

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 28 日現在

機関番号：32809

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16405

研究課題名(和文)高齢者の足圧情報の自動評価システムの開発による足底筋群の推定と転倒予防への活用

研究課題名(英文)The presumption of plantar muscles and application to fall prevention for elderly by development of a system for automatic assessment of foot pressure information

研究代表者

岩上 優美 (Iwakami, Yumi)

東京医療保健大学・医療保健学部・助手

研究者番号：50421350

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、高齢者の転倒予防への活用のために足圧情報を用いた足部内側縦アーチ異常の自動評価システムの開発と外反母趾の歩行への影響を検討した。

足圧計測情報を用いた足部内側縦アーチ異常の自動評価システムは、1次スクリーニングとして機械学習の手法を用いて「ハイアーチ」「正常」「扁平足」の3種類に自動分類するシステムの開発し、検出精度を上げるために特徴量や分類手法の見直しを行い、異常の見落としのないシステムを確立した。また、外反母趾の自覚や疼痛によって歩容にどのように影響するかを検討し、その結果、歩行の効率を有意に低下させる変化が見られるという知見を得られた。

研究成果の概要(英文)：In this study, I developed a system for automatic assessment of foot pressure information for application to fall prevention for elderly. This is auto-assessment system using machine learning methods. In addition, I investigated the effect of gait of hallux valgus on middle age female's gait.

The system which I developed takes the pressure data and shape characteristics of feet as an input, and classifies it into three categories: 'normal', 'high arch', and 'flat foot'. I reviewed feature quantities and classification methods to enhance detection accuracy. Then I established the system that does not overlook abnormal feet. Also, the purpose of this study is to discuss the effect of hallux valgus on middle age female's gait. Among subjects with hallux valgus, foot pain appeared to decrease gait efficiency. The results indicated that foot pain caused by hallux valgus has a severe effect on gait.

研究分野：情報工学

キーワード：足部内側縦アーチ異常 外反母趾 転倒予防 機械学習

1. 研究開始当初の背景

2013年の日本の高齢化率は25.1%を超え、2060年には39.9%に達すると予測されている[1]。超高齢社会の中で高齢者医療費等の社会保障費に影響を与えている因子の1つに転倒骨折が挙げられる。歩行機能、バランス機能に着目し、身体機能を改善することによって転倒を予防することは十分に可能性があると考えられる[2]。

そこで、足圧計測データを用いて、自動的に足底部の状態を評価するシステムの構築と開発システムによる転倒予防支援者の評価作業の効率化とその有用性の検証を行うこととした。

また中高年女性に多い変形性疾患である、外反母趾は、高齢者の姿勢制御や歩容に有意な影響を与え、転倒リスク因子であるとされていることから、外反母趾が歩行に与える影響について検討した。

2. 研究の目的

(1) 足圧計測データを用いて自動的に足底部の内側縦アーチの状態を評価するシステムの開発

足底圧計測データによる解剖学的、筋骨格系構造のメカニズムの観点からはスタティックな評価は行われており、評価指標も定性的なものを含むが一定の見解が得られている。そのため、本研究で構築するシステムは足底圧計測データを評価者が内側縦アーチを評価するときに着目するポイントを定量化して自動1次スクリーニングシステムを開発する。

(2) 開発システムによる転倒予防支援者の評価作業の効率化

(1)で構築したシステムを使用することによって、これまで手作業で行っていた作業を自動化し、大量のデータを評価することができること、機械学習を用いた自動評価を行うため、専門知識を有していなくても1次スクリーニングが可能になる。

3. 研究の方法

(1) 機械学習を用いた内側縦アーチ異常の自動評価システムの開発

まず、本研究で開発したシステムの概要を図1に示す。

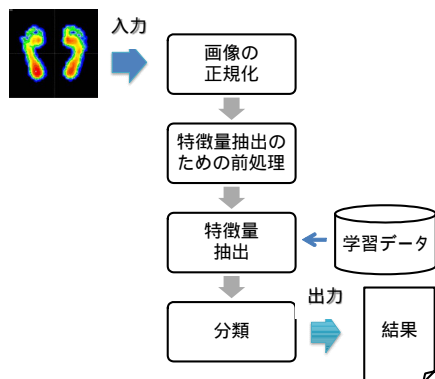


図1.開発システムの概要

機械学習を用いた内側縦アーチ異常の自動評価システムの開発のため、特徴量の自動抽出手法の検証、最適な特徴量と分類器の検証の2点を行った[3][4]。

はじめに、計測器の特性を調べるため、分銅を用いて荷重と足底圧計測データの表示の関係を調べた。

次に、これまで手作業で行っていた、データの正規化および特徴量の自動抽出プログラムの作成を行った。

はで抽出した特徴量をデータマイニングツール weka に実装されている分類手法と組み合わせで分類を行い、最も精度よく分類できる組み合わせの検証を行った。

実験データは日常的に足圧分布を視覚的非定量的評価法で判定を行っている3名に650件の足圧分布画像を「ハイアーチ」「正常」「扁平足」の3つのカテゴリーに分類してもらった。そして、3人中2名の意見が一致したカテゴリーに分類することとし、ハイアーチ106件、正常488件、扁平足56件の650件実験データとした。

分類手法は先行研究[3][4]では Adaboost でブースティングした決定木を用いてきたが、特徴量の組み合わせと、決定木、1-NN、k-NN、Support Vector Machine、Bagging した決定木、Adaboost でブースティングした決定木、Random Forest との組み合わせを検証した。

分類精度の評価指標は、通常の1次スクリーニング検査における評価では陽性と陰性の2値判定となるが、本研究では「ハイアーチ」「正常」「扁平足」の3つのカテゴリーに分類するため、図2のように分類される。

		予測されたカテゴリー		
		ハイアーチ	正常	扁平足
実際の カテゴリー	ハイアーチ	真のハイアーチ TH	ハイアーチであるのに正常に分類 HN	ハイアーチであるのに扁平足に分類 HF
	正常	正常であるのにハイアーチに分類 NH	真の正常 TN	正常であるのに扁平足に分類 NF
	扁平足	扁平足であるのにハイアーチに分類 FH	扁平足であるのに正常に分類 FN	真の扁平足 TF

図2 本研究における混同行列

本研究は一次スクリーニングという目的から、最も重要な指標は取りこぼしの少なさを示す、再現率 (Recall) である。再現率は図2から以下の式で求まる。

$$Recall = \frac{(TH + HF + TF + FH)}{(TH + HN + HF + FH + FN + TF)}$$

また、ハイアーチ、正常、扁平足の網羅性を評価するためにハイアーチの再現率 R_{high} 、正常の再現率 R_{normal} 、扁平足の再現率 R_{flat} を

評価指標とした。

$$R_{high} = \frac{TH}{(TH + HN + HF)}$$

$$R_{normal} = \frac{TN}{(NH + TN + NF)}$$

$$R_{flat} = \frac{TF}{(FH + FN + TF)}$$

すべてのデータを「ハイアーチ」もしくは「扁平足」に分類することで、再現率 100% を達成できるが、すべてを異常に分類したのではスクリーニングの役割を果たさないで、どの程度正確に分類できたかを示すハイアーチの適合率 P_{high} 、正常の適合率 P_{normal} 、扁平足の適合率 P_{flat} を評価指標に加えた[5]。

$$P_{high} = \frac{TH}{(TH + NH + FH)}$$

$$P_{normal} = \frac{TN}{(TN + BN + FN)}$$

$$P_{flat} = \frac{TF}{(TF + HF + NF)}$$

(2) 分類精度の改善

本研究で開発したシステムは 1 次スクリーニングシステムをして使用するため、内側縦アーチの異常である、「ハイアーチ」や「扁平足」を見落とさないこと、すなわち、異常検出の再現率を上げることが重要である。そこで自動分類後に確率分布を用いて再分類する手法を適用した。自動分類後に確率分布を用いた再分類する手法は、Random Forest で自動分類した後、確率分布を用いて正常に分類される可能性が 80% 以上のときのみ正常に分類し、それ以外の場合はハイアーチか扁平足に分類するように再分類する手法である。

(3) 外反母趾と歩容の関係の検討

外反母趾と歩容の関係は、シート式下肢加重計から得られる歩行パラメータとの関係を検証した。

検証した歩行パラメータは速度 (km/h)、ケージンス (歩/分)、歩行比 (m/歩/分)、平均歩行周期 (sec)、平均歩行角度 (度)、平均つま先角度 (度)、平均合成圧中心軌跡長 (cm)、平均親指側軌跡長 (cm)、平均小指側軌跡長 (cm)、平均内側後軌跡長 (cm)、平均外側後軌跡長 (cm)、平均合成圧力、親指側平均分割圧力、小指側平均分割圧力、内側後平均分割圧力、外側後平均分割圧力である。

4. 研究成果

3 の (1) で検証した結果、Random Forest を用いて分類したとき、最もよい分類結果が

得られた。Random Forest で分類した結果を表 1 に、3 の (2) で述べた確率分布を用いて再分類する手法を適用した結果を表 2 に示す。

表 2 ではハイアーチと扁平足の見落としがないことがわかった。また、正常の適合率が 100% であることから、正常のカテゴリーの中にハイアーチや扁平足が混ざっていないことがわかる。ハイアーチの適合率および扁平足の適合率から、ハイアーチのカテゴリーの中に正常であるものが 24% 程度混ざっていること、扁平足のカテゴリーの中 35% 程度正常であるものが混ざっているが、これらは 2 次スクリーニングで評価されたときに除外されるので問題ない。

以上の結果から、Random Forest で分類し確率分布を用いて再分類する手法で、本研究における、1 次スクリーニングにおいて最も重要である「ハイアーチや扁平足を見落とさない」という条件を充たすことができ、また、ハイアーチ、正常、扁平足を極力正しく分類することもできていると考える。

表 1 Random Forest による分類

評価指標	
再現率	91.6923
ハイアーチの再現率	0.8679
正常の再現率	0.9529
扁平足の再現率	0.6964
ハイアーチの適合率	0.8762
正常の適合率	0.9375
扁平足の適合率	0.7959

表 2 確率分布を用いた再分類手法を適用した結果

評価指標	
再現率	1.0000
ハイアーチの再現率	1.0000
正常の再現率	0.8689
扁平足の再現率	1.0000
ハイアーチの適合率	0.7571
正常の適合率	1.0000
扁平足の適合率	0.6512

3 の (3) は、外反母趾は中高年の女性に多いため、中年女性に着目し、検討した。その結果、外反母趾の自覚のある中年女性においては、自覚のない人に比べて、着地時の足の角度や重心移動に影響があるような歩行の変化が見られること、疼痛があることによって歩行の効率を有意に低下させる変化が見られること、さらに本研究で用いたパラメータによって、外反母趾歩行の評価ができる可

能性があるという知見を得られた。

今後の展開としては、今回は立位静止時の足圧データで検証を行ったが歩行時の圧力やその他のパラメータとの関連性に注目したいと考えている。

<引用文献>

[1]平成 26 年版高齢社会白書

[2]Province MA et al: The effects of exercise on falls in elderly patients a preplanned meta-analysis of the FICSIT trails, JAMA, 1995

[3] 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: 足圧分布画像を用いた足部アーチ分類手法の提案と検証, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol.135, No.5, pp505-512 (2015)

[4] 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: 足圧分布画像を用いた足部アーチ異常の一次スクリーニング手法, ITヘルスケア学会第9回年次学術大会, pp.93-96 (2015)

[5] 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: 足圧分布画像を用いた足部アーチ以上の一次スクリーニング手法の改良, ITヘルスケア学会第10回記念学術大会, 東京, 2016

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)

[学会発表](計2件)

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: 足圧分布画像を用いた足部アーチ異常の一次スクリーニング手法, ITヘルスケア学会第9回年次学術大会, pp.93-96 (2015)

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: 足圧分布画像を用いた足部アーチ以上の一次スクリーニング手法の改良, ITヘルスケア学会第10回記念学術大会, 東京, pp.108-111 (2016)

6. 研究組織

(1)研究代表者

岩上 優美 (IWAKAMI, Yumi)

東京医療保健大学・医療保健学部・助教

研究者番号: 50421350

(2)研究協力者

安在 絵美 (ANZAI, Emi)

中嶋 香奈子 (NAKAJIMA, Kanako)

今泉 一哉 (IMAIZUMI, Kazuya)

山下 和彦 (YAMASHITA, Kazuhiko)

岡部 誠 (OKABE, Makoto)

尾内 理紀夫 (ONAI, Rikio)