

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：17301

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19450

研究課題名（和文）非特異的腰痛の病態解明のための基礎研究—仙腸関節形態とメカニカルストレスの関連性

研究課題名（英文）Basic study to elucidate the pathophysiology of nonspecific low back pain:
Relationship between sacroiliac joint morphology and mechanical stress

研究代表者

西 啓太（Nishi, Keita）

長崎大学・医歯薬学総合研究科（歯学系）・助教

研究者番号：60823292

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：骨量ファントムを用いた定量的CT画像から、骨盤を中心に椎骨や頭蓋骨、四肢骨の骨密度データを採取し、高齢者における各部位の骨密度変化の関係を調査した。その結果、海綿質と緻密質荷重骨か非荷重骨 膜内骨化か軟骨内骨化の要因により、骨密度の加齢に伴う変化が異なることが明らかになった。また、頭蓋骨の骨密度に関しては、加齢の影響をほとんど受けないことが明らかになった。本研究において、脊柱骨盤領域の有限要素解析を実施するための手法を開発することができた。この手法は関連領域の解析に応用可能であり、今後も多くの研究成果が得られると考えている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

二足歩行するヒトの脊柱骨盤領域のバイオメカニクス研究は動物モデルを使用することに限界がある。しかし、CT画像データをもとに実施する有限要素法は、ヒトの骨格におけるバイオメカニクスを詳細に検討することができることから、その解析手法の確立は多くの脊柱骨盤領域の運動器疾患の病態解明に応用できると考える。本研究では脊柱の有限要素モデルを中心に有限要素法による生体力学的解析法を実施し、椎体に加わる負荷に関して定量的なデータを得ることに成功した。本研究で得られた成果は、運動器疾患を中心とした病態メカニズムの解明や予防法の開発に貢献できると考える。

研究成果の概要（英文）：From quantitative CT images using a bone mass phantom, bone density data were collected from vertebrae, skull, and limb bones, mainly the pelvis, to investigate the relationship between bone density changes at various sites in the elderly. The results revealed that age-related changes in bone mineral density varied depending on the following factors: (1) trabecular versus dense bone, (2) loaded versus unloaded bone, and (3) intramembranous versus cartilaginous ossification. As for the bone density of the skull, it was found to be largely unaffected by aging.

In this study, we were able to develop a method for conducting finite element analysis of the spine and pelvis regions. This method can be applied to the analysis of related areas, and we believe that many more research results will be obtained in the future.

研究分野：肉眼解剖学

キーワード：有限要素法 バイオメカニクス 腰痛

1. 研究開始当初の背景

仙腸関節は上半身と下半身をつなぐ骨盤に位置している仙骨と腸骨をつなぐ関節である。二足歩行するヒトの仙腸関節は、上半身からの荷重負荷を支え、安定した立位活動を保障する重要な役割を担う。腰痛と仙腸関節の関連としては、仙腸関節に外力が加わると、仙腸関節周囲の靭帯や筋に損傷が生じ、腰部や鼠径部などの骨盤領域に疼痛を引き起こすと臨床的には考えられている。このような病態は仙腸関節障害とよばれ、外科的な既往や行動習慣などの外部要因が素因であると報告されている。しかし、これらの要因に該当するのは仙腸関節障害を有するケースのごく一部であり、多くの場合は診断が非常に困難であるのが現状である。そのため、仙腸関節障害のさらなる病態解明と、診断および治療法の開発が求められている。

2. 研究の目的

骨盤の生体力学的研究は、以前から生体や遺体を使用して実施されていたが、センサーによって骨盤全体に加わる応力を測定するのは限界があり、部分的な計測しかできなかった。そこで近年では、有限要素法解析を用いたコンピュータシミュレーションによる計算法が使用されている。これは **Computer tomography** (以下、CT) データなどから作成した仮想上の骨格に、骨や靭帯などの強度と重力や張力による負荷を設定することで、局所に加わる応力などを模擬的に定量評価できる方法である。近年の研究では、姿勢や動作中に骨盤に加わるメカニカルストレスについての検討や骨盤形態の性差による検討などに有限要素解析が使用されている。しかし、これまでの骨盤領域の有限要素解析を使用した研究は、仙腸関節形態を考慮されておらず、関節形態が骨盤領域のメカニカルストレスにどのような影響を及ぼすのかについては明らかにされていない。そこで、本研究では形態の異なる仙腸関節を持つ個体間において、骨盤領域の骨・関節に加わるメカニカルストレスを比較検討することを目的に研究を実施した。

3. 研究の方法

本学の死因救命センターに設置された Autopsy imaging (以下、Ai) 用 CT で、死後もなく取得された DICOM データを各種のソフトウェアを使って処理し、脊柱骨盤領域の骨密度やメカニカルストレスについて検討を行った。

研究 1

本研究では、死亡直後に撮影した全身コンピュータ断層撮影画像を用いて複数部位の BMD を測定し、骨格部位間の共通点と相違点を明らかにすることを試みた。さらに、各骨格部位の荷重環境、骨微細構造、骨化過程など、BMD の変化に影響を与える因子を検討することを目的とした。生前に研究への参加に同意した 60 名 (男性 28 名、女性 32 名、平均年齢 84.0 歳) の死亡直後に撮影した CT 画像を用いて、頭蓋骨、鎖骨、腰椎、大腿骨 (頸部・骨幹部) の BMD データを含む 3 次元モデルを作成した。任意に測定部位を定め、各部位で骨密度を測定した。

研究 2

対象は死亡直後に撮影した CT 画像データベースから、正常モデルとして骨折の所見がない 73 歳女性と、脊椎圧迫骨折モデルとして第 12 胸椎に魚椎型の圧潰変形が認められる 85 歳の女性を選択した。2 つのモデルは性別と体格を考慮して選択した。脊柱のメッシュモデルは、脊椎骨、椎間円板、椎間関節の形状や物質特性を再構成するソフトウェア (Mechanical Finder version 10.0, 計算力学研究センター, 東京) を用いて作成した。静止立位と立位での脊柱の屈曲、伸展、左側屈、右回旋時の負荷を想定し、運動負荷条件を設定した。立位の負荷として、400N の圧縮応力を第 10 胸椎 (T10) の椎体上面 (85%) と上関節面 (15%) に加えた。これらの負荷条件を設定した有限要素モデルにおいて、正常モデルと脊椎圧迫骨折モデルのメカニカルストレスの違いを検討した。

4. 研究成果

研究 1 : すべての部位の BMD は年齢と負の相関を示したが、この相関は頭蓋骨で他の部位より弱かった。特に、男性では海綿骨の多い部位で、女性では皮質骨の多い部位で負の相関が顕著であった。さらに、これらの結果から、骨格部位の荷重環境、骨微細構造、骨化過程などの因子が BMD に影響を与えることが示唆された。さらに、今回の結果から、高齢の女性では皮質骨の BMD を評価することが重要であることが示唆された。

研究 2 :

有限要素法による骨折リスクの評価は、さまざまな運動時に脊柱に加わる負荷を定量的に算出

できるため、脊椎圧迫骨折患者の再骨折のリスク管理において重要なエビデンスを提供できる可能性が示唆された。今後は、定量的 CT 画像データにより得られる骨密度と骨形態のデータを反映した有限要素法による骨折リスク評価を確立することにより、患者ごとに適切な動作練習や生活指導を提供するための客観的なデータを提供できる可能性があると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Ogami-Takamura Keiko, Saiki Kazunobu, Nishi Keita, Wakebe Tetsuaki, Endo Daisuke, Murai Kiyohito, Naito Yoshiatsu, Tsurumoto Toshiyuki	4. 巻 2021
2. 論文標題 Significant Asymmetry of the Bilateral Upper Extremities of a Skeleton Excavated from the Mashiki-Azamabaru Site, Okinawa Island, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BioMed Research International	6. 最初と最後の頁 1~11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1155/2021/4884760	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Hasegawa Takashi, Nishi Keita, Nakashima Akira, Moriuchi Takefumi, Iso Naoki, Koseki Hironobu, Tabira Takayuki, Higashi Toshio	4. 巻 100
2. 論文標題 Effects of attentional bias modification on chronic low back pain in older outpatients	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Medicine	6. 最初と最後の頁 e27738 ~ e27738
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1097/MD.00000000000027738	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Ogami-Takamura Keiko, Saiki Kazunobu, Endo Daisuke, Murai Kiyohito, Nishi Keita, Tsurumoto Toshiyuki	4. 巻 40
2. 論文標題 Double-Sided Superior Vena Cava: Developmental Considerations Associated with the Thymic Veins	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Morphology	6. 最初と最後の頁 24 ~ 29
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4067/S0717-95022022000100024	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Imamura Takeshi, Ogami Takamura Keiko, Saiki Kazunobu, Hamamoto Ayami, Endo Daisuke, Murai Kiyohito, Nishi Keita, Sakamoto Junya, Okamoto Keishi, Oyamada Joichi, Manabe Yoshitaka, Tsurumoto Toshiyuki	4. 巻 239
2. 論文標題 Morphological divergence in the curvature of human femoral diaphyses: Tracing the central mass distributions of cross sections	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Anatomy	6. 最初と最後の頁 46 ~ 58
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/joa.13399	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Ogami-Takamura Keiko, Saiki Kazunobu, Endo Daisuke, Murai Kiyohito, Nishi Keita, Okamoto Keishi, Murata Hiroaki, Hara Tetsuya, Tsurumoto Toshiyuki	4. 巻 96
2. 論文標題 Gross anatomical investigation of the muscular head between the vastus lateralis and intermedius in the Japanese population: a cadaver study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Anatomical Science International	6. 最初と最後の頁 231 ~ 238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12565-020-00579-3	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 Imamura Takeshi, Ogami Takamura Keiko, Saiki Kazunobu, Hamamoto Ayami, Endo Daisuke, Murai Kiyohito, Nishi Keita, Sakamoto Junya, Okamoto Keishi, Oyamada Joichi, Manabe Yoshitaka, Tsurumoto Toshiyuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Morphological divergence in the curvature of human femoral diaphyses: Tracing the central mass distributions of cross sections	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Anatomy	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) 10.1111/joa.13399	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 Moriuchi Takefumi, Nakashima Akira, Nakamura Jiro, Anan Kimika, Nishi Keita, Matsuo Takashi, Hasegawa Takashi, Mitsunaga Wataru, Iso Naoki, Higashi Toshio	4. 巻 14
2. 論文標題 The Vividness of Motor Imagery Is Correlated With Corticospinal Excitability During Combined Motor Imagery and Action Observation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	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) 10.3389/fnhum.2020.581652	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nishi Keita, Endo Daisuke, Hasegawa Takashi, Moriuchi Takefumi, Ogami-Takamura Keiko, Saiki Kazunobu, Murai Kiyohito, Higashi Toshio, Tsurumoto Toshiyuki, Manabe Yoshitaka, Oyamada Joichi	4. 巻 2022
2. 論文標題 Similarities and Differences in Bone Mineral Density between Multiple Sites in the Same Individual: An Elderly Cadaveric Study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 BioMed Research International	6. 最初と最後の頁 1 ~ 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2022/6094663	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tsurumoto Toshiyuki, Endo Daisuke, Saiki Kazunobu, Imamura Takeshi, Murai Kiyohito, Nishi Keita, Manabe Yoshitaka, Oyamada Joichi, Sakamoto Junya, Ogami-Takamura Keiko	4. 巻 98
2. 論文標題 Cross-sectional geometry of the femoral diaphyseal cortical bones: analysis of central mass distribution	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Anatomical Science International	6. 最初と最後の頁 77~88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12565-022-00676-5	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3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 西啓太
2. 発表標題 高齢者の骨リモデリング機構に影響を及ぼす因子の検討
3. 学会等名 第127回日本解剖学会総会・全国学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西啓太
2. 発表標題 片脚立位時の骨盤生体力学に対する仙腸関節形態の影響：高齢女性を対象とした有限要素解析
3. 学会等名 第126回日本解剖学会総会・全国学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西啓太
2. 発表標題 有限要素法を用いた脊椎圧迫骨折後の生体力学研究
3. 学会等名 第27回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022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
---------	---------