

「女子学生の足底面に関する研究」

山 神 眞 一
岡 田 泰 士

結 言

足は、第2の心臓と言われている。そして、近年、足の裏がとみに注目され研究されてきている。足の裏は遺伝だけでなく、個人の生活様式や社会環境の影響を著しく受け、ひいては身体の状態さえも表すものである。

ところで、足の裏、特に足底面に関する研究は、Hellebrandt⁽¹⁾⁽²⁾による足跡印画採取の方法(Sohlenabdruck)に端を発し、Cureton⁽³⁾のpedo-graphによるfoot-printsからのJumping Ratioの算出へと進歩した。そして、わが国でも吉田⁽⁴⁾⁽⁵⁾が接地足跡撮影特殊装置を考案し、その写真から種々の足底面に関する計測結果を報告している。しかし、この方法は撮影時の立体姿勢保持における基本的条件⁽⁶⁾⁽⁷⁾についての十分な検討がなされていない。そこで平沢⁽⁸⁾はその問題を補うために、Pedoscope用ITV装置を考案し、接地足跡採取における困難性を解決するとともに、接地足跡と直立能力との関連⁽⁹⁾やStasiologyからみた左足と右足の関係等を追究している。一方、森田と有富⁽¹¹⁾は、最近、F社が開発した圧力測定フィルム(商品名、プレスケール)を用いて足底面に分布する圧力の測定を試み、足の機能解剖学的特性について検討している。しかし、このプレスケールを使用しての研究成果は、まだほとんど発表されていないというのが実状である。

そこで、本研究ではピドスコープと同様の原理で作られたフットスコープ及びプレスケールを用いて、一般女子学生の立位姿勢における足底面を観察し、その特徴を浮き彫りにすることを目的とした。

測定方法

1. 被検者

一般女子学生 28 名 (年齢 18.3 ± 0.46 歳, 身長 159.7 ± 4.63 cm, 体重 55.4 ± 7.15 kg)

2. 測定装置

- ① フットコープ(トーヨーフィジカル社製)は, 接地足蹠面(Contact surface of foot sole, 以下足底面)を投影し, 且つそこに落下する重心点を同時に記録する装置である。
- ② プレスケール(富士フィルム社製)は, 超低圧用圧力測定フィルムの名称であり, それぞれの圧力値に応じてプレスケールのシートに赤色の発色が色の濃淡として写し出される特殊なフィルムである。このフィルムは発色させる際に何等の現像処理を施す必要もなく, 瞬時に加圧状態を視覚的に把握できるという特色を持つ。すなわち, このプレスケールは, 測定操作が簡易であり被検者に精神的, 肉体的負担を与えない足底面の有効な測定方法と言える。

3. 測定手順

- ① フットコープ上で被検者に安楽な立位姿勢で約 20 秒間, 前方の目印(目の高さと同じ)を注視させ, その間の足底面を 16 mmカメラにより撮影する。
- ② ①と同様な立位姿勢をプレスケールのシート上でもとらせ, その際の足底面圧を測定する。

4. 分析項目

- ① フットスコープについての分析項目は, 足底面のアーチ角度, Hline(平沢ライン)及びHL (Hline Length)とした。
- ② プレスケールについての分析項目は, 足底面圧の圧力値とその分布状態とした。尚, 足底面の測定に関するブロックダイアグラムは図 1 に, また, 足

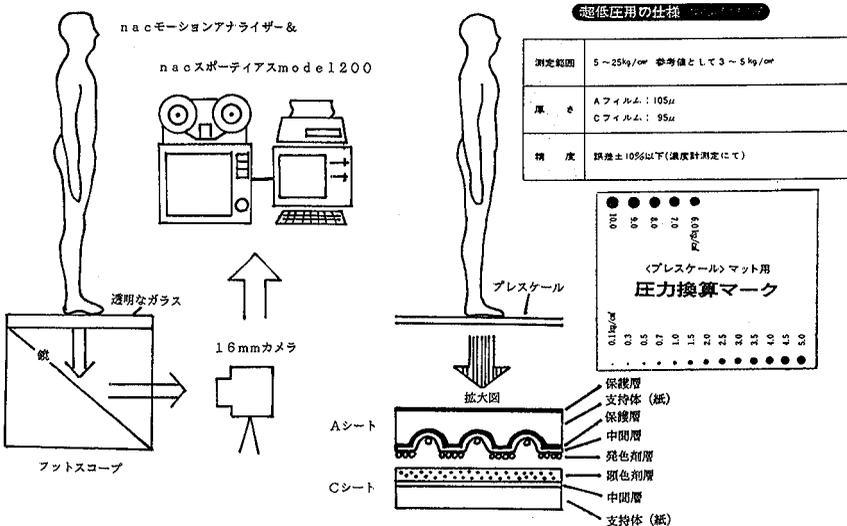


図1 足底面の測定に関するブロックダイアグラム

底面の計測項目と足底面圧の分布区分は図2に示した通りである。

結果と考察

1. アーチ角度について

アーチの角度を最初に問題にしたのは、R. P. Schwartz (1928) である。そして、H. H. Clarke⁽¹²⁾ はアーチの高さとアーチ角度との間に 0.97 の高い相関があることを報告し、後に T. K. Cureton⁽¹³⁾ は Sand box method によって 0.86～0.96 の係数を得て、先の H. H. Clarke の結果を容認している。すなわち、足底面のアーチ角度がアーチの外からの高さ（縦のアーチ）をかなり高い確率で示しているということである。

今回用いたアーチ角度の測定法は、H. H. Clarke の方法である。図2に示すように足底面の母指球のエッジと踵のエッジに触れて内側線(A)を引き、母指球のエッジの接点とアーチの最も深い点とを結ぶ線(B)との接合角度をアーチ角度とした。

H. H. Clarke によれば、大人の平均角度は 42 度で、30 度以下の者は足の矯正

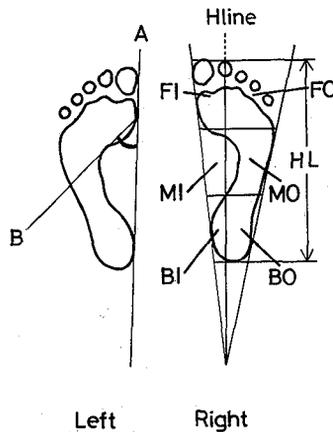


図2 足底面の計測項目と足底面圧の分布区分

表1 アーチ角度

SUB NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
右足	40	47	43	48	37	47	55	44	59	48	51	58	51	54	59	49	51	44	39	46	49	55	40	45	49	61	41	49
左足	43	54	57	50	48	47	53	47	55	43	47	54	55	53	61	48	50	42	51	46	52	44	44	51	54	55	48	52

単位：度

が必要であり、30～35度の者は境界線上にあって再検査が必要であるという。

表1は、被検者全員の左足の足底面についてのアーチ角度を示している。本研究の被検者28名の内、H. H. Clarkeの言う大人の平均角度42度を下回ったのは右足のアーチ角度での5名であったが、その範囲は37度～41度であり、矯正を必要とするものはいなかった。また、被検者のアーチ角度の平均値は、右足が 48.5 ± 6.44 度、左足が 50.1 ± 4.75 度であり、左右差についてみると左足の方がやや大きい傾向を示しているが、統計的な有意差は認められなかった。しかし、標準偏差をみると右足の方が左足よりも大きく、右足の方が個人差が大きいことがわかる。

2. 足底面圧について

プレスケールの測定手順に従い、午後1時～2時の間（一日の内で平均的な足底面が得られる）に足底面圧を測定した。図3は、足底面に発生した圧力分

布の一例を示している。そして、表2は、被検者毎の足底面圧の測定値を図2の分布区分に基づいて示したものである。これをみると、すべての被検者においてMI部分の足底面圧が6つの分布区分の中で最も小さいことがわかる。この部分は、いわゆるアーチの形成部分であり、至極当然の結果と言えよう。また、この部分の左右差についてはアーチ角度の場合と同様に統計的な有意差は認められず、左右対称性の圧力分布パターンを示した。

次に、被検者間で圧力分布を比較検討するために、被検者毎に総足底面圧を100%としたときの各分布区分への割合を算出した。その結果は、表3に示した通りである。まず、被検者の平均値より、左右足ともにBO, MO, BI, FO, FI, MIの順で足底面圧が大きいのがわかる。これは、立位姿勢時の足底面での圧力分布の標準的な分布状態を意味するものであり、また、この分布状態は歩行動作時の足底面の接地順序と同じであることから、立位姿勢における足底面の圧力分布と歩行動作時の足部の接地の仕方との間に何等かの関連性があるものと推察される。尚、この足底面圧分布と同じ分布のパターンを示した被検者は右足で1人(Sub. 13)、左足で4人(Sub. 3, 4, 21)であった。

ここで、被検者全員を足底面圧の分布状態からいくつかのタイプに分類することを試みてみた。その際の分類の基準は、表4の通りである。この分類方法によって被検者は7つのタイプに分類された。すなわち、前足部圧力集中型、

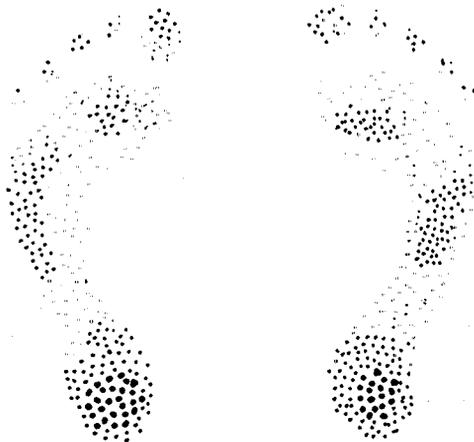


図3 足底面圧の圧力分布の一例

表2 足底面圧の測定値

SUB NO	(右 足)							(左 足)						
	FI	FO	MI	MO	BI	BO	TOTAL	FI	FO	MI	MO	BI	BO	TOTAL
1	33.3	22.7	1.0	36.6	38.0	26.1	157.7	22.1	23.0	0.8	50.5	56.8	58.6	211.8
2	23.9	24.3	0.4	26.5	36.1	59.8	171.0	21.1	20.8	2.4	38.7	31.9	82.0	196.9
3	18.9	23.1	1.6	26.1	15.3	52.6	137.6	19.3	25.0	1.3	36.2	29.1	65.8	176.7
4	24.9	19.2	4.5	41.1	48.0	77.7	215.4	25.8	27.3	3.3	46.1	39.2	57.3	199.0
5	28.1	21.0	0.4	54.3	30.5	72.7	207.0	20.1	27.8	0.1	42.8	32.6	72.0	195.4
6	33.6	43.2	1.0	43.0	35.4	69.0	225.2	11.4	35.6	0.4	23.1	33.8	77.4	181.7
7	25.9	24.0	0.5	47.0	38.1	49.3	184.8	35.7	25.5	0.2	65.7	39.4	43.0	209.5
8	19.9	39.8	0.0	34.9	34.1	84.0	212.7	29.4	40.5	0.9	48.7	24.7	63.2	207.4
9	38.6	36.2	1.1	25.8	30.9	48.0	180.6	38.0	29.2	1.5	31.8	43.8	91.0	235.3
10	25.7	27.0	1.6	78.7	24.1	88.3	245.4	55.9	49.5	3.2	51.2	43.2	58.7	261.7
11	35.7	30.2	0.9	51.6	21.0	58.2	197.6	45.6	51.2	1.1	48.5	30.7	43.3	220.4
12	26.4	30.6	2.0	31.4	65.8	56.9	213.1	42.5	39.7	1.8	43.0	53.2	74.8	255.0
13	19.2	20.4	1.5	44.2	28.2	70.3	183.8	30.3	21.5	1.1	43.8	48.9	54.0	199.6
14	18.5	46.2	0.0	51.9	36.1	75.6	228.3	54.5	75.4	0.0	60.5	42.6	66.4	299.4
15	27.0	39.5	1.9	30.4	23.8	54.3	176.9	35.2	36.7	1.7	24.7	32.6	63.6	194.5
16	27.9	15.5	1.8	36.6	27.3	50.1	159.2	44.1	18.8	4.0	29.8	30.0	56.5	183.2
17	49.9	39.3	3.1	45.4	52.2	53.8	243.7	40.2	19.5	4.7	49.7	53.4	37.5	205.0
18	29.4	38.4	0.8	33.9	33.3	69.2	205.0	22.4	23.9	0.1	33.3	23.3	37.5	140.5
19	20.6	32.5	0.1	51.8	30.0	67.7	202.7	19.5	38.5	0.2	45.0	39.2	39.1	181.5
20	20.5	32.7	2.3	55.1	21.9	77.1	209.6	26.5	25.9	1.7	37.6	38.4	63.2	193.3
21	30.2	48.3	2.5	65.0	38.0	77.3	261.3	30.8	31.0	3.7	45.2	43.9	69.1	223.7
22	47.4	53.9	4.3	56.1	39.8	87.1	288.6	25.1	37.4	3.5	46.5	50.1	87.1	249.7
23	45.0	27.2	0.8	29.7	50.9	49.2	202.8	20.5	34.6	0.1	32.9	19.7	54.4	162.2
24	37.0	21.8	2.2	22.5	42.6	53.2	179.3	28.7	22.0	1.6	23.5	19.5	33.4	128.7
25	34.2	36.9	2.6	35.9	53.2	57.3	220.1	57.6	33.7	2.7	20.5	23.8	44.9	183.2
26	22.4	24.4	0.5	15.2	23.2	46.7	132.4	26.2	23.4	1.2	12.4	23.4	38.4	125.0
27	58.6	31.1	4.3	38.4	43.4	51.7	227.5	43.8	37.7	5.1	57.9	45.6	64.7	254.8
28	25.5	40.0	1.0	43.0	27.9	60.4	197.8	22.2	50.5	1.0	49.0	35.3	67.6	225.6

単位: kg/cm²

表3 分布区分毎の足底面圧の割合

SUB NO	(右 足)						(左 足)					
	FI	FO	MI	MO	BI	BO	FI	FO	MI	MO	BI	BO
1	21.1	14.4	0.6	23.2	24.1	16.6	10.4	10.9	0.4	23.8	26.8	27.7
2	14.0	14.2	0.2	15.5	21.1	35.0	10.7	10.6	1.2	19.7	16.2	41.6
3	13.7	16.8	1.2	19.0	11.1	38.2	10.9	14.2	0.7	20.5	16.5	37.2
4	11.5	8.9	2.1	19.1	22.3	36.1	13.0	13.6	1.7	23.2	19.7	28.8
5	13.6	10.2	0.2	26.2	14.7	35.1	10.3	14.2	0.1	21.9	16.7	36.8
6	14.9	19.2	0.5	19.1	15.7	30.6	6.3	19.6	0.2	12.7	18.6	42.6
7	14.0	13.0	0.3	25.4	20.6	26.7	17.0	12.2	0.1	31.4	18.8	20.5
8	9.4	18.7	0.0	16.4	16.0	39.5	14.2	19.5	0.4	23.5	11.9	30.5
9	21.4	20.0	0.6	14.3	17.1	26.6	16.2	12.4	0.6	13.5	18.6	38.7
10	10.5	11.0	0.6	32.1	9.8	36.0	21.4	18.9	1.2	19.6	16.5	22.4
11	18.7	15.3	0.5	26.1	10.6	29.5	20.7	23.2	0.5	22.0	13.9	19.7
12	12.4	14.4	0.9	14.7	30.9	26.7	16.6	15.6	0.7	16.9	20.9	29.3
13	10.5	11.1	0.8	24.1	15.3	38.2	15.2	10.8	0.6	21.9	24.5	27.0
14	8.1	20.2	0.0	22.8	15.8	33.1	18.2	25.2	0.0	20.2	14.2	22.2
15	15.3	22.3	1.1	17.2	13.4	30.7	18.1	18.9	0.9	12.7	16.7	32.7
16	17.5	9.7	1.1	23.0	17.2	31.5	24.1	10.2	2.2	16.3	16.4	30.8
17	20.5	16.1	1.3	18.6	21.4	22.1	19.6	9.5	2.3	24.2	26.1	18.3
18	14.3	18.7	0.4	16.5	16.2	33.8	15.9	17.0	0.1	23.7	16.6	26.7
19	10.2	16.0	0.0	25.6	14.8	33.4	10.7	21.2	0.1	24.8	21.6	21.6
20	9.8	15.6	1.1	26.3	10.4	36.8	13.7	13.4	0.9	19.4	19.9	32.7
21	11.5	18.5	1.0	24.9	14.5	29.6	13.8	13.9	1.6	20.2	19.6	30.9
22	16.4	18.7	1.5	19.4	13.8	30.2	10.0	15.0	1.4	18.6	20.1	34.9
23	22.2	13.4	0.4	14.6	25.1	24.3	12.6	21.3	0.1	20.3	12.2	33.5
24	20.6	12.2	1.2	12.5	23.8	29.7	22.3	17.1	1.2	18.3	15.2	25.9
25	15.5	16.8	1.2	16.3	24.2	26.0	31.4	18.4	1.5	11.2	13.0	24.5
26	16.9	18.4	0.4	11.5	17.5	35.3	21.0	18.7	1.0	9.9	18.7	30.7
27	25.8	13.7	1.9	16.9	19.1	22.7	17.2	14.8	2.0	22.7	17.9	25.4
28	12.9	20.2	0.5	21.7	14.1	30.6	9.8	22.4	0.4	21.7	15.7	30.0
平均	15.1	15.6	0.8	20.1	17.5	30.9	15.8	16.2	0.9	19.8	18.0	29.4
標準偏差	4.49	3.60	0.55	5.06	5.12	5.51	5.41	4.31	0.68	4.63	3.74	6.46

(単位：%)

表4 足底面圧のタイプ分類の基準

	右 足	左 足
前足部(FI+FO) への圧力集中の 判定基準	30.7以上	32.0以上
後足部(BI+BO) への圧力集中の 判定基準	66.4以上	65.4以上
外側部(FO+MO+BO) への圧力集中の 判定基準	48.4以上	47.4以上

(注) 上記の数値は、被検者の平均値を示す。単位kg/cm²

表5 足底面圧のタイプ分類

足底面圧のタイプ(7種類)	右 足 [SUB NO]	左 足 [SUB NO]
前足部(FI+FO) 圧力集中型	1, 9, 17, 27	10, 11, 16, 24, 25, 27
後足部(BI+BO) 圧力集中型	2, 4, 12, 16	1, 9, 13, 21
外側部(FO+MO+BO) 圧力集中型	10, 19, 20, 21	19
前足部・外側部 (FI+FO+MO+BO) 圧力集中型	6, 11, 15, 22, 28	8, 14, 18, 23, 28
後足部・外側部 (BI+FO+MO+BO) 圧力集中型	3, 5, 8, 13, 14	2, 3, 4, 5, 6, 20, 22
前足部・後足部 (FI+FO+BI+BO) 圧力分散型	23, 24, 25, 26	12, 15, 26
前足部・後足部・外側部 (FI+BI+FO+MO+BO) 圧力分散型	18	
その他	7	7, 17

後足部圧力集中型、外側部圧力集中型、前足部・外側部圧力分散型、後足部・外側部圧力分散型、前足部・後足部圧力分散型、前足部・後足部・外側部圧力分散型及びその他の合計7つのタイプである。被検者の中で左右足共に同じタイプを示したのは前足部圧力集中型の Sub. 27, 外側部圧力集中型の Sub. 19, 前足部・外側部圧力分散型の Sub. 28, 後足部・外側部圧力分散型の Sub. 3 と Sub. 5, 前足部・後足部圧力分散型の Sub. 26 及びその他の Sub. 7 であった。そして、この7つのタイプに全被検者の足底面圧を分類したのが表5である。全体としては、タイプの分類に左右の足底面圧のバランスはとれているが、その中で外側部圧力集中型に関しては、左足の該当者が右足に比べて少なかった。このことは、左足の方が右足よりも前足部と後足部で体重を支える割合が大きいことを意味するものである。

結 論

本研究は、人間の最も重要な基本姿勢と言われる立位姿勢における足底面の特徴を浮き彫りにするために、一般女子学生を対象としてフットスコープとプレスケースを用いた足底面の測定を試みた。そして、以下の結論を得た。

1. アーチ角度については、左足の方が右足よりも大きい傾向を示したが、個人差は右足の方が大きかった。
2. 立位姿勢における足底面の圧力分布と歩行動作時の足部の接地の仕方との関連性が示唆された。
3. 立位姿勢における足底面圧の分布パターンは、前足部圧力集中型、後足部圧力集中型、外側部圧力集中型、前足部・外側部圧力分散型、後足部・外側部圧力分散型、前足部・後足部圧力分散型、前足部・後足部・外側部圧力分散型及びその他の合計7つのタイプに分類できる。

参 考 文 献

- (1) Hellebrandt: F. A. etal, Am. J. Physiol, 121 (456), 1938
- (2) Hellebrandt: F. A. etal, Am. J. Physiol, 121 (471), 1938
- (3) T. K. Cureton: Relationship of Physical Fitness to Athletic Performance and Sports, The Journal of the American Medical Association 162 (12), 1956

- (4) 吉田直忠：接地足跡の計測的研究，北海道学芸大学紀要，16 (2)，39～50，1966
- (5) 吉田直忠：接地足跡の計測的研究(第2報)，北海道学芸大学紀要，18 (2)，56～66，1968
- (6) P. V. Karpovich & L. B. Wilklow: A Goniometric Study of the Human Foot in Standing and Walking, United States Armed Forces Medical Journal, 887, 1959
- (7) 平沢弥一郎：直立姿勢，静岡大学工学部紀要，47，1964
- (8) 平沢弥一郎：直立姿勢の安定性について——Pedoscope用ITV装置による足圧測定の一考察——，体力科学，13 (2)，1964
- (9) 平沢弥一郎：接地足跡と直立能力——STANDING RATIOについて——，静岡大学教養部研究報告，172～190，1967
- (10) 平沢弥一郎：Stasiology からみた左足と右足，神経進歩，24 (3)，167～177，1980
- (11) 森田真史，有富 寛：簡易法による足底面圧測定について，整形バイオメカニクス研究会誌，5，163～168，1978
- (12) H. H. Clarke: An Objective Method of Measuring the Height of the Longitudinal Arch in Foot Examinations, Research Quarterly, Oct, 1933
- (13) J. R. R. Stott, W. C. Hutton and I. A. F. Stokes: Foces Under the Foot, The Journal of Bone and Joint Surgery, 55B (2), 335～344, 1973
- (14) 杉江 律 足跡圧測定器の試作，岐阜大学教養部研究報告，68～72，1965