

競技選手における日常での草履サンダル着用の効果について

— シャワーサンダルおよび樹脂製サンダルでの歩容との比較を踏まえて —

宮口 和義¹ 村山 孝之² 宮口 貴義³ 池岡 昂紀³

要 旨

競技選手にとって足趾力は重要であるが、近年では様々な競技において浮き趾の選手が増えている。本研究は鼻緒のある草履サンダルの着用在、競技選手の立位時の足圧分布にどのような影響を及ぼすのか検証するとともに、他の履物との歩容の違いを検討した。1年5ヶ月間、寮生活に草履サンダルを導入した結果、足圧分布が変化し、足圧中心の前方変位が認められた。草履歩行はシャワーサンダルや樹脂製サンダル歩行に比べ、前脛骨筋および腓腹筋の筋活動量が大きく歩幅が伸び、推進力も高まることが示唆された。日常での草履サンダル着用は競技選手の浮き趾や足圧分布（重心位置）を改善する上で有効であることがわかった。

キーワード：草履サンダル、浮き趾、足圧分布、歩容分析、筋電図

1. はじめに

競技選手にとって「足趾力」は重要である。素早く走るとき、あるいは崩れた体勢を立て直すには地面反力を使うことが不可欠で、そのためにも“しっかりと地面を踏む”ことが求められる。しかし、近年では様々な競技において「浮き趾」の選手が増えている（日比野ら、2014；井筒ら、2012；松田ら、2011）。浮き趾とは立位姿勢時に地面に接地しない足趾のことである（Akamatsu and Nakatsuka, 2014）。筆者も U-15 全国大会 2 位の實力を有する少年サッカー選手の足部形態を調べ、多くの選手が浮き趾であったと報告している（宮口, 2020）。また、裸足で行う柔道競技では、「足の指で畳をつかむように立て」といわれているが、少年柔道選手の足圧分布を調べた結果、多くの選手が浮き趾で、一方の監督・コーチらに浮き趾の者は殆どいなかったことも報告している（宮口, 2020）。

福山ら（2009）は、浮き趾者は健常者と比べ、足趾把持力や前方重心移動能力が有意に低いと報告している。また、村田ら（2017）は浮き趾による足趾巧緻性や静的バランス能力への影響は少ないが、足趾把持力や柔軟性は低下し、動的バランス能力に影響を及ぼすとしている。さらに、浮き趾では歩行時に趾

先まで体重移動が行われず、駆動力が発揮されていないといった報告もある（福山, 2014）。よって競技選手の場合、瞬時のストップ、ターン、ダッシュが求められることから、浮き趾では十分な対応ができないと考えられる。

筆者は浮き趾改善のための方略として、鼻緒のある草履サンダル（草履）に注目した。足部機能の改善策としては、砂浜トレーニングやタオルギャザーが紹介されることが多いが、日常生活に組み込むだけで効果が期待できる簡便さに期待した。草履の場合、第 1 趾と第 2 趾で鼻緒を挟み、つまむようにして歩くため、Toe break 時（足趾が曲がった状態）に足趾で床を踏み込む。結果として骨盤、腰椎等のアライメントが矯正され、姿勢が改善するとともに足趾把持力が高まる可能性が高い。筆者は、これまで幼児および中高齢女性を対象に着用効果を検証し、浮き趾改善、土踏まず形成、足趾挟力向上、足圧分布の変化、立位姿勢の改善等を報告してきた（宮口・出村, 2013；宮口・出村, 2015；宮口・山次, 2019）。

近年では、少年期の柔道選手や野球選手の日常トレーニングに草履を導入し、踵荷重の改善や走フォームの変化について報告している（宮口, 2020）。しかし、成人期の選手における草履着用の効果は検証していない。また、最近の選手は、練習後にシャワーサンダルや樹脂製サンダル（クロックス）などの緩めの履物を履くことが多いが、これら履物の姿勢や歩容に及ぼす影響について検証しておくことは、練習時以外の履物を選択する上で重要と思われる。

本研究で注目したハンドボールは、走・跳・投・捕

¹ 石川県立大学 生物資源環境学部 教養教育センター

² 金沢大学 国際基幹教育院

³ 金沢大学 大学院人間社会環境研究科

という基本的運動から構成された競技で、攻防の切り替えの際のダッシュや方向変換、フェイント、ジャンプシュートなどの瞬発的な動作が求められる。また、ゴール前での相手との接触を考えると、足部への負担は大きいと推察される。実際、部位別障害の頻度では足関節が最も多いことが報告されている(李ら, 1998)。よって日頃の履物によるケアも重要といえよう。

本研究では、日本ハンドボールリーグで活躍する女子トップ選手を対象に、日常での草履着用が立位時の足圧分布にどのような影響を及ぼすのか明らかにするとともに、参考資料として草履と他の履物との歩容の違いについて検証することを目的とした。

2. 方法

(1) 実験1 草履導入前後の足圧分布の比較

1) 被験者

女子社会人ハンドボール選手 10 名(身長: 167.8±7.9cm, 体重: 66.6±6.3kg, 年齢: 25.9±1.4 歳)を対象とした。強豪チームに所属し、日本代表として国際大会や五輪大会(2022, 東京五輪)に出場している者も含む。彼女達は寮生活で、通常、上履きとしてシャワーサンダル、スリッパ等を使用している。

実験当初は 19 名だったが、移籍、引退等があり、草履導入前後の測定ができた 10 名を被験者とした。

実験 2 も同様だが、全ての被験者には事前に研究の趣旨、および方法を説明した。また本研究への協力は自由意志であり、辞退、途中棄権しても、何ら不利益のないこと、得られたデータは個人が特定できないように管理し、本研究以外には用いないことを説明し同意を得た。なお、本研究における個人情報保護及び倫理的配慮については、石川県立大学倫理委員会の承認を得ている(承認番号: 令和 3 年県大第 162 号)。

2) 草履サンダル

草履サンダル(草履)の装着期間は、先行研究(Hiura, et al., 2013; 宮口・山次, 2019)を参考に 6 ヶ月間を予定していたが、コロナの影響で 1 年 5 ヶ月間となった(2020 年 11 月から 2022 年 4 月まで)。



図 1 実験に用いた草履サンダル

本研究で使用した草履(図 1 Foot 活サンダル: ラッキーベル社製)は、小学校の上履き用として開発されたもので、天板はモルテット EVA コンプレッション、底板は EVA スポンジと国産ゴム、鼻緒部分はソフトビニール(ポリエステル)素材でできている。本製品はサイズ毎に踵高が変えてあり、立位時および歩行時に、必然的に前足部に荷重しやすい形状となっている。上記草履を寮生活で使用してもらった。その使用頻度(時間)は選手に任せた。この草履導入前後に静止立位時の足圧分布測定を行った。

3) 測定方法

足圧分布の測定には「フットビュークリニック」(ニッタ株式会社製)を用いた(図 2)。本装置は被験者を一定時間直立させ、センサユニットにより立位時の圧力分布、荷重中心の位置等を測定する。本研究のサンプリング速度は 30Hz, 10 秒間のムービーデータの平均値を採用した。

4) 統計解析

草履導入前後の足圧中心位置の変移を調べるために、対応のある t 検定を行った。有意差が認められた場合、効果量(ES)を算出した。本研究における統計的有意水準は 5%とした。

(2) 実験 2 草履と他の履物との歩容比較

シャワーサンダル(図 3)、および樹脂製サンダル(図 4)と草履との歩容の違いを、歩行解析デバイスと筋電図検査を用いて比較検討した。

1) 被験者

歩行解析の被験者は 20 代から 50 代の一般成人男性 7 名であった。また、筋電図検査の被験者は運動経験(陸上競技, ボート)のある男子大学院生 2 名であった。

2) 実験方法

① 歩行解析

歩行解析デバイス(AYUMI EYE: 早稲田エルダリーヘルス事業団)を用いて測定した。これは 3 軸

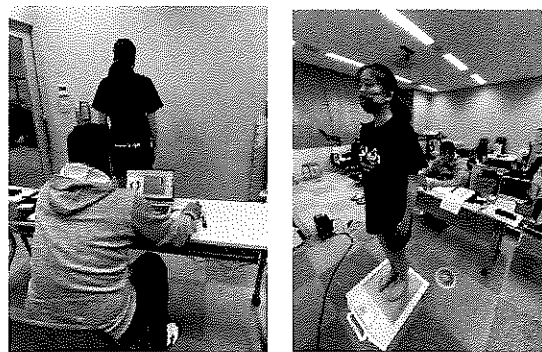


図 2 足圧分布測定の様子



図3 シャワーサンダル



図4 樹脂製サンダル



図5 筋電図検査の様子

50

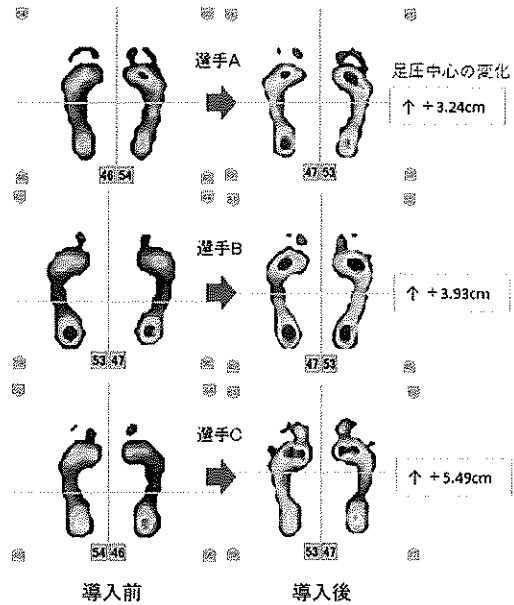


図6 草履導入前後の足圧分布

70

3. 結果

(1) 草履導入前後の足圧分布の比較

女子ハンドボール選手を対象とした、事前の足圧分布測定で、半数の選手に浮き趾および踵荷重の症状が認められた。また、外反母趾、巻き爪、足首捻挫等のトラブルを抱えている選手もいた。図6は、草履導入前後の選手の足圧分布の様子を示している。A選手は足圧中心が踵側からつま先側へ3.24cm変化していた。同じくB選手は3.93cm、C選手は5.49cm前方へ変化し浮き趾もかなり改善されていた。色の濃い箇所が局所的に圧力の集中している場所であるが、導入前後で比べると、踵側から前足側へと変化している様子が窺える。図7は被検者10名の足圧中心の平均変化を示している。補正中心に対して、-1.54cmから1.31cmへと有意な変位が認められた (t 値: 6.35 $p < 0.05$ ES: 2.39)。

(2) 草履と他の履物との歩容比較

成人男性を対象にした草履、シャワーサンダル、および樹脂製サンダルの歩行解析の結果を図8に示している。歩幅に有意な主効果 (F 値: 11.27, $p < 0.05$) が認められた。多重比較検定の結果、草履とシャワーサンダルの間に有意差が認められ、草履の歩幅がシャワーサンダルに比べ約6cm大きかった。また、推進力 (歩行速度 (m/s) \cdot 歩幅 (cm) \cdot 上下加速度標準偏差より算出) にも有意な主効果 (F 値: 17.32, $p < 0.05$) が認められた。多重比較検定の結果、草履の推進力が樹脂製サンダルおよびシャワーサンダルに比べ約

加速度センサーモジュールと iPhone 専用アプリを用いて、歩行時の加速度データに基づき歩行機能を分析するデバイスである。モジュールを腰部に装着し、10m 歩くことにより測定した。本研究では歩幅と推進力に注目した。推進力とは前に進む力のことであるが、本装置では歩行速度、歩幅、上下加速度標準偏差より算出することになっている。草履、シャワーサンダル、および樹脂製サンダル着用の条件下で 10m の快適歩行 (被験者自身が歩行する際に自らが好ましいと感じて選択している速度) にて計測した。

② 筋電図検査

本研究では表面筋電図法を採用した。鈴木ら (2000) によると筋電図は筋活動量の測定に用いることのできる機器で、等尺性収縮時においては筋張力と筋電図の間に比例関係があるといわれている。表面筋電図のディスプレイ電極を被験者の右脚の下腿前面 (前脛骨筋: 腓骨頭~外果の中心部とその 5cm 上方) および下腿後面 (下腿三頭筋: 膝窩~踵骨上縁の中心部とその 5cm 上方) の場所に 2 枚ずつ貼付した。その際、皮膚抵抗を下げるためスキンプュアを用い事前処理を行った。

3) 統計解析

歩行解析による草履、シャワーサンダルおよび樹脂製サンダルの歩幅、および推進力を比較検討するため、対応のある 1 要因分散分析 (反復測定分散分析) を行った。有意差が認められた場合、多重比較検定を行った。

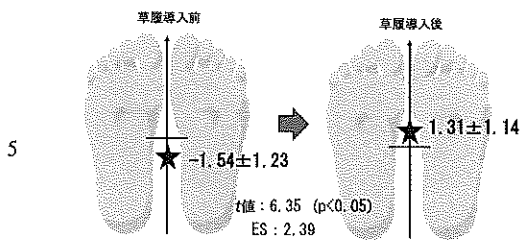


図7 足圧中心の全体変化

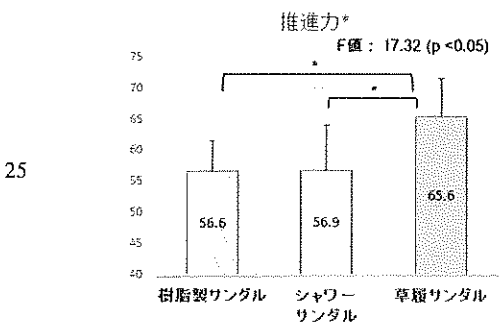
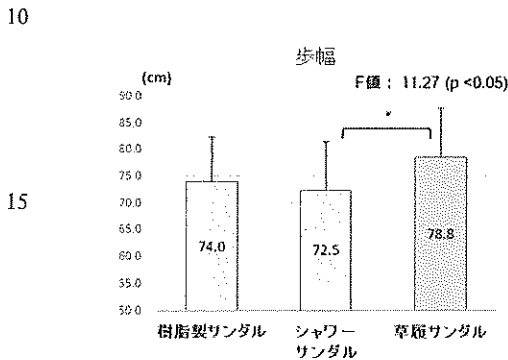


図8 歩行解析による各履物の歩幅(上図)と推進力(下図)

注: 推進力は歩行速度 (m/s)・歩幅 (cm)・上下加速度標準偏差より算出

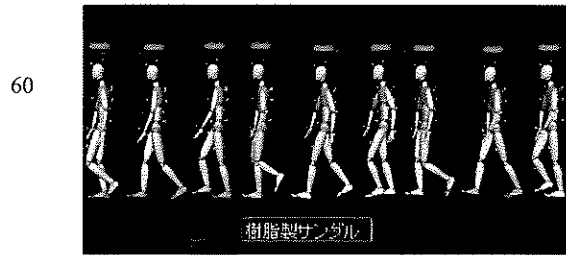
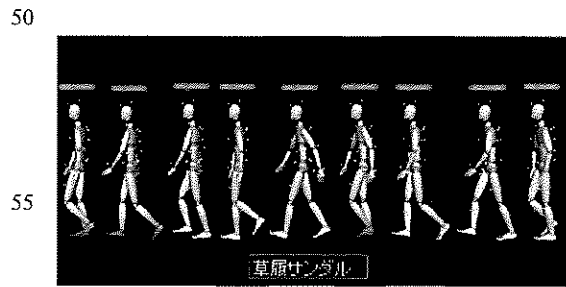


図9 モーションキャプチャーによる草履歩行と樹脂製サンダル歩行の違い

(協力: 株式会社グランゼーラ・ゲームスタジオ)

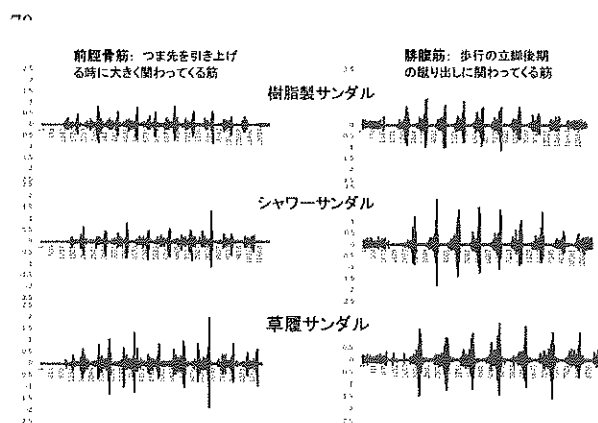


図10 履物による歩行時筋活動の相違

35

1.15 倍高かった。図9は同被験者の草履と樹脂製サンダルの歩容をモーションキャプチャーで示している。草履の方が腕振り、歩幅が大きくダイナミックに歩いている。

図10は草履、シャワーサンダル、および樹脂製サンダルで歩いた時の、前脛骨筋および腓腹筋の筋放電の様子を示している。両被験者とも草履歩行の筋活動量が他のサンダルに比べ高い傾向がみられた。

45

4. 考察

近年、土踏まず形成の有無、浮き趾等の観点から、足部の形態・機能が競技選手のパフォーマンスや傷

害にも関係することが報告されている(吉田・中村, 2007)。

ハンドボール競技は相手選手と激しく接触する場合もあり、急なストップやターン、ジャンプ、ステップなどコート内を縦横無尽に動き回るため、足への負担が大きい。本研究の被験者は日本リーグで活躍する女子のトップ選手であるが、約半数に浮き趾症状が認められ、足のトラブルを抱えている者も多かった。

競技場面において、シューズ内で浮き趾だと足裏接地面積(支持面)が小さくなる。バランスが悪くなり、姿勢にも影響を及ぼす可能性が高い。相手選手と少し接触するだけで転倒したり、即座に方向転換できずに1対1の局面で抜かれたりする。また、足

趾が十分使えないと、推進力（駆動力）を生み出す能力も落ちるため、相手を抜き去る時も捕まえる時も不利になる。これまで足部機能の改善策として、砂浜トレーニングやタオルギャザー、ボール掴みなどが紹介されているが、本研究では草履に注目した。鼻緒があることで、そこが支点となり、テコの原理で足趾による踏み込みが強まり、それによって足部機能をはじめ姿勢改善（前足荷重）への効果が期待できるからである。

10 コロナの影響で草履導入期間は長くなったが、全員の足圧中心が前方に変位していた。また、数名の浮き趾が改善されていた。最も変化が大きかった C 選手（図 1）は、その履き心地を気に入り、寮でずっと履いていたとコメントをくれた。参考に女子コーチ 2 名にも同時期、自宅で草履を履いてもらったが、ともに足圧中心が前方へ（A: 1.69cm, B: 0.98cm）変位

15 しており、同様の効果が認められた。
松田ら（2011）は、男子の柔道、ハンドボール、および非運動選手を対象に、接地足趾形態（浮き趾、母趾角、土踏まず）の運動種目差を検討し、浮き趾本数はハンドボールが最も多く、土踏まず比は選手間に差は無いが、母趾角もハンドボールが最も大きかったと報告している。理由としてハンドボール選手は、専用シューズを履くが、競技中の動作の俊敏性を高めるため、靴を紐でしっかり縛る。そのため靴による爪先部の圧迫で浮き趾や拇趾の変形が多いのではないかと述べている。本研究の被験者にも浮き趾が

20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95
みられたが、シューズの影響も大きいといえよう。
加えて彼女達は、日中は社会人（OL）として働いており、ヒールを履く機会も多い。特にハイヒールの場合、靴の傾斜によって足部は前方に滑り落ち、足趾は靴の先端にぶつかり中足骨頭が低下、わし爪趾の変形を呈し、足趾跡が消失している可能性も考えられる（Kapandji, 1998）。よって、シューズやヒールの圧迫から解放される寮生活では、足部機能を整える履物が推奨される。今回、草履を導入することで選手全員の足に変化が認められたことは興味深い。浮き趾改善とともに、やや前足荷重に矯正されたことで、パフォーマンスへの影響は大きいと思われる。

40 筆者はこれまで少年柔道選手や野球選手に草履履きを導入し、運動面への効果を検証している（宮口, 2020）。立ち幅跳びや 20m ダッシュタイムが向上し、疾走フォームにも変化が認められ、足の着地位置がやや前方から身体の真下近くになり、足が後方に流れず、前傾姿勢も認められるようになった。

福山（2014）は歩行に関して、浮き趾例では、足趾まで体重が移動しないため、足趾の背屈が不十分となり、ウインドラス機構（足趾が背屈することで足底腱膜が引っ張られ、土踏まず部分が上へあがり足

部の剛性が高まり安定する機構）も低下する。この状態では、足部の剛性を保つことは困難で、駆動力を効率良く床面に伝達できないと報告しているが、ダッシュをとまなう走動作ではより影響は大きいと思われる。さらに剛性の低下した足部での蹴り出しは、足趾の関節、靭帯、筋への負担を増大し、変形を助長するともいわれており、障害予防の観点からも浮き趾を改善することが重要といえよう。その点、日常生活に組み込むだけで効果が期待できる草履は、選手のコンディショニングづくりに有効なツールと思われる。

一方、緩めの靴やサンダルを履いて歩行することは、靴の中での足の安定性を求めて足趾が開き気味になると同時に、靴が脱げたりしないように足趾が上を向く習慣がつくことが指摘されている（矢作ら, 2004）。最近の選手はアフターシューズとしてシャワーサンダルや樹脂製サンダルを使用する事が多い。実際、本研究の被験者も寮で使用している者が多かった。そこで、草履を履くことで動きがどのように変化するのか確認するため、シャワーサンダルおよび樹脂製サンダルとの歩容を比較検証した。

歩行解析デバイスを用いて調べると、草履の歩幅が最も大きかった。他のサンダルに比べ 6cm 程伸びていた。推進力も草履がシャワーサンダルや樹脂製サンダルに比べ、約 1.15 倍高まることもわかった。被験者には自然な快適歩行で歩くよう指示したが、モーションキャプチャーを見ると、草履で歩いた時が、歩幅が伸び、腕振りも大きくなっていった。本実験では歩き方に関する指示は一切行っていないが、蹴り出しが強まったことで発生する体幹のブレを制御するために、腕振りが大きくなったと推察される。そこで、歩行に関わる筋活動の様子を比較検証した。その結果、草履歩行における前脛骨筋および腓腹筋の筋活動量が、シャワーサンダルおよび樹脂製サンダルでの歩行に比べ大きかった。前脛骨筋は接地時の衝撃吸収および遊脚相における足部背屈（つま先の引き上げ）に大きく関わる。一方、腓腹筋は立脚後期の蹴り出しに関わる。これらの活動が草履を履いた時に高まり、結果的に歩幅増大や推進力に繋がることわかった。しかし、今回の報告は少数例を対象としたものであり、今後さらに詳細に検討していく必要がある。

福山ら（2005・2006）は成人女性を対象に草履着用による裸足歩行時の筋活動変化を検討している。その結果、足趾まで体重が移動し十分な蹴り出しが可能となり、股関節が伸展し骨盤の前傾が矯正され、大臀筋、脊柱起立筋の筋活動が減少し、大腿四頭筋、下腿三頭筋、足趾屈筋の筋活動量が増加したと報告している。これによって姿勢も矯正され腰痛改善も

期待できるとしている。選手の中には腰痛を訴える者もいる。草履を履くことで骨格のアライメントも変わる可能性が高い。姿勢との関係性を検証することも今後の重要な検討課題である。

5

5. まとめ

本研究では日常での草履着用が、競技選手の立位時の足圧分布にどのような影響を及ぼすのか検証するとともに、他の履物との歩容の違いを検討した。15
10 年 5 ヶ月間、寮生活に草履履きを導入した結果、足圧分布が変化し、足圧中心の前方変位が認められた。草履歩行はシャワーサンダルや樹脂製サンダル歩行に比べ、前脛骨筋および腓腹筋の筋活動量が大きく
15 歩幅が伸び、推進力も高まることが示唆された。以上のことから、日常での草履サンダル着用は競技選手の浮き趾や足圧分布（重心位置）を改善する上で有効であることがわかった。

20

引用文献

Akamatsu, M and Nakatsuka, M. 2014. General malaise and physical symptoms in young women with untouched toe. *Acta Med Okayama*. 68(3). 137-142.

福山勝彦・小山内正博・関口由佳・上野詠子・根岸康至・矢作毅・二瓶隆一. 2005. 浮き趾治療用草履着用による歩行時の筋活動. *理学療法学*. 32. 11.

福山勝彦・小山内正博・上野詠子・矢作毅・二瓶隆一. 2006. 浮き趾治療用草履の効果：3 カ月間着用による筋活動より. *理学療法学*. 33. 169.

福山勝彦・小山内正博・丸山仁司. 2009. 成人における足趾接地の実態と浮き趾例の足趾機能. *理学療法科学*. 24. 683-687.

福山勝彦. 2014. 浮き趾例における足趾機能. *医療保健学研究*. 5. 15-40.

日比野圭祐・村瀬崇宏・荒川優也・福田優・森敦幸. 2014. 少年期サッカー選手における身体的特徴について. *東海スポーツ傷害研究会会誌*. 32. 31-32.

Hiura, M, Nishisaka, K, Higashi, K and Matsumoto, C. 2013. The effectiveness of Japanese sandals use on lower leg function among elderly women living in the community.

Health. 5. 12A. 1-7.

井筒紫乃・繁田進・渡部誠. 2012. 小学生陸上競技優秀選手の形態・体力調査- 第27 回全国小学生陸上競技交流大会入賞者を対象として-. *陸上競技研究紀要*. 8. 9-14.

45 Kapandji, IA. 1998. カバンディの関節生理学II. 医歯薬出版. 238-239.

李瑛美・中川武夫・三浦隆行. 1998. ハンドボール競技選手のスポーツ傷害と傷害後の受診行動に関する調査研究- 第1 報 日・韓における傷害の実態-. *体力科学*. 47. 517-524.

松田繁樹・出村慎一・竹本康史・田口隆・久保田浩史・青木宏樹. 2011. 接地足趾形態の運動種目差. *岐阜聖徳学園大学短期大学部紀要*. 43. 175-181.

宮口和義. 2020. 特集「足元から見直す健康づくり、動きづくり」少年スポーツ選手における足部形態・機能の現状と草履サンダル着用による効果について. *教育医学*. 66(2). 61-67.

村田伸・安彦鉄平・中野英樹・阪本昌志・松尾大・川口道生・須合洋次・松井宏彰. 2017. 浮き趾と足趾機能ならびに静的・動的バランスとの関係. *Japanese Journal of Health Promotion and Physical Therapy*. 6 (4). 165-169.

宮口和義・出村慎一. 2013. 幼児の足裏形態および足圧中心への草履式鼻緒サンダル活用の効果. *発育発達研究*. 61. 1-8.

宮口和義・出村慎一. 2015. 幼児の立位重心動揺および立位姿勢に及ぼす草履着用の影響. *体育測定評価研究*. 14. 43-52.

宮口和義・山次俊介. 2019. 中高齢女性における草履式鼻緒サンダル着用の効果. *石川県立大学研究紀要*. 2. 69-76.

鈴木大雅・澁谷健一郎・大山輝夫・赤沼栄・秋谷典裕・早乙女郁子・古市照人. 2000. 筋張力が表面筋電図に及ぼす影響. *リハビリテーション医学*. 37. 690.

矢作毅・根本光明・福山勝彦. 2004. 草履を中心とした浮き趾の治療および腰痛の改善について. *靴の医学*. 18(2). 65-71.

吉田早織・中村豊. 2007. 裸足での砂浜トレーニングが足部に与える影響. *東海大学スポーツ医科学雑誌*. 19. 69-74.

Effects of wearing Japanese-style Sandals in Daily Life in Competitive Athletes

Based on a gait comparison using slide sandals and crocs sandals

Kazuyoshi MIYAGUCHI (Liberal Arts Education Center, Ishikawa Prefectural University),

Takayuki MURAYAMA (Institute of Liberal Arts and Science, Kanazawa University)

Takayoshi MIYAGUCHI (Graduate School of Human and Socio-Environmental studies,
Kanazawa University)

Kouki IKEOKA (Graduate School of Human and Socio-Environmental studies,
Kanazawa University)

Abstract

Recently, the number of athletes with floating toes has increased in various sports. This study clarified the influences of wearing Japanese-style sandals (zori) on the position of the center of foot pressure (CFP) in female competitive athletes and the differences in gait with other footwear. The position of CFP was measured before and after 17 months with a plantar pressure measurement device. The findings in our study indicate that zori can help improve foot function by adjusting the pressure pattern. Walking in zori sandals resulted in greater muscle activity in the tibialis anterior and gastrocnemius muscles than in slide sandals or crocs sandals. Wearing zori was suggested to increase stride length and propulsive force. In conclusion, wearing zori in daily life improved floating toes and foot pressure distribution (center of gravity position) in competitive athletes.

Keywords: Japanese-style sandal, Floating toes, Plantar pressure distribution, Gait analysis,
Electromyogram