

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：24701

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K18008

研究課題名（和文）成人脊柱変形術後の股関節症：新疾患概念の確立に向けて

研究課題名（英文）Hip osteoarthritis after spinopelvic fusion surgery

研究代表者

神前 拓平（Kozaki, Takuhei）

和歌山県立医科大学・医学部・博士研究員

研究者番号：90838319

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：成人脊柱変形術後に急速に進行する股関節症は本術式の合併症の一つであるにもかかわらず、明確な病態が把握されておらず予防するには至っていない。本研究は有限要素解析と動作解析という二つの3次元評価法を用いて、股関節にかかる応力を成人脊柱変形術前後で比較した。有限要素法では骨盤固定を併用した脊椎固定モデルで股関節の応力が増加していた。また、動作解析においても術後に股関節モーメントが増加していた。これらの結果をもって成人脊柱変形術後に進行する股関節症は骨盤固定による隣接関節障害であることが判明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

成人脊柱変形術後の股関節症は新規発生率が20%であるものの、有効な治療法が確立されていない。本研究結果より本病態は骨盤固定に伴う隣接関節障害であることが判明した。本研究をもとに今後予防法を開発することが期待される。

研究成果の概要（英文）：Hip osteoarthritis progresses rapidly after adult spinal deformity surgery, which is one of the complications of this procedure, but its pathology has not been clearly understood. In this study, we used two three-dimensional evaluation methods, finite element analysis and motion analysis, to compare the stress on the hip joint before and after adult spinal deformity surgery. The finite element analysis showed hip joint stress increased much more in a spinopelvic fixation than the other model. Motion analysis also showed hip joint moment increased after surgery. These results demonstrated that hip osteoarthritis that progresses after adult spinal deformity surgery is adjacent joint damage caused by pelvic fixation.

研究分野：脊椎

キーワード：成人脊柱変形手術 変形性股関節症 隣接関節障害

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会に突入した我が国では、変形性脊椎症と関節症が多くの高齢者で併存し、日常生活動作を著しく制限すると共に生活の質を低下させている (Yoshimura N, Clin Calcium: 2018)。近年、脊柱変形に対する手術の低侵襲化により脊柱変形に対する Long Fusion が広く実施されるようになった。本手術を受けることで難治性腰痛と起立歩行障害は消失するため、車いすや寝たきり予防の有望な治療方法と期待されている。一方で、一部の患者では Long Fusion 後に変形性股関節症が進行する症例が散見される。しかしその疾患概念、メカニズムは明らかにされていないため人工股関節手術の追加を余儀なくされてきた。そこで申請者らは X 線画像を用いた静的評価で Long Fusion 後に股関節症が進行することを示した (Kozaki T, Euro Spine:2021)。また三次元有限要素モデルを用いた動的評価により Long Fusion 後に股関節にかかる応力が増加することを示すとともに、世界に先駆けて Long Fusion 後の股関節症という新たな疾患概念を報告してきた (The Spine J 投稿中, 資本整形外科学会 2021 発表)。しかしそのメカニズムに関しては未だ解明されていない。このため申請者は Long Fusion の治療成績をより一層向上させるために、以下に述べる隣接関節障害を病態と考え研究を立案した。

2. 研究の目的

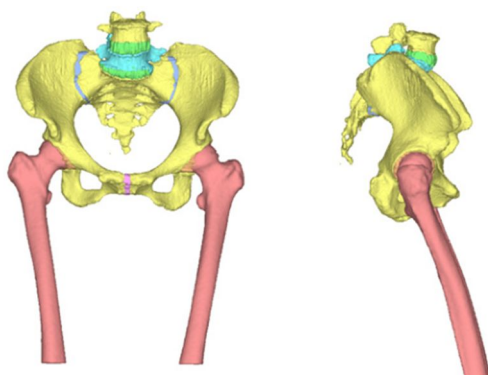
本研究の目的は 3 次元有限要素解析と動作解析を用いて Long Fusion 後の股関節における応力の観察を行い、これまでに明らかになっていない、そのメカニズムを解明することである。

3. 研究の方法

有限要素法を用いた力学的解析

有限要素解析ソフト (MECHANICAL FINDER、株式会社計算力学センター、東京) を使用し、インプラントによる固定術を施した脊柱の力学シミュレーションを実施している。モデルにはケージ、スクリュー、ロッドなど実臨床で使用しているインプラントを外装するとともに筋肉・靭帯も構築し過去の報告と同等に精巧なモデルを作成する。このモデルに対して力学負荷を加え股関節の応力を調査する。

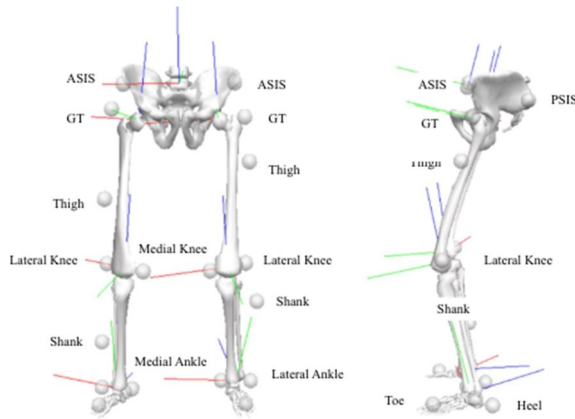
具体的には下位腰椎から骨盤、大腿骨へいたる有限要素モデルを作成し、4 つの固定モデルを作成した。非固定モデル (正常)、L4-5 固定モデル (L5)、L4-S1 固定モデル (S1)、L4-骨盤固定モデル (S2) を作成した。L4 椎体に 400N を加えた上で、屈曲、伸展、側屈、回旋方向に 10Nm の回転モーメントを加えた。この際の股関節軟骨における相当応力 (MPa) を計測する。



有限要素モデル

動作解析を用いた力学的解析

カメラ(AMI 社製 Evart5.0)、フォースプレート(TF-4060-A)を用いて撮影を行い、解析は Kine Analyzer、Proffesinal 3D(VICON 社)を用いて、股関節モーメントを求める。日常生活動作における歩行動作や座位からの立ち上がり動作、階段昇動作を手術前後で撮影し、股関節モーメントを計測、比較する

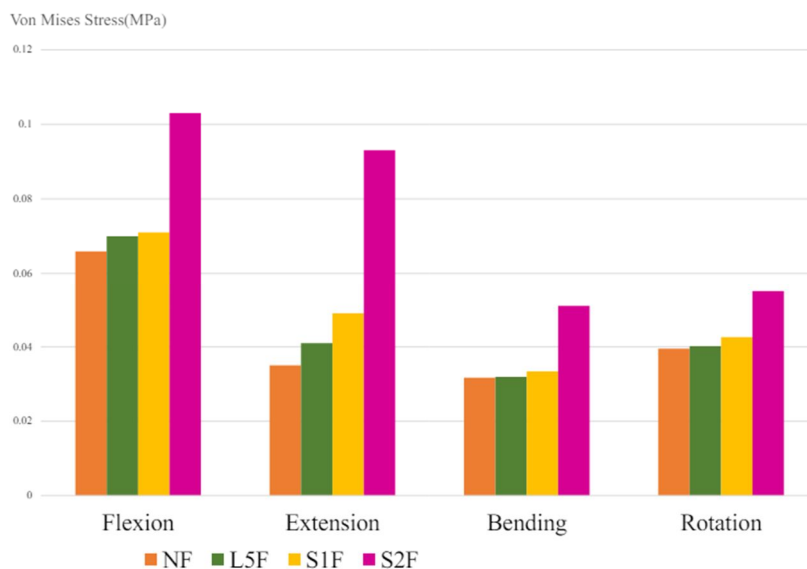


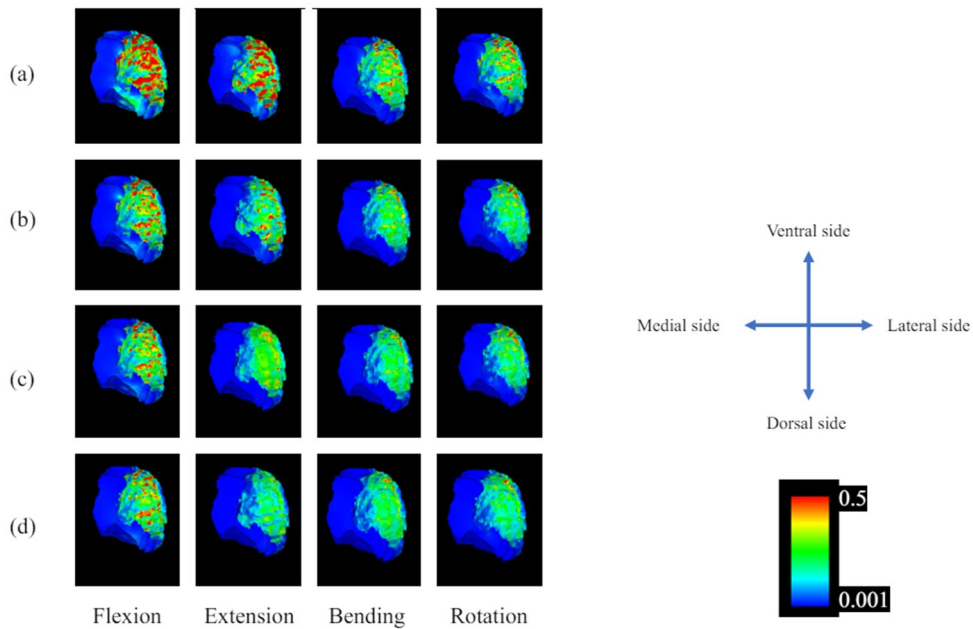
動作解析モデル

4. 研究成果

有限要素解析

屈曲では S2 で 4.5×10^{-4} MPa、S1 で 3.7×10^{-4} MPa、L5 で 3.0×10^{-4} MPa、正常で 2.5×10^{-4} MPa であった。伸展では S2 で 3.6×10^{-4} MPa、S1 で 3.0×10^{-4} MPa、L5 で 2.8×10^{-4} MPa、正常で 2.1×10^{-4} MPa であった。側屈では S2 で 2.6×10^{-4} MPa、S1 で 2.3×10^{-4} MPa、L5 で 2.3×10^{-4} MPa、正常で 2.1×10^{-4} MPa であった。回旋では S2 で 2.5×10^{-4} MPa、S1 で 2.2×10^{-4} MPa、L5 で 2.2×10^{-4} MPa、正常で 2.1×10^{-4} MPa であった。いずれも S2 でもっとも股関節軟骨における相当応力が上昇していた。





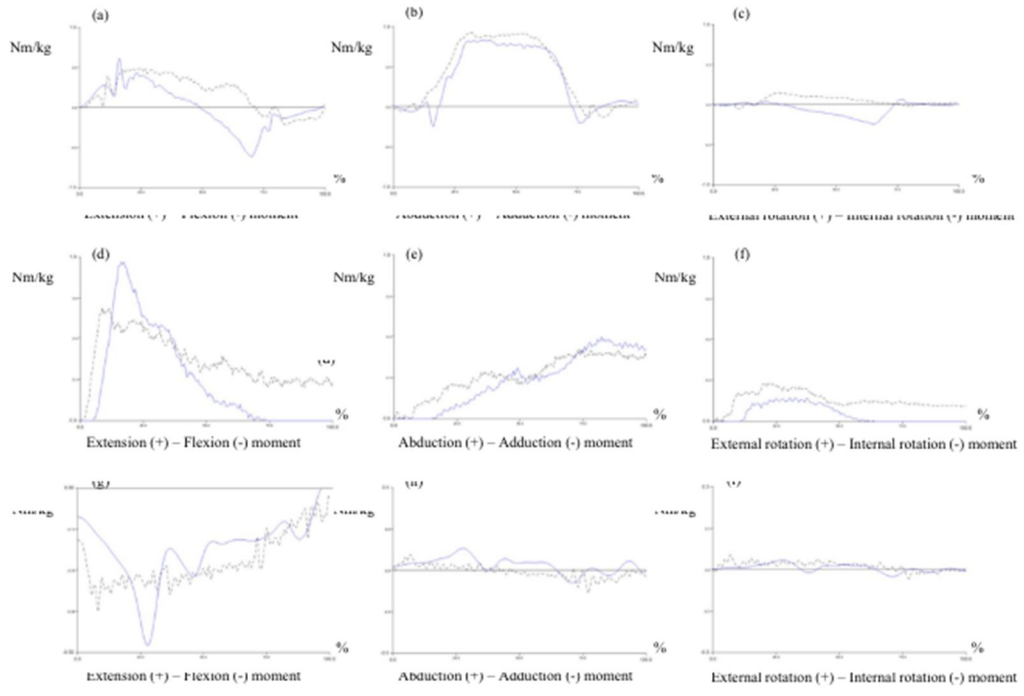
(a) S2 モデル, (b) S1 モデル, (c) L5 モデル 1, (d) 正常モデル

動作解析

歩行では所要時間は術前 1.24 ± 0.19 (秒) から術後 1.06 ± 0.64 (秒) へ改善した ($p=0.019$)。1 歩行周期は歩行時の股関節最大伸展モーメントは術前 0.51 ± 0.29 Nm/kg から術後 0.63 ± 0.40 (Nm/kg) へ増加した ($p=0.011$)。外転モーメントは術前 0.60 ± 0.33 (Nm/kg) から術後 0.83 ± 0.34 (Nm/kg) へ増加した ($p=0.004$)。外旋モーメントは術前 0.20 ± 0.18 (Nm/kg) で術後 0.16 ± 0.18 (Nm/kg) であった ($p=0.62$)。

立ち上がりでは所要時間は術前 2.16 ± 0.52 (秒) から術後 1.61 ± 0.45 (秒) へ改善した。立ち上がり時の股関節最大伸展モーメントは術前 0.76 ± 0.32 (Nm/kg) で、術後は 1.04 ± 0.21 (Nm/kg) に増加した ($p=0.0026$)。外転モーメントは術前 0.12 ± 0.20 (Nm/kg) であり、術後は 0.36 ± 0.22 (Nm/kg) に増加した ($p=0.0005$)。外旋モーメントは術前 0.18 ± 0.11 (Nm/kg) で術後 0.23 ± 0.12 (Nm/kg) であった ($p=0.065$)。

階段昇りでは所要時間が術前 3.01 ± 0.97 (秒) から術後 2.42 ± 0.75 (秒) へと改善した。最大屈曲モーメントは術前 0.31 ± 0.30 (Nm/kg) から術後 0.48 ± 0.15 (Nm/kg) へ増加した ($p=0.04$)。内転モーメントは術前 0.023 ± 0.18 (Nm/kg) から術後 -0.02 ± 0.13 (Nm/kg) へ増加した ($p=0.038$)。外旋モーメントは術前 0.059 ± 0.046 (Nm/kg) で術後 0.073 ± 0.076 (Nm/kg) であった。いずれも術後において股関節のモーメントが増加していた。



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 2件）

1. 著者名 Takuhei Kozaki	4. 巻 32
2. 論文標題 Spinopelvic fusion surgery from lower thoracic spine to pelvis increased hip joint moment-motion analysis.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Eur Spine J	6. 最初と最後の頁 727-733
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00586-022-07483-6	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 Kozaki Takuhei	4. 巻 6
2. 論文標題 Lumbar Fusion including Sacroiliac Joint Fixation Increases the Stress and Angular Motion at the Hip Joint: A Finite Element Study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Spine Surgery and Related Research	6. 最初と最後の頁 681 ~ 688
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.22603/ssrr.2021-0231	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 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Takuhei Kozaki
2. 発表標題 More rigid fixation of pelvis in adult spinal deformity increased the stress and angular motion at hip joint: finite element analysis.
3. 学会等名 Orthopaedic Research Society（国際学会）
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 神前拓平
2. 発表標題 成人脊柱変形術後に股関節に働くモーメントは増加する
3. 学会等名 第52回日本脊椎脊髄病学会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 神前拓平
2. 発表標題 強固な骨盤固定は股関節に働く角運動と相当応力を増加させる
3. 学会等名 第52回日本脊椎脊髄病学会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 神前拓平
2. 発表標題 成人脊柱変形術後に発症、進行する股関節症は骨盤固定の影響である
3. 学会等名 日本整形外科学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神前拓平
2. 発表標題 成人脊柱変形術後に股関節に働く応力は増加する 3次元有限要素解析を用いて
3. 学会等名 日本脊椎脊髄病学会
4. 発表年 2021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
---------	---------