

種々の靴の着用が足部骨格の偏倚などを有する中高齢者の歩容に及ぼす影響

中藤広美・渡辺好庸・増本賢治・神谷英二・
添田百合子・小野美穂・安酸史子

要約 福岡県立大学ブランドの靴（FPU靴）の完成に伴い「種々の靴の着用が足部骨格の偏倚などを有する中高齢者の歩容に及ぼす影響」について分析するために、1. 裸足での歩行、2. 一般に市販されている靴を着用した歩行、3. 福岡県立大学によって開発された靴（FPU靴）を着用した歩行、4. 研究協力者への歩行指導を行った歩行（FPU靴を着用）、の4パターンでの測定を行った。

測定の結果、靴と歩行が足部に多面的な影響を及ぼしているであろうことを推測するにたるデータが多く得られたが、本報告では、中高年女性に顕著に見られる外反母趾の前提要因である開張足に関しての歩行と靴の影響について分析し、開張足への対処(予防、疼痛改善等)にFPU靴の効果が期待できる点を示す。

キーワード：FPU靴、開張足、第2から第4中足骨骨頭部への荷重

はじめに

これまで、福岡県立大学『足と靴』の問題性と福祉拡充に関する総合的研究プロジェクト」は、NPO法人靴総合技術研究所、合同会社AMSTWと連携し、多くの国民が悩んでいる外反母趾や変形性膝関節症など足部、脚部のトラブルに対応できる靴やフットベッドの開発を目指してきたが、成人用についてようやく完成を迎えた。

そこで、福岡県立大学研究奨励交付金（2009～2010年度）を受け、福岡県立大学によって開発された靴（FPU靴）の効果の検証を行った。したがって、本検証の主な目的は、当プロジェ

クトが開発したFPU靴が、足部骨格の偏倚などを有する中高齢者に対してどのように作用するかを分析し、開発目的に合致した機能性を有しているかどうかを検討することである。

種々の靴の着用が足部骨格の偏倚などを有する中高齢者の歩容に及ぼす影響について調査した研究は散見されるに過ぎないので、研究結果は、足部骨格の偏倚などを有する中高齢者に対して推奨され得る靴の機能性を模索する上で、有用であると考えられる。

方法

1 研究対象：

対象となった研究協力者は、足部骨格および歩容の偏倚などを有する50歳～73歳の男女中高齢者14名である（表1）。なお、研究協力者には測定前に研究協力依頼書を読んでもらい、研究協力者の疑問点などに応え内容を理解してもらった上で承諾書を交わし測定を行った。

表1. 研究協力者の身体特性

研究協力者	年齢（歳）	身長（cm）	体重（kg）
1	52	172	73
2	64	161	53
3	60	152	65
4	53	162	49
5	73	154.5	58.5
6	72	144.5	40.5
7	50	155	54
8	59	152	42.5
9	59	162.7	54.5
10	66	147	61
11	61	153	43
12	68	151	40
13	55	152	52
14	61	177	63
平均	60.9	156.8	53.5
標準偏差	6.9	8.8	9.6

2 倫理的配慮：

対象者には研究趣旨を文章で説明した上で研究協力を依頼した。説明内容は、多くの国民が悩んでいる足部、脚部のトラブルについて、福岡県立大学によって開発された靴（FPU靴）

について、研究の内容について、予想される不利益や結果と意義についてとした。

なお、本研究は福岡県立大学研究倫理委員会の審査を受け、2010年2月承認を得た。

3 測定方法：

1. 測定場所

測定は2010年2月から9月にかけて福岡県立大学附属研究所生涯福祉研究センター内のホールにて行った。

2. 測定装置（F-scan）

歩行時の足底圧分布の測定にはF-scanシステム（ニッタ社製）を使用し、研究協力者ごとにセンサシートを取り換えた。

3. 測定項目

測定内容は次の4パターンとした。なお、裸足での歩行時はセンサシートを固定するために薄いソックスを着用した。

ホール床にスタート地点と折り返し地点のマークを貼った直線片道9mを往復した。なお、歩数および速度は往路のみを測定した。また、歩行速度は研究協力者が歩きやすい速度とした。

- 1) 裸足での歩行
- 2) 一般に市販されている靴を着用した歩行靴は、研究協力者が持参した靴とした。
- 3) 福岡県立大学によって開発された靴（FPU靴）を着用した歩行

研究協力者の足にあわせて次の靴を準備した（図1、図2）。

- ・ベルトタイプ（品番FPU15321）
- ・紐で調整をしやすいファスナータイプ（品

番FPU15341)

なお、両者には、今回の研究課題に関しての機能上の違いはない。

4) 研究協力者への歩行指導を行った歩行 (FPU靴を着用)

歩行指導の内容は、骨盤を起こし背筋を伸ばして踵荷重を意識して立ち、踏み出した脚は膝関節の伸展と足関節の背屈を意識し、踵からの着地を実現することである。この測定は、練習をしたのち実施した。

4. 測定内容

各歩行試験実施時の足底圧、歩行速度、歩数を測定した。また、歩容変化と足圧分散の関連を検証するため各歩行試験実施時のビデオ撮影(正面)を行った。

なお、全研究協力者の足部の状態を把握するためにフットプリント(足部の写真撮影も含む)を採取した。

5. 評価項目

本報告においては、評価対象を「開張足への影響」に限定したため、研究協力者14名の内から、開張足、外反母趾、内反小趾の顕著なケースを、フットプリントと写真を参考にしてピックアップし、7名の研究協力者(表1の「研究協力者」番号の以下の7名: 4、6、7、8、9、11、12)から得られたデータを分析対象とすることにした。

開張足とは、第1から第5までの中足骨骨頭部に形成されるアーチ(いわゆる「横のアーチ」)が低下し、第2、第3、第4中足骨骨頭が第1、第5中足骨骨頭と同列に並ぶか、あるいは両者より低下して逆アーチ状になる症状で、外反母趾、内反小趾の原因ともなる。発症

の要因は複合的であるが、直接的にはアーチ状態を維持している母趾内転筋の損傷によるアーチの崩落であるので、対策としては、足趾の運動による母趾内転筋の強化と前足部への過大な荷重の回避が重要である。

足趾を動かす機会が少なく、肥満傾向の現代人にとっては、潜在的にアーチ低下のリスクが高いことに加えて、特に女性はヒールの高い靴を履くことによって常時前足部に荷重が集中するため、現代日本においては、中高年女性の大部分が開張足といっても良い状態が現出している。そこで、FPU靴の開発にあたっては、開張足の予防、改善機能を重視しているため、以下の項目の評価を通して、その点の検証を行うこととする。

1) 第2から第4中足骨骨頭部付近の範囲内の最大荷重点における最大値

第2から第4中足骨骨頭部付近の範囲内で1ストライド中に最大荷重がかかった地点(10mm四方)での最大荷重値(kg/cm²)を検出し記録する(図3、表2)。

2) 第2から第4中足骨骨頭部付近の範囲内の平均荷重値の最大値

第2から第4中足骨骨頭部付近の範囲内にかかる全荷重値を同範囲の面積で割った値(平均荷重値)を、0.01秒毎の測定値として経時的に検出し、1ストライド中での最大値を記録する(表3)。

3) 第2から第4中足骨骨頭部付近の範囲内の平均荷重値の経時変化と一定期間の総荷重値

前項で検出された経時的な平均荷重値の推移のうち、最大値の50%以上の荷重値の継続時間を検出し記録する(図4、表4)。

さらに、その時間内に検出された経時的な平

均荷重値をすべて記録し、その合計を算出する(表5)。

評価のための1ストライドは、すべて、往路、復路いずれかの歩き出し3ストライド以降の安定した左右の継続したストライドのそれぞれを使用した。

したがって、7名の左右各1ストライドを選んだため、評価対象は14となった。

評価のための値は、平均値および標準偏差で表し、各測定項目における各歩行ケース間の比較を行うために、繰り返しのない二元配置分散分析を行った結果、いずれの測定項目においても有意差が認められたので、各ケース間での有意差を明らかにするために、対応のあるt検定を行った。有意水準は5%とした。

結果

1. 第2から第4中足骨骨頭部付近の範囲内の最大荷重地点における最大値

裸足での歩行における当該範囲内の最大荷重地点の最大圧力値は、 $2.22 \pm 0.553 \text{ kg/cm}^2$ 、市販

靴、FPU靴を履いた場合は、それぞれ $1.94 \pm 0.709 \text{ kg/cm}^2$ 、 $1.72 \pm 0.651 \text{ kg/cm}^2$ で、また、歩行指導後の歩行では $1.61 \pm 0.624 \text{ kg/cm}^2$ であった。

対応のあるt検定を行った結果、裸足と市販靴との間では有意な差が認められなかった($P=0.12$)のに対して、裸足とFPU靴との間では有意な差が認められ($P=0.0002$)、裸足に対してFPU靴を履いた場合が、有意に減少することが確認できた。

また、市販靴とFPU靴の間では有意な差が認められなかった($P=0.17$)が、歩行指導後の歩行は、他のいずれに対しても、有意な減少が確認できた($P < 0.05$) (表2)。

2. 第2から第4中足骨骨頭部付近の範囲内の平均荷重値の最大値

裸足での歩行における当該範囲内の平均荷重値の最大値は、 $1.52 \pm 0.255 \text{ kg/cm}^2$ 、市販靴、FPU靴を履いた場合は、それぞれ $1.47 \pm 0.391 \text{ kg/cm}^2$ 、 $1.18 \pm 0.309 \text{ kg/cm}^2$ で、歩行指導後の歩行では $1.13 \pm 0.344 \text{ kg/cm}^2$ であった。

対応のあるt検定を行った結果、裸足と市

表2. 最大荷重地点の最大圧力値 (kg/cm²)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均値	標準偏差
裸足	2.22	2.43	2.22	2.53	2.62	2.64	3.06	3.27	1.67	2.09	1.73	1.77	1.53	1.35	2.22	0.553
市販靴	1.02	1.43	1.03	1.78	3.19	3.41	2.58	2.49	1.35	2.08	1.67	1.77	1.74	1.59	1.94	0.709
FPU	1.05	1.75	1.83	2.00	2.21	2.77	2.39	3.03	1.05	0.97	1.32	1.08	1.30	1.35	1.72	0.651
歩き方	0.83	1.42	1.45	1.83	2.11	2.75	2.53	2.62	0.93	1.07	1.24	1.11	1.22	1.47	1.61	0.624

($P < 0.0001$)

表3. 平均荷重値の最大値 (kg/cm²)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均値	標準偏差
裸足	1.36	1.25	1.31	1.34	1.79	1.67	1.99	1.94	1.51	1.78	1.32	1.42	1.39	1.19	1.52	0.255
市販靴	0.84	1.10	0.76	1.16	2.06	2.02	1.82	1.75	1.27	1.76	1.49	1.62	1.52	1.45	1.47	0.391
FPU	0.80	1.01	1.33	1.30	1.42	1.65	1.55	1.74	0.84	0.77	1.07	0.93	1.02	1.06	1.18	0.309
歩き方	0.64	0.90	1.03	1.31	1.37	1.83	1.59	1.63	0.76	0.83	0.99	0.94	0.96	1.10	1.13	0.344

($P < 0.00001$)

販靴との間では有意な差が認められなかった (P=0.56) のに対して、裸足とFPU靴との間では有意な差が認められ (P=0.0006)、裸足に対してFPU靴を履いた場合が、有意に減少することが確認できた。

また、市販靴とFPU靴の間でも有意な差が認められ (P=0.014)、市販靴に対してFPU靴が、有意な減少を確認できた。

なお、歩行指導後の歩行に関しては、FPU靴を履いた指導前の歩行との間で有意な差が認められなかった (P=0.18) (表3)。

3. 第2から第4中足骨骨頭部付近の範囲内の平均荷重値の経時的変化と一定期間の総荷重値

前項で記録された平均荷重値の最大値の50%以上の荷重が、1ストライドの内で継続される時間は、裸足の場合には 0.28 ± 0.059 秒、市販靴、FPU靴を履いた場合は、それぞれ 0.32 ± 0.140 秒、 0.23 ± 0.036 秒、そして、歩行指導後の歩行では 0.22 ± 0.048 秒であった。

対応のあるt検定を行った結果、裸足と市販靴との間では有意な差が認められなかった

(P=0.33) のに対して、裸足とFPU靴との間では有意な差が認められ (P=0.017)、裸足に対してFPU靴を履いた場合が、有意に減少することが確認できた。

また、市販靴とFPU靴の間では、有意水準5%では有意な差が認められなかった (P=0.0625) が、歩行指導後の歩行については、裸足に対してだけではなく、市販靴に対しても、有意な減少を確認できた (それぞれ、P=0.003、P=0.007)。

なお、歩行指導後の歩行は、FPU靴を履いた指導前の歩行とでは有意な差を認められなかった (P=0.25) (表4)。

平均荷重値の最大値の50%以上の荷重値が継続する時間内に検出された経時的な平均荷重値 (0.01秒毎に測定された値) の合計値は、裸足での歩行の場合は 32.15 ± 9.026 kg/cm²、市販靴、FPU靴を履いた場合は、それぞれ 31.49 ± 6.586 kg/cm²、 21.84 ± 7.808 kg/cm²、そして、歩行指導後の歩行では 19.38 ± 6.563 kg/cm²であった。

対応のあるt検定を行った結果、裸足と市

表4. 平均荷重値の最大値の50%以上が荷重される時間 (秒)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均値	標準偏差
裸足	0.22	0.22	0.41	0.37	0.32	0.28	0.33	0.30	0.23	0.22	0.23	0.26	0.24	0.23	0.28	0.059
市販靴	0.52	0.53	0.59	0.32	0.26	0.21	0.26	0.23	0.47	0.20	0.23	0.22	0.21	0.17	0.32	0.140
FPU	0.21	0.20	0.26	0.25	0.22	0.18	0.23	0.32	0.23	0.24	0.19	0.28	0.24	0.21	0.23	0.036
歩き方	0.28	0.25	0.31	0.27	0.18	0.18	0.20	0.26	0.21	0.21	0.13	0.18	0.20	0.18	0.22	0.048

(P<0.01)

表5. 平均荷重値の最大値の50%以上の荷重値が継続する時間内に検出された経時的な平均荷重値の合計値 (kg/cm²)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均値	標準偏差
裸足	22.94	21.17	39.90	36.31	42.86	34.78	49.78	44.79	26.62	29.70	24.37	30.07	25.66	21.10	32.15	9.026
市販靴	34.33	38.23	34.53	28.10	40.73	32.07	36.23	30.89	43.11	26.69	26.07	27.28	23.69	18.90	31.49	6.586
FPU	12.94	14.84	25.73	24.84	23.26	22.68	29.36	44.45	15.60	14.44	16.98	21.91	20.10	18.63	21.84	7.808
歩き方	14.04	16.87	24.86	26.86	18.32	24.71	26.39	34.30	13.12	14.36	11.19	14.06	16.17	16.07	19.38	6.563

(P<0.000001)

販靴との間では有意な差が認められなかった ($P=0.81$) のに対して、裸足とFPU靴との間では有意な差が認められ ($P=0.000017$)、裸足に対してFPU靴を履いた場合が、有意に減少することが確認できた。

また、市販靴とFPU靴の間でも有意な差が認められ ($P=0.005$)、市販靴に対してFPU靴が、有意な減少を確認できた。

さらに、歩行指導後の歩行は、FPU靴を履いた指導前の歩行に対しても有意な減少が確認でき ($P=0.031$)、他のいずれに対しても、有意な減少が確認できた ($P < 0.001$) (表5)。

考察

開張足を発症させる直接的な物理的要因が、第2、第3、第4中足骨骨頭部への荷重と、それに伴う「横アーチ」の継続的低下と考えられるため、当プロジェクトでは、特に歩行時の「片足立ち」期に第2、第3、第4中足骨骨頭部へのプレッシャーが軽減できるような靴と歩き方の普及を重視してきた。

そのような観点から、FPU靴には、「横アーチ」の低下に対して予防あるいは形状復元のために、第2、第3、第4中足骨骨頭をアーチ状に維持あるいは持ち上げることができる中足骨を支えるパットが、日本人の標準的な骨格に適合した形状と位置で装着されている。また、荷重が特定の箇所に集中するのを防止するために、足底が触れるフットベッドの表面には低反撥素材を使用して圧力分散効果を高めている。さらに、蹴り出しをスムーズにすることによって、前足部荷重の圧力と継続時間が軽減できるように、トゥスプリングを効かしてある。

これらの特徴を有したFPU靴が、実際に歩

行時に意図された効果を発揮しているかどうかを検証するために、第2、第3、第4中足骨骨頭部への荷重のありようを、裸足の場合、市販の靴を履いた場合との比較を通して、最大荷重値、平均荷重値の最大値、平均荷重値の経時的変化の観点から考察する。

測定値に関しては、いずれも第2から第4中足骨骨頭部付近の範囲内に対しての荷重に関するものであるが、これらの数値は歩行の動きとの関係でそれぞれに特徴があるため、単純に大小を比較しただけで、当該範囲内へのプレッシャーの大小とするわけにはいかない。

例えば、第1の最大荷重点点における最大値は、瞬時的なものであっても最大値として記録されるために、この数値の単純比較では、それぞれの最大値が、一度だけの瞬時的なものか、最大値に近い荷重が継続的に続いている中でのものかは判断ができない。したがって、最大値の記録が大であっても、当該範囲総体を経時的に見ると全体に小さい荷重で推移している場合と、最大値は比較的小さいにも関わらず、当該範囲総体が経時的に最大値に近い荷重で推移している場合では、最大値の比較だけから当該範囲への負担が前者の方が大きいとは言えない。

そこで、それぞれの数値の意味するところを考慮し、相互に補いながら、考察することとする。

荷重値に関しては、まず、それぞれに性格を異にする荷重値ではあるが、いずれにしても第2、第3、第4中足骨骨頭部付近への荷重値である以上、一般的には、いずれの値も、小さい程「横アーチ」への負担が小さく、逆に大きい程負担が大きい、したがって、開張足への対処としては、値の小さい方が有効であることは論をまたない。

その意味では、評価項目すべてを通して、荷重値に関しては、裸足歩行が最大値を示していることから、「横アーチ」への負担の点では裸足歩行がもっとも開張足を進行させるともいえ、路上に限らず実験場所のような板張りであっても、固い床面においては靴を履くことが開張足への対処となり得ることが示されている（もちろん、趾が自由に動き筋力強化に繋がる等、裸足歩行の開張足に対するメリットもあるので、この点だけで判断すべきではないが）。いずれにしても、裸足歩行時に最大値が示される「横アーチ」への負担が、個々での考察を通して、市販靴、FPU靴を履いた場合、さらにはFPU靴を履いて歩行指導を受けた場合に、いかに軽減されるか、あるいは軽減されないかが検証されなければならない。

そこで次に注目すべきは、市販靴を履いた場合の各評価項目の値である。確かに、裸足歩行に比較すれば、全項目について軽減が見られるのではあるが、そのいずれもが、対応のあるt検定を行った結果、有意な差が認められなかったということである。今回使用した市販靴は各研究協力者が持参したもので、特徴的に共通性のあるものではないため、その意味では、評価項目でばらつきがなく、全項目で有意な差が認められなかったということは、「どのような市販靴でも」と言える面を有している。

したがって、この結果が示すことは、今回使用された市販靴については確かに数値的には裸足歩行よりも負担の軽減を示しているが、その数値が有意な差とは認められない（ $P=0.12$ 、 $P=0.56$ 、 $P=0.81$ ）以上、一概に「開張足への対処には、裸足よりは靴を履く方が良い」とは言えない、ということであり、先に触れた裸足歩行の有する他面でのメリットを考えれば、「靴

によっては履かない方が良い」ということをも示している。

裸足歩行と市販靴を履いた歩行との両者に有意な差が認められないことから、以下、本考察の中心課題である、FPU靴を履いた歩行が、裸足歩行と市販靴を履いた歩行に比して「横アーチ」への負担の軽減がいかなる内容で確認できるかを考察したい。

まず第1に、最大荷重地点における最大値については、裸足とFPU靴との間では有意な差が認められ（ $P=0.0002$ ）、裸足に対してFPU靴を履いた場合が、有意に減少することが確認できたが、市販靴とFPU靴との間では有意な差が認められなかった（ $P=0.17$ ）。それに対して、歩行指導後の歩行は、他のいずれに対しても、有意な減少が確認できた（ $P<0.05$ ）。

第2に、平均荷重値の最大値については、裸足とFPU靴との間で有意な差が認められる（ $P=0.0006$ ）と同時に、市販靴とFPU靴との間でも有意な差が認められ（ $P=0.014$ ）、裸足に対しても市販靴に対しても、FPU靴の方が有意に減少することが確認できた。ところが、歩行指導後の歩行では、同じFPU靴を履いた指導前の歩行との間では有意な差が認められなかった（ $P=0.18$ ）。

さらに第3に、平均荷重値の最大値の50%以上の荷重が、1ストライドの内で継続される時間については、裸足と市販靴との間では他の荷重値の値同様、有意な差が認められなかった（ $P=0.33$ ）が、裸足とFPU靴との間では有意な差が認められ（ $P=0.017$ ）、裸足に対してFPU靴を履いた場合が、有意に減少することが確認できた。また、市販靴とFPU靴との間では、有意水準5%では有意な差が認められなかった（ $P=0.0625$ ）が、歩行指導後の歩行につ

いては、裸足に対してだけではなく、市販靴に対しても、有意な減少を確認できた（それぞれ、 $P=0.003$ 、 $P=0.007$ ）にもかかわらず、FPU靴を履いた指導前の歩行とでは有意な差を認められなかった（ $P=0.25$ ）。

ここでの対象を平均荷重値の最大値の50%以上の荷重に限定したのは、「横アーチ」への負担として影響を与える荷重を、便宜的に最大値の50%以上と仮定したからであり、一般的に微弱な荷重であれば継続的に作用しても負担としては無視できるとは言えても、その「微弱さ」がどの程度であるかを一般的に規定することは困難であるため、ここでは最大値の50%以下を「微弱」としたということである。この点については、便宜的以上の根拠があるわけではないが、最大値を前後して継続した荷重を経時的に考察するための評価対象として50%以上の荷重値を設定した。

以上の3項目の評価結果から以下のことが考察できる。

まず、裸足歩行に対してFPU靴を履いた歩行が、当該範囲（第2から第4中足骨骨頭付近）への荷重の軽減をもたらすことは、最大荷重点における最大値および当該範囲内の平均荷重値の最大値について、両者ともに有意な差が認められる（ $P=0.0002$ 、 $P=0.0006$ ）ことから、容易に推定できる。

つぎに、最大荷重点における最大値と当該範囲内の平均荷重値の最大値とについての評価結果の異同について、両者の性格の違いと相互関連性から、

第1に、当該範囲への荷重に関しては、市販靴に対してFPU靴が軽減されていることは当該範囲内の平均荷重値の最大値に関して有意な差が認められる（ $P=0.014$ ）ことから十分に推

定できるが、

第2に、最大荷重点における最大値について有意な差が認められない（ $P=0.17$ ）点については、FPU靴に関しても、当該範囲内に市販靴と同等の荷重を受ける箇所が存在する場合があるということを示している、さらに

第3に、同じFPU靴を履いているにもかかわらず、歩行指導後に最大荷重点における最大値に関しては変化があり（裸足だけではなく市販靴とも、また指導前のFPU靴とも有意な減少が確認できた）、当該範囲内の平均荷重値の最大値に関しては変化がない（FPU靴を履いた指導前の歩行との間で有意な差が認められなかった）点に関しては、歩行指導の内容が踵荷重を意識させる点を想起すれば、前足部への荷重が意識的に軽減されるため、靴の機能性によって当該範囲への荷重が全体的に軽減されているにも関わらず、無意識の動作の中で特定の場所へ極端に荷重されていたFPU靴での歩行において、後者の部分が改善されたということを示している、という3点が考察される。

最後に、当該範囲内の平均荷重値の最大値の50%以上の荷重の継続時間の評価結果に関しては、裸足と市販靴で差が認められず、裸足とFPU靴とでは差が認められたにもかかわらず、市販靴とFPU靴とでは差が認められない点では、最大荷重点における最大値についてと同じ傾向が見られるが、歩行指導後のFPU靴は著しい違いを示している点が重要である。

歩き方が意識的に変えられないにもかかわらず、当該範囲内の荷重継続時間に差があるということは、靴の構造上の差異に起因するものと考えられるため、裸足、市販靴、FPU靴の3者間に確認できる差に関しては、当該範囲内の任意の地点の瞬時の荷重値である最大荷重点

点における最大値で確認できる差とは性格が異なっている。

後者の場合は、直接的には靴の構造に起因するとは言いえない要素が含まれているため、意識的な歩行変化によって大きく変化する可能性があり、実際、歩行指導前と後とで有意な差が確認できた。それに対して、前者は、意識的な歩行変化によって変化するとは限らないため、実際、歩行指導前のFPU靴との間では有意な差が認められなかった。

ところが、歩行指導後のFPU靴は、市販靴に対しては（歩行指導前には認められなかったにもかかわらず）有意な差が認められた（ $P=0.007$ ）。つまり、同じFPU靴に関しては、歩行変化によっては差が出ないにも関わらず、市販靴に対しては歩行変化前には同じFPU靴で認められなかった差が歩行変化によって認められるようになったということである。

それは、FPU靴が機能として当初より有していた市販靴との差（有意な差とはいえなくても）が、歩行変化との相乗効果で拡大したことを想起させるものである。そして、注目すべきは、有意水準5%で認められなかった市販靴とFPU靴との差（ $P=0.0625$ ）と、歩行指導後のFPU靴と市販靴との有意水準1%でも十分に認められる差（ $P=0.007$ ）である。

この評価結果から、FPU靴が蹴り出しをスムーズにするためにトゥスプリングを効かした構造であることによって、無意識な歩行においても市販靴に比して当該範囲への荷重継続時間を軽減している（有意水準5%では認められないが）が、それが踵荷重を意識した歩行によって相乗的に軽減されることになった、という状況を推定することは充分可能なように考えられる。

以上の考察に加えて、残された最後の評価結果についても、若干の考察を行なう。

当該範囲内の平均荷重値の最大値の50%以上の荷重値が継続する時間内に検出された経時的な平均荷重値（0.01秒毎に測定された値）の合計値は、先にも触れた「横アーチ」への負担として仮定した荷重が継続している間の総荷重として想定したものであり、その数値が実際の「横アーチ」への負担を比較する数値として有効であるかどうかは、改めて検証する必要がある。

この点を留保した上で、評価結果を考察すれば、裸足と市販靴の間では有意な差が認められなかった（ $P=0.81$ ）にもかかわらず、裸足とFPU靴の間では有意に減少することが確認でき（ $P=0.000017$ ）、さらに、市販靴とFPU靴の間でも有意な減少を確認できた（ $P=0.005$ ）ということは、FPU靴の開張足への対処における有効性という、これまでの考察結果と矛盾することなくむしろその結果を補強しているといえる。

加えて、歩行指導後の歩行について、FPU靴を履いた指導前の歩行に対しても有意な減少が確認でき（ $P=0.031$ ）、他のいずれに対しても、有意な減少が確認できた（ $P<0.001$ ）ということは、FPU靴の機能性が正しい歩行によって相乗的に高められることを示しているといえる。

結語

以上、FPU靴が、実際の歩行時に、開発において意図された効果を発揮しているかどうかを、第2、第3、第4中足骨骨頭部への荷重のありようを、裸足の場合、市販の靴を履いた場

合との比較、さらに無意識な歩行と正しい歩き方を意識した歩行との比較を通して、当該範囲内の最大荷重値、当該範囲内の平均荷重値の最大値、当該範囲内の平均荷重値の経時的変化等の観点から考察してきた。

考察の結果、歩行時の第2、第3、第4中足骨骨頭部への荷重の圧力と時間をできるだけ軽減させる、というFPU靴開発における目標が達成されており、「開張足の予防、改善機能を有した靴」としての客観的な検証がなされたといえる。

参考文献

Götz-Neumann K, (2005)、観察による歩行分析、(月城慶一、山本澄子、江原義弘、益子原秀三)、医学書院

門野邦彦、田中康仁、阪元達哉、柿花剛、秋山晃一、谷口晃、高倉義典、(2001)、F-scanを用いた歩行時床反力曲線の分割法の足部疾患診断に置ける有用性。J.Jpn.Orthop.Assoc.75(3) : S484

Kingston B, (2000)、よくわかる筋の機能解剖、(足立和隆)、メディカル・サイエンス・インターナショナル

葛生香、柴田英宣、吉田晋、(2003)、足底の形状にフィットしたインソールによる力学的変化、体力科学52(6) : 800

Marquardt W, (1983)、靴型装具のすべて—理論と実際—、(加倉井周一)、パシフィックサプライ

柵木聖也、福林徹、永井純、岡田守彦、(1991)、下肢の形態と運動に足底板が及ぼす影響について。筑波大学体育研究13 : 1-7

Novak P, Burger H, Tomsic M, Marincek C, Vidmar G. (2009), Influence of foot orthoses on plantar pressures, foot pain and walking ability of rheumatoid arthritis patients — a randomised

controlled study. Disabil Rehabil. 31(8) : 638-45

島田真梨子、(2006)、立位・歩行時の足圧分布に対する足底板の効果、筑波大学大学院修士課程体育研究科スポーツ健康科学専攻修士論文

隅谷政、鈴木祥生、笠原富美雄、(1994)、タクトイルセンサーの足底板適合検査への応用—FSCANについて—。リハビリテーション医学31(11) : 795

Tsung BY, Zhang M, Mak AF, Wong MW. (2004 Nov-Dec), Effectiveness of insoles on plantar pressure redistribution. J Rehabil Res Dev.41(6A) : 767-74



図1 品番FPU15321；ベルトタイプ



図2 品番FPU15341；ファスナータイプ



図3 第2から第4中足骨骨頭部付近の範囲内の最大荷重点点における最大値

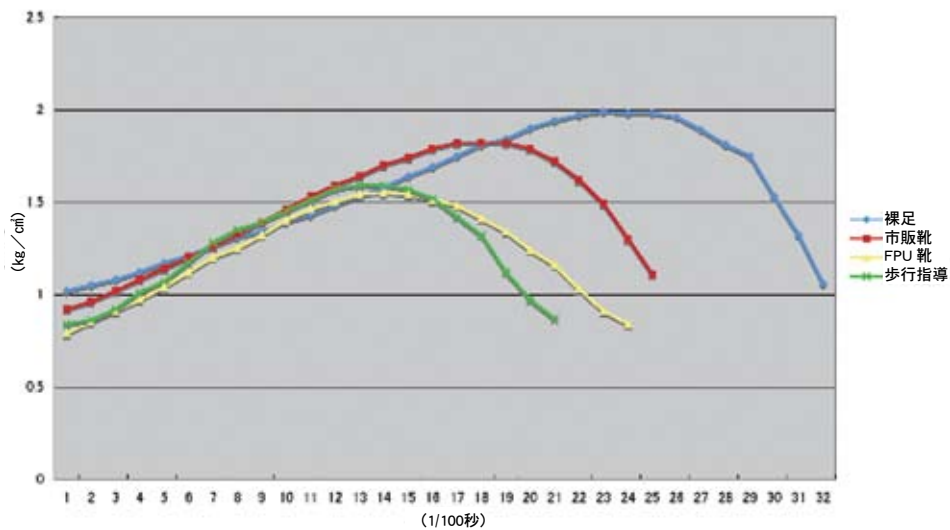


図4 平均荷重値の経時的変化