

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：24303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26462313

研究課題名(和文) 足部・足関節変形における新しい画像解析法の確立 - 足部疾患の病態解明を目指して -

研究課題名(英文) Novel imaging analysis for foot and ankle deformity.

研究代表者

徳永 大作 (Tokunaga, Daisaku)

京都府立医科大学・医学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：90343409

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：足・足関節の変形は日常生活動作(ADL)の制限に直結する。CT-osteospectrometry (CT-OAM)法は軟骨下骨の骨密度を計測し、応力分布を解析する方法である。CT-OAM法を用いて生体における健常足関節の距骨軟骨下骨密度と関節裂隙距離を評価し、両者はともに足関節内側に分布したことを発見した。本研究から関節裂隙が狭小化する部位では、応力が集中している可能性があると考えた。CT-OAM法は関節裂隙距離と軟骨下骨密度の関係を3次元で評価することが可能であり、足関節の病態解明に有用な方法であると考えた。

研究成果の概要(英文)：CT-osteospectrometry (CT-OAM) was method for assessing the distribution of subchondral mineralization. Relationships between strength and subchondral bone density (SBD) of the human joint are known. We observed that the area of maximum density of the tibia was located in the medial part in most subjects. Therefore we observed that shortest joint space was located medial sections. We believed our data shows that stress concentration was increased in area of joint space narrowing especially. CT-OAM analysis may elucidate the pathology of foot and ankle disorders.

研究分野：バイオメカニクス

キーワード：足部足関節

1. 研究開始当初の背景

関節リウマチ (RA) は国内患者数が 70~100 万人に達する全身性炎症性疾患である。特に足・足関節は手・手関節に次いで罹患することが多く、約 90% の症例で足部・足関節部に疼痛を認めたことがあると報告されている (Otter SJ et al.: Clin Rheumatol, 2010)。RA による足・足関節の変形は、前足部では外反母趾、かぎ爪趾変形が、中足部・後足部では縦アーチの低下と後足部の外反、すなわち外反扁平足変形 (図 1) が主体であり、外反変形が高度になると歩行困難が生じる (Keenan M et al.: J Bone Joint Surg, 1991)。RA 患者の足・足関節の変形は日常生活動作 (ADL) の制限に直結する。しかし RA による後足部変形に伴う足根骨の 3 次元的な構築の変化を可視化し、各関節の荷重変化を解析した報告は皆無である。RA に伴う足根骨の 3 次元構造の変化および関節の荷重変化を解析し、装具療法などの保存的治療もしくは手術療法に役立てることは RA 患者の Quality of Life (QOL) や ADL を改善するのみならず、ひいては医療経済効果も高いことが予想される。

近年、さらなる画像解析技術の進歩により、荷重に対する関節の変化を評価することが可能となってきた。軟骨下骨密度 (以下 subchondral bone density; SCBD) は関節にかかる長期間の荷重ストレス分布を反映するとされ、SCBD を評価できる CT 吸光度分析法の有用性が報告されている (Müller-Gerbl M, Skeletal Radiol, 1989)。足関節の SCBD に関する報告は、2009 年に Muhlhofer らは距腿関節における脛骨の SCBD を計測し、骨密度と最大機械的強度の間に相関があると報告している (Muhlhofer H, Surg Radiol Anat, 2009)。

われわれは、扁平足では骨配列や、距腿関節の関節間距離が健常足と比較して変化するという形態学的な特徴 (城戸優充, 日足外会誌, 2010) (Imai K, Jpn J Joint Dis, 2013 in press) を報告してきた。後足部の動態変化に関しては、病期が進行すると、足関節の底背屈時に距腿関節の可動性は減少し、距踵関節および距舟関節の可動性が増大することを明らかにしてきた (Imai K, J Orthop Sci, 2011)。さらに、足部に荷重をかけると扁平足では距腿関節は健常足と比較して底屈が増大し、距踵関節および距舟関節では外反が増大することを解明してきた (Kido M, Foot Ankle Int, 2011)。

しかし、距踵関節に関する報告はない。また、健常足と扁平足とを比較した報告はない。この手法を用いれば扁平足による荷重負荷の変化により生じた足関節および距踵関節の変化を計測することが可能であると考えた。また、これまでに明らかにしてきた 3 次元動態の解析を組み合わせることで、RA 患者や扁平足患者に対する足底挿板や UCBL 装具などの装具療法の有用性や扁平足に対する手術

療法の有用性、適応、そして手術時期を in vivo で科学的に検証できるのではないかと考えている。

2. 研究の目的

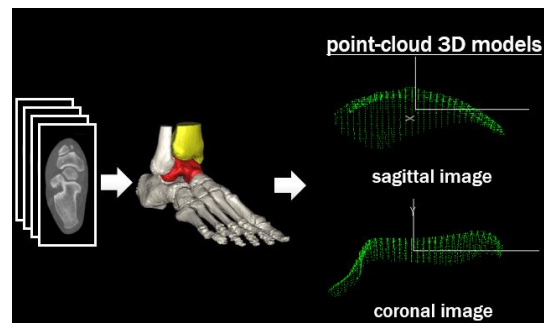
CT-osteospectrometry (CT-OAM) 法は軟骨下骨の骨密度を計測し、応力分布を解析する方法である。屍体足や生体を用いた研究で足関節と距骨下関節の応力分布は報告されている。われわれは関節裂隙が最も狭小化している部位に応力が集中していると考え、荷重位と非荷重位での生体健常足の CT 画像データを 3 次元的に再構築し、足関節面データを作成した。本研究の目的は、得られた関節面データから軟骨下骨の Hounsfield 値 (HU) を計測し、生体での荷重による応力分布と関節裂隙の関係を明らかにすることである。

3. 研究の方法

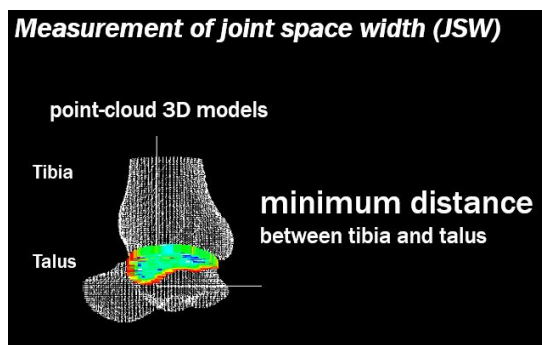
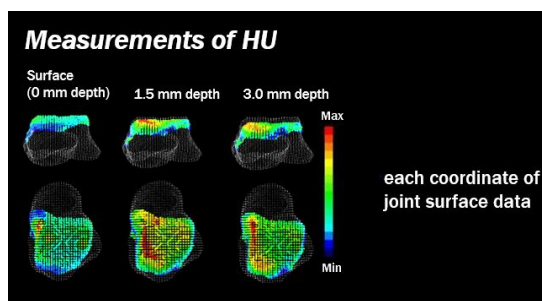
健常ボランティア 10 人 20 足 (男性 5 人、女性 5 人、平均年齢 35.1 歳 (21-44 歳)) を対象とした。対象の両足部 CT を荷重位と非荷重位で撮像した。荷重はカスタムメイドの荷重装置を用いた。



立体画像再構築ソフトウェアを用いて脛骨、距骨の 3 次元画像情報を構築し、距骨関節面データの 3 次元点群モデルを作成した。距骨-脛骨間距離が 4mm の部分を距骨関節面とし関節面データを作成した。



距骨関節面表層から 30mm 深部で関節面データをを用いて HU を計測し、関節面データの各ポイントにおける HU の最大値を抽出した。また脛骨距骨間距離を算出した。距骨関節面データを 9 分割し、HU の最大値と脛骨距骨間距離の最小値の分布を検討した。



4. 研究成果

全対象における抽出した距骨の最大 HU は 1167 から 1865 で、平均値は 1570 ± 140 であった。HU は関節面内側で高値となり、分布は内側前方に 9 足、内側中央に 9 足、内側後方に 1 足、前方中央に 1 例であった。関節間距離の最小値も関節面内側に分布した。内側前方に 7 足、内側中央に 8 足、内側後方に 3 足、外側前方に 1 例、中央に 1 例であった。

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 4 件)

Kido M, Ikoma K, Hara Y, Imai K, Maki M, Ikeda T, Fujiwara H, Tokunaga D, Inoue N, Kubo T. Effect of therapeutic insoles on the medial longitudinal arch in patients with flatfoot deformity: a three-dimensional loading computed tomography study.

Clin Biomech (Bristol, Avon). 査読有, 2014 Dec;29(10):1095-8.

doi: 10.1016/j.clinbiomech.2014.10.005.

Imai K, Ikoma K, Kido M, Maki M, Fujiwara H, Arai Y, Oda R, Tokunaga D, Inoue N, Kubo T. Joint space width of the tibiotalar joint in the healthy foot.

J Foot Ankle Res. 査読有, 2015 Jul 3;8:26.

doi: 10.1186/s13047-015-0086-5.

Yoshioka N, Ikoma K, Kido M, Imai K, Maki

M, Arai Y, Fujiwara H, Tokunaga D, Inoue N, Kubo T. Weight-bearing three-dimensional computed tomography analysis of the forefoot in patients with flatfoot deformity. J Orthop Sci. 査読有, 2016

Mar;21(2):154-8. doi:10.1016/j.jos.2015.12.001.

城戸 優充、生駒 和也、今井 寛、久保 俊一、扁平足に対するバイオメカニクス研究の現況、日本足の外科学会雑誌、査読有、2014、35 巻 1 号 Page4-7

[学会発表](計 8 件)

今井 寛、生駒 和也、徳永 大作、3 次元再構築画像を用いた足関節底背屈における足関節裂隙の変化、日本足の外科学会学術集会、シーガイアコンベンションセンター(宮崎県) 2014.11.13

原 佑輔、生駒 和也、徳永 大作、CT-Osteoabsorptiometry を用いた生体健全足関節の応力分布解析、日本足の外科学会学術集会、シーガイアコンベンションセンター(宮崎県) 2014.11.14

原 佑輔、生駒 和也、徳永 大作、CT-Osteoabsorptiometry を用いた生体健全足関節の応力分布の解析、日本足の外科学会学術集会、ヒルトン東京ベイ(千葉県) 2015.10.29

今井 寛、生駒 和也、扁平足を有する外反母趾の Metatarsus primus elevatus に関する検討、日本足の外科学会学術集会、ヒルトン東京ベイ(千葉県) 2015.10.29

今井 寛、生駒 和也、扁平足および外反母趾の内側楔状骨-第 1 中足骨間の不安定性に関する検討、日本足の外科学会学術集会、奈良春日野国際フォーラム薨~I・RA・KA~(奈良県) 2016.11.18.

Yusuke HARA, Kazuya IKOMA, Daisaku TOKUNAGA, Analysis of mechanical strength in talus using CT-Osteoabsorptiometry; in vivo study. Orthopaedic Research Society annual meeting 2015. MGM Grand Hotel (Las Vegas)

Yusuke HARA, Kazuya IKOMA, Daisaku TOKUNAGA, Analysis of mechanical strength in talus using CT-Osteoabsorptiometry; in vivo study. American Orthopaedics Foot and Ankle Society 2015 annual meeting. Long Beach convention center(Long beach). 2015.7.15

Yusuke HARA, Kazuya IKOMA, Daisaku TOKUNAGA, Analysis of mechanical strength in talus using CT-Osteoabsorptiometry; in vivo study. URANIA Berlin(Germany), 2016.6.24.

[図書](計 1 件)

生駒 和也 他、メジカルビュー社、関節外科 2015、34 巻 1 号 Page39-42

[産業財産権]

出願状況（計0件）

取得状況（計0件）

〔その他〕特記事項なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

徳永 大作 (TOKUNAGA, Daisaku)
京都府立医科大学 大学院医学研究科 運動器機能再生外科学 准教授
研究者番号：90343409

(2) 研究分担者

生駒 和也 (IKOMA, Kazuya)
京都府立医科大学 大学院医学研究科 運動器機能再生外科学 講師
研究者番号：50516044

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

今井 寛 (IMAI, Kan)
城戸 優充 (KIDO, Masamitsu)
原 佑輔 (HARA, Yusuke)