

原著

ピドスコープ機器利用による足裏の形態測定値及び浮き趾・土踏まず判定値の検討

浮田咲子¹⁾, 出村愼一²⁾, 亀岡雅紀³⁾, 出村友寛⁴⁾

A Study on the Shape Values of the Sole and the Judgement Values of Floating Toe and Arch Using a Pedoscope Device

Sakiko UKITA¹⁾, Shinichi DEMURA²⁾, Maki KAMEOKA³⁾ and Tomohiro DEMURA⁴⁾

Abstract

This study aimed to examine the degree of agreement of shape and floating toe and arch judgement values of the sole shape measured by the Pedoscope device, which measures a person's soles while they are standing. The subjects were 90 university students. After measuring five foot images (i.e. the initial sole shape) first, the following were examined: the reliability and objectivity of the measured shape values and the judgement values of the initial sole shape, the relationships between the values of the five sole shapes and the relationships between the values of the initial foot shape and the randomly selected single sole shape.

In the results of the analysis, the reliability and objectivity of the shape values and judgement values of the initial sole shape were very high. A significant difference was found in one part of the shape values of the five sole shapes, and the judgement values were not in perfect agreement. Significant differences existed between the initial sole shape and the randomly selected single sole shape despite the small effect size. Also, the judgements of the floating toes and the arch were not in perfect agreement. A significant difference was found in one part of the left and right shape values of the initial sole shape and the randomly selected single sole shape. There was no significant difference in the judgement values, but they were not in perfect agreement. In conclusion, the sole shape values and the judgement values of the floating toes and arch of the sole shapes, which are continuously measured by the Pedoscope device, are seldom same. It will be necessary to unify the time of measurement or the selection of the representative sole.

キーワード：足裏形態, 浮き趾, 土踏まず, 信頼性, 客観性

Keywords : sole shape, floating toe, arch, reliability, objectivity

1) 関東学院大学 教育学部
〒236-8503 横浜市金沢区六浦東1-50-1

2) 金沢大学人間社会科研究域
〒920-1192 石川県金沢市角間町

3) 新潟大学 新潟大学経営戦略本部
〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050番地

4) 仁愛大学 人間生活学部
〒915-8586 福井県越前市大手町3-1-1

1) College of Education, Kanto Gakuin University
1-50-1 Mutsuura-higashi, Kanazawa-ku, Yokohama, Kanagawa, Japan (236-8503)

2) College of Human and Social Sciences, Kanazawa University
Kakuma-machi, Kanazawa, Ishikawa, Japan (920-1192)

3) Management and Strategic Planning, Niigata University
8050 Ikarashi Ninocho, Nishi, Niigata, Niigata, Japan (950-2181)

4) Faculty of Human Life, Jin-Ai University
3-1-1 Odecho, Echizen, Fukui, Japan (915-8586)

I. 序 論

近年, 転倒予防³⁴⁾, 立位時の姿勢の安定性³⁰⁾, 足趾接地状態^{9,10,11)}等の種々の観点から, 足裏に関心が向けられ, 子どもだけでなく, 高齢者を含む成人の足裏に関しても多くの研究が行われている。しかし, 足裏形態の測定法, あるいは浮き趾判定法^{1,4,13,24,42,44)}や土踏まずの判定法^{4,24,42,43)}は各研究者間において必ずしも統一されていない。各研究において利用する測定法や判定法が異なれば, 得られる知見も異なると考えられる。

足裏は, 以前は墨汁もしくはそれに類似する物を足裏に塗り, それを紙に写しとり測定された(以下, 墨汁法)。最近, 手軽さと被験者の身体的負担を考慮し, 足裏はパイロット社製「手形・足形」, 接地足跡撮影装置(ピドスコープ), あるいは足裏バランス測定装置フットルックを利用して測定されている(以下, それぞれパイ法, ピド法, フット法とする)。墨汁法やパイ法は, 座位姿勢から立位し座位姿勢に戻る際の足裏を映し撮って測定する^{37,38,39,41,42,43)}が, ピド法やフット法は, 立位姿勢時の足裏の画像を利用する^{2,22,32)}。ピド法は, ピドスコープ上に乗るだけで足裏画像が測定されるため, 足裏研究において多用されている^{17,19,22,27,31,45)}。ピド法の場合も, 墨汁法やパイ法と同様に, 検者が撮影された足裏画像に基づき, 足裏形態を計測・判定する。足長, 足幅, 踵幅, 等の計測は, 検者が足裏の外側・内側線, H線, 等を引く必要がある¹²⁾。また, 浮き趾や土踏まずの有無は検者が判定する。よって, 足裏形態の計測, 浮き趾や土踏まずの判定には, パイ法と同様に, 検者の主観が介入する。しかし, これまで足裏の計測値や判定値の信頼性に関する報告は非常に限られる^{9,19,36,40)}。

足裏中心位置は立位姿勢時に常に変動している³³⁾。体重負荷は, 重心が前方移動時には足趾に, 重心が後方移動時には踵部分にかかるため, 立位姿勢時の足裏を測定するピド法の場合, 重心変動に伴い足趾や踵の接地面も微妙に変動すると考えられる。内田ら⁴⁴⁾と加

城ら¹⁸⁾は, 幼児を対象とし, 恒屋と臼井ら³⁶⁾は, 16歳から49歳までの男女を対象とし姿勢が安定した時の足裏を測定している。また春日ら¹⁹⁾は, 幼児を対象に体重が両足に均等にかかった時の足裏を測定している。松田ら²⁴⁾は, 幼児を対象に, 立位姿勢の安定確認後から足裏を5回連続で撮影している。宮口と出村²⁷⁾は, 幼児を対象とし, 2回足裏を測定し足圧中心動揺の小さい足裏を採用している。測定時点が明記されていない報告もある^{31,45)}。以上の如く, これまで, ピド法を利用して多くの足裏研究が行われている^{18,19,24,27,31,36,44,45)}が, 各研究における足裏の測定時点や足裏形態の計測・判定に利用する足型は必ずしも同じではない。幼児の場合, ピドスコープ上で安定した立位姿勢を30秒以上保つのは困難である^{8,16,28)}と考えられる。よって, 足裏の計測値や判定値の信頼性や客観性を検討する場合, 被験者として, 研究の主旨を理解し, 1分以上の安定姿勢を保持可能な成人(青年)が適切と判断される。

本研究は, 大学生を対象に, ピド法による足裏形態の計測値及び浮き趾と土踏まず判定値の信頼性と客観性, そして5枚の足裏画像に基づく足型の足裏形態の計測値及び判定値の一致度を検討することを目的とした。

II. 方 法

1. 被験者

被験者は, 本研究の主旨を理解し, ピドスコープ上にて5分以上の立位安定姿勢の維持が可能と判断されるM大学生男子45名(年齢 21.0 ± 1.12 歳, 身長 179.2 ± 6.25 cm, 体重 75.2 ± 11.09 kg, BMI 23.3 ± 2.24 kg/m²), 女子45名(年齢 20.6 ± 1.20 歳, 身長 160.2 ± 5.86 cm, 体重 57.7 ± 8.62 kg, BMI 22.5 ± 3.30 kg/m²)の90名であった。全ての被験者に対し, 事前に依頼書で本研究の趣旨及び方法を説明した。そして, 本研究への協力は自由であり, 辞退や途中棄権しても何ら不利益がないこと, 得られたデータは個人が特定できないよう管理し, 本研究以外に用いないことを説明し, 同意が得られ

た被験者を対象とした。本研究は、K大学のヒトに関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：H2019-4-3）。

2. 足裏の測定器と測定及び計測法

足蹠測定は、接地足蹠撮影装置（ピドスコープ VTS-151, サカモト社製）を利用して行われた（以下、ピド法）。先行研究²⁴⁾を参考に、次の手順で足裏を測定（撮影）した。検者は、①被験者に測定器上に裸足で両足の内側線を5～10cm離し、両腕を体側に自然に垂らした直立姿勢をとるように指示する。②前方直視を指示後、足裏画面により両足に体重が均等にかかっていることを確認し測定を開始する（以下、初期足型）。③足裏は、松田ら²²⁾の研究を参考に、初期足型を含む連続5枚撮影する。なお、初期足型は、動揺の最も安定している時点の画像と仮定され、多くの先行研究^{1,3,19,24,26,36,44)}により利用されている。測定は、午前中（10時～12時）に実施した。なお、本研究では被験者の足裏（足型）を撮影する行為を“測定”，撮影した足裏に基づき足長、足幅、等を測定することを“計測”と区別した。

3. 初期足型の足裏形態の計測値、及び判定値の信頼性と客観性の検討

身長や脚長のような形態の測定値は、パワーや敏捷能力のような体力要因の測定値より信頼性や客観性は高く、また、信頼性は妥当性や客観性に比べて高い⁵⁾。よって、形態の測定値の場合は、一般に測定値の信頼性のみが検討される。しかし、主観的判断が介入する測定の場合は、信頼性に加えて客観性の検討が不可欠である。本研究では、信頼性に関しては、初期足型を足裏形態の計測値及び判定値の検者内信頼性（試行間信頼性）により、そして客観性に関しては、初期足型を2人の検者の計測値及び判定値の検者間信頼性（客観性）により検討した。2人の検者は、足裏測定及び足裏形態の計測経験を有する研究者であった。

ピド法を利用する足裏研究では、主に姿勢

が安定している時点の足型（本研究における初期足型）が計測に利用されている^{17,40)}。一方、松田ら^{24,25)}は初期足型を含む5枚の足型（以下、5枚足型）、あるいは5枚足型からランダム選出した1枚の足型を利用している。本研究では、5枚足型の足裏形態の計測値及び判定値の一致度と、初期足型と他の4枚足型からランダム選出した1枚の足型（以下、ランダム足型）の足裏形態の計測値及び判定値の関係も検討した。また、松田ら²⁴⁾は、浮き趾判定において、測定した5枚足型の内、4枚の足裏に足趾の接地がみられない場合、浮き趾ありと判定している。本研究では、5枚の足型に基づく足裏形態の計測値及び判定値の一致度と、初期足型と他の4枚の足型からランダム選出した1枚の足型の足裏形態の計測値及び判定値の一致度を検討した。

4. 計測方法

我々は、ピド法に従い測定された足裏画像を印刷し、印刷した上にトレース紙をテープで止め、足裏画像を映し取った後、足裏形態を計測し、浮き趾と土踏まずの有無を判定した。

1) 足裏形態の計測

本研究では、左右足の足長、足幅、踵幅、足裏中心位置（距離）、及び土踏まずを足裏形態の指標として選択し、原田と原田¹²⁾の方法に従い計測した（図1-1～図1-3）。計測は、まず足裏の内側と外側の側線を引き、その交点Aと第2趾の中央とを結ぶH線を引き（図1-1）、次の如く、足長、足幅、踵幅、土踏まず、及び足裏中心位置¹²⁾を計測した。

足長：H線と直行する踵接線を引き、同じくH線と直行する踵から最も遠い趾先接線を引き、平行な二つの接線の距離を計測（図1-1）。

足幅：内側の側線上の第1中足骨端と外側の側線上の第5中足骨端を結び、その長さを計測（図1-2）。

踵幅：足長を100%としてH線上の踵接線から16%（踵骨の接点と最大幅）の点⁴⁶⁾を確認し、その点を通る踵の最大幅

を計測¹²⁾。

土踏まず指標 (以下, 土踏まず): H線と直交する小趾側にくびれた最大距離を計測。

土踏まずは, 足部のアーチである足底弓蓋をいい, 第1中足骨頭と踵骨隆起の間で構成される内側アーチ, 第5中足骨頭と踵骨隆起の間で構成される外側アーチ, そして第1中足骨頭と第5中足骨頭の間の前側アーチからなる³²⁾。土踏まずは, 一般に内側アーチのくぼみ (図1-2) のことを言う¹²⁾。

足裏中心位置: 原田と原田¹²⁾の方法に従い, 接線と内側線及び外側線の交点をそれぞれBとCとし, BからAC線の中点, CからAB線の中点に引いた線の交点(G)を求め, そのGから踵接線までの距離を計測 (図1-3)。

2) 浮き趾及び土踏まずの判定

浮き趾は, 原田と原田¹²⁾の方法に従い, 5本中1本でも足趾の跡がない場合 (図1-3の第5趾の波線の場所)「浮き趾あり」と判定した。土踏まずは, 平澤¹⁵⁾の方法に従い, 前述のH線より小趾側にくびれている場合 (図1-2の土踏まず指標の場所)「土踏まずあり」

と判定した。したがって, 土踏まずの距離がプラスの場合は土踏まずありと判定される。なお, 浮き趾に関しては, 前述した松田ら²⁴⁾の判定法を利用して検討した。

5. 統計処理

足裏計測値の級内相関係数 (Intraclass Correlation Coefficients: ICC) の内, 検者内信頼性はICC (1, 1) により, 検者間信頼性はICC (2, 1) により検討した⁷⁾。ICCの判定基準として, Currierの基準³⁵⁾を参考にICCが0.70以上の場合大きいと判断した。浮き趾及び土踏まずの判定の一致度はCohenのカッパ係数 κ 係数 (Kappa coefficient) により検討した。 κ は1に近いほど判定が一致していることを意味し, 0.21~0.40おおむね一致, 0.41~0.60適度に一致, 0.61~0.80はかなり一致, 0.81~1.00は殆ど一致と判定する²¹⁾。なお, $\kappa = 1.0$ は完全一致 (100%一致) を意味する。試行平均値間の差は, 対応のある一要因分散分析により検討し, 効果量の目安として η^2 を算出し, 判定基準²⁹⁾として, 0.01を小, 0.06を中, 0.14を大とした。また, 2つの平均差は, Cohenの効果量d (小:0.2以下, 中:0.5, 大:

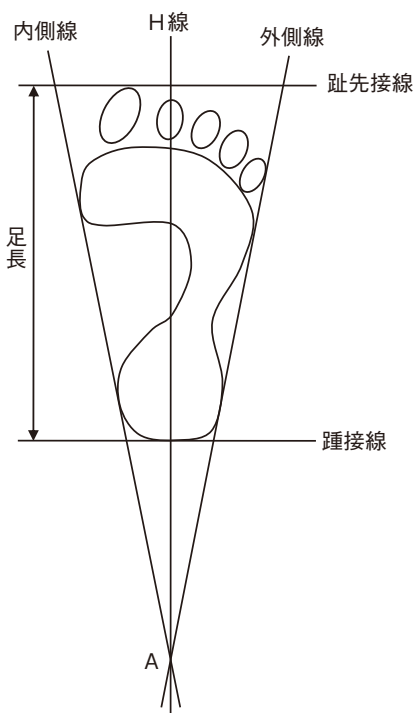


図1-1 足長の計測

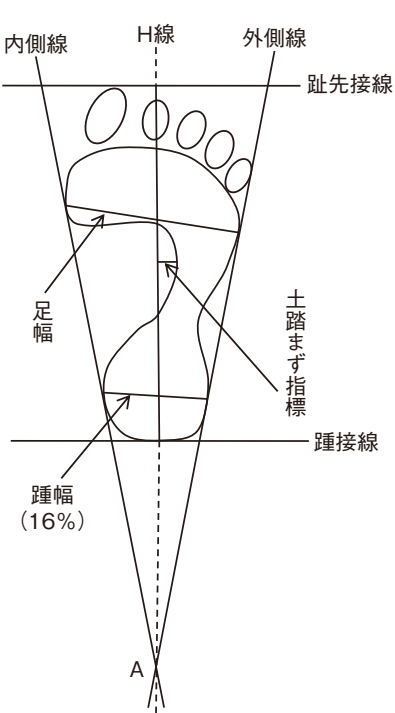


図1-2 足幅,踵幅,および土踏まず指標の計測

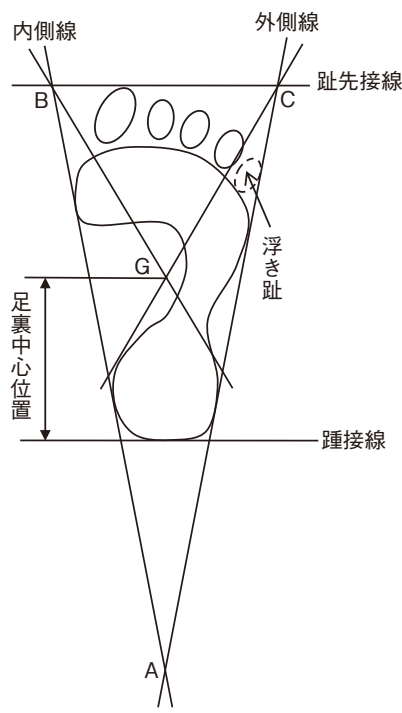


図1-3 足裏中心位置の計測

0.8以上)により差の程度を評価した。また、複数の判定比率の差は、関連比率の差の検定を利用した⁵⁾。なお、有意水準は5%を選択した。

Ⅲ. 結 果

1. 足裏計測値及び判定値の信頼性と客観性

表1-1は、初期足型の2回の足裏計測値の基礎統計値、分散分析の結果、及び信頼性係数(ICC)を示している。いずれの計測値も平均値に有意差は認められず、ICCは0.979以上であった。

表1-2-1は、初期足型の2回の浮き趾の判定度数と検定結果を、表1-2-2は、初期足型

の2回の土踏まずの判定度数と検定結果を示している。浮き趾の場合、2回の判定において、右足は90名中55名が「あり」、35名が「ない」と判定された。完全一致率(p_o)は $p_o = \sum n_{ij}/n = (55 + 35)/90 = 1.000$ 、偶然一致率(p_c)は $p_c = \sum (n_i \cdot n_j) / n^2 = (55 \times 55 + 35 \times 35) / 90^2 = 0.525$ 、一致率(カッパ係数) $\kappa = (p_o - p_c) / (1 - p_c) = (1.000 - 0.525) / (1 - 0.525) = 1.000$ で有意な値であった。左足は、90名中、2回とも61名が「あり」、29名が「ない」と判定され、 κ は左右足とも1.000であった。土踏まずは、右足は90名中、2回とも86名が「あり」と判定され、左足は2回とも82名が「あり」と判定され、左右足共に κ は1.000であった。いずれの κ も有意な値であった。

表1-1 初期足型の2回の足裏計測値の基礎統計値、分散分析の結果、及び信頼性係数(ICC)(n=90)

		計測1		計測2		分散分析		ICC
		M	SD	M	SD	F値	P値	
右足	足長 (cm)	23.4	±1.45	23.4	±1.46	4.23	0.043	0.997
	足幅 (cm)	9.5	±0.73	9.5	±0.71	0.39	0.535	0.994
	踵幅 (cm)	4.9	±0.45	4.9	±0.45	0.22	0.640	0.988
	足裏中心位置 (cm)	11.1	±1.22	11.1	±1.24	0.03	0.856	0.989
	土踏まず指標 (cm)	1.2	±0.76	1.2	±0.76	1.00	0.320	0.996
左足	足長 (cm)	23.4	±1.44	23.4	±1.45	0.04	0.849	0.998
	足幅 (cm)	9.3	±0.66	9.3	±0.65	0.73	0.395	0.979
	踵幅 (cm)	5.0	±0.45	5.0	±0.45	0.00	1.000	0.992
	足裏中心位置 (cm)	10.9	±1.34	10.9	±1.36	0.90	0.346	0.997
	土踏まず指標 (cm)	1.1	±0.78	1.0	±0.79	0.96	0.330	0.980

*: $P < \alpha'$ は、表中の確率Pが名義水準 α' ($=P/5=0.05/5=0.01$)より小さいことを意味する。

表1-2-1 初期足型の2回の浮き趾の判定度数と検定結果(n=90)

	1回目			1回目				
	右足			左足				
	あり	ない		あり	ない			
2回目	あり	55	0	55	あり	61	0	61
	ない	0	35	35	ない	0	29	29
		55	35	90		61	29	90
	$\kappa = 1.000$ z = 8.979*			$\kappa = 1.000$ z = 8.308*				

*: $P < 0.05$

表2-1は、初期足型を2人の検者が計測した足裏計測値の基礎統計値、分散分析の結果、及び級内相関係数(ICC)を示している。なお、検者1の資料は、1回目の計測値を利用して

表1-2-2 初期足型の2回の土踏まずの判定度数と検定結果(n=90)

	1回目			1回目				
	右足			左足				
	あり	ない		あり	ない			
2回目	あり	86	0	86	あり	82	0	82
	ない	0	4	4	ない	0	8	8
		86	4	90		82	8	90
	$\kappa = 1.000$ z = 2.874*			$\kappa = 1.000$ z = 4.148*				

*: $P < 0.05$

いる。右土踏まずの平均値に有意差が認められたが、他のいずれの形態平均値にも有意差は認められず、ICCは0.761~0.985の範囲であった。

表2-1 2人の検者による初期足型の計測値の一致度(n=90)

		検者1		検者2		分散分析		効果量	
		M	SD	M	SD	F値	P値	ICC	Cohen's d
右足	足長 (cm)	23.4	±1.46	23.4	±1.47	0.02	0.897	0.985	0.002
	足幅 (cm)	9.5	±0.73	9.4	±0.75	0.19	0.666	0.761	0.032
	踵幅 (cm)	4.9	±0.45	4.9	±0.46	0.94	0.336	0.914	0.043
	足裏中心位置 (cm)	11.1	±1.23	11.2	±1.29	0.23	0.635	0.891	0.024
	土踏まず指標 (cm)	1.2	±0.76	1.1	±0.74	13.34	0.000*	0.950	0.116
左足	足長 (cm)	23.4	±1.45	23.5	±1.48	4.25	0.042	0.984	0.039
	足幅 (cm)	9.3	±0.67	9.3	±0.69	0.45	0.506	0.964	0.019
	踵幅 (cm)	5.0	±0.45	5.1	±0.44	0.92	0.339	0.875	0.051
	足裏中心位置 (cm)	10.9	±1.35	10.8	±1.42	0.95	0.334	0.908	0.045
	土踏まず指標 (cm)	1.1	±0.78	1.0	±0.81	1.11	0.295	0.940	0.039

*P<α'は,表中の確率Pが名義水準α'(=P/5=0.05/5=0.01)より小さいことを意味する.

表2-2-1は, 2人の検者の浮き趾の判定結果を, 表2-2-2は, 2人の検者の土踏まず有無の判定結果を示している. 浮き趾の場合, 右足は, 2人により90名中40名を「あり」, 39名を「ない」と判定された. 判定が異なった人数は11名で, κは0.756であった. 左足は,

2人により90名中57名を「あり」, 27名を「ない」と判定された. 6名は判定が異なり, κは0.850であった. 土踏まずの場合, κは右足0.656, 左足0.805であった. 土踏まずの右足のκのみ有意でなかった.

表2-2-1 2人の検者による初期足型の浮き趾の判定値の一致度(n=90)

	検者1			検者2	検者1		
	右足		左足		左足		
	あり	ない	合計	あり	ない	合計	
検者2 あり	40	3	43	57	2	59	κ = 0.756 z = 7.156*
検者2 ない	8	39	47	4	27	31	
合計	48	42	90	61	29	90	κ = 0.850 z = 7.177*

*: P<0.05

表2-2-2 2人の検者による初期足型の土踏まずの判定値の一致度(n=90)

	検者1			検者2	検者1		
	右足		左足		左足		
	あり	ない	合計	あり	ない	合計	
検者2 あり	86	2	88	80	1	81	κ = 0.656 z = 1.629
検者2 ない	0	2	2	2	7	9	
合計	86	4	90	82	8	90	κ = 0.805 z = 3.451*

*: P<0.05

2. 足裏計測値及び判定値間の一致度

表3-1は, 初期足型と連続測定した他4枚の足型の足裏計測値の基礎統計値, 分散分析の結果, 及び効果量(η²)を示している. 右足は足幅, 踵幅, 足裏中心位置, 及び土踏まず, 左足は土踏まずの平均値に有意差が認められ, η²は0.000~0.011の範囲であった.

表3-2-1は, 5枚足型の浮き趾の判定度数

(比率)と検定結果, 表3-2-2は, 5枚足型の土踏まずの判定度数(比率)と検定結果を示している. 浮き趾の場合, 「あり」は右足55.6~64.4%, 左足56.7~67.8%, 土踏まずの場合, 「あり」は右足94.4~96.7%, 左足88.9~91.1%で, 浮き趾及び土踏まず共に左右足の比率に有意差はなかった.

表3-1 5枚の足型の足裏計測値の基礎統計値,分散分析の結果,及び効果量(η^2) (n=90)

		初期足型		2枚目		3枚目		4枚目		5枚目		分散分析		効果量 (η^2)
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	F値	P値	
右足	足長 (cm)	23.4	±1.45	23.4	±1.42	23.4	±1.45	23.4	±1.46	23.4	±1.43	0.15	0.963	0.000
	足幅 (cm)	9.5	±0.73	9.5	±0.71	9.5	±0.69	9.5	±0.77	9.5	±0.72	4.02	0.003*	0.002
	踵幅 (cm)	4.9	±0.45	5.0	±0.46	5.0	±0.49	4.9	±0.46	4.9	±0.45	3.53	0.008*	0.005
	足裏中心位置 (cm)	11.1	±1.22	11.1	±1.28	11.1	±1.32	11.4	±1.38	11.4	±1.29	8.83	0.000*	0.011
	土踏まず指標 (cm)	1.2	±0.76	1.1	±0.74	1.1	±0.73	1.1	±0.73	1.1	±0.69	3.59	0.007*	0.002
左足	足長 (cm)	23.4	±1.44	23.5	±1.45	23.5	±1.44	23.4	±1.44	23.4	±1.43	2.73	0.029	0.000
	足幅 (cm)	9.3	±0.66	9.3	±0.65	9.3	±0.63	10.4	±10.38	9.3	±0.63	1.12	0.347	0.010
	踵幅 (cm)	5.0	±0.45	5.1	±0.42	5.1	±0.44	5.1	±0.45	5.1	±0.41	3.06	0.017	0.004
	足裏中心位置 (cm)	10.9	±1.34	10.8	±1.38	10.8	±1.34	12.1	±10.38	10.9	±1.34	1.21	0.307	0.010
	土踏まず指標 (cm)	1.0	±0.78	1.0	±0.77	0.9	±0.78	0.9	±0.77	0.9	±0.76	9.59	0.000*	0.008

*P< α 'は,表中の確率Pが名義水準 α' (=P/5=0.05/5=0.01)より小さいことを意味する.

表3-2-1 5枚の足型の浮き趾判定と一致度(n=90)

	初期足型		2枚目		3枚目		4枚目		5枚目	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
右足 あり	55	61.1	58	64.4	57	63.3	53	58.9	50	55.6
右足 なし	35	38.9	32	35.6	33	36.7	37	41.1	40	44.4
左足 あり	61	67.8	59	65.6	58	64.4	54	60.0	51	56.7
左足 なし	29	32.2	31	34.4	32	35.6	36	40.0	39	43.3

右足: χ^2 (df=4) = 1.918, ns 左足: χ^2 (df=4) = 5.902, ns
ns : not significant

表3-2-2 5枚の足型の土踏まずの判定と一致度(n=90)

	初期足型		2枚目		3枚目		4枚目		5枚目	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
右足 あり	85	94.4	85	94.4	86	95.6	87	96.7	87	96.7
右足 ない	5	5.6	5	5.6	4	4.4	3	3.3	3	3.3
左足 あり	82	91.1	81	90.0	80	88.9	81	90.0	80	88.9
左足 ない	8	8.9	9	10.0	10	11.1	9	10.0	10	11.1

右足: χ^2 (df=4) = 1.047, ns 左足: χ^2 (df=4) = 0.339, ns
ns : not significant

表4-1は, 初期足型及びランダム足型の足裏形態の基礎統計値, 及び平均値の差の検定結果を示している. 右足の土踏まず, 左足の足長, 踵幅, 及び土踏まずの平均値間に有意差が認められたが, 効果量は0.004~0.238の範囲であった.

表4-2-1は, 浮き趾における初期足型とランダム足型の判定の一致度の検定結果を, 表4-2-2は, 土踏まずにおける初期足型とランダム足型の判定の一致度の検定結果を示している. 浮き趾の場合, 右足は, 48名が両足型

共に「あり」, そして28名が「ない」と判定された. κ は0.673であった. 左足は, 52名が両足型共に「あり」, そして24名が「ない」と判定された. κ は0.656であった. いずれの κ も有意な値であった. 土踏まずの場合, 右足は, 両足型共に86名が「あり」, そして2名が「ない」と判定され, κ は0.656であった. 左足は, 80名が両足型共に「あり」, そして8名が「ない」と判定され, κ は0.877であった. 土踏まずの右足の κ のみ有意でなかった.

表4-1 初期足型及びランダム足型の足裏計測値の基礎統計値および平均値間の検定結果と効果量(n=90)

		初期計測値①		ランダム計測値②		①と②の平均差		効果量 Cohen's d
		M	SD	M	SD	t値	P値	
右足	足長 (cm)	23.4	±1.45	23.5	±1.41	2.22	0.029	0.040
	足幅 (cm)	9.5	±0.73	9.5	±0.75	0.68	0.497	0.021
	踵幅 (cm)	4.9	±0.45	5.0	±0.45	1.85	0.068	0.112
	足裏中心位置 (cm)	11.1	±1.22	11.1	±1.40	0.11	0.911	0.007
	土踏まず指標 (cm)	1.2	±0.76	1.1	±0.75	2.85	0.005*	0.093
左足	足長 (cm)	23.4	±1.44	23.5	±1.42	4.24	0.000*	0.054
	足幅 (cm)	9.3	±0.66	9.3	±0.66	1.59	0.115	0.050
	踵幅 (cm)	5.0	±0.45	5.1	±0.40	3.41	0.001*	0.196
	足裏中心位置 (cm)	10.9	±1.34	10.9	±1.37	0.08	0.935	0.004
	土踏まず指標 (cm)	1.1	±0.78	0.9	±0.78	5.19	0.000*	0.238

*:P< α 'は, 表中の確率Pが名義水準 α' (=P/5=0.05/5=0.01)より小さいことを意味する.

表4-2-1 初期足型とランダム足型の浮き趾判定の一致度(n=90)

		ランダム1枚				ランダム1枚			
		右足				左足			
		あり	ない	あり	ない	あり	ない		
初期	あり	48	8	56	初期	あり	52	5	
1枚	ない	6	28	34	1枚	ない	9	24	
		54	36	90			61	29	
		$\kappa = 0.673$				$\kappa = 0.656$		$z = 5.630^*$	

*: P<0.05

表4-2-2 初期足型とランダム足型の土踏まず判定の一致度(n=90)

		ランダム1枚				ランダム1枚			
		右足				左足			
		あり	ない	あり	ない	あり	ない		
初期	あり	86	0	86	初期	あり	80	2	
1枚	ない	2	2	4	1枚	ない	0	8	
		88	2	90			80	10	
		$\kappa = 0.656$				$\kappa = 0.877$		$z = 3.878^*$	

*: P<0.05

表4-2-3 初期足型の判定と松田の判定法に基づく浮き趾の判定度数と検定結果(n=90)

		初期足型				初期足型			
		右足				左足			
		あり	ない	あり	ない	あり	ない		
松田	あり	44	6	50	松田	あり	48	5	
方法	ない	11	29	40	方法	ない	13	24	
		55	35	90			61	29	
		$\kappa = 0.613$				$\kappa = 0.573$		$z = 5.074^*$	

注) 5枚の足型の内4枚で浮き趾と判定されたものを「あり」としている
*: P<0.05

浮き趾に関して、初期足型に基づく判定と松田ら²⁴⁾の判定法に基づく判定の一致度は、右足は、44名が「あり」、そして29名が「ない」と判定され ($z = 5.639$), κ は0.613であった。左足は、48名が「あり」、そして24名が「ない」と判定された ($z = 5.074$), κ は0.573であった。いずれの κ も有意な値であった。

IV. 考 察

ピド法では、立位時の足裏を測定する。足裏中心位置は立位時変動する³³⁾ので、立位時の足裏を測定するピド法の場合、重心変動に伴い足趾や踵の接地面も変動すると考えられる。これまで、ピド法を利用して多くの足裏研究^{17,19,22,27,31,45)}が行われている。しかし、各研究における足裏の測定条件や測定時点、あるいは解析に利用する足型や足型数は異なる。本研究では、山田ら⁴⁵⁾、春日ら¹⁹⁾、松田ら^{22,24)}の方法に従い、両足に体重が均等にかかった時点の足裏画像(初期足型)から連続5枚の足裏画像を撮影し、初期足型の計測値と判定値の信頼性及び客観性、また、5枚足型の計測値と判定値、及び初期足型と5枚足型から1枚ランダム選出した足型(ランダム

足型)の計測値と判定値の関係を検討した。

足裏の形態計測、浮き趾や土踏まず判定には、検者の主観的判断が関与する(方法4.2を参照)。しかし、これらの計測値や判定値に関する信頼性及客観性の報告は限られる。春日ら¹⁹⁾はH線法と土踏まず比法共に、信頼性及び客観性(検者間信頼性)は非常に高いと、また松田ら²³⁾は、浮き趾判定の検者内及び検者間の一致度は高いと報告している。浮田ら⁴⁰⁾は、パイ法による浮き趾と土踏まず判定の信頼性及び客観性は高いと報告している。本研究の結果でも、足型の形態計測値、及び浮き趾や土踏まず判定値の信頼性は高く、客観性に関して右土踏まず以外は高いことが明らかにされた。運動能力の測定値には、本人の意思や意欲に加えて、検者の指示、測定場所などの条件が関与する。しかし、身長や体重などの形態計測の場合は、前述の諸条件の関与は殆どなく、信頼性は、運動能力の測定値に比べて高い⁶⁾。本研究の結果から、土踏まず以外は検者の平均値に有意差が認められず、判定値は0.75以上の高値であった。よって、事前に決めた計測法や判定法の定義に従えば、足型の形態計測や判定値の信頼性及び客観性は土踏まずを除いて保証されると判断される。

右足の足幅、踵幅、足裏中心位置、及び土踏まず、及び左足の土踏まずの5枚の足型の平均値は異なり、浮き趾と土踏まずの判定値も完全一致ではなかった。既述の如く、立位姿勢時足裏中心位置は変動する³³⁾ため接地足裏も変動する。よって、立位姿勢時の足裏を測定するピド法の場合、測定される足型も変動すると考えられる。本研究の結果から、連

続測定された5枚の足型の計測値や判定値は完全(100%)に一致しなかった。身長は、午前と午後は異なり²⁰⁾、足裏面積も朝と夕方異なることが報告されている⁴⁵⁾。しかし、身長や体重は数分内の測定であれば、ほぼ同じ計測値がえられる。本研究の結果は、初期足型を含む5枚の足型内、いずれの足型を利用するかにより計測値や判定値の結果が異なることを示唆している。松田ら²⁵⁾は、姿勢の安定性を確認後、5枚の足裏画像を測定し、その中からランダムに1枚選出した足型(ランダム足型)を利用している。本研究において、初期足型とランダム足型の足裏形態値の平均値の差を検討した結果、効果量は小さかったが、右足の土踏まず、左足の足長、踵幅、及び土踏まずは異なった。また、浮き趾及び土踏まず判定は、かなり一致(0.61以上)に該当したが、土踏まずの右足のカップ係数(κ)は有意でなかった。さらに、初期足型と4枚足型を利用²⁴⁾に基づく浮き趾判定も適度に一致(0.41以上)に該当したが完全に一致ではなかった。以上の結果から、初期足型とランダム足型の足裏形態値や判定値は、必ずしも一致しないと判断される。初期足型を含む5枚の足型の足裏形態値及び浮き趾と土踏まずの判定値、及び初期足型とランダム足型の足裏形態値及び浮き趾と土踏まずの判定値も、完全一致ではなかった。直立姿勢時の足裏の接地面は、日内では大きく変動する可能性がある^{14,20,45)}。横山と中野⁴⁷⁾は、両足立ちの場合でも左右の足裏接地面積が変動することを報告している。本研究における5枚の足裏形態値や判定値の結果から、立位姿勢時にも重心変動に連動し接地足裏は変動していると判断される。また、本研究の結果は、足裏の測定時点が異なれば全ての足裏形態値は一致せず、判定値も異なることを示唆している。研究者により測定時点の足裏が異なることは、足裏形態値や判定値に関して異なる結論を導く可能性がある。よって、本研究のように5枚の足型を計測した場合は、計測に利用する足裏を特定することが必要であろう。その足型として、測定時点の足型、あるいは複数の

足型の平均足型が考えられる。前者の代表例は、本研究で利用した初期足型であろう。ただし、立位姿勢が安定した時^{36,44)}や両足に均等に体重をかけた状態の時¹⁹⁾のように、初期足型の測定時点の判断が研究者によって異なり、かつ研究者の主観的判断により初期足型が決定されている。よって、初期足型に関しては今後測定時点の統一した定義が必要であろう。一方、後者は、例えば、初期足型を含む5枚の足型の形態値及び判定値の平均値を代表値として利用することである。しかし、足裏の形態計測や判定は大変な作業であり、計測ミスや判定ミスを犯す可能性も高いと考えられる。今後、立位時の足裏形態の自動計測が可能になれば、計測ミスや判定ミスの問題は軽減されるであろう。

以上、本研究では、本研究の主旨を理解し、正確な足裏測定が可能と判断される大学生を対象とした。つまり、本研究の知見は、大学生を対象に得られたものである。ピド法による足裏測定は幼児や児童、あるいは高齢者にも使用されることから、今後、他の被験者を対象にも検討が必要であろう。

V. まとめ

本研究における被験者、定義、方法、統計処理、等の限界の下で以下の知見が得られた。

1. 初期足型の足裏形態値及び浮き趾と土踏まず判定値の信頼性及び客観性は高い。
2. 連続5枚測定した足型において、右足の足幅、踵幅、足裏中心位置、及び土踏まず、左足の土踏まずの平均値に有意差が認められた。また、浮き趾及び土踏まずの判定値に有意差は認められなかったが、判定は完全一致ではなかった。
3. 初期足型とランダム足型における右足の土踏まず、左足の足長、踵幅、及び土踏まずの平均値に有意差が認められた。また、浮き趾と土踏まずの判定値に有意差は認められなかったが、判定は完全一致ではなかった。

以上の結果から、足裏形態値及び判定値は、

足裏の測定時点により異なる。今後、測定時点の統一基準、あるいは代表足裏の選出の検討が必要と判断された。

【利益相反】

本研究において、開示すべき利益相反は存在しない。

【謝 辞】

本研究を行うにあたり、ご協力いただいた関東学院大学学生のみなさまに心から感謝申し上げます。

文 献

- 1) 阿部真典, 菊地義浩, 大内一夫, 川原田圭, 阿部薫(2016)中学生の足型計測(第1報) - 浮き趾に着目して -, 靴の医学, 30(2), 127-132.
- 2) 阿久根英昭(1988)「今子供たちの足の裏が危ない」, 10-12, 70-77, 49-52, 主婦の友, 東京.
- 3) 青木宏樹, 出村慎一, 松田繁樹(2009)青年男女の浮き趾と足裏形態の性差, 左右差および体格との関係, 教育医学, 54(3), 206-212.
- 4) 安積和夫, 原田碩三(1995)「健康生活にきっと役に立つ足と靴の話67」, 10-43, 黎明書房, 名古屋(2版).
- 5) 出村慎一(2007)「健康・スポーツ科学のための研究方法 - 研究計画の立て方とデータ処理方法 -」, 264, 杏林書院, 東京.
- 6) 出村慎一(監修), 長澤吉則, 山次俊介, 佐藤進, 宮口和義, 野口雄慶, 松浦義昌(編著)(2019)「健康・スポーツ科学のための動作と体力の測定法」, 246-247, 50-51, 杏林書院, 東京.
- 7) 出村慎一(監修), 佐藤進, 山次俊介, 長澤吉則(2013)「健康・スポーツ科学のためのExcelによる統計解析入門」, 295-306, 杏林書院, 東京.
- 8) 藤田公和, 野中章臣(2007)幼児の立位姿勢時の重心動揺における加齢と性差の影響, 体育の科学, 57(9), 708-712.
- 9) 福山勝彦, 丸山仁司(2012)浮き趾評価の信頼性と浮き趾の抽出法について, 理学療法科学, 27(4), 497-502.
- 10) 福山勝彦, 小山内正博, 丸山仁司(2013)努力接地, 前方重心移動からみた浮き趾の抽出について, 理学療法科学, 28(1), 109-113.
- 11) Fukuyama K, Osanai M and Maruyama H(2009)Adult Toe Contact and the Function of Floating Toes, Rigakuryoho Kagaku, 24, 683-687.
- 12) 原田碩三, 原田昭子(1995)「間違いだらけの幼児教育(2版)」, 144-146, 黎明書房, 名古屋.
- 13) 平松知子, 泉キヨ子, 加藤真由美, 正源寺美穂(2005)転倒予防に関する地域高齢者の足部の実態: 足趾の接地状態と足底, 姿勢, バランス, 筋力および転倒との関係, 日本老年看護学会誌, 9(2), 116-123.
- 14) 平澤弥一郎(1960)接地足跡面積と直立姿勢の安定についての研究, 三重医学, 4(6), 163-174.
- 15) 平澤弥一郎(1978)「足のうらをはかる」, 61-62, ポプラ社, 東京.
- 16) 岩見文博, 阿部千春, 加藤英世, 万年宏美, 石野晶子, 大久保良彦, 片桐朝美, 林幹泰(2009)幼児における重心動揺量に関する基礎的検討, 杏林医学会雑誌, 40(2), 16-23.
- 17) 久利彩子, 小西有人, 竹内直子, 吉田正樹(2017)低床ピドスコープの開発とその成人期以降の男女への適用, 理学療法科学, 32(1), 111-116.
- 18) 加城貴美子, 塚本博之, 釜中明(2016)身長からみた幼児の土踏まず形成と形態学的比較 - 接地足跡画像の分析 -, 靴の医学, 30(2), 91-99.
- 19) 春日晃章, 出村慎一, 松田繁樹, 青木宏樹(2008)幼児の土踏まず評価法の検討 - Hラインと土踏まず比を利用する方法の比較 -, 教育医学, 53(3), 312-317.
- 20) 川畑昌子(1981)人体高径の日内変動に関する研究, 家政学雑誌, 32(9), 673-678.
- 21) J R Landis and G G Koch (1977) The measurement of observer agreement for categorical data, Biometrics, 33(1), 159-174.
- 22) 松田繁樹, 出村慎一, 春日晃章(2011)幼児の浮き趾が片脚立位姿勢の安定性に及ぼす影響, 体育測定評価研究, 10, 21-26.

- 23) 松田繁樹, 出村慎一, 宮口和義, 春日晃章, 北林保, 青木宏樹, 山本裕太(2009)幼児の浮き趾の性差, 年齢差, 左右差および体格との関係, 教育医学, 54(3), 198-205.
- 24) 松田繁樹, 春日晃章, 出村友寛(2019)幼児の浮き趾と土踏まずの関係, 教育医学, 65(2), 129-137.
- 25) Matsuda S, Kasuga K, Hanai T and Demura T(2018)Cross-Sectional Study Shows Kindergarten Barefoot Policy Positively Affects Soles'Contact Area, Advances in Physical Education, 8, 295-307.
- 26) 三村寛一, 田中真由美, 辻本雄彦, 秋武寛(2010)小学生におけるピドスコープを用いた接地足跡と運動能力に関する研究, 大阪教育大学紀要, 58(2), 161-171.
- 27) 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.
- 28) 溝畑潤, 田路秀樹(2020)子どもの重心動揺における評価基準と横断的発達基準曲線の開発, 教育医学, 65(3), 171-184.
- 29) 水本篤, 竹内理(2008)研究論文における効果量の報告のために-基礎的概念と注意点-, 英語教育研究, 31, 57-66.
- 30) 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, ヘルスプロモーション理学療法研究, 6(4), 165-169.
- 31) 野田雄二(1981)日本の子どもの土ふまずに関する研究(第3報)-「土ふまず」Nラインによる外側アーチの意義について-, 東京体育学研究, 8, 73-76.
- 32) 野田雄二(1998)「足の裏から見た体」, 58-60, 70-77, 講談社, 東京.
- 33) 野田雄二(著, 編集), 赤堀実, 岡島佳樹, 荻須隆雄, 金井茂夫, 川崎登志喜, 國見保夫, 近藤洋子, 高島二郎, 中山和彦, 三橋文子, 山田信幸, 山本繁夫(1997)「健康教育序説-生活と健康-(3版)」, 21-24, 玉川大学出版, 東京.
- 34) 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(1), 15-22.
- 35) 関谷昇(1999)再検査法による“測定の信頼性”の検討方法, PTジャーナル, 33(9), 653-659.
- 36) 恒屋昌一, 臼井永男(2006)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.
- 37) 浮田咲子(2011)年中から年長の幼稚園児における身体発達と生活条件, 日本幼少児健康教育研究, 17(1), 63-76.
- 38) 浮田咲子, 出村慎一(2019)浮き趾の有る子どもと無い子どもの足裏形態及び足趾筋力の比較, 発育発達研究, 82, 25-33.
- 39) 浮田咲子, 出村慎一, 出村友寛(2018)5歳~10歳の子どもにおける足趾筋力と足裏形態の変化と関係, 及び性差, 運動とスポーツの科学, 24(1), 35-43.
- 40) 浮田咲子, 出村慎一, 出村友寛(2021)大学生におけるパイロット社製「手形・足形」による足裏計測値及び浮き趾と土踏まず判定の信頼性及び客観性, 運動とスポーツの科学, 27(1), 37-46.
- 41) 浮田咲子, 金井茂夫(2005)M大女子学生の足型について-測定結果とアンケート調査(足に対する自覚・障害・活動)-, 運動とスポーツの科学, 11(1), 51-59.
- 42) 浮田咲子, 金井茂夫(2007)D幼稚園男児の足跡と生活習慣について, 運動とスポーツの科学, 13(1), 73-80.
- 43) 浮田咲子, 桑森真介(2014)幼児の幼稚園からの帰宅後における遊びの活動性と土踏まず形成との関係, 運動とスポーツの科学, 20(1), 77-84.
- 44) 内田俊彦, 藤原和朗, 佐々木克則, 横尾浩, 中野勲(2003)幼稚園児の足型計測, 靴の医学, 16(2), 96-99.
- 45) 山田耕司, 根本芳男, 吉澤正尹, 三村寛一, 飯田順一(1983)接地足跡ならびに足穹窿の発育変化に関する追跡的研究, デサントスポーツ科学, 4, 230-240.
- 46) 山崎信寿, 鈴木隆雄, 河内まき子, 楠本彩乃, 西沢哲(1999)「足の辞典」, 30, 朝倉書店, 東京.
- 47) 横山義昭, 中野美恵子(1992)運動動作における足跡の画像処理システムについて, 静岡大学教養部研究報告, 自然科学篇/静岡大学教養部編, 28, 31-44.

(受付: 2022年2月4日)
(受理: 2022年7月11日)