

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K18458

研究課題名（和文）思春期特発性側弯症に対する低侵襲矯正固定術のための固定範囲決定手法

研究課題名（英文）Fixation range determination technique for minimally invasive corrective fixation of adolescent idiopathic scoliosis.

研究代表者

大場 悠己 (Oba, Hiroki)

信州大学・医学部附属病院・准教授

研究者番号：10792129

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）：思春期特発性側弯症に対する低侵襲矯正固定術のための固定範囲決定手法に関する研究を行った。当初の計画通り、信州大学、山梨大学、浜松医科大学から手術症例をあつめ、固定範囲による術後成績の差を比較した。信州大学繊維学部と共同でモデルの作成を行った。また2022年にはSan DiegoのRady Children's hospitalへ短期留学しPeter Newton先生と研究について話し合った。これらの研究成果をもとに英論文を作成予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

思春期特発性側弯症に対する後方矯正固定術の適切な固定範囲を知ることで、再手術の奇形性や不要な広範囲固定を予防することが期待できる。現在一連の研究を通してShinshu-lineやModified Shinshu-lineと呼ばれる、矯正範囲決定に有効な手法を見つけ出すことが出来た。今後さらに対象を広げていく予定である。

研究成果の概要（英文）：A study was conducted on a method for determining the extent of fixation for minimally invasive corrective fixation for adolescent idiopathic scoliosis. As originally planned, surgical cases were collected from Shinshu University, University of Yamanashi, and Hamamatsu University School of Medicine to compare the differences in postoperative outcomes depending on the extent of fixation. A model was created in collaboration with the Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University. In 2022, he will also study at Rady Children's hospital in San Diego for a short period of time to discuss his research with Dr. Peter Newton. We are planning to write an English paper based on these research results.

研究分野：整形外科

キーワード：脊柱側弯症 手術範囲

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

思春期特発性側弯症の脊柱変形は Lenke 分類に基づき矯正固定範囲が決定される。例えば、Lenke type 5 と分類される側弯症患者に対しては、胸腰椎/腰椎に選択的な固定を行うだけで主胸椎カーブが自発的に矯正されることが報告されている (Fei 2015)。しかし、そうした前例に倣って固定範囲を決定しても術後に主胸椎カーブが逆に増大してしまうことがある。申請者らは過去 10 年間で 30 名の Lenke type 5 患者に矯正固定術を実施したが、そのうち 2 名は主胸椎カーブが増大したため、固定範囲を延長する再手術を行った。この例では、術後 1 週で主胸椎カーブの改善がみられるが、その後増悪し、再手術に至った。このような再手術は、患者自身だけでなく家族も含めた肉体的・精神的な負担が大きいことから可能な限り避けるべきである。

### 2. 研究の目的

思春期特発性側弯症に対するより低侵襲な治療を実現することを目指し、患者ごとに最適な矯正固定範囲を決定する手法を提案すること。

### 3. 研究の方法

本研究の検討項目は、1) 患者の X 線画像情報に基づく脊椎の形態的な分析、2) 計算機シミュレーションに基づく脊椎の力学的な分析、3) その 2 つを組み合わせることによる矯正固定範囲決定手法の提案、の 3 要素からなり、研究期間の各年度に下記の通り遂行する。

【平成 31 年度：患者データ分析に基づく形態的に最適な矯正固定範囲の模索】

多施設共同研究による大量データ分析に基づく提案手法の妥当性検証

海外研究者からのデータ提供・助言による人種間差異に対する検討

申請者らはすでに、S-line を発展させた矯正固定範囲決定手法の 1st step として extended S-line を考案した。extended S-line は「第 7 頸椎棘突起から予定再下端椎の凹側椎弓根を結ぶ線分」として定義する。すると、extended S-line が凹側椎弓根を通過する椎骨が近位固定端として冠状断の矯正、体幹バランス双方において理想的であることが示唆されている。しかも、S-line が対象とする Lenke type 5 だけでなく、症例数の多い Lenke type 1 に対しても適応可能である。

しかし、申請者の所属病院だけでは症例が限られており、その有用性を検証するためには症例数の増加が不可欠である。本課題開始前に本件について山梨大学・浜松医科大学との共同研究をスタートしてデータ収集を進めているが、本研究を通じてこれをさらに多施設に展開することより症例数の増加を目標としていた。統計的に有意なデータとするため、Lenke 分類ごと 100 例の症例数を揃えることを目指した（同一の Lenke 分類であっても側弯状態は患者ごとに異なるため）。また、申請者と親交のある Peter O. Newton 博士 (Rady Children's Hospital, San Diego) など国外の専門家にもデータ提供と助言を求め、人種間差異について検討を行うことにより日本人に適した矯正固定範囲の決定手法に繋げるとともに、提案手法のグローバル展開を目指した。こうして得られる大量の画像を効率的に分析するためには、脊椎の X 線画像に特化し、手動あるいは自動でその形態を分析し、その結果に基づき矯正固定範囲を提案する専用ソフトウェアが必要だった。

【令和 2 年度：計算機シミュレーションに基づく力学的に最適な矯正固定範囲の模索】

術前の脊椎形態から患者別のカーブの固さ分布を推定

力学解析の実施  患者別形態 + 力学状態を考慮した最適な矯正固定範囲の提案

次に、上記ソフトウェアで提案される矯正固定範囲の妥当性を力学的な観点から検証した。このためにはまず、患者の脊椎の固さ情報が必要となる。そこで、次の手順で脊椎の固さを推定した。

1. 患者の立位 X 線正面像から有限要素モデルを構築した。

2. 患者の側屈時の X 線像から第 7 頸椎の位置を求め、それを有限要素モデルに対して強制変異として加えた。

3. 有限要素モデルの変形後の形状が患者の脊柱カーブと合致するように各椎間の材料パラメータを調整した。

本課題開始前に立位 X 線正面像から右図に示す簡易的な有限要素モデルの構築に至った。しかし、モデル構築までの工数が大きく、専用ソフトウェア開発による効率化が研究推進のためには必要であった。

こうして得られる患者別の形態および材料パラメータを有する有限要素モデルに対して、仮想的な手術を実施して術後の姿勢を予測した。具体的には、計算機上において様々な固定範囲での仮想手術を実施し、術後の姿勢を予測することにより最適な固定範囲を検討した。仮想手術による脊椎姿勢を評価するパラメータとして、矯正率（術前後の Cobb 角の比）や AVT (Apical Vertebral Translation、胸椎カーブの頂椎の正中からの偏移) を用いた。

【令和3年度：形態的・力学的に最適な矯正固定範囲決定手法の提案】

□ 計算機上の仮想手術に対する矯正量の妥当性評価（これまでの症例との比較）

□ 形態的・力学的に最適と考えられる矯正固定範囲を提案する決定手法の提案

上述の計算機上の仮想手術は、実際の手術を十分に模擬したものである必要があった。そこで、提案手法により最適と推定される固定範囲での仮想手術結果と、実際に手術を実施した過去の症例の術後画像を比較することにより、その妥当性を評価した。

そして、矯正固定範囲を短くすることに伴う矯正率の低下と侵襲性の低減とのバランスで最適固定範囲を検討した。

【令和4年度：形態的・力学的に最適な矯正固定範囲決定手法のための海外研修】

□ 形態的・力学的に最適な矯正固定範囲決定手法のための研究の協力と助言を受けるために、Peter O. Newton 博士 (Rady Children's Hospital, San Diego) のもとで3か月間の海外留学を行った。これまでの固定範囲を動かなくする手術だけでなく、現時点では国内で行うことのできない、磁石で脊椎を延長しながら固定するマグネティック制動グローイングロッドや硬いバンドで脊柱片側の成長を抑制することで経時的な矯正を得る Anterior vertebra tethering などの手術も見ることが出来た。これによりさらに広い視点で固定範囲選択を行う必要があることに気が付いた。

4. 研究成果

手術後の症例を収集し共同研究を行うことで、手術後に側弯が増大する固定範囲に関する危険因子を見つけ出すことが出来た。研究期間内に側弯症モデルと有限要素モデルの構築には至らなかったが、モデル構築の準備を整えることが出来た。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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
---------	---------