

論文

大学生における浮き趾の実態と草履サンダル着用の効果について

宮口 和義¹ 畝本 紗斗子² 垣花 渉³

要 旨

近年、足趾が立位時に床面に接していない「浮き趾（うきゆび）」が注目されるようになってきた。本研究は大学生を対象に浮き趾の実態調査を行い、歩容との関係を検証するとともに、浮き趾者に草履サンダルを履いてもらい、歩容に及ぼす効果について明らかにすることを目的とした。大学生の約8割に浮き趾の症状が認められ、全体的に細長い足趾（細足）の者が多くみられた。歩容に関しては、浮き趾群は正常群に比べ歩幅が狭く、推進力が劣っていた。約3ヶ月間、草履サンダルを日常生活で着用した結果、前足荷重が高まり、歩幅が伸び、推進力が高まることが示唆された。日常での草履サンダル着用は、浮き趾や歩容（推進力）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、歩行分析、推進力

1. はじめに

ヒトが立位での動作や歩行をする際、地面と唯一接しているのは足底である。足底のなかでも可動性があり、姿勢保持および動作時の安定性の確保に重要な役割を担っているのが足趾である（長谷川ら、2006; 加邇, 2003; Hughes, J, 1990）。その足趾が立位時に床面に接していない“浮き趾”が近年注目されるようになってきた。

浮き趾の発生率について、恒屋・臼井（2006）は健康成人を対象に調査を行い、両足のいずれかの足趾の接地が不十分な男性が66.6%、女性が76.2%であったと報告している。原田（2002）は、2000年の幼児と1980年の幼児を対象に、浮き趾を有する者の割合を比較し、2000年の幼児は20年前の幼児に比べ、浮き趾を有する者が激増したと報告している。また、内田ら（2002）は小学校高学年の浮き趾の発生率が不完全な事例を含めると72%に及ぶと報告している。高齢者を対象とした岡村（2014）の報告でも138名中、右足が75名（54.3%）、左足が72名（52.2%）に浮き趾を認めている。このように、どの年代においても浮き趾の発生率は高いことが報告されている。

しかし、浮き趾の有無と身体機能との関連性を検討した研究は少ない。福山ら（2009, 2014）は成人女性を対象に、浮き趾者は健康者と比べ、足趾把持力や前方重心移動能力が有意に低下していたと報告

している。また、長谷川ら（2013）の高齢女性を対象にした研究でも、浮き趾の有無と足趾把持力やFunctional Reach Test（FRT）との関連を明らかにしている。上記の前方重心移動能力やFRTは、ともにその場での動的バランステストであるが、実際の運動への影響、特に歩行動作（歩容）に浮き趾がどのように影響するのかは明らかにされていない。よって、浮き趾を有する者（浮き趾群）と有しない健康者（正常群）との歩容の違いについて明らかにしておくことは、今後の足育教育で「浮き趾予防」を啓蒙する上でも重要と思われる。

特に最近では、着脱の利便性やファッションとして緩めの靴やサンダルを履く者が増えている。大学生アスリートについても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（クロックスなど）を使用する事が多い。これら緩めの履物を履くことは、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）。そこで、浮き趾改善の方略として、宮口ら（2013, 2015, 2019）はこれまで草履サンダルの着用を推奨してきた。草履の場合、一步ごとに鼻緒を挟み歩くので、足趾で床を踏み込むようになる。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さらに強まり推進力も高まるとされる。しかし日常での草履サンダル着用在、歩容にどのような影響を及ぼすのか十分に検証されているとはいえない。履物により、足本来の機能を高めることができれば、姿勢改善および運動機能の向上だけではなく、メカニカルなストレスも減

¹ 石川県立大学 生物資源環境学部 教養教育センター

² 金沢工業大学 基礎教育部 修学基礎教育課程

³ 石川県立看護大学 看護学部 看護学科

責任著者：宮口 和義（kaz-jac@ishikawa-pu.ac.jp）

らすことができ、特にスポーツ選手にとってはケガの予防にもつながると思われる。

そこで本研究は、大学生を対象に浮き趾の実態調査を行い、歩容との関係を検証するとともに、浮き趾者に草履サンダルを履いてもらい、歩容に及ぼす効果について明らかにすることを目的とした。

2. 方法

(1) 実験1：浮き趾者と正常者の歩容の比較

1) 被験者

本学の「健康科学」の授業を受講している健常な1年生の男女大学生135名（男子：62名、女子：73名）が本研究に参加した。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、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の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) 測定方法

足圧分布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、各自の足底接地面の評価を行った。この装置は、対象者を一定時間直立させることにより、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し表示する。その結果を参考に、全足趾がほぼ接地していると判定された12名の正常者（正常群：平均身長 164.0 ± 9.4 cm）と、足趾がほとんど接地していないと判定された12名の浮き趾者（浮き趾群： 161.1 ± 9.5 cm）を選出した。なお両群の身長に有意差は認められなかった。また、正常群は男子5名、女子7名に対して、浮き趾群は男子4名、女子8名と男女比に群間差は認められなかった。

選出者の歩行分析は3軸加速度センサ（歩行解析デバイス AYUMI-EYE：早稲田エルダリーヘルス事業団）を用いて行った。これは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。センサーモジュールを腰部（第3腰椎棘突起付近に接するよう）に装着し、10mの快適歩行（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（図1, 2）。測定項目は、①総合評価、②歩行時間、③歩行速度、④歩幅、⑤推進力[前に進む力]、⑥バランス[歩行時の身体の揺れ]、⑦リズム[歩行周期のばらつき]であった。歩行分析は各自2回行い、総合評価の高かった方を採用した。なお、総合評価の試行間信頼性を検討した結果、ICCは0.88と高かつ



図1 AYUMI-EYEによる歩行分析と使用したデバイス

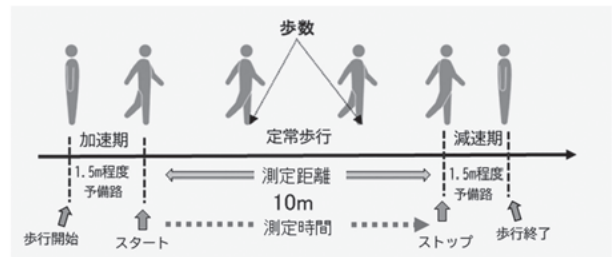


図2 AYUMI-EYEによる歩行分析の実施概要

た。歩幅については各被験者の身長で除し、歩幅率（歩幅/身長）を算出し比較検討した。

3) 統計解析

浮き趾群と正常群の歩行分析結果の差異の検定は対応のない t 検定を行い、効果量（Cohen's d ）を算出した。本研究の統計的有意水準は5%とした。

(2) 実験2：草履サンダル導入による変化

1) 被験者

浮き趾群の中から草履サンダルに興味を示してくれた学生7名に約3ヶ月間、日常生活（屋外・屋内問わず）で草履サンダルを着用してもらい、再度、足圧分布測定および歩行分析を行った。草履の使用頻度（時間）については、各被験者の生活様式に合わせて少なくとも1日10分以上は履いてくれるよう依頼した。

2) 導入した草履サンダル

本研究で採用した草履サンダル（写真1. 武王：ラッキーベル社製）は競技選手用にオリジナルで開



写真1 実験に用いた草履サンダル

発したもので、天板は高反発EVA（エチレンビニルアセシート）、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。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。

3) 統計解析

草履サンダル導入前後の歩容の違いを検討するため歩行分析結果について対応のあるt検定を行った。

3. 結果

(1) 実験1：浮き趾者と正常者の歩容の比較

健常な男女大学生135名を対象に行った足圧分布測定の結果、浮き趾の者が全体の約8割を占めており、約4割の者は足趾の僅か一部しか接地していなかった。特に第1趾に比べて第5趾の浮き趾が非常に多かった。また、一般に前足部に対する踵部の足幅は57%以下が望ましいとされているが（原田, 2012）、基準に達しているのは10.7%であり、全体的に細長い足蹠の者が多かった。

図3は選出した正常群および浮き趾群の静止立位時の足圧分布を示している。また、両群の歩行分析結果を示しているのが表1である。なお、図4は各群の推進力、バランス、およびリズムの平均値をレーダーチャートで示している。参考に元マラソンランナーの畝本選手（共同研究者）のレーダーチャートも示している。

正常群と浮き趾群で比較すると、総合評価、歩行時間、歩行速度、歩幅、および推進力に有意差が認められた。ES（効果量）をみると、特に歩幅の差が大きかった。なお、両群の歩幅率を示したのが図5である。正常群は47.7%、浮き趾群は43.0%と有意差が認められた。一方、両群の歩容におけるバランス、リズムに有意差は認められなかった。

表1 正常群と浮き趾群の歩行分析結果

測定項目	群	平均値 ± 標準偏差	t値	ES
総合評価 (点)	正	73.42 ± 3.37	4.91 *	2.01
	浮	65.92 ± 4.08		
歩行時間 (秒)	正	6.99 ± 0.40	4.21 *	1.72
	浮	7.82 ± 0.56		
歩行速度 (m/sec)	正	1.44 ± 0.08	3.98 *	1.63
	浮	1.29 ± 0.10		
歩幅 (cm)	正	78.08 ± 3.57	5.02 *	2.05
	浮	69.23 ± 4.96		
推進力 (点)	正	66.92 ± 5.18	4.76 *	1.94
	浮	57.17 ± 4.86		
バランス (点)	正	90.50 ± 2.39	1.83	0.75
	浮	88.00 ± 4.09		
リズム (点)	正	87.25 ± 3.96	0.97	0.40
	浮	84.50 ± 8.94		

注：1) 正：正常群 浮：浮き趾群 *：p<0.05

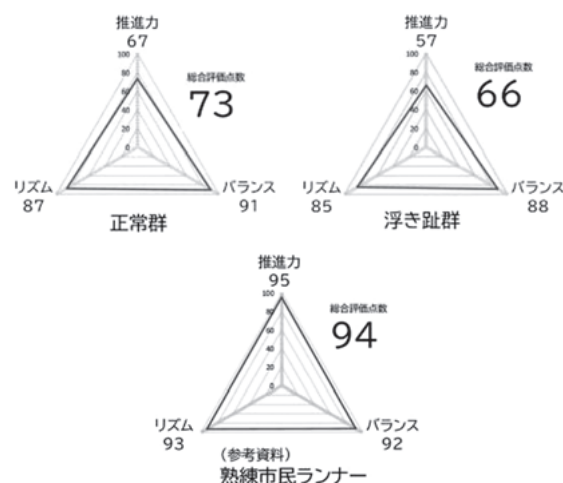


図4 正常群および浮き趾群の歩容におけるレーダーチャートの比較



図3 正常群および浮き趾群の足圧分布の様子

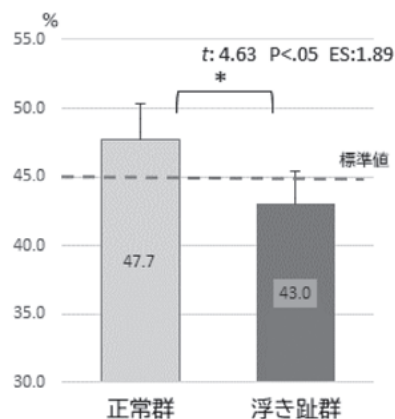


図5 正常群および浮き趾群の歩幅率の比較

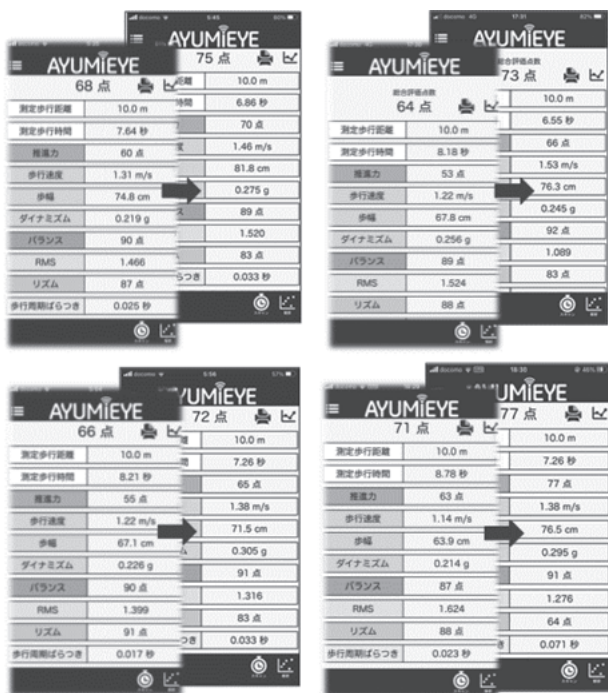


図6 草履サンダル導入前後のAYUMI-EYE評価の
変化の事例

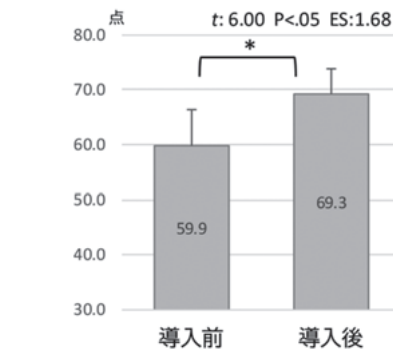


図7 草履サンダル導入前後の推進力の変化

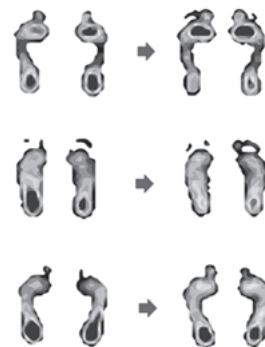


図8 草履サンダル導入前後の足圧分布の変化

(2) 実験2：草履サンダル導入による変化

図6は草履サンダル導入前後のAYUMI-EYEによる評価の事例を示している。全体では総合評価点数 (69.0 ± 4.5 点 $\rightarrow 74.6 \pm 2.6$ 点)，歩行時間 (8.0 ± 0.5 秒 $\rightarrow 7.1 \pm 0.4$ 秒)，歩行速度 (1.26 ± 0.07 m/s $\rightarrow 1.40 \pm 0.07$ m/s)，歩幅 (70.0 ± 4.5 cm $\rightarrow 75.5 \pm 5.2$ cm) および推進力 (59.9 ± 6.4 点 $\rightarrow 69.3 \pm 4.6$ 点) に有意差が認められ，草履サンダルによる改善が示唆された。なお，推進力の変化を示しているのが図7である。また，足圧分布の変化の事例を図8に示しているが7名中5名の者の足圧中心に前方変位が認められ，前足部に荷重しやすくなっていることが窺えた。

4. 考察

近年の若者の生活様式や環境の変化，履物の多様化は，足部の脆弱性を引き起こし，外反母趾や扁平足の増加につながっている（笠野ら，2016）。加えて，最近では浮き趾が注目されるようになってきた。一般大学生を対象にした本研究では，約8割の者が浮き趾であった。酒向ら（2008）は，Foot Grapherを用いて大学生85名の足趾接地状態を計測し，右第5趾に浮き趾を呈する例は59例，左第5趾に浮き趾を呈する例は43例であり，外側の足趾ほど浮き趾の発生が増加していることを報告している。

本研究においても外側の足趾の浮き趾が目立った。

また，前足部に対して踵部の足幅が広い，細長い足趾（細足）の者が多くみられた。これまで，日本人は“幅広・甲高”といわれることが多かったが，近年のデータから“幅狭・甲薄”の割合が増えていることが報告されている。「児童生徒の足に関する実態調査 H18～H20 年（日本学校保健会）」によれば，足長と足囲の測定値を親世代（1977年調査）と比較すると，今の子ども達は足長が長く，足囲は細くなって，親世代とプロポーションが変わっていることが報告されている。

山崎・西澤（2008）は成人女性（17～20歳）の運動群と非運動群を比較し，スポーツ活動は足幅の増大に強い影響を与えるが，踵幅の増大に与える影響は少ないと報告している。生活様式や履物の影響も考えられるが，運動不足により現代の若者の足は前足幅が発達していない「全体的に細長い長方形型」に変わってきていることが窺える。

浮き趾に関しては，足趾把持力や前方移動能力といったその場での運動機能に及ぼす影響がこれまで報告されている。浮き趾者の歩行については，多くの研究者が「歩行時に趾先まで体重移動が行なわれていない，またこれにより，駆動力が発揮されていない」ことを指摘しているが（矢作ら，2004；大貫ら，2005），浮き趾と歩行との関係について論じてい

る報告は非常に少ない。そこで、本研究ではIT機器を用いて浮き趾群と正常群の歩行分析を行った。その結果、浮き趾群に比べて正常群の総合評価が優れ、構成要素の歩行時間、歩行速度、歩幅、および推進力に有意差が認められた。これらは“浮き趾では駆動力が発揮されていない”とする先行研究を支持する結果であった。浮き趾と歩行との関係について論じている報告が少ない中、少ないサンプル数であるが、効果量が非常に高いことを考慮すると、推進力の差が大きいことを示す貴重なデータといえよう。

両群の歩幅（歩幅率）の差が特に大きかった。歩幅の相対値を示した先行研究は少ないが、歩数計や活動量計を販売しているオムロン（オムロンヘルスケア、2019）によると歩幅の目安は「身長×0.45」と示されている。正常群が0.48、浮き趾群が0.43とこの基準値を挟んで平均値に差が認められたことは興味深い。浮き趾の判定指標の一つとして歩幅率が有効かもしれないが、今後検討していく必要がある。

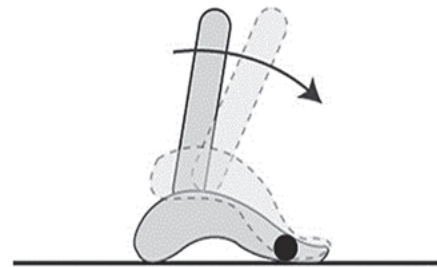
両群の歩容における推進力に差が認められ、浮き趾群は正常群に比べ劣ることがわかった。しかし、レーダーチャートを見ると、両群とも推進力の点数はバランス、リズムに比べ低水準であった。早稲田エルダリーヘルス事業団の自社データによれば、加齢による歩行能力低下を判別する推進力のカットオフ値（60歳代健常者の目安）は78点が表示されている。また、参考資料に元マラソンランナーのレーダーチャートを示しているが推進力は95点であった。これらを考慮すると、対象学生の推進力は、浮き趾群はかなり低く、正常群でさえ決して高くはないことが窺える。

浮き趾傾向の7名の学生に約3ヶ月間、草履サンダルを日常生活で着用してもらった。その結果、静止立位時の足圧分布において踵荷重から前足側へと荷重箇所の変位が認められ、浮き趾も改善傾向にあった。宮口ら（2023）は、競技選手の日常生活（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ことを報告している。今回もほぼ同様の結果であった。歩容については総合評価、歩行時間、歩行速度、歩幅、および推進力に改善が認められた。歩幅が伸び推進力が高まる傾向にあった。

歩行時の足の接地の仕方については、今回、詳細な分析は行っていないが、数名の者は踵から着地していたものが、やや足裏全体で着地するようになり、ブレーキング要素の少ない歩容に変わってきている印象を受けた。被験者の中には、以前に比べ早歩きになった（歩幅が狭くピッチが速くなった）と感じている者もいたが、実際には歩幅が伸びており推進力が増した分、早歩きになったと感じているよ



図9 ウインドラス機構



中足趾節関節が回転中心

図10 フォアフットロッカー

うだった。

歩行速度に貢献している足部機能のひとつに、ウインドラス機構がある。このメカニズムはHicks（1954）により提唱されたものであるが、立脚後期の踵離地後に他動的に足趾が背屈することで、足底腱膜の張力により内側縦アーチが挙上するものである（図9）。このメカニズムにより、足部の剛性が高まり、歩行における蹴り出し時の推進力を生むとされている（高林ら、2016）。

一方、浮き趾例では、立脚後期において、足趾による前方支持が低下していることで、前足部を回転中心として足部が前方に回転するフォアフットロッカー（図10）が不完全となる。足趾まで体重が移動しないことで、足趾の背屈が不十分となり、ウインドラス機構も低下する。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。さらに剛性の低下した足部での蹴り出しは、足趾の関節、靱帯、筋への負担を増大し、変形を助長する可能性が高い。今回、導入した草履サンダルは単に足趾筋群の強化だけでなく、このウインドラス機構に大きく貢献している可能性が高い。この点については今後、専用デバイスを用いて、接地の仕方等、詳細に検証していく必要があると思われる。

5. まとめ

本研究では大学生の浮き趾の実態を調査し、歩容との関係を検証するとともに、日常での草履サンダ

ル着用が、歩容にどのような影響を及ぼすのか検討した。大学生の約8割に浮き趾の症状が認められ、全体的に細長い足蹠（細足）の者が多くみられた。歩容に関しては、浮き趾群は正常群に比べ歩幅が狭く、推進力が劣っていた。約3ヶ月間、草履サンダルを日常生活で着用した結果、前足荷重が高まり、歩幅が伸び、推進力が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、浮き趾や歩容（推進力）を改善する上で有効であることがわかった。

謝辞

本研究は令和5年度石川県立看護大学と石川県立大学との共同研究助成プログラムとして行われたものであり、ここに記し、深く謝意を表する。

引用文献

- 福山勝彦. 2014. 浮き趾例における足趾機能. 医療保健学研究：つくば国際大学紀要. 5. 15-40.
- 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. 83-687.
- 長谷川正哉・金井秀作・坂口顕・石倉隆・陣之内将志・沖貞明・大塚彰. 2006. 足趾機能が歩行に与える影響. 理療の臨研. 15. 53-56.
- 長谷川正哉・金井秀作・島谷康司・城野靖朋・島田雅史・大塚彰. 2013. 高齢者にみられる浮き趾と足趾運動機能および姿勢制御能力について. 理学療法の臨床と研究. 22. 15-19.
- 原田碩三. 2002. 幼児の1980年と2000年の足について. 靴の医学. 15. 14-18.
- 原田碩三. 2012. 趾が働くはき物ミサトっ子と趾・足・姿勢・健康. 體研究会. 黎明書房. 兵庫会. 黎明pp. 1-46.
- Hicks, JH. 1954. The mechanics of the foot II . The plantar aponeurosis and the arch. Journal of Anatomy. 88(1). 25-30.
- Hughes, J, Clark, P and Klenerman, L. 1990. The importance of the toes in walking. The Journal of bone and joint surgery British. 72(2). 245-251.
- 加辺憲人. 2003. 足趾の機能. 理学療法科学. 18 (1). 41-48.
- 笠野由布子・三川浩太郎・久保田大夢・瀧瀬陵子・小池拓・中村一輝・三上章允. 2016. 大学生における履物および運動習慣が足部形態に与える影響. 中部学院大学・中部学院大学短期大学部研究紀要. 17. 1-10.
- 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・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.

宮口和義・村山孝之・宮口貴義・池岡昂紀. 2023. 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比較を踏まえて -. 石川県立大学研究紀要. 6. 61-67.

岡村絹代. 2014. 運動習慣のある高齢者の足の形態とフットケアの現状. 愛媛県立医療技術大学紀要. 11. 15-22.

大貫信子・鷺田孝保・成田麻実・山田亨. 2005. 幼児の外遊び量と浮き趾出現の比較. 作業療法. 24 (5). 461-473.

オムロンヘルスケア. よくあるご質問. “歩幅の目安が知りたい”. <https://www.faq.healthcare.omron.co.jp/faq/show/4195?site_domain=jp>. 2019年12月16日更新. 2023年10月1日閲覧.

西向俊治・杉浦弘通・山崎伸一・江西浩一郎・松永勝也. 2008. 若年成人にみられる浮き趾の重心動揺に及ぼす影響について. 理学療法学. 35 (Suppl). 1445.

高林知也・江玉睦明・横山絵里花・徳永由太・久保雅義. 2016. 走行と歩行の動作様式の違いが足部ウインドラス機構におよぼす影響. バイオメカニズム. 23. 67-73.

恒屋昌一・臼井永男. 2006. 健康成人における直立時の足趾接地の実態. 理学療法学. 33. 30-37.

内田俊彦・藤原和朗・高岡淳・佐々木克測・横尾浩. 2002. 小学校5, 6年生の足型計測. 靴の医学. 15. 19-23.

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.

山崎純男・西澤昭. 2008. スポーツ活動が成人女性の足趾形態に及ぼす影響について. 日本体育学会大会予稿集. 59 (0). 174.

The Actual Condition of Floating Toes and the Effect of Wearing Japanese-style Sandals on University Students

Kazuyoshi MIYAGUCHI (Liberal Arts Education Center, Ishikawa Prefectural University),
Satoko UNEMOTO (Academic Foundations Programs, Kanazawa Institute of Technology),
Wataru KAKIHANA (Department of Nursing, Ishikawa Prefectural Nursing University)

Abstract

Recent years have witnessed an increasing prevalence of “floating toes” among university students, a condition where the toes do not make ground contact while standing. This study examines the relationship between floating toes and gait and investigates the impact of Japanese-style sandals, or “zori,” on gait patterns. The results of foot pressure distribution measurements conducted on 135 healthy male and female students showed that 80% had floating toes, and 40% had only a small portion of their toes on the ground. Students with floating toes termed the “floating toe group,” showed reduced propulsive force during walking compared to the “normal group” with typical toe-ground contact. Furthermore, the floating toe group (43.0%) had a lower stride rate (stride/height) than the normal group (47.7%). Wearing zori was suggested to increase stride length and propulsive force. Incorporating zori into daily life increased forefoot loading and more efficiently transferred driving force to the floor during gait.

Keywords: Japanese-style sandal, floating toes, plantar pressure distribution, propulsive force, gait analysis,