

令和元年6月14日現在

機関番号：32666

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K10376

研究課題名(和文) 吸収性スクリューによる頸椎椎間関節固定術の生体力学的研究

研究課題名(英文) Biomechanical analysis with finite element model of transarticular fixation with a bioabsorbable screw

研究代表者

金 景成 (kim, kyongsong)

日本医科大学・医学部・准教授

研究者番号：30339387

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)：脊椎手術において、脊椎の可動性を制御するために行われる固定術には、高価な金属製インプラントが用いられるのが一般的であるが、医療経済の問題など、様々な問題がある。我々は、頸椎椎間関節固定術を安価な吸収性スクリューを用いて行い良好な成績を報告したが、剛性が劣る吸収性インプラントの頸椎固定術への応用においては生体力学的な研究が望まれる。今回我々は有限要素法を用いて、ヒト頸椎CT情報をもとにコンピュータ上でヒト頸椎可動性モデルを作成した。本モデルを用いた吸収性スクリューによる頸椎椎間関節固定術をシミュレーションすることにより、吸収性スクリューが生理的環境下でその剛性は十分であることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脊椎手術は、高齢化社会に伴い益々増加している。脊椎固定術は脊椎の可動性を制御するためすでに多くの施設で行われているが、金属製インプラントを用いることが一般的である。しかし、金属製インプラントは高価である点、生涯体内に残る点、画像診断におけるアーチファクトの問題など、様々な問題を抱えている。近年の科学技術の進化とともに吸収性スクリューの剛性が高まり、脊椎手術への応用が期待され、すでに実際の手術で使われた報告もみられる。吸収性インプラントは、金属製のものと比べ剛性が劣るが、本研究において生理的環境下では十分に受容できる剛性があることが示された。今後、脊椎手術への応用がさらに進むことが期待される。

研究成果の概要(英文)：In spinal surgery, the metal implant is generally used for the spinal fixation to control the mobility of the spine. However there are various problems, such as economic problems, metal artifact and so on. We previously reported good surgical result of cervical transarticular fixation using inexpensive absorbable screw. In order to use absorbable screw widely for spinal fixation surgery in near future, it would require the biomechanical study of absorbable screw because of less strength of it than metal implant. Here, we performed biomechanical study by creating a human cervical spine mobility model on computer from human cervical spine CT information using the finite element method. By simulating cervical transarticular fixation with absorbable screw using this model, it was clarified that absorbable screw has sufficient rigidity under physiological environment.

研究分野：脊椎脊髄外科

キーワード：頸椎 有限要素法 固定術 吸収性スクリュー

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

高齢化社会に伴い、ますます脊椎脊髄疾患は増加している一方、年々膨らむ医療経済の問題も無視できず、脊椎脊髄手術へ高価な金属製インプラントを多数用いることによる医療費増大の影響は大きい。脊椎固定術は、金属製インプラントを用いて行われているのが一般的であるが、高価である上、生涯生体内に残る点、MRI 撮影時にアーチファクトを生じる点など、多くの問題も指摘されている。頸椎後方固定術の中で椎間関節スクリュー固定は、他と比較し椎骨動脈損傷の危険が少なく、スクリューのみで固定が得られ経済的な利点も有する。

生体内で水と二酸化炭素に分解される吸収性スクリューは日常臨床へ応用されてきている。吸収性スクリューは安価であり、MRI 撮影時にアーチファクトがない利点を有するが、脊椎手術への応用は遅れているのが現状である。過去我々は世界で初めて、頸椎の椎間関節固定術を吸収性スクリューを用いて行い良好な結果を報告した。しかし、脊椎疾患へ吸収性スクリューを用いていく上では、吸収性スクリューの強度の問題があげられる。吸収性スクリューの強度は金属製スクリューに劣るため、その強度が脊椎固定術に要求される強度に十分対応できるかどうかといった点での報告は未だみられない。

### 2. 研究の目的

コンピューターによるシミュレーションにより、頸椎後方固定術に吸収性スクリューを用いることによる問題点を明らかにすることで、脊椎固定術に新たな一步を踏み出すことである。また同固定術を実際の患者に行った結果について臨床的に検討を行うことを目的とする。

### 3. 研究の方法

健常のヒト頸椎 CT 情報をもとに、有限要素法を用いて多椎間の頸椎可動性モデルを作成する。同モデルを用いて、椎間関節スクリューによる頸椎後方固定術を行い、金属製スクリューと吸収性スクリューとの比較を行い、吸収性スクリューが本関節固定術に耐えうるのかどうかについて解析を行う。また、同固定術を実際の患者に行った結果についてその臨床経過、手術成績について検討を行う。

### 4. 研究成果

(1) 本研究を行うため、まず健常のヒト頸椎の CT 情報をもとにコンピューター上で有限要素法を用いて C3 から C6 の頸椎の骨性モデルを作成した。加えて、コンピューター上で椎間板と椎間関節を作成して簡易的な動態モデルを作成後、前縦靭帯や後縦靭帯、棘上靭帯や棘間靭帯、関節包や黄色靭帯などを作成し、頸椎の多椎間の動態モデルを作成した (図 1)

(2) このモデルの信頼性を評価するため、最下端の C6 を拘束して 6 方向 (前屈、後屈、左右側屈、左右回旋) への荷重実験を行った (図 2)。その際、頭部の重さを再現するため頭側から 74N の荷重をかけ、各方向へは過去の報告を参考に 1.8Nm の荷重を行った (図 3)。過去の報告と比較することで、今回のモデルが受容できるものであるかを検証するが、度重なるモデルの修正や繰り返す荷重実験を行うことにより、受容できるモデルの作成に成功した。

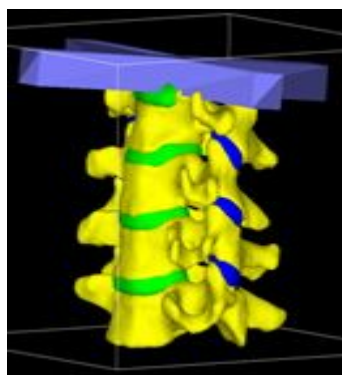


図 1

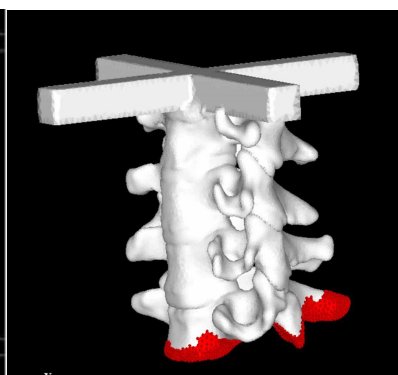


図 2

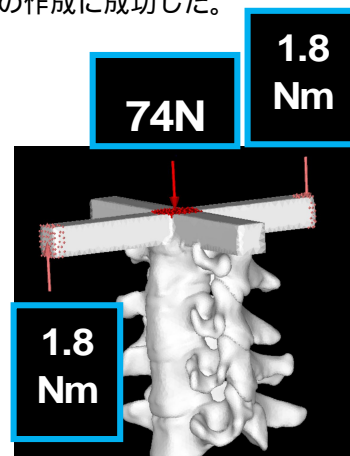


図 3 (後屈モデル)

(3) 椎間関節スクリューを用いた頸椎後方固定術を以上の多椎間頸椎可動モデルを用いて、コンピューター上のシミュレーションとして行った。スクリューは実際の手術を想定し、3.5mm 径のものとし、C4/C5 の椎間固定とした (図 3-1, 2)。

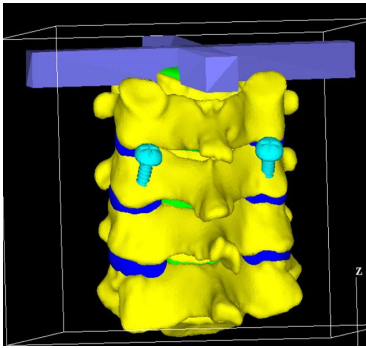


図 3-1

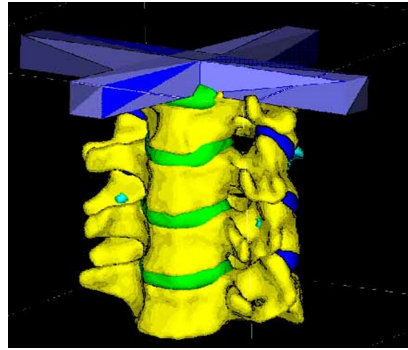


図 3-2

(4) まずはスクリューの材質を吸収性スクリューのものと定義し、6方向(前屈、後屈、左右側屈、左右回旋)への荷重実験を行った(図4-1, 2)。その後、スクリューを実際の手術で用いるチタン製のものと定義し、同様に6方向への荷重実験を行った(図5-1, 2)。その結果、両スクリューにおいて、スクリューの破損はみられず、吸収性スクリューおよび金属製スクリューともに同等の制動効果があることが示された。

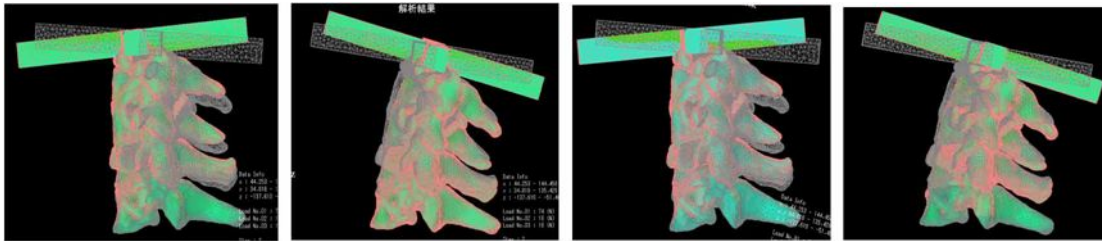


図 4-1, 2; 吸収性スクリューと定義した  
前後屈への荷重実験

図 5-1, 2; チタン製スクリューと定義した  
前後屈への荷重実験

(5) 我々は、吸収性スクリューを用いた椎間関節固定による頸椎後方固定術を実臨床において9例に行い、全例で術後1年以上の経過観察を行った。不安定性を伴う頸椎症に対して行った8例では、画像上関節癒合が確認され、吸収性スクリューの破損もみられなかった。一方、頸椎の不随意運動に伴う不安性を伴った頸椎症に使用した1例では、術後吸収性スクリューの破損がみられたが、臨床的には問題となっていない。

(6) 今回我々は、有限要素法を用いた多椎間のヒト頸椎可動性モデルを作成し、吸収性スクリューによる頸椎後方固定術のシミュレーションを行ったところ、吸収性スクリューの強度は生理的環境下では受容できることが示された。実臨床においても不安定性を伴う頸椎症の8例に対して同手術を行ったところ、吸収性スクリューの破損はみられず、頸椎椎間関節の癒合が得られた。一方、頸椎の不随意運動を伴った頸椎症に使用した1例では、術後吸収性スクリューの破損がみられた。この結果は、外傷や不随意運動など、強い非生理的環境下では吸収性スクリューの強度は不十分である可能性を示唆している。今後は、不安定性の強い非生理的環境下での解析や、他の固定術の併用により吸収性スクリューの強度を補填できるか、などについて検討を行っていく方針である。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計48件)

1. Kim K, Isu T, Matsumoto J, Miki K, Morimoto D, Isobe M, Morita A. Gluteus medius muscle decompression for buttock pain: A case-series analysis. Acta Neurochir, in press, doi: 10.1007/s00701-019-03923-3 (査読有り)
2. Kim K, Shimizu J, Isu T, Inoue K, Chiba Y, Iwamoto N, Morimoto D, Isobe M, Morita A. Low back pain due to superior cluneal nerve entrapment - Clinicopathological study. Muscle and Nerve 57:777-783, 2018, doi: 10.1002/mus.26007. (査読有り)

3. Kim K, Isu T, Matsumoto J, Yamazaki K, Isobe M. Low back pain due to middle cluneal nerve entrapment neuropathy. Eur Spine J 27:S309-S313, 2018, doi: 10.1007/s00586-017-5208-2 ( 査読有り )
4. Kim K, Isu T, Morimoto D, Iwamoto N, Kokubo R, Matsumoto J, Kitamura T, Sugawara A, Morita A. Common diseases mimicking lumbar disc herniation and their treatment. Mini-invasive surgery 1:43-51, 2017, DOI: 10.20517/2574-1225.2017.05 ( 査読有り )
5. 金景成、井須豊彦、國保倫子、森本大二郎、岩本直高、中嶋隆夫。吸収性スクリューによる頸椎後方固定術の生体力学的研究。日本脊髄障害医学会誌 30:120-1, 2017 ( 査読有り )
6. Kim K, Isu T, Chiba Y, Iwamoto N, Morimoto D, Isobe M. Decompression of the gluteus medius muscle as a new treatment for buttock pain: technical note. Eur Spine J 25:1282-8, 2016, doi: 10.1007/s00586-016-4440-5. ( 査読有り )
7. Kim K, Isu T, Chiba Y, Iwamoto N, Yamazaki K, Morimoto D, Isobe M, Inoue K. Treatment of low back pain in patients with vertebral compression fractures and superior cluneal nerve entrapment neuropathies. Surg Neurol Int 25:S619-21, 2015, doi: 10.4103/2152-7806.170455. ( 査読有り )

〔学会発表〕(計 23 件)

1. Kim K, Isu T, Kokubo R, Morimoto D, Iwamoto N, Nakajima T, Matsumoto J, Morita A. Biomechanical analysis of cervical posterior fixation with bioabsorptive screw. The 8th Annual meeting of Asia Spine 2017.6.9-10. (Osaka, Japan)
2. 金景成、井須豊彦、國保倫子、森本大二郎、岩本直高、中嶋隆夫、小林士郎、森田明夫。吸収性スクリューによる頸椎後方固定術の有限要素法を用いた生体力学的検討。第 40 回日本脳神経 CI 学会総会。2017.3-4。鹿児島
3. 金景成、井須豊彦、國保倫子、森本大二郎、岩本直高、中嶋隆夫、小林士郎、森田明夫。吸収性スクリューを用いた頸椎後方固定術に関する生体力学的検討。第 75 回日本脳神経外科学会学術総会。2016.9.29-10.1。福岡
4. 金景成、井須豊彦、國保倫子、森本大二郎、岩本直高、中嶋隆夫、小林士郎。吸収性スクリューによる頸椎後方固定術の生体力学的研究。第 51 回日本脊髄障害医学会。2016.11.10-11。千葉
5. 金景成。目の前の壁。FEM ってみる？第 27 回脊髄疾患動画技術研究会。2016.11.26。滋賀

〔図書〕(計 11 件)

著書

1. 井須豊彦、金景成、編著。しびれ痛みの Q&A 改定 2 版。中外医学社。東京。2017
2. 寺尾亨、金景成、編者。外来で診る！手足のしびれ・痛み診療。日本医事新報社。東京。2017
3. 井須豊彦、金景成、編著。超入門。手術で治すしびれと痛み。絞扼性末梢神経障害の診断・手術。メディカ出版。大阪。2016

分担執筆

4. 金景成。末梢で感じた感覚を伝えるしくみ。からだのしくみとはたらき 図解アトラス(フルカラー)。第 1 章 脳のしくみとはたらき。メディカ出版。大阪。p64-71。2019
5. 金景成、井須豊彦。手根管症候群、外側大腿皮神経障害、足根管症候群。p111-20。標準的

神経治療-しびれ感。日本神経治療学会監修。福武敏夫、安藤哲朗、富本秀和編集。医学書院。東京。2017

6. 金景成、井須豊彦。末梢神経 絞扼性神経障害に対する手術。p130-140。担当編集委員：菊田隼一郎。新 NS Now No.6 痛みの手術 PAIN FREE への扉。メジカルビュー。東京。2016

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等 なし

## 6 . 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：中嶋隆夫

ローマ字氏名：Takao Nakajima

所属研究機関名：日本医科大学

部局名：医学部

職名：助教

研究者番号（8桁）：30267190

研究分担者氏名：森本大二郎

ローマ字氏名：Daijiro Morimoto

所属研究機関名：日本医科大学

部局名：医学部

職名：助教

研究者番号（8桁）：80445783

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。