフプレミアムで、もう1つは図(b)に示すカーボンハーフ プレミアムである。いずれも足をサポートするための硬質プラスチックと衝撃吸収と滑り止めのための軟質エラストマーが組み合わされている。硬質プラスチックに配合された素材によってそれぞれ名前が付けられている。これらのインソールには、足のアーチ部(内側縦アーチ、土踏ま



図1 研究対象のハーフィンソール

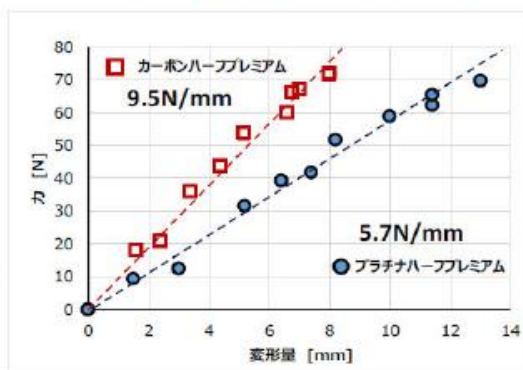


図2 2種類のインソールの剛性(アーチ部)

ず)の形状に沿った湾曲が設けられており、足のアーチを矯正する目的がある。図(c)にはハーフィンソールを靴に装着した状態の断面図を示している。靴底の半分のサイズであるため、靴内への脱着が容易であることも特徴となっている。

図2にインソールのアーチ部の剛性を測定した結果を示す。プラチナハーフ プレミアムの剛性は5.7N/mm、カーボンハーフ プレミアムは9.5N/mmとなり、後者は前者の約1.7倍の硬さであることがわ

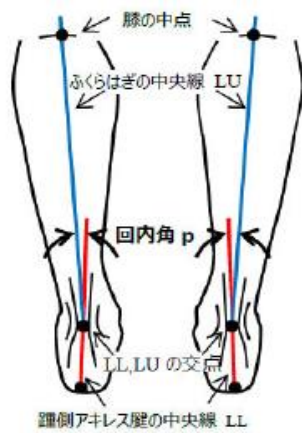


図3 足首の回内角

かった。

3. 姿勢計測

本研究のインソールが装着者の姿勢に与える影響を調べるためいくつかの姿勢計測を行った。まず、足首の回内角の計測を行った。図3に回内角 p がどの角度であるのかを示す。床に付いた足の小指側を浮かすように回転

することを回内と呼び、それによって下腿部と踵部に生じる角度が回内角である。

計測は被験者4名(22歳, 男性, アーチ形状正常群)に対して行った。インソールの効果を明確にするため、靴内にインソールを装着するのではなく、床上にインソールを置き、その上に素足を乗せるようにした。被験者の脚背面の膝, 踝, 踵にマーカーを貼り、後方から写真撮影を行って、ビデオ式モーションキャプチャーを用いて回内角を求めた。インソールの使用条件としてプラチナハーフとカーボンハーフの2条件のほか、インソールを使用しない条件を加えた3条件とした。各条件において足の位置と向きが一致するようにするため、紙の上に被験者の自然な立ち位置での足型を描き、その上に立つように指示した。

図4にインソール3条件において求めた足首の回内角の結果を示す。図からインソールを使用するこ

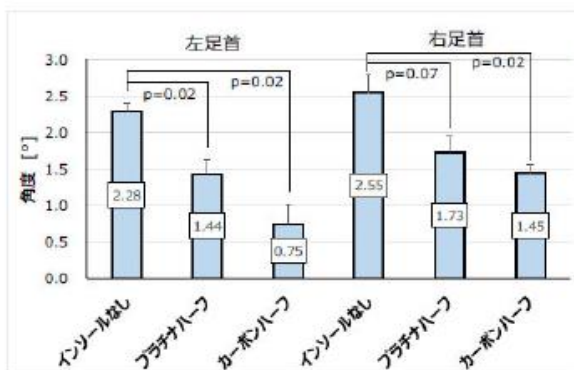


図4 インソール3条件における足首回内角

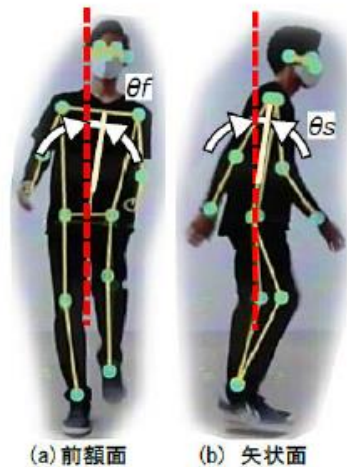


図5 胴体の鉛直線からの「ずれ角」

とによって回内角が減少することがわかる。これはインソールのアーチ部の盛り上がりによって足首が回外側へ回転するためであると考えられる。その効果は、剛性の高いカーボンハーフのほうがより大きいことがわかる。内側縦アーチが低下した状態の扁平足では回内角が大きくなり、疲労や外脛骨障害や足底筋膜炎、シンスプリントなどの疾患を誘発すると言われている³⁾。インソールによって回内角が減少することによってこれらの障害が緩和されることが期待される。

次に、歩行中の胴体の動揺計測を行った。人は歩行時に胴体がわずかに左右前後に動揺する。図5に胴体の動揺の指標として取り上げた鉛直線からの「ずれ角」を示す。首の中心と腰の中心を結ぶ骨格線が鉛直線とのなす角を前額面(θ_f)と矢状面(θ_s)のそれぞれについて求めた。胴体の骨格線の計測には、筆者らが開発したAIカメラを用いた。

図6にインソール3条件において求めた胴体のずれ角の絶対値の平均を示す。被験者は3名(22歳,

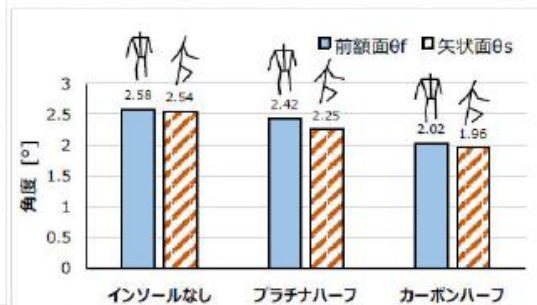


図6 歩行中の胴体の鉛直線からのずれ角の平均

男性、アーチ形状正常群)とし、被験者には各自の靴にインソールを装着して10秒間の足踏みをしてもらった。図からインソールを装着したほうが胴体の動揺が小さくなるのがわかる。インソールの違いではカーボンハーフのほうがより小さくなる傾向がある。このようにインソールを装着することによって胴体が安定するのはインソールにより足の接地時の安定性が向上するためと考えられる。

4. 筋負担の計測

インソールが人体の筋負担にどのように影響するのかを調べるため、DAQ Intercross 413 (インタークロス製)を用いてインソールの条件ごとに歩行中の筋電図の計測を行った。被験者は1名(22歳、男性、アーチ形状正常群)とし、インソールの3条件のそれぞれについて毎分110歩のテンポで15分間の平地歩行を行ってもらった。条件間には30分以上の休憩を挟んだ。筋電計測の筋肉は、下肢の大腿四頭筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋とした。

図7にインソールの3条件において求めた下肢の筋負担の結果を示す。ここで筋負担は約2分ごとの10秒間の筋電データについて1秒あたりの筋電積分値を求め、15分間で得られたデータの平均値をグラフにしている。図は筋肉ごとにインソール条件間の比較を示している。図からいずれの筋肉もインソール装着時のほうが筋負担が小さくなっていることがわかる。その理由として、インソールによって足のアーチが形成されていることや姿勢が歩行に有利な状態になっていることが考えられる。歩行中の筋負担が小さくなることから、歩行時にはインソールを装着すれば疲労の軽減が期待される。

次に、インソールの腰への負担を検討するため、被験者3名(22歳、男性、アーチ形状正常群)につ

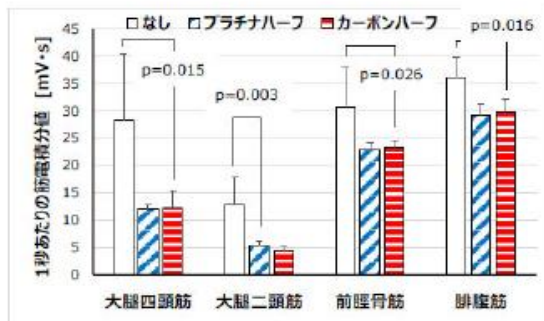


図7 インソール3条件における15分間歩行時の下肢の筋負担の比較

いて直立時の脊柱起立筋の筋電計測を行った。同時に姿勢との関係を検討するため、図8に示す胴体と下肢のなす角の背側を背側腰角と定義して、ビデオ式モーションキャプチャーによって計測を行った。



図8 背側腰角の定義

図9にそれらの結果を示す。腰の筋負担は脊柱起立筋の30秒間の

筋電データを積分し、1秒あたりの筋電積分値を求めた。グラフは左右の脊柱起立筋の平均値を示している。図から背側腰角と腰の筋負担の変化がよく類似していることがわかる。このことからインソールを装着することによって腰の姿勢が変化し、それに伴って筋負担も変化するということが推察される。プラチナハーフは背側腰角と腰の筋負担ともに最小となり、装着することによって腰が楽になることが期待される。

5. 足アーチの補正効果

ハーフインソールの足アーチ補正効果を調べるため、内側縦アーチが低下している被験者(23歳、男性)にプラチナハーフ プレミアムを長期間使用してもらい、定期的に足圧分布を測定した。足圧分布の測定にはフットビューSAM(ニッタ製)を用いた。

図10に足圧分布の経過を示す。まずインソール使用前に測定し、その後35日間自身の靴に装着して使用してもらい、ほぼ1週間ごとに測定を行った。インソール使用前には、アーチ部(土踏まず)も接地し一定の圧力が現れていることがわかる。その後

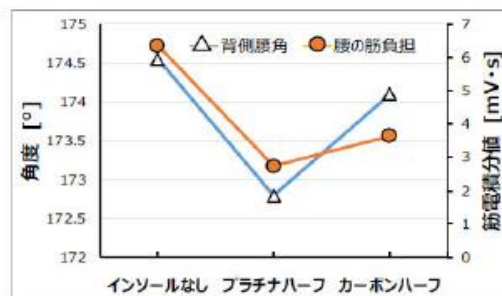


図9 直立時の背側腰角と筋負担の関係

徐々にアーチ部の接地面積が減少していく様子がわかる。35 日目にはアーチ部がほぼ形成されており、プラチナハーフインソールのアーチ補正効果が確認された。

図 1 1 にはインソールの使用日数と両足の接地面積の関係を示す。図から使用日数とともに接地面積が減少していることがわかる。これは足アーチが徐々に形成されていき、その部分が接地しなくなるためである。

6. おわりに

本研究では、足のアーチ補正を目的とした 2 種類のハーフインソールを対象として、実験を行った結果、インソールを使用することによって足首の回内角や歩行中の胴体の動揺が減少することがわかった。また、歩行中の下肢の筋負担も減少することがわかった。さらに腰の筋負担も減少することがわかり、インソールを使用することによって腰が楽になることが示唆された。

本研究で使用したハーフインソールの足アーチ補正の効果を確かめるため、内側縦アーチが低下している被験者にインソールを長期間使用してもらった結果、約 1 ヶ月間で足アーチが徐々に形成されることが明らかとなった。

今回の実験は、少ない人数の被験者で行ったが、適切な実験方法や評価方法が確立された。また、新しい知見も得られた。今後、被験者を増やし、得られた知見の信頼性を高める必要がある。

参考文献

- 1) 入谷誠：生活を支えるインソールの工夫，理学療法学，Vol.41，No.8，pp.505-510 (2014)。

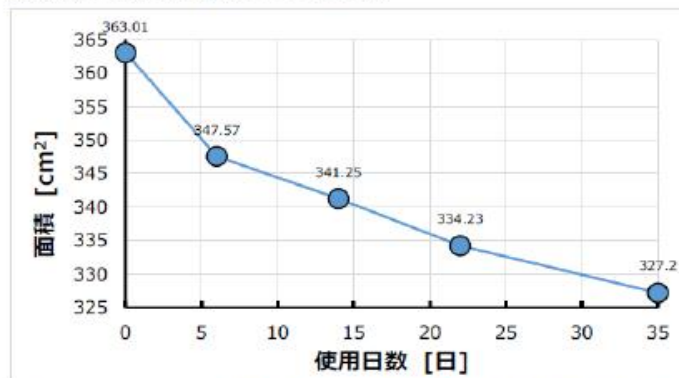


図 11 インソール長期使用による足裏接触面積の変化 (両足) (プラチナハーフ プレミアム使用)

- 2) 矢野涼子, 伊坂忠夫: 立位姿勢の安定性向上にインソールの装着は効果的か, 京都滋賀体育学研究, Vol. 24, p. 13-23 (2008)。
- 3) 清水新悟, 長井力, 元田英一, 大日方五郎: 内側縦アーチの低下群と正常群の歩行時形状変化の検討, スポーツ産業学研究, Vol.23, No.2, pp.183-189 (2013)。
- 4) 田河琴音, 川野常夫, 松尾英治: 身体負荷可視化用 AI カメラの開発, 日本人間工学会第 63 回大会講演論文集, 2D2-06, pp.1-2 (2022)。

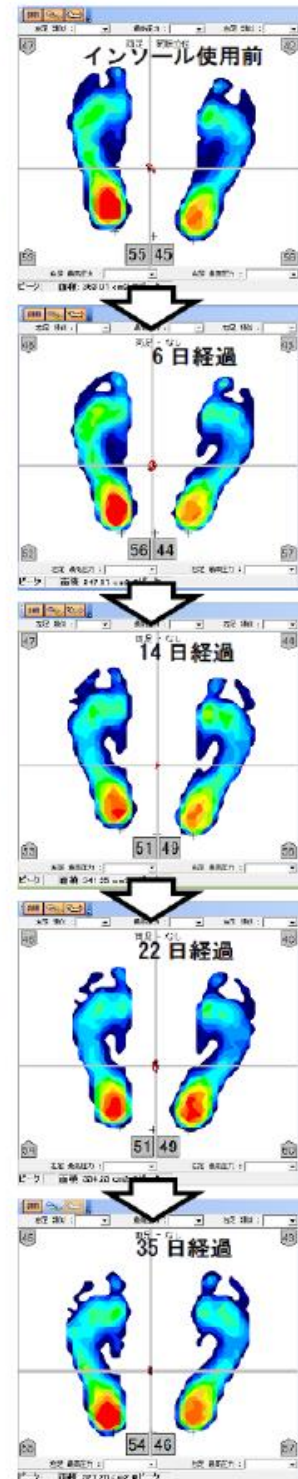


図 10 足圧分布の経過