

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 15 日現在

機関番号：32809

研究種目：若手研究（B）

研究期間：平成 22 年度 ～ 平成 23 年度

課題番号：22700585

研究課題名（和文）足圧分布データを用いた足部アーチ評価システムの開発

研究課題名（英文）Development of foot arch evaluation system by foot pressure distribution data

研究代表者

今泉 一哉（IMAIZUMI KAZUYA）

東京医療保健大学 医療保健学部 医療情報学科 講師

研究者番号：50454179

研究成果の概要（和文）：

足圧分布データを用いた足部アーチ評価システムの開発を行うために、健常高齢者のフィールド実験を行い、データを取得した。このデータを用いてバイオメカニクスと統計学両面から、評価に用いるパラメータを検討した。その結果、中足部圧力比が最適なパラメータとして設定され、判別分析によって判別式を算出した。判別式を適用した結果、分類の感度・特異度とも十分に高く、開発手法の信頼性が高いと考えられた。

研究成果の概要（英文）：

To develop an evaluation system for foot arch types using foot pressure distribution data, field test for the elderly was conducted and basic data was obtained. Evaluation parameter set was discussed in terms of both biomechanics and statics. As the result, the mid foot pressure ratio was selected as an optimal parameter set. Discriminant analyses were conducted and discriminants were derived using the parameter set. Results of the classification indicate that both sensitivity and specificity of the classified foot arch types were sufficiently high. Therefore, the method developed in this study was thought to be highly reliable.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
22 年度	900,000	270,000	1,170,000
23 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,400,000	420,000	1,820,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学／リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：介護予防・支援技術、足部アーチ

1. 研究開始当初の背景

高齢者の介護予防と健康支援体制の確立が社会的に急務である。その中でも高齢者の転倒は、寝たきりの要因の1つであり、要介護の原因の第3位に挙げられている。転倒・骨折の割合は年代が上がるにつれ増加し、そ

れに関係する医療費・介護費は 5,318 億～6,359 億円と推定されている [平成 17 年版厚生労働白書]。転倒骨折予防には簡便かつ定量的な計測・評価と、それに基づいた適切な介入が必要である。転倒に関係する身体的要因として、下肢筋力、バランス機能、歩行

機能などが挙げられるが、これら以外に足部や足爪の異常と転倒リスクとの関連が指摘されている[山下他, 電学論C, 124, 2004]. 足部は重心保持・移動の作用点であり, 扁平足やハイアーチなどの足部形態の異常も転倒リスクを高める要因の一つであると考えられ, これらは足, 膝, 腰などに障害や疼痛を誘発する可能性がある[大塚他, 日本公衛誌, 50, 2003]. 足部形態の異常は, 高齢者の不活動や QOL の低下につながると考えられるため, 定量的な評価システムが必要だと考えられる. とくに, 図 1 に示すような足部のアーチ構造は, 身体にかかる衝撃を吸収する機能を持つため, 適切な評価と運動やケアなどの介入のアプローチが必要と考えられる.

しかしながら, 高齢者の健康支援, 転倒予防を行う自治体や保健所, 地域の現場において足部形態アーチを簡便かつ定量的に評価するシステムは皆無であり, これを提供できるシステムと学問的な枠組みが必要であった.

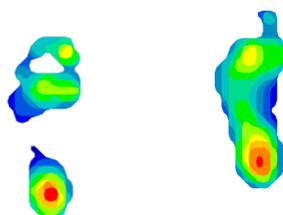


図1 足圧分布図の例 (左: 扁平足, 右: ハイアーチ)

2. 研究の目的

本研究では足底の形状と圧力を計測した足圧分布データを用いた高齢者の足部アーチ評価システムの開発研究を目的とする. 本研究の最終目標は, 足圧データ計測から足部アーチの自動分類・評価をし, この評価に基づいた介入を行うことで高齢者の介護予防, 健康支援に寄与することである. そのために, 機器自体の簡易化などの課題もあるが, その中でも評価方法の構築を研究目的とした. 具体的には, ①足部アーチを評価するパラメータの検討, ②評価基準の算出, ③形態学的パラメータとの比較とした.

3. 研究の方法

1) 評価のための足圧パラメータの検討

足圧分布データを用いた足部形態評価システム開発のための基礎データを取得するために, 高齢者対象のフィールド実験を行った. 実験の対象者は, 転倒予防教室に参加した健康高齢者 35 名 (男性 9 名, 女性 26 名) で, 平均年齢 73.6 ± 6.7 才, 平均身長 154.6 ± 6.8 cm, 平均体重 51.3 ± 8.5 kg であった. 本研究は, 東京保健大学倫理委員会の承認を得て行った.

足圧分布の計測には, ニッタ社製のマットスキャンを用いた. センサ配置は 8.3 mm 間

隔で, 44 行×52 列である. 計測条件は開眼静止立位, 両足の拇指の幅を約 15cmn とし, リラックスして自然に立つように教示した. 計測器のサンプリング周波数は 20Hz とした.

計測した足圧分布の数値データのうち, 左足を解析対象とした. 足圧分布のデータは, 足趾を除いた足底の接地部を前後方向に 3 分割し (前足部, 中足部, 後足部), 各部の面積と圧力を算出した. 足の大きさの違いに対応するため, 足趾を除いた接地面全体に対する比を算出した. 比較対象として, 色によって可視化した足圧分布図を用いて扁平足, ハイアーチを視覚的に分類した (図 2).

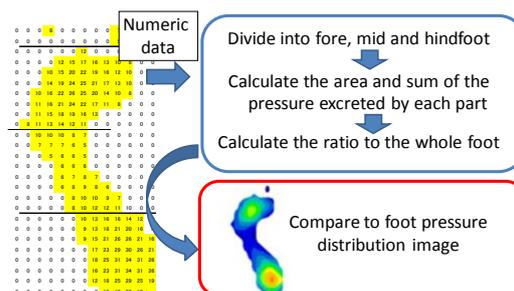


図 2 データ分析方法

2) 評価基準の算出

抽出したパラメータと影響を与える因子について統計的手法を用いて評価基準の算出を行った. 具体的な方法として, ①判別分析, ②四分位値による分類の二種類とした. 四分位値については, 若年者を対象とした先行研究において, 中足部の面積比の四分位値が臨床家の評価とほぼ一致したという報告がある.

① 判別分析

判別方法を検討する前に, パラメータの選択を統計学的な観点からも検討するために, 6 種類の足圧分布パラメータの全ての組合せについて, 赤池情報量 (Akaike's Information Criterion: AIC) を算出した. AIC が最少のパラメータの組合せを最適なパラメータとした.

この最適なパラメータの組合せによって, 35 人の健康高齢者のグループのデータを用いて判別式を導出した. 次に, 判別式を導出した群とは別の健康高齢者 23 人のグループに対して, 判別式を適用した.

それぞれの分類の結果について, 感度・特異度を算出して, 判別の評価を行った.

②四分位値による分類

判別分析の場合と同様に中足部圧力比を最適なパラメータとして, 設定群の高齢者 (n=35) における度数分布の第 1 四分位値および第三四分値を閾値として設定した.

次に, 評価群 (n=23) に対して設定群で求めた閾値を用いて足部アーチを分類した.

それぞれの分類の結果について、感度・特異度を算出して、判別の評価を行った。

3) 形態学的パラメータとの比較

抽出したパラメータと臨床において簡易的内側縦アーチ評価に用いられる舟状骨高との対応を検討するための実験を行った。対象者は、基礎実験とは別の転倒予防教室に参加した健康高齢者 22 名（女性）で、平均年齢 75.5 ± 7.1 才、平均身長 153.5 ± 7.2 cm、平均体重 52.4 ± 10.0 kg であった。

足圧分布の計測方法は基礎実験と同様であった。左足を解析対象とし、先に抽出された中足部圧力比・面積比を算出した。次に、舟状骨を触診し床からの高さを計測した。計測時の被験者の姿勢は足圧分布計測時と同様とした。体格の違いによる影響を取り除くために、足圧分布データから足長を算出し、舟状骨高を足長で除したものを舟状骨高率とした。なお、足長は足底の足趾を除いた前足部の先端と踵の後端との前後方向の距離とした。

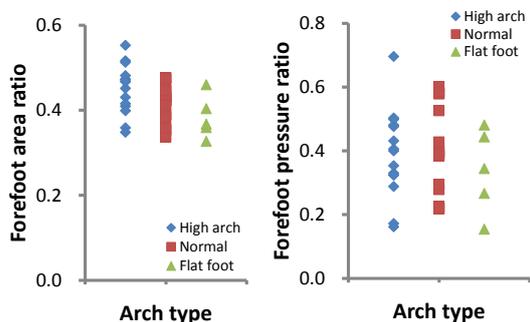
足圧分布パラメータと舟状骨高率との対応を検討するために、相関係数の算出を行った。比較のため色によって可視化した足圧分布図を用いて扁平足、ハイアーチの視覚的分類との関係も分析した。

4. 研究成果

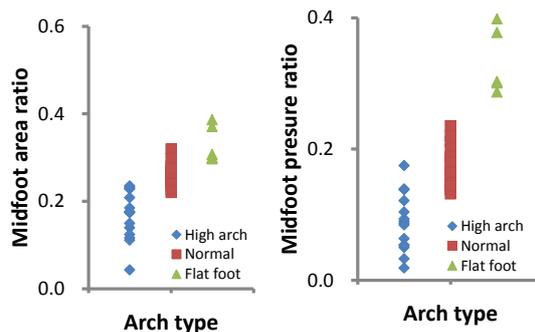
1) パラメータの抽出

足圧分布図による視覚的な検討の結果、対象者の 35 名の高齢者のうち、4 名が扁平足、14 名がハイアーチ傾向にあると考えられた。

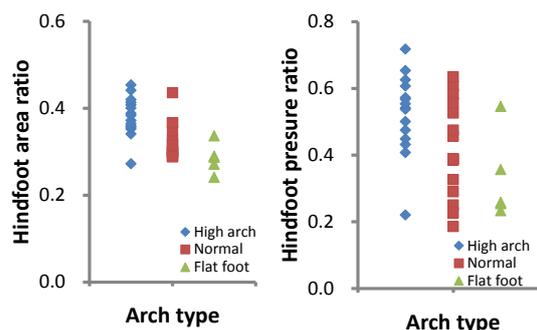
6 種類のパラメータのうち、全体に対する中足部の面積比と圧力比について、図 3 に示すように扁平足傾向の群で大きく、ハイアーチ傾向の群で小さい傾向が見られた。これら以外のパラメータについては、足圧分布図による視覚的な分類との対応関係が見られなかった。



a) 前足部面積比 (左), 前足部圧力比 (右)



b) 中足部面積比 (左), 中足部圧力比 (右)



c) 後足部面積比 (左), 後足部圧力比 (右)

図 3 足アーチタイプと足圧分布パラメータとの関係

先行研究において、Cavanagh らは若年者を対象として、本研究と同様の中足部の面積比を用いて、第 1 四分位値、第 3 四分位値を閾値とすると、臨床家の定性的な判断とほぼ一致したとしている。

本研究においてもこの手法を適用すると、図 4 に示すように (Q1: 第 1 四分位値, Q3: 第 3 四分位値) おおむね対応が見られた。

従って、中足部の面積比と圧力比を用いて足部形態を評価できる可能性があると考えられた。

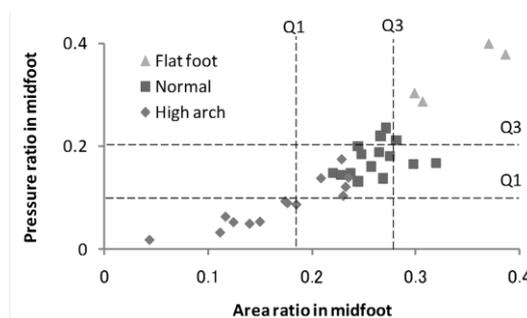


図 4 中足部のパラメータと四分位値

2) 評価基準の算出

最適なパラメータ選択について、AIC を算出した結果、最少となったのは、中足部圧力比一つを用いた場合でその値は 11.7 であつ

た。次に小さいのは中足部圧力比と面積比の組合せであった。この結果は、先のバイオメカニクスの観点からの選択と同様であった。従って、このパラメータを最適のパラメータとした。

判別分析によって導出された式は以下の通りである。

$$d_{\text{high}} = 632.3mfp^2 - 109.9mfp + 4.8 \quad (1)$$

$$d_{\text{norm}} = 632.3mfp^2 - 221.1mfp + 19.3 \quad (2)$$

$$d_{\text{flat}} = 632.3mfp^2 - 421.4mfp + 70.2 \quad (3)$$

m_{fp} は中足部圧力比であり d_{high} , d_{norm} , d_{flat} は一般化されたマハラノビス距離である。各被験者のデータに対して、 d_{high} , d_{norm} , d_{flat} を算出し比較する。 d_{high} が最大の場合は被験者はハイアーチ、 d_{norm} が最大の場合は正常、 d_{flat} が最大の場合は扁平足と分類した。

判別分析を行った設定群 (n=35) に対して判別式によって分類した結果を表 1, 分類の感度・特異度を表 2 に示す。

表 1 判別式による設定群の分類結果 (n=35)

	High Arch	Normal	Flat foot
Classified High arch	12	0	0
Classified Normal	3	15	0
Classified Flat foot	0	0	5

表 2 判別式による設定群の分類の感度と特異度 (n=35)

Arch Type	Sensitivity	Specificity
High Arch	0.80	1.00
Normal	1.00	0.85
Flat foot	1.00	1.00

次に評価群 (n=23) に対して、判別式を適用したときの判別結果を表 3, 感度・特異度を表 4 に示す。

表 3 判別式による評価群の分類結果 (n=23)

	High Arch	Normal	Flat foot
Classified High arch	5	0	0
Classified Normal	2	12	0
Classified flat foot	0	1	3

表 4 判別式による評価群の分類結果の感度・特異度 (n=23)

Arch Type	Sensitivity	Specificity
High Arch	0.71	1.00
Normal	0.92	0.80
Flat foot	1.00	0.95

判別式を用いた分類の結果、設定群、評価群ともに感度・特異度が十分高く群による影響を受けにくいと考えられた。

次に、同じ被験者群のデータを用いて四分位値による分類の感度・特異度を表 5, 表 6 に示す。四分位値による分類を行うと、設定群では比較的高い感度・特異度であったが、評価群では感度・特異度が大きく低下した。

表 5 四分位値による設定群の分類結果の感度と特異度 (n=35)

Arch Type	Sensitivity	Specificity
High arch	0.60	1.00
Normal	0.73	1.00
Flat foot	1.00	0.87

表 6 四分位値による設定群の分類結果の感度と特異度 (n=23)

Arch Type	Sensitivity	Specificity
High arch	0.38	1.00
Normal	0.86	0.54
Flat foot	1.00	0.93

2) 形態学的データとの比較

相関分析の結果、足圧分布パラメータどうしの相関係数は 0.90, 舟状骨高と舟状骨高率の相関係数は 0.90 であった。一方、舟状骨高率と足圧分布パラメータとの相関係数は、面積比が-0.08, 圧力比が 0.08 とどちらも低かった。

ハイアーチ傾向, 正常, 扁平足傾向を群ごとに分けたときの、舟状骨高率および中足部圧力比の分布範囲を図 5 に示す。舟状骨高率については視覚的分類とは関係なくばらばらに分布した。一方、中足部圧力比については、ハイアーチが低く、扁平足が高い値で分布する傾向であった。

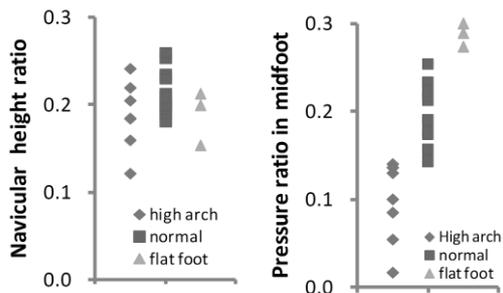


図5 足圧分布パラメータおよび舟状骨高率と視覚的分類の対応

足圧分布パラメータと舟状骨高率および舟状骨高率の相関係数を算出した結果、両者の相関係数は低く対応関係は見られなかった。中足部圧力比の分布する範囲は、視覚的なハイアーチ傾向、正常、扁平足傾向の分類と対応する傾向が見られたが、舟状骨高率ではばらばらに分布していた。

解剖学的には内側縦アーチの低下は、舟状骨高率の低下と中足部の面積と圧力比の上昇として現れると考えられる。足部の筋腱の柔軟性低下などによる内側縦アーチの上昇は、舟状骨高率の上昇と、中足部面積・圧力比の低下をもたらすと考えられる。しかし、舟状骨高率においては、視覚的分類から推測される内側縦アーチの状況とは対応しない結果であった。詳細に検討すると、図6のように、ハイアーチ傾向の群の中には、本研究で取り扱った前後方向の縦アーチでなく、前足部の左右方向のアーチ低下を示唆するような足圧分布の被験者が見られた。このような場合、視覚的分類でハイアーチ傾向であっても、舟状骨高率が低いという結果になったと考えられた。

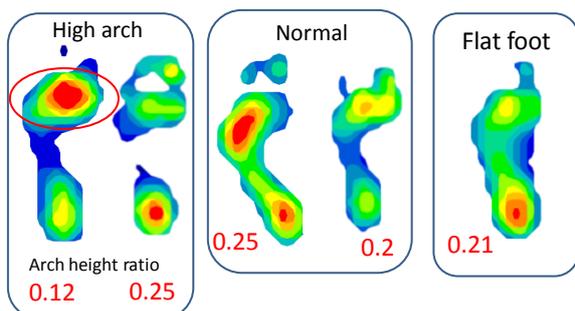


図6 典型的な足圧分布図と舟状骨率（アーチ高率）

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① K. Imaizumi, Y. Iwakami, Kazuhiko

Yamashita, and Y. Hiejima. Development of an evaluation system for foot arch types in the elderly using foot pressure distribution data. IEEE EMBC, 2012. (in press)

- ② K. Imaizumi, Y. Iwakami and K. Yamashita. Analysis of foot pressure distribution data for the evaluation of foot arch type, IEEE EMBS, pp. 7388-7392, 2011. (doi 10.1109/IEMBS.2011.6091720)

[学会発表] (計9件)

- ① 岩上優美, 今泉一哉, 山下和彦, 岡部誠, 尾内理紀夫, 足圧分布図を用いた足部形態評価システムの開発, ITヘルスケア学会第六回学術大会, 2012年5月27日, 大阪
- ② 岩上優美, 安在絵美, 中嶋香奈子, 今泉一哉, 山下和彦, 岡部誠, 尾内理紀夫, 画像マッチング手法を用いた足圧分布図の分類の基礎的検討, 第51回日本生体医工学会大会, 2012年5月10日, 福岡
- ③ 今泉一哉, 岩上優美, 山下和彦, 足圧分布を用いた高齢者の足部アーチ評価システムの開発, 第51回日本生体医工学会大会, 2012年5月12日, 福岡
- ④ 今泉一哉, 岩上優美, 山下和彦, “高齢者の足部アーチ評価のための足圧分布データの分析” 生体生理工学シンポジウム 計測自動制御学会, 2011年9月21日, 草津市
- ⑤ K. Imaizumi, Y. Iwakami and K. Yamashita. Analysis of foot pressure distribution data for the evaluation of foot arch type, 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS, 2 September 2011, Boston
- ⑥ 今泉一哉, 岩上優美, 山下和彦, “足圧分布による高齢者の足部状態の評価システムの開発” 第50回日本生体医工学会大会, 2011年4月30日, 東京電機大学
- ⑦ 今泉一哉, 岩上優美, 山下和彦: 高齢者の健康支援のための足部形態評価システムの開発: 生体医工学会北海道支部第37回生体医工学研究会, 2010年12月3日, 札幌
- ⑧ 今泉一哉, 岩上優美, 山下和彦, “高齢者の足部アーチ評価のための足圧分布データの分析, 生体生理工学シンポジウム 計測自動制御学会, 2010年9月24日, 岡山.
- ⑨ 今泉一哉, 岩上優美, 山下和彦, Analysis of foot pressure distribution parameter for the evaluation system of foot shape 第50回日本生体医工学会大会, 2010年6月26日, 大阪

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://hi.thcu.ac.jp/imaizumi/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

今泉 一哉 (IMAIZUMI KAZUYA)

研究者番号：50454179

(2) 研究協力者