

[原著論文]

外側縦アーチパッドが足趾に及ぼす効果

阿部 真典

キーワード：浮き趾，中学生，足底圧，歩行，外側縦アーチパッド

Study of utility of outer longitudinal arch pad in toe

Masanori Abe

Abstract

This study examined the usefulness of outer longitudinal arch pads as evidence of the insole design. The subjects were 30 female junior high school students with no diseases of the foot. The floating toes were toes 4 and 5 of 15 people. And was grouping 15 persons normal group, 15 persons floating toes group. Floating toes group use of outer longitudinal arch pads improved floating toe in the static upright posture. During walking, there were significant increases in the load on the toes. Also normal group during walking, there were significant increases in the load on the toes. During walking, there were no significant increases in walking speed, and stride length, however that has tendency to increase. Lateral longitudinal arch pads caused toes 4 and 5 to bend. These findings suggest that inserting outer longitudinal arch pad into the shoes increases the load on the toes, thus increasing base of support in static standing and giving better gait motion. Furthermore, lateral longitudinal arch pads are useful for people with floating toe involving toes 4 and 5.

Key words : floating toe, junior high school student, plantar pressure, gait, outer longitudinal arch pad

要旨

インソール設計の一助のため外側縦アーチパッドが足趾に及ぼす効果の検討を行った。

足部疾患のない中学生、女子30名を対象とした。15名に第4・5趾に浮き趾が確認され、正常群15名、浮き趾群15名とした。静止立位で足底にアーチパッドを挿入

し、また歩行時では学校指定の上履き靴の中にアーチパッドを挿入し、その効果の検討を行った。その結果、浮き趾群は静止立位で外側縦アーチパッド装着後浮き趾が改善した。また歩行時では足趾荷重量が有意に増加した。正常群でも外側縦アーチパッド装着後足趾荷重量が有意に増加した。歩行速度と歩幅は外側アーチパッド装

所属機関：新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科、株式会社東北補装具製作所

[責任著者及び連絡先] 新潟医療福祉大学大学院 靴人間科学研究室
〒950-3198 新潟県新潟市北区島見町1398番地
TEL・FAX：025-257-4525
E-mail：hwd12003@nuhw.ac.jp

投稿受付日：2014年10月20日

掲載許可日：2015年8月26日

着後増加の傾向が認められたが有意差はなかった。外側縦アーチパッドは第4・5趾を屈曲させることが判明した。以上のことから外側縦アーチパッドを挿入することにより足趾荷重量を増加させ、立位時の支持基底面を増加し歩行運動を向上させることが示唆された。また、第4・5趾の浮き趾には外側縦アーチパッドが有用であることが判明した。

I 緒言

足は足部（前足部、中足部、後足部）と足関節が含まれ、1つの機能ユニットと考えられる。前足部は末梢から、末節骨、中節骨、基節骨、中足骨で構成される。

前足部の機能は、可動性があり身体の土台として身体を前方に押し出す推進力を地面に伝達する部位である。その中でも足趾は感覚器および効果器として働き、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う^{1),2)}。また歩行時の足趾の機能として体重支持面積を増大させ、他の部位にかかる圧力を補う作用と推進機能の重要性が述べられている³⁾⁻⁶⁾。

このように足趾は重要な役割を担っているが、近年立位時や歩行中に足趾が地面に接地しない浮き趾（図1）が増加傾向にあると言われている。原田らは幼児において1980年に浮き趾の出現率が214名中、右足12名5.61%、左足17名7.94%とわずかであったものが、2000年では102名中、右足54名52.94%、左足51名50%に増加していると報告している⁷⁾。小児だけでなく成人、高齢者においても半数以上が浮き趾を呈し、外側の趾に起こりやすく中でも第5趾の浮き趾が最も多いと報告されている⁸⁾⁻¹³⁾。また、浮き趾者には内側縦アーチが低い者と内側縦アーチが高い者がいることが確認されている。

浮き趾者について運動能力や歩行能力の低下が報告もされており、長谷川らによると浮き趾者は足趾荷重量、足底圧軌跡長が小さく、歩行中の重心の前方移動が困難であることがわかっている¹⁴⁾。また福山らは浮き趾例では運動能力の低下に加え、感覚的要素を含む運動調節能力も低下していることが示唆されたと報告している¹⁵⁾。



図1 浮き趾者の足底
(左足の2・3趾と両第4・5趾が接地不良)

著者による先行研究により、浮き趾者にインソールを用いると各アーチを支持することによって足部アライメントが回復し浮き趾が改善するという知見を得ている¹⁶⁾。しかしインソールが足部のどのアーチに作用することで浮き趾が改善しているのか効果の分離ができていない。

インソールやアーチパッドなどの研究は数多くあり足部アライメントを改善し様々な疾患で効果が認められているが、装着することによって足趾にどのような影響を与えるかという研究は行われていないのが現状である。またインソールの構成要素は内側縦アーチパッド・横アーチパッド・外側縦アーチパッドからなり、内側縦アーチパッドと横アーチパッドの研究は散見されるが外側縦アーチパッドを対象としたものは少ない。大山らは外側縦アーチパッドを付加することにより重複歩幅（重複歩距離）と歩行速度は有意に増大傾向であり、内側縦アーチパッドと横アーチパッドは母趾外転筋・長母趾屈筋・長趾屈筋、外側縦アーチパッドは小趾外転筋・短腓骨筋などが補助されると報告している¹⁷⁾。そのため内側縦アーチパッドは第1趾を屈曲・内転、横アーチパッドは第2・3・4趾を屈曲、外側縦アーチパッド第5趾を屈曲・外転させる効果があると考えられる。これらから第5趾に最も多い浮き趾に外側縦アーチパッドが有用と考えられるがその機能と効果は明らかになっていない。そこで外側縦アーチパッドの装着によって立位時と歩行時の足趾に及ぼす影響を検討することを目的とした。

II 対象と方法

1 対象

足部疾患がない中学生女子30名60足（年齢 13.9 ± 0.9 歳、身長 156 ± 8.2 cm、体重 48.5 ± 3.6 kg、足長 23.1 ± 1.2 cm、足幅 9.0 ± 0.4 cm）を無作為に選択した。30名中15名に4・5趾に後述の浮き趾が観察された。そのため浮き趾群15名、正常群15名とした。

1) 倫理

本研究は新潟医療福祉大学倫理委員会の承認許可（第17270号）を得て行われた。

2 方法

1) 浮き趾スコア（静止立位）

自作のピドスコープを用い、裸足で10cm平行開脚位により直立させ、2m前方の目の高さの目標点を注視させた状態で、足底をデジタルカメラ（Power Shot S120、Canon社製）にて撮影した（図2）。

ピドスコープの画像から左右10本の足趾に対し矢状¹⁸⁾の浮き趾スコアを用いて、足趾が鮮明に写っているものを接地点数2点、不鮮明なものを1点、全く写っていないものを0点とし20点満点としてスコアを求めた。

点数が10点以下のもの、および11点以上であっても1趾でも0点の趾があるものを浮き趾とした。

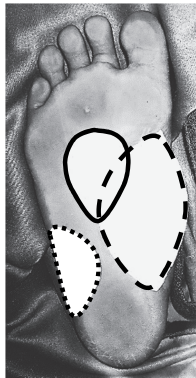


図2 アーチパッド（3軸）

破線：内側縦アーチパッド
実線：横アーチパッド
点線：外側縦アーチパッド

2) 歩行分析

学校指定の内履き靴を用い10m自由歩行させた。予備歩行距離を前後2mとし計測区間10mの計14mとした。各種アーチパッドを足底に貼付して計測を行った。また、10m自由歩行時の歩幅と歩行速度を測定した。

足趾荷重量を足底圧分布測定システムF-SCAN Version5.23（ニッタ株式会社）を用いて測定した。足趾荷重量は10m歩行時の平均値を用いた。

3 実験条件

実験条件は以下の3条件とした。

1. 裸足
2. 外側縦アーチパッド（以下、外側パッド）
3. 3軸アーチパッド（内側縦アーチパッド・横アーチパッド・外側縦アーチパッドを装着：以下、3軸）（図3）

4 アーチパッドの設定

使用材料はEVA（エチレン酢酸ビニルコポリマー：硬度70）を使用し内側縦アーチパッド、横アーチパッド、外側縦アーチパッドを製作した。製作したアーチパッドは以下の通りとした（図3）。

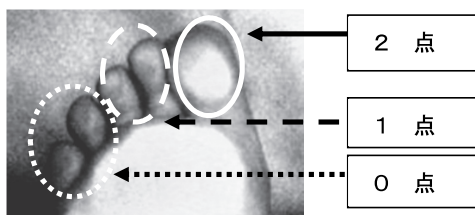


図3 浮き趾スコア

足趾が鮮明に写っているものを接地点数2点、不鮮明なものを1点、全く写っていないものを0点とし20点満点としてスコアを求めた。

1. 内側縦アーチパッド
（高さ：10mm、長さ：10cm、幅：5.5cm）
2. 横アーチパッド
（高さ：5mm、長さ：6cm、幅：5cm）
3. 外側縦アーチパッド
（高さ3mm、長さ：5.5cm、幅：3cm）

5 統計分析

群ごとに3条件の浮き趾スコアと足趾荷重量、歩幅、歩行速度に対しフリードマン順位検定（Friedman's χ^2 r-test）を行い、その後ボンフェローニ補正ウィルコクソン検定（Wilcoxon t-test with Bonferroni correction）を行った。なお有意水準は5%とした。本研究では被験者数が15名のため母集団の正規性を認めることが難しいことからノンパラメトリック検定を使用した。

III 結果

1 静止立位（表1）

・浮き趾群

外側縦アーチパッドにより15名全例において浮き趾が消失し、裸足に比べ $P<0.01$ で有意に浮き趾スコアの増加が認められた。

3軸アーチパッドにより15名全例において浮き趾が消失し、裸足に比べ $P<0.01$ で有意に浮き趾スコアの増加が認められた。また外側と比較し $P<0.05$ で有意に浮き趾スコアが増加した。

・正常群

外側縦アーチパッドと3軸アーチパッド装着後、足趾の接地状況に有意な変化は見られなかった。

表1 浮き趾スコア

	裸足	外側	3軸
浮き趾スコア	11.2 ± 1.8	15.4 ± 1.0	16.7 ± 1.9
	裸足－外側	裸足－3軸	外側－3軸
有意差	**	**	*
	$P<0.05=*$		$P<0.01=**$

2 歩行分析（図4）

・浮き趾群

1) 足趾荷重量（F-SCAN）

裸足で第4・5趾どちらも歩行時に足趾の接地が認められた。しかし足趾荷重量は外側・3軸では裸足と比較し有意に増加した（表2）。第1趾の裸足と外側の間に有意差はなかった。また外側と3軸では有意に3軸の荷重量が大きかった。

2) 歩行速度と歩幅（表3）

3軸では裸足と比較し、歩行速度は $P<0.05$ で歩幅は $P<0.01$ で有意に増加した。他条件間では増加傾向にあったが有意差はなかった。

・正常群

1) 足趾荷重量

3 軸では裸足に比較し、有意に荷重量が増加した(表2)。外側は裸足に比較し第1・4・5趾で有意差があった。また外側と3軸では有意に3

軸の荷重量が大きかった。

2) 歩行速度と歩幅

裸足に比べ外側と3軸は速度、歩幅ともに増加傾向にあったが有意差は認められなかった。



図4 足趾接地の変化と歩行中の圧力の変化

(左：裸足、中：外側、右：3軸)

圧力の等圧線：歩行中の荷重量

写真：静止立位時の足趾接地の変化

表2 足趾荷重量

	<div> <div>□ 1趾</div> <div>▤ 2趾</div> <div>▥ 3趾</div> <div>▧ 4趾</div> <div>■ 5趾</div> </div>					
	浮き趾群			正常群		
	裸足	外側	3軸	裸足	外側	3軸
第1趾	5.9 ± 1.2	6.4 ± 1.2	7.8 ± 1.2	9.5 ± 1.2	10.1 ± 1.2	11.2 ± 1.2
第2趾	0.9 ± 0.3	1.3 ± 0.2	1.8 ± 0.3	1.6 ± 0.3	1.8 ± 0.3	2.0 ± 0.4
第3趾	1.0 ± 0.3	1.2 ± 0.3	1.8 ± 0.4	1.4 ± 0.4	1.7 ± 0.4	1.9 ± 0.5
第4趾	0.7 ± 0.3	1.2 ± 0.4	1.7 ± 0.3	1.4 ± 0.3	1.8 ± 0.5	2.1 ± 0.6
第5趾	0.4 ± 0.2	1.2 ± 0.4	1.5 ± 0.3	1.3 ± 0.3	1.7 ± 0.4	1.9 ± 0.5
	裸足－外側	裸足－3軸	外側－3軸	裸足－外側	裸足－3軸	外側－3軸
第1趾	n.s.	**	**	*	**	*
第2趾	*	**	*	n.s.	*	*
第3趾	*	**	*	n.s.	*	*
第4趾	**	**	*	*	*	*
第5趾	**	**	**	*	*	*

n.s.=有意差なし P<0.05=* P<0.01=**

表3 歩行分析

	裸足	3軸	有意差
歩行速度(km/h)	3.7 ± 0.4	3.9 ± 0.4	*
歩幅(m)	0.61 ± 0.07	0.66 ± 0.07	**
	P<0.05=* P<0.01=**		

IV 考察

外側縦アーチは踵骨、立方骨、第4・5中足骨により構成され、立方骨と踵立方関節が要になっている。関節は距骨下関節、踵立方関節、外側リスフラン関節で筋は長腓骨筋と短腓骨筋と小趾外転筋で構成されている。外側縦アーチは体重をかけることによって減少し、または消失することがあると言われている¹⁹⁾。浮き趾の有無にかかわらず外側パッドで足趾荷重量が増加したことから、荷重時に外側縦アーチを支持し、アーチ挙上を担当する筋群が補助されたと示唆された。長腓骨筋と短腓骨筋は足関節を底屈・外反させる（後者は同時に第5中足骨頭を引く）小趾外転筋は小趾を屈曲・外転させる。この筋群の中でも表層にある小趾外転筋がアーチパッドにより外側縦アーチが支持されたことによって、効率的な筋機能が発揮され第4・5趾を屈曲させる力が働き、浮き足改善し足趾荷重量が増加したと考えられた。

加辺らは、母趾は「支持作用」、第2～5趾は「重心を中心に戻す作用」を持つと報告されている²⁰⁾。また大山らは外側縦アーチパッド付加により、足底の筋群を補助し、立脚期での外側への動揺を減少させ、母趾方向への誘導を補助して推進力を増大させていると述べている¹⁷⁾。これらから先行研究と同様に外側パッドで第4・5趾が接地し歩行中の外側への動揺が減少したと考えられた。

浮き趾群の外側パッドで15名全例の浮き趾が改善されたことから、外側縦アーチパッドの有無によって浮き趾への効果が大きく変化すると判明した。長谷川らは浮き趾者は足趾荷重量、足底圧中心軌跡長が小さく、歩行中の重心の前方移動が困難であることが報告されている²¹⁾。今回の結果から浮き趾者に外側縦アーチパッドを使用することによって、足趾荷重量を増加させ歩容を改善させる可能性が示唆された。しかし浅井らは静止立位時における足趾の不接地が身体重心の後方偏移を引き起こすことを報告しており、重心の後方偏移が浮き趾に関係しているのではないかと述べている²²⁾。アーチパッドが静止立位時の重心移動に及ぼす影響は明確になっていないがアーチパッドが中足部を挙上させ、重心の前方移動を促したことも考えられるため、今後重心動揺計による計測が必要だと考えられた。

外側縦アーチパッドは浮き趾に有用であるが裸足より外側パッド、外側パッドよりも3軸と有意に足趾荷重量が増加した。足部の内側・横・外側アーチは独立して形成されるものではなく、骨格のドーム構造を共有するため互いに影響し合う。降下している内側縦アーチをサポートするには、内側縦アーチの後部とともに立方骨をサポートして踵立方関節を安定させることが必要であると言われている²³⁾。3軸の装着で足趾荷重量が増加した

ことから、各々のパッドの相乗効果によりアーチパッドの効果を増大させ、足趾の機能が向上し安定した支持基底面と歩行時の推進力を増大させ歩行速度の上昇と歩幅の増加につながったと考えられた。

アーチパッドの装着により足趾が屈曲する。その結果歩行中の足趾荷重量が増加することが認められた。また外側パッドで浮き趾群と正常群共に有意に第4・5趾の足趾荷重量が増加したことから、浮き趾の有無にかかわらず外側縦アーチパッドは足趾を屈曲させることがわかった。これらから外側縦アーチパッドは足趾に重要な役割を果たしていると考えられた。

V 結語

外側縦アーチパッドの装着により浮き趾群、正常群共に足趾荷重量が増加したことから、浮き趾の有無にかかわらず外側縦アーチパッドは足趾を屈曲させ足趾荷重量を増加させることが判明した。足趾機能の向上により、立位時の安定した支持基底面と歩行時の推進力を増大させることが示唆された。

文献

- 1) 長谷川正哉, 金井秀作, 坂口顕ら: 足趾機能が歩行に与える影響, 理療の臨研, 15: 53-56, 2006.
- 2) 加辺憲人: 足趾の機能, 理学療法科学, 18(1): 41-48, 2003.
- 3) 門野邦彦, 田中康仁, 阪本達哉ら: 歩行時の各趾における圧分布の測定—荷重時足部X線撮影と圧計測センサーシステムを併用した足低圧分析法を用いて—, 日本足の外科学会雑誌, 20(1): S68, 1999.
- 4) 宮崎昌利: 歩行時における足趾の動きとその役割, 日整会誌, 67: 606-616, 1993.
- 5) Stokes, I. A. F, Hutton, W. C, Stott, J. R. R, et al.: Forces under the hallux valgus foot before and after surgery. Clin Orthop, 142: 64-72, 1979.
- 6) Ctercteko G. C, Dhanendran M, Hutton W. C, et al.: Vertical forces acting on the feet of diabetic patients with neuropathic ulceration, Br J Surg, 68(9): 608-614, 1981.
- 7) 原田碩三: 幼児の1980年と2000年の足について, 靴の医学, 15: 14-18, 2001.
- 8) 内田俊彦, 藤原和朗, 高岡淳: 幼稚園児の足型測定(第4報), 靴の医学, 18(2): 52-56, 2004.
- 9) 内田俊彦, 藤原和郎, 高岡淳ら: 小学校5, 6年生の足型計測, 靴の医学, 15: 19-23, 2001.
- 10) 三村寛一, 織田恵輔, 北野裕大ら: 幼児期における

- ピドスコープを用いた接地足蹠測定, 大阪教育大学紀要, 58 (1): 213-222, 2010.
- 11) 三村寛一, 田中真由美, 辻本健彦ら: 小学生におけるピドスコープを用いた接地足蹠と運動能力に関する研究, 大阪教育大学紀要, 58 (2): 213-222, 2010.
 - 12) 恒屋昌一, 白井永男: 健常成人における直立時の足趾接地の実態, 理学療法学, 33 (1): 30-37, 2006.
 - 13) 恒屋昌一, 芝山江美子, 南里有希ら: 地域在住 高齢者における直立時の足趾接地の実態, 理学療法学, 34 (2): 277, 2007.
 - 14) 福山勝彦, 小山内正博, 丸山仁司: 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 (5): 683-687, 2009.
 - 15) 長谷川正哉, 島谷康司, 金井秀作ら: 静止立位時の足趾接地状態が歩行に与える影響, 理学療法科学, 25 (3): 437-441, 2010.
 - 16) 阿部真典, 菊地義浩, 阿部薫ら: 浮き趾者における足底挿板の有用性の検討, 靴の医学, 25: 14-18, 2011.
 - 17) 大山貴裕, 横尾浩, 永山理恵ら: 外側縦アーチパッド付加による歩行の変化, 靴の医学, 19 (2): 37-40, 2005.
 - 18) 矢作毅, 根本光明, 福山勝彦: 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: 65-71, 2004.
 - 19) 石塚忠雄: 新しい足と靴の医学, 第1版, 金原出版株式会社, 東京, 7-8, 1992.
 - 20) 加辺憲人, 黒澤和生, 西田裕介ら: 足趾が動的姿勢制御に果たす役割に関する研究, 理学療法科学, 17 (3): 199-204, 2002.
 - 21) 長谷川正哉, 島谷康司, 金井秀作ら: 静止立位時の足趾接地状態が歩行に与える影響, 理学療法科学, 25 (3): 437-441, 2010.
 - 22) 浅井仁, 奈良勲, 立野勝彦ら: 立位姿勢保持における足指の作用に関する研究, 理学療法ジャーナル, 23 (2): 137-141, 1989.
 - 23) 蒲田和芳, 福林徹, 山内弘喜ら: 足部スポーツ障害治療の科学的基礎, 第1版, 三報者印刷株式会社, 東京, 164-171, 2012.