

## 博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名	溝内 龍樹
学位	博士 (医学)
学位記番号	新大院博 (医) 第 947 号
学位授与の日付	令和2年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
博士論文名	Three-dimensional morphological analysis of cervical foraminal stenosis using dynamic flexion-extension computed tomography images (動態CT画像を用いた頸椎椎間孔狭窄の3次元形態解析)
論文審査委員	主査 教授 佐藤 昇 副査 准教授 木村 慎二 副査 准教授 川島 寛之

### 博士論文の要旨

#### 【背景と目的】

頸椎症性神経根症は変性した椎間孔の狭小化に伴う頸髄神経根の圧迫により起こる疾患である。その椎間孔の画像評価は病変部の小ささからMRI単独では困難な場合も多く、脊髓造影後CTの併用が有用とされる。さらに頸椎屈曲で神経症状が改善し伸展位で悪化するため、屈曲・伸展位の動態撮影での評価が望ましい。手術法の1つとして後方椎間孔拡大術があるが、術前に椎間関節の内縁からどの程度まで外側を切除すべきかの明確な指標はなく、その解剖学的形態から2次元画像での把握は困難なことも多い。一方で椎間関節の不必要な切除は頸椎の不安定性を引き起こすことも懸念される。本研究の目的は、頸椎症性神経根症例における椎間孔最狭窄部の位置を動態CT画像から3次的に画像解析し、後方椎間孔拡大術における椎間関節切除範囲を明らかにすることである。

#### 【方法】

2008年から2016年の期間で、頸椎症性神経根症のうち単独のC6もしくはC7神経根症でJackson/Spurlingテスト陽性であり、単一施設で後方椎間孔拡大術を施行し症状の改善を得た17例を後方視的に調査した。C5/6高位が7例、C6/7高位が10例。男性15例、女性2例。平均年齢は51歳。術前に撮影した0.5mmスライス頸椎屈曲・伸展位の脊髓造影後CTのDICOMデータを用いた。画像解析ソフトMIMICS®を用いて解析を行った。病変部の椎間孔を含む2椎体の3次元モデルを作成。伸展位と屈曲位の尾側椎体の位置を中心にして重ね合わせた。通常頸椎を評価する座標系として頸椎と椎間板に合わせた‘一般座標系’とより詳細に椎間孔中心とした‘椎間孔座標系’を定義し、2座標系で椎間孔を評価した。一般座標系ではルシカ関節高位の横断像から椎間孔の前後径をプログラミングソフトMATLABを用いて自動的に算出し最狭窄部の椎間孔径を求めた。最狭窄部の位置は椎間孔長軸の内縁を0、外縁を1として正規化して求めた。椎間孔座標系では椎間孔長軸に垂直な断面積が最小となるスライスを用いて、以下の5点（上関節突起、ルシカ関節、椎間孔頂部とルシカ関節の midpoint、椎間孔底部とルシカ関節の midpoint、椎間孔断面

の重心) を通る高位でのそれぞれ前後径を計測し、最小のものを椎間孔径とした。そのスライス位置から一般座標系と同様に正規化を行い最狭窄部の位置とした。椎間孔座標系で求めた屈曲・伸展位の最狭窄部の位置を参考に伸展位の3次元椎間孔モデルを区分化した後に一般座標系へ変換することにより、後方椎間孔拡大術の椎間関節の切除幅として椎間関節内縁から伸展位の最狭窄部までの伸展位関節切除幅、神経圧迫が解除される屈曲位の最狭窄部の面積まで除圧する屈曲位関節切除幅と、術後のCT画像から術後関節切除幅をそれぞれ椎間関節全体で除し、割合として求めた。実際の椎間関節切除術は術中、椎間孔に1mm大のmicroball tipが容易に通過できる範囲まで除圧を行っている。統計処理はt検定を用い $p < 0.05$ を有意差ありとした。

#### 【結果】

椎間孔径は屈曲位/伸展位でそれぞれ一般座標系 2.9/2.3mm、椎間孔座標系 2.6/1.9mmであり屈曲位と比べ伸展位で有意に減少していた ( $p < 0.05$ )。最狭窄部の位置は一般座標系 0.27/0.22、椎間孔座標系 0.50/0.45。最狭窄部の位置は一般座標系より椎間孔座標系の方が有意に外側に位置していた ( $p < 0.001$ )。伸展位関節切除幅は $23 \pm 8\%$ 、屈曲位関節切除幅は $32 \pm 8\%$ であり、術後関節切除幅は $47 \pm 11\%$ であった。

#### 【考察と結論】

先行研究では後方椎間孔拡大術における椎間関節の切除幅は術後の臨床症状の改善や術後の椎間不安定性の可能性から33%から50%の範囲とされてきた。申請者らは椎間孔の術前CT画像を3次的に解析することにより、新たな椎間孔狭窄の評価法を確立した。従来のCT横断像を用いた評価法より最狭窄部はより外側に位置していることを明らかにした。単独の頸椎症性神経根症の後方椎間孔拡大術では椎間関節の切除幅は50%までで十分であった。一方でGuらはCT横断像での椎間孔の形態によっては、50%以下の椎間関節切除では除圧不十分により症状の改善が不良であったと述べている。多椎間の椎間板や椎間関節の変性が著しい症例では椎間関節切除幅が50%以上必要な可能性があり、今後は申請者らの評価法を適応することにより適切な椎間関節切除幅決定の一助となると考えている。

#### 審査結果の要旨

頸椎症性神経根症例における椎間孔最狭窄部の位置を動態CT画像から3次的に画像解析し、後方椎間孔拡大術における椎間関節切除範囲の決定に応用することを目的とした研究である。通常頸椎を評価する座標系として頸椎と椎間板に合わせた‘一般座標系’とより詳細に椎間孔中心とした‘椎間孔座標系’を定義し、2座標系で椎間孔を評価した。椎間孔座標系では椎間孔長軸に垂直な断面積が最小となるスライスを用いて、上関節突起、ルシュカ関節、椎間孔頂部とルシュカ関節の midpoint、椎間孔底部とルシュカ関節の midpoint、椎間孔断面の重心、を通る高位でのそれぞれ前後径を計測し、最小のものを椎間孔径とした。椎間孔径はどちらの座標系においても屈曲位と比べ伸展位で有意に減少していた。最狭窄部の位置は一般座標系より椎間孔座標系の方が有意に外側に位置していた。これらの結果から、従来のCT横断像を用いた評価法より最狭窄部はより外側に位置していることが明らかにされた。

以上、椎間孔の術前CT画像を3次的に解析することにより、新たな椎間孔狭窄の評価法を確立し、適切な椎間関節切除幅決定に寄与する可能性を示した点に学位論文としての価値を認める。