



Title	脊柱側弯症に対する非侵襲診断支援機器と低侵襲治療機器の開発 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	石川, 蓉子
Description	配架番号 : 2819
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医学)
Dissertation Number	甲第15885号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91929
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	ISHIKAWA_Yoko_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（医学） 氏名 石川 蓉子

主査 教授 矢部 一郎
審査担当者 副査 教授 向野 雅彦
副査 教授 田中 真樹

学位論文題名

脊柱側弯症に対する非侵襲診断支援機器と低侵襲治療機器の開発

(Development of non-invasive diagnostic support equipment and minimally invasive treatment device for scoliosis)

運動器の障害の中でも、小児期に発症する最も重要な脊椎疾患として、特発性側弯症 (adolescent idiopathic scoliosis : AIS) が挙げられる。AIS は 3 次元的な変化をもたらす疾患であるが、現在は診断や治療評価に関しては、2 次元的な X 線画像を基に行われることが多い。AIS に関して、3 次元的な視点を持つことが重要と考えられる。体表面の 3 次元的な変化から逆に 2 次元指標であるコブ角を予測するツールや、手術治療に関して単に 2 次元的なコブ角のみを改善することを目的とせず、3 次元的な矯正をすることが必要である。そこで、本研究においては、側弯症検診機器に関しては、その検出精度のさらなる向上のため人工知能をプログラムに組み入れ、作成したアルゴリズムの外部検証を行うと共に撮影時の着衣や体位の精度に対する影響を検証した。手術治療に関しては、現在存在する胸椎カーブ AIS 用プリベントロッド作成に用いたアルゴリズムを修正し胸腰椎/腰椎カーブに対するプリベントロッドの開発を行った。

審査にあたり、まず副査の向野雅彦教授より、次の質問があった。1 つ目は側弯症検出機械に関してコブ角 10° の陽性診断に対する精度や感度は高いが特異度が低いのでは。また 2 つ目としてプリベントロッドの作成において、対象が 20 本というのは十分であると考えるか。これに対して申請者の回答は、1 つ目の質問に関して、今回の外部検証のサンプルデータが側弯症疑いで外来を受診した患者より得られており、実際にコブ角が 10° 以下であった患者は 100 名中 8 名であった。このことが影響している可能性は考えている。今後、検診使用時のデータを各自治体より収集する予定であり、これによりアルゴリズムを改変していくことで各パラメーターも改善すると考えている。2 つ目の質問に関して、対象が 20 本ということが十分かどうかは、研究のデザインからして不明である。逆に何本であれば十分かということも言えない。しかしながら、今回ロッドの類似性を示す評価項目はいずれも非常に小さい値でありクラスタ内の類似性が高い結果を示している。よって仮に本数が増えても、同じクラスタ分類に収束すると考えている。

続いて副査の田中 真樹教授より次の質問および指摘があった。1 つ目は側弯症検出機器の AI アルゴリズムに関して、前屈位データを用いて作成したアルゴリズムであり立位の

相関係数が低いことが、すなわち立位撮影がダメということにはならないか。2つ目にロッドの形状評価のICP法に関してL3をスタートポイントとしたベストフィットはリバース点群を作成することなく可能ではないか。これに対して申請者は次の回答を行った。1つ目に関して、その通りであり、正確な前屈位撮影と立位撮影の優位性の評価に関しては、立位撮影のデータに基づくアルゴリズムを作成し、その上で精度を比較する必要がある。しかしながらこの検出機器とそのアルゴリズムの作成が、背面の凹凸を検知して、それを数値化するものであるため、やはり凹凸が際立つ前屈位が優位であると予想する。2つ目に関して、今回L3を中心としたリバース点群を作成しこれを含めた点群を2つの点群間でICP法を実施するという、前回の胸椎側弯症のロッド研究からは改良した点であり、これが機能したと考えているが、リバース点群を作成せずに、ICP法をかける方法に関しては検討していなかった。今後、そのような方法が可能か検討していく。

最後に主査の矢部 一郎教授より、ロッドの形状評価に関する研究について、2つの質問があった。まず1つ目は側弯症術後の臨床成績の評価というものはコブ角以外にどのようなものがあるか。より3次元的な要素を組み込んでいく必要が無いか。2つ目に今後このロッド形状を商品化するにはどのような要素が必要か。申請者の回答として1つ目に関してはコブ角矯正以外には手術時間や出血量など。長期的にはインプラント折損や、矯正損失の有無、また新たな側弯の出現の有無、変性進行の有無などが評価に使われる。指摘の通り最近では術後の肩バランスのような体表面の3次元的变化の改善を重要視する流れがあり、そこをセルフイメージングの満足度などと絡めて評価することも注目される。申請者も今回の研究と別に、AIS患者の肩甲骨や胸郭変化に関する研究を進めている。2つ目に関しては中長期的な成績を示していく必要がある。先に述べた臨床成績の項目やプリベントロッドとして、長さや形状バリエーションに対応できたかどうかを検証する研究が必要と考える。

この論文はAIS患者のスクリーニングから治療までを総合的に改善する可能性および、新たな画像評価や類似性評価に関する医工連携の橋渡し研究の論文として高く評価され、今後この研究に基づく医療機器の開発が期待される。

審査員一同はこれらの成果を高く評価し、大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ、申請者が博士（医学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。