

氏名（本籍）	俣木 健太郎
学位の種類	博士（医学）
学位記番号	博甲第 9954 号
学位授与年月	令和 3 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審査研究科	人間総合科学研究科
学位論文題目	脊椎外科領域におけるデジタルトモシンセシスの臨床応用

主査	筑波大学教授	医学博士	大鹿 哲郎
副査	筑波大学准教授	博士（医学）	坂東 裕子
副査	筑波大学講師	博士（医学）	岡本 嘉一
副査	筑波大学助教	博士（医学）	大井 雄一

## 論文の内容の要旨

俣木健太郎氏の博士学位論文は、脊椎外科領域におけるデジタルトモシンセシスの新しい応用法を開発したものである。その要旨は以下のとおりである。

### 1. 目的

著者は脊椎固定術後の椎弓根スクリューの弛みは重大な合併症の 1 つであることを述べたうえで、従来、単純 X 線や CT での「スクリュー周囲の 1mm 以上の透亮像の有無」という定性的評価が一般的であったこと、椎弓根スクリューの弛みは椎体内でスクリューが変位すること、また変位角度を正確に計測できれば弛みの定量的評価が可能となることを示している。

著者は、腰椎神経根症の神経根障害部位は脊柱管内、椎間孔狭窄に分けられる。椎間孔狭窄では立位時に症状が増悪するが、仰臥位 MRI のみでは立位時の神経根状態が描出できず、診断に難渋する。デジタルトモシンセシスは短時間、低被曝で、被写体の断層画像が得られ、得られた画像を冠状面、矢状面に  $\pm 20^\circ$  の再構成が可能なデジタル画像技術である。また、検査台を任意の傾斜に調整でき、座位や立位など生活荷重負荷状態での撮影が可能であることを示している。

筆者は、デジタルトモシンセシス動態撮影を用いた椎弓根スクリューの弛みの定量的評価法の開発と、トモシンセシス腰椎神経根動態撮影（Dynamic digital tomosynthesis radiculography: DTRG）を用いた腰椎神経根症の神経評価法の開発を目的として、本研究を行った。

### 2. 対象と方法

【研究 1】椎弓根スクリュー弛みの定量的評価法の開発

実験 1：モデルボーンを用いたデジタルトモシンセシス変位角度計測の精度検証

著者は X 線透視用腰椎モデルボーンの 1 椎体を使用し、椎体前縁からガイドピン、越しに中空のスクリューを挿入した。さらにガイドピンを骨孔内で角度変位させた変位モデルを 5 つ作成した。著者は変位の実測値を測定し、変位モデルをデジタルトモシンセシスで撮像し、スクリュー中軸と椎体 3 箇所（椎

体上縁，下縁，前縁)の変位角度を測定し，実測値との差を検証した。

#### 実験 2:臨床症例での固定最頭側スクリューの変位角度計測

著者は脊椎後方固定術後に CT，デジタルトモシンセシス動態撮影（側臥位，立位側面像）を行った患者 41 例を対象とした。評価対象スクリューは固定最頭側端 72 本である。著者は従来法（CT）で弛みを評価し，弛みあり群（12 本），なし群（60 本）の 2 群に分け，デジタルトモシンセシス動態撮影を行い，スクリューと椎体の変位角度を計測した。

#### 実験 3:変位角度計測の再現性の検証

著者は実験 2 で算出されたカットオフ値の再現性を腰椎モデルボーン用い，検証した。モデルは第 2 から第 4 腰椎に  $\Phi 5.5\text{mm}$  の両側椎弓根スクリューを挿入する固定モデルとした。対象スクリューは固定最頭側スクリュー 2 本で， $\Phi 6\text{mm}$ ， $\Phi 7\text{mm}$ ， $\Phi 8\text{mm}$  径と骨孔を拡大した弛みモデルを作成した。著者はそれぞれのモデルで側臥位，立位時を模擬してデジタルトモシンセシス動態撮影し，実験 2 と同じ手法で変位角度を計測した。

#### 【研究 2】トモシンセシス腰椎神経根造影動態撮影（DTRG）

著者は腰椎神経根症を有する患者 30 例を対象とし，MRI にて椎間孔狭窄群 17 例（FS 群），脊柱管狭窄群 13 例（CS 群）の 2 群に分けた。評価項目は DTRG 前の腹臥位，立位での下肢痛 VAS（Visual analogue scale）と腹臥位，立位時の神経根最狭部径とした。

### 3. 結果

【研究 1】著者は実験 1 ではいずれの変位モデルも実測値と誤差  $1^\circ$ 未満で変位角度計測が可能であったことを示している。実験 2 では変位角度の平均は弛みあり群  $5.7^\circ$ ，弛みなし群  $0.5^\circ$ で，弛みあり群で有意に大きかったとしている。弛みの変位角度カットオフ値は  $1.7^\circ$ と算出された。著者は実験 3 では骨孔が大きくなるにつれ，変位角度が大きくなり， $\Phi 7\text{mm}$ 以上の骨孔ではカットオフ値を超える値となり，再現性を示したとしている。

【研究 2】著者は FS 群では CS 群に比べ，腹臥位と立位時の下肢痛 VAS 変化，および神経根径変化が有意に大きい結果であったことを示している。

### 4. 考察

【研究 1】著者は，変位角度に着目することにより，弛みを定量的に連続変数で表すことを可能にしている。変位は弛みの過程で初期に生じる事象であり，本手法を使えば，術後早期に弛み検出ができる可能性があるとして述べている。骨粗鬆症患者では，より弛みの発生率が高い事が報告されており，今後は弛みづらいスクリューの開発が求められる。その際に本手法はスクリューの性能評価法として有用であろうと著者は考察している。

【研究 2】従来，体位による神経根変容を描出できる画像評価法は存在しなかった。著者は，臨床症状を反映する，立位時の神経根描出を実現させた。本手法は神経障害部位を同定することで腰椎神経根症の診断，術式選択の一助となると考察している。

### 5. 結論

著者は，デジタルトモシンセシス動態撮影を用いた椎弓根スクリューの弛みの定量的評価法を開発した。今後，弛みづらいスクリューの製品開発における性能評価などでの応用が期待される。

これまでに立位時の神経根状態の描出は不可能であったが，著者は DTRG によって立位時の障害神経根の状態を描出する方法を開発した。本手法は，診断に難渋する腰椎椎間孔狭窄の神経根障害部位の同定および術式選択に寄与することが期待される。

## 審査の結果の要旨

著者は，臨床現場で問題となっていた脊椎固定術後の椎弓根スクリューの弛みについて，従来の定性的判定法に置き換わる，定量的判定法を開発した。本研究ではモデルボーンを用いた基礎実験から，臨床症例における実際の測定までを行い，その有用性と再現性を示した。また，これまでは施行が困難であった立位時の障害神経根の状態の描出を，トモシンセシス腰椎神経根動態撮影法によって可能とした。

これにより、患者の臨床症状をより良く反映した画像診断が可能となった。臨床の場におけるニーズにしっかり応える研究であり、博士論文として優れていると判定された。

令和3年1月4日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと論文について説明を求め、関連事項について質疑応答を行い、最終試験を行った。その結果、審査委員全員が合格と判定した。

よって、著者は博士（医学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。