

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 5 月 24 日現在

機関番号：12601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K23599

研究課題名(和文)3軸足底圧センサを用いた成人期扁平足患者における足底剪断力測定

研究課題名(英文)Three-dimensional plantar force measurement for the patients with adult acquired flat foot

研究代表者

田中 伸弥(Tanaka, Shinya)

東京大学・医学部附属病院・届出研究員

研究者番号：10845861

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文): 成人期扁平足とは、後脛骨筋腱という足関節内側を通る腱の加齢性の劣化により、足部の変形と歩行時痛を有する疾患である。足部の変形は3次元的方向性であり、荷重による変形であるため、これまで定量化することが困難であった。本研究では、小型の3次元圧センサをインソール上に5か所配置した、靴型デバイスを開発した。

本デバイスを用いて、健康者での歩行データを収集し、測定値の再現性が高いことを確認した。さらに、成人期扁平足患者においても歩行の評価を行い、立脚期初期に踵部での後方への大きい剪断力が生じる傾向が見られた。ブレーキがかかる方向への力であり、非効率な歩行をしていることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

成人期扁平足は、中年以降に発症し、足部痛を伴う扁平足変形をきたす疾患であるが、症状や変形を定量的に評価する手法はなかった。

本研究では、成人期扁平足の評価デバイスとして、歩行中に足底にかかる3次元方向の力を測定できる靴型デバイスを開発した。計測値の再現性が得られるかを検証した後、成人期扁平足患者における計測も行った。土踏まず部での圧力が上昇する傾向にあり、この測定値をもちいると、歩行中の変形を評価できる可能性がある。

研究成果の概要(英文): Adult acquired flatfoot (AAFD) is a disease with a symptom of foot pain and foot deformity, which was mainly caused by the degeneration of posterior tibialis tendon. Since the deformity was emerged during walking and standing, the quantification was difficult. In the present study, we developed the portable insole-shaped sensor which could measure the 3 dimensional plantar forces during walk. The high or moderate reproducibility of the measurements was revealed in the gait analysis of the healthy volunteers. The measurements in patients with AAFD were performed, and the backward force on the heel sensor right after heel strike tended to be higher than that of healthy volunteers.

研究分野：整形外科

キーワード：成人期扁平足 後脛骨筋腱機能不全症 歩行

1. 研究開始当初の背景

成人期扁平足とは、アーチ(土踏まず)の支持に主要な役割を果たす後脛骨筋腱の加齢性変化を原因として生じる成人期以降の病的な扁平足である。足部変形とそれに伴う疼痛により、歩行障害を引き起こす。(図1) 中年期以降に好発し、60歳以上の日本人での罹患率は25%との報告もある(引用1)。



図1. 成人期扁平足患者の足部

本疾患は画像上の変形の度合いにより、重症度分類がなされているが、変形の度合いや手術による矯正が、歩行に及ぼす影響について評価した研究は少なく、先行研究としては、成人期扁平足患者の歩行時足底圧重心の軌跡は、健常者と大きく異なり、変形矯正術後に健常者に近づく、というものがあるのみである(引用2)。

本疾患の症状は、歩行時に見られるものであり、症状を評価するには患者の歩行を定量化する必要があるが、一般に歩行解析には大規模な施設を要し、臨床診断に応用することはできなかった。

我々は、3軸足底力センサを用いたインソール型の計測デバイスを開発し、無拘束条件下で歩行時の足底に生じる3次元方向の力を計測する技術を有している。このデバイスを、成人期扁平足患者の歩行評価に応用し、臨床現場で簡易歩行解析デバイスとして利用可能とすることをめざし、その基盤となる計測を行った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、3軸足底力センサを用いたインソール型の計測デバイスの再現性を確認し、歩行解析における有用性を明らかにすること、さらに本デバイスを用いて成人期扁平足患者での歩行を解析し、健常者の歩行との差異を明らかにすることである。

3. 研究の方法

1) センサの再現性

対象

健常者7名(男:女=5:2)

測定

4センサ(踵、第5中足骨基部、第5中足骨頭、母趾球)をインソール上に配置した、靴型足底剪断力デバイスを作製した。各センサの座標系は図2に示す通りである。4センサ×3軸(X,Y,Z)で12種類の時系列データを計測した。10mの平地歩行を1試行とし、10試行を行った。さらに48時間以上経過後に10m平地歩行を10試行を行った。解析対象としたのは各被検者の左足のデータである。

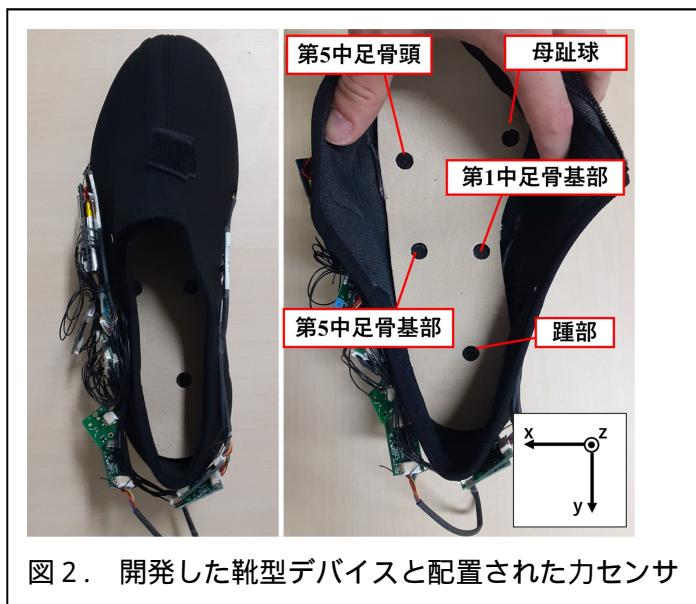


図2. 開発した靴型デバイスと配置された力センサ

③ 解析

各試行において、歩行開始後2

歩分と歩行終了前2歩分を除いた、歩行データの立脚期を抽出し、時間標準化を行った後、平均化した波形を算出した。さらに10試行分の平均波形を算出した。

得られた平均波形における(最大値)-(最小値)の値について、1回目計測と2回目の計測での級内相関係数, Case2 (ICC) を算出して評価した。

解析には、MATLAB2020a(MathWorks社)をもちいた。

2) 成人期扁平足患者での計測

- a) 対象
成人期扁平足患者 3 名, 健常者 2 名
- b) 測定
成人期扁平足での計測に最適化するため、5 センサ (踵、第 5 中足骨基部、第 5 中足骨頭、母趾球、第一中足骨基部) をインソール上に配置した。10m の平地歩行を 10 試行行った。
- c) 解析
実験 1 と同様に、前後 2 歩分を除く歩行動作の立脚期を抽出し、全試行での平均の波形を得た。計測データ数の不足により、統計的な比較は不可能であるため、全データを直接比較して定性的な評価を行った。

4. 研究成果

1) センサの再現性

表 1 に各センサ、各軸の 1 回目と 2 回目測定値に対する、級内相関係数を示す。

y, z 軸方向 (足底圧) の値については、母趾球センサ以外では中等度 ~ 高い再現性が見られた。x 軸方向については、第 5 中足骨頭部でのみ高い再現性が見られた。x 軸方向では、測定値が概ね小さく、測定誤差の影響が大きくなったためと考えられる。

表 1. 測定値の再現性

軸, センサ名	ICC(2, 1)	p 値
x 軸		
踵	0.121	0.4
第 5 中足骨基部	0.177	0.349
第 5 中足骨頭	0.803*	0.011
母趾球	0.485	0.103
y 軸		
踵	0.714*	0.03
第 5 中足骨基部	0.764*	0.01
第 5 中足骨頭	0.722*	0.012
母趾球	0.438	0.162
z 軸		
踵	0.968*	< 0.001
第 5 中足骨基部	0.702*	0.027
第 5 中足骨頭	0.854*	0.005
母趾球	0.078	0.428

* ICC > 0.7, ** p < 0.05

2) 成人期扁平足患者での計測

各被検者の測定値を、歩行周期で正規化、各試行で平均化したデータを図 3 に示す。1) を踏まえ、x 軸方向のデータと母趾球のデータは省略した。

z 軸方向のデータについては、成人系扁平足患者群で、立脚期後期の第 1 中足骨基部が大きく、第 5 中足骨頭部で小さい傾向がみられた。荷重中心が、成人期扁平足患者では足底の内側を通過する傾向があるためと考えられ、先行研究の結果と矛盾はなかった。先行研究では、大規模が歩行解析設備を用いているが (引用 2) 本研究では、簡易に着脱可能な、非拘束デバイスでの解析であり、臨床応用への可能性が示唆された。

y 軸方向のデータについては、成人期扁平足患者で、立脚期初期に踵部での後方への大きい剪断力が生じる傾向があった。ブレーキがかかる方向への力であり、非効率な歩行をしていることが示唆された。

研究期間内に得られた被検者数が十分でないため、同プロトコルでの計測を継続し、健常者との統計学的な比較を行う予定である。

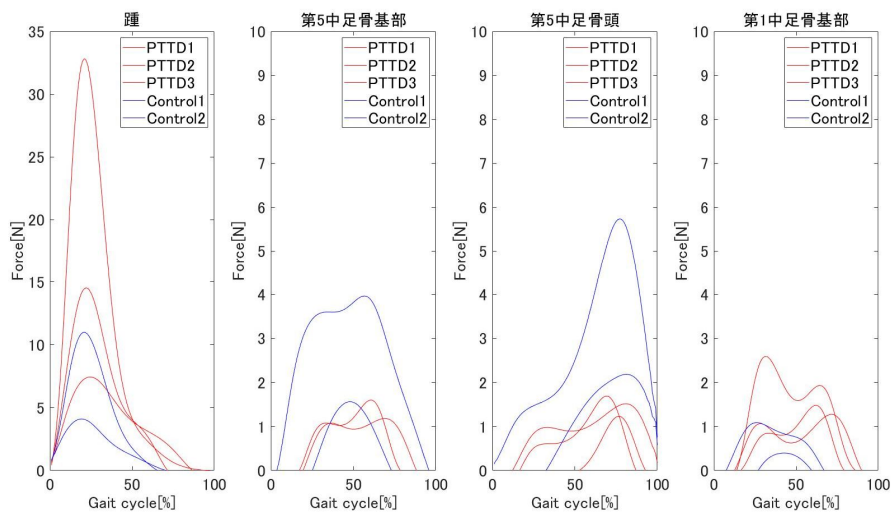


図 3-1 各センサの z 軸方向の測定値

PTTD : 成人期扁平足患者, Control : 健常者

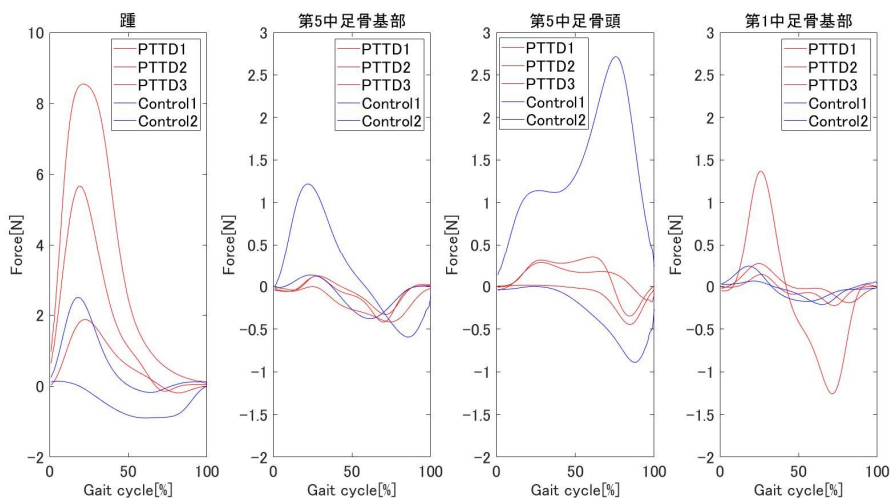


図 3-2 各センサの y 軸方向の測定値

PTTD : 成人期扁平足患者, Control : 健常者

< 引用文献 >

1. 大塚礼, ら. "地域在住高齢者における扁平足と足の自覚症状, および肥満との関連." 日本公衆衛生雑誌 50.10 (2003): 988-998.
2. Ringleb SI, et al. Changes in gait associated with acute stage II posterior tibial tendon dysfunction. Gait Posture. 2007 Apr;25(4):555-64.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 杉村 遼太, 上原 浩介, 田中 伸弥, 田中 栄, 森崎 裕	4. 巻 37
2. 論文標題 手根管症候群患者における短母指外転筋CMAPと患者立脚型評価尺度各質問項目の関連	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本手外科学会雑誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉村 遼太, 上原 浩介, 田中 伸弥, 田中 栄, 森崎 裕	4. 巻 37
2. 論文標題 手根管症候群患者における短母指外転筋MMTと患者立脚型評価尺度各質問項目の関連	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本手外科学会雑誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Shinya Tanaka, Kosuke Uehara, Ryota Sugimura, Yutaka Morizaki
2. 発表標題 Comparative assessment of A1 pulley structural deviation under isometric tension in healthy volunteers and trigger finger patients using ultrasonography
3. 学会等名 75th annual meeting of the American Society for Surgery of the Hand (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中 伸弥, 上原 浩介, 杉村 遼太, 小峰 彩也香, 谷 彰一郎, 岩永 康秀, 三浦 俊樹, 大江 隆史, 田中 栄
2. 発表標題 超音波を用いた指屈曲位での等尺性運動時のA1腱鞘偏位の評価
3. 学会等名 第63回日本手外科学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryota Sugimura, Kosuke Uehara, Shinya Tanaka, Yutaka Morizaki
2. 発表標題 Predictive Factors for Surgical Intervention in Patients with Carpal Tunnel Syndrome
3. 学会等名 75th annual meeting of the American Society for Surgery of the Hand (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------