



Dynamic Evaluation of the Spinal Cord in Patients With Cervical Spondylotic Myelopathy Using a Kinematic Magnetic Resonance Imaging Technique

三浦, 寿一

(Degree)

博士 (医学)

(Date of Degree)

2010-03-29

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙3111

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2003111>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏 名	三浦 寿一
博士の専攻分野の名称	博士（医学）
学 位 記 番 号	博ろ第 3111 号
学位授与の 要 件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位授与の 日 付	平成 22 年 3 月 29 日

【 学位論文題目 】

Dynamic Evaluation of the Spinal Cord in Patients With Cervical Spondylotic Myelopathy Using a Kinematic Magnetic Resonance Imaging Technique(頌椎症性脊髄症における脊柱管拡大術術後の脊髄動態の解析 ～Kinematic MRI を用いて ～)

審 査 委 員

主 査	教 授	甲村 英二
	教 授	前川 信博
	教 授	石井 昇

学位論文の内容要旨

Dynamic Evaluation of the Spinal Cord in Patients With Cervical Spondylotic Myelopathy Using a Kinematic Magnetic Resonance Imaging Technique

頸椎症性脊髄症における脊柱管拡大術術後の脊髄動態の解析
～ Kinematic MRI を用いて ～

(指導教員：神戸大学大学院医学系研究科医科学専攻 整形外科学教室 黒坂昌弘教授)

三 浦 寿 一

目的

頸椎症性脊髄症（以下頸髄症）とは頸椎の椎間板や関節などの加齢性変化により、骨棘の形成や靱帯の肥厚、椎間板の膨隆などを生じて脊柱管の狭窄をきたし、脊髄を圧迫することにより、四肢のしびれや巧緻運動障害、歩行障害などの脊髄症状を発現する病態である。これらの脊髄症状の発現には、静的な圧迫因子だけでなく、頸椎の前屈・後屈などの動的因子も関与していることが報告されている。脊柱管拡大術は頸髄症に対して広く行われている術式であり、脊柱管を後方から拡大することにより、圧迫されている脊髄を後方へ移動させて除圧を図る手術方法である。静的 MRI を用いた術後成績の報告は多いが、術前、術後の脊髄の動態については明らかにされておらず、術後の脊髄後方移動や頸椎のアライメントと術後成績との関連についても不明な点が多い。本研究の目的は、kinematic MRI（動態 MRI）を用いて、①頸髄症の術前の脊髄動態を調査し、正常人と比較すること、②脊柱管拡大術の術前後での脊髄動態を比較・検討すること、③脊髄の後方移動度と臨床成績との関連を調査することである。

対象および方法

頸髄症に対して棘突起縦割式脊柱管拡大術を行った 20 例（男性 12 例、女性 8 例、平均年齢 65.7 歳）を対象とした。全例に対して MRI を術前と術後 4～6 週に行った。術後平均観察期間は 3.7 年であった。また健康人ボランティア 20 例（男性 12 例、女性 8 例、平均年齢 25.4 歳）も正常コントロール群として MRI を撮像した。

撮像方法：頸椎を最大後屈位から最大前屈位まで他動的に屈曲させ、5～10 度毎に計 12 回、MRI T1 強調画像の正中矢状断像を撮像した。その間の平均撮像時間は 42.9 秒であった。

計測方法：NIH image を用いて、各スライスにおける C2 から Th2 までの各椎体の上位椎体の下後縁 A の座標、下位椎体の上後縁 B の座標、および C2/3 から Th1/2 における各椎間板レベルでの脊髄中点座標 M を求めた。その後、脊髄中点座標 M より各椎体の上、下後縁の座標を結んだ直線 AB に下ろした垂線の距離を頸髄椎体間距離（L 値）として求め、この値を各椎間レベルでの頸椎後縁と脊髄中心との距離とした。L 値を術前後でそれぞれ最大後屈位から最大前屈位まで計測し、頸椎の運動に対する脊髄の動態を調査した。

臨床評価：日本整形外科学会頸髄症治療成績判定基準（以下 JOA スコア：17 点満点）を用いて脊柱管拡大術の成績を評価した。術前および術後 4～6 週、最終調査時にそれぞれ JOA スコアを調査し、改善率（%）は平林法に従って算出した。

統計学的分析：頸髄症群と正常コントロール群間の分析には一元配置分散分析法を用い、術前と術後の L 値の比較分析には反復測定一元配置分散分析を用いた。また対

象を、術後成績の改善率の平均値を境界として、成績良好群、成績不良群の二群に分割し、脊柱管拡大術後の脊髄の後方移動距離を各椎間レベルで比較した。P 値は 0.05 以下を統計学的有意差ありとした。

再現性：5 人のボランティアは同一の調査者により 5 日連続で検査した。L 値の多様性を分析するため、分散係数を計算した。無次元変数は標準偏差に関連し、5 例間の比較が可能だった。各椎間板での L 値の分散係数は 0.96 から 3.12 と優れた再現性を示した。2 人の調査者が連続する無作為抽出した 5 例を調査した。相関係数は各椎間板での L 値に対して計算された。平均相関係数は L 値に対して 0.86 (0.81-0.96) であった。

結果

頸髄症群と正常コントロール群での頸髄椎体間距離 (L 値) の比較

頸髄症の L 値はコントロール群に比べ、各椎間レベルで中間位、最大前屈位、最大後屈位のいずれも有意に小さかった。C4/5 レベルでの中間位での L 値は C2/3、C3/4、C6/7、C7/Th1 レベルと比べて有意に小さく、C5/6 レベルでも C2/3、C7/Th1 レベルと比べて有意に小さかった。最大後屈位においては、C3/4 および C4/5 レベルは、L 値が C6/7、C7/Th1 レベルよりも有意に小さく、C5/6 レベルは C7/Th1 よりも有意に小さかった。最大前屈位では C2/3 レベルでの L 値は他の椎間レベルに比べて有意に大きく、C3/4、C4/5 レベルは C6/7、C7/Th1 に比べ有意に大きかった。

術前と術後の L 値の比較

脊柱管拡大術後の L 値は中間位と最大前屈位で、すべての椎間レベルで術前よりも大きくなっていった。また、最大後屈位では C6/7、C7/Th1 を除く他の椎間レベルで術前より大きくなっていった。

脊柱管拡大術後の脊髄の後方移動度

脊柱管拡大術後の脊髄後方移動は C3/4、C4/5 レベルが C2/3、C6/7、C7/Th1 レベルに比べて有意に大きかった。また C5/6 レベルでは C6/7、C7/Th1 レベルに比べて有意に大きかった。

脊髄後方移動度と臨床成績

頸髄症患者の JOA スコアは術前 9.8 ± 2.3 点から術後 13.3 ± 1.2 点に改善しており、JOA スコア平均改善率は $48.1 \pm 16\%$ だった。全ての患者を改善率 48% 以上の成績良好群 (9 例) と 48% 未満の成績不良群 (11 例) の 2 群に分け、2 群間で術後の後方移動度を比較した。しかしながら中間位、最大前屈位、最大後屈位での、いずれの椎間レベルでも後方移動度に有意差は見られなかった。

考察

頸髄症の発現に対する動因子の関与は報告されてきたが、前屈、後屈時の頸椎の

変化に関する知識は主に死体や脊髄造影の機能撮影に基づいてきた。最近の報告では Muhle らは Kinematic MRI 法を健康人と頸髄症の患者における脊柱管の動的变化を評価する方法として紹介している。脊髄造影と違ってこの方法は、正常人にも頸髄症の患者にも術前・術後に、非侵襲的に脊椎と脊髄の前屈から後屈時の動的な特徴を見ることができる。今回の研究では、頸髄症の患者の L 値はコントロール群に対して中間位、最大前屈位、最大後屈位で小さかった。また中間位および最大後屈位での C4/5 での L 値が C2/3、C3/4、C6/7、C7/Th1 に比べ小さくなっており、C5/6 の L 値は中間位で C2/3、C7/Th1 レベルと比べて有意に小さく、最大後屈位で C7/Th1 よりも小さかった。Muhle らは正常人の頸椎において、くも膜下腔は中間位や前屈位に比べ後屈位で最も狭くなることを示している。彼らはまた頸椎の変性が進むにつれて後屈時の前方・後方からの圧迫 (たくれこみ効果) が増加することも示している。このことから、後方の脊柱管狭窄が増えれば、頸髄の後方移動や硬膜の折れこみ、脊髄の肥厚、黄色靱帯のたくれこみなどにより、後屈時の生理学的な頸椎の短縮が原因で脊柱管狭窄が増悪するという仮説が考えられる。このように C4/5 や C5/6 においては、後方からの圧迫による、後方くも膜下腔の狭小化により脊髄と脊椎間の距離が相対的に狭くなることが推測される。頸髄症に対する片開き式脊柱管拡大術は 1978 年、平林により紹介され、後に棘突起縦割式へと変化した。この方法は、多対間の狭窄性脊髄症に対し、十分な除圧が可能であり、椎弓切除術に比べて支持性や可動性などの損傷を少なくできる。同法による除圧には 2 つの効果がある。1 つは直接後方の圧迫を取り除く効果と、後方へ移動することにより、前方からの圧迫を間接的に取り除く効果である。後者の効果では、同法により脊柱管が拡大することで、頸椎の前後屈時に脊髄にいくつかの運動の変化が起こる。我々は以前、術後に脊髄が背側へ後方へ広がるように移動し、広がった脊柱管の中で、前屈、中間、後屈位のいずれの位置でも、比較的直線的なアライメントを保っていることを報告した。脊柱管拡大術後の脊髄後方移動の臨床的意義に関しては論争のあるところである。馬場らは前彎アライメントの患者の脊柱管拡大術後の骨性の脊柱管拡大の面積と術後の神経学的改善が非常に関連していたと報告している。袖山らは 3mm 以上の後方移動は脊髄症の改善が良いとしている。木村らは、後彎型や S 状のアライメントの場合は、脊髄が後彎の頂点で圧迫され、脊髄の後方移動を阻害するため良好な成績が得られにくいとしている。須田らは局所後彎が 13 度以下の場合は良好な成績が得られるとしている。一方、八田らは改善率は後方移動度とは関連が無く、大きな後方移動を伴う広範囲拡大術は、必ずしも限局型の拡大術と比べてより良い改善率というわけではないと報告している。しかしながらこれらの報告は限られた中間位だけの研究ばかりである。後方移動と臨床成績に関して、術前、術後の前後屈、中間位で検討した報告は今までない。

今回の研究データから、術後の脊髄の後方移動度は椎間レベルによって異なり、C3/4、C4/5 や C5/6 レベルで他のレベルよりも有意に大きいことを示した。この結果

から、有意な後方移動度は後方除圧後に得られることが可能である、なぜなら脊髄距離は頸髄症の患者の場合、相対的に C4/5 や C5/6 で小さいからである。しかし、中間位、前屈、後屈位において成績良好群と成績不良群との間には脊髄後方移動度に有意差は認めなかった。患者数が少ないため今回の研究では他の因子と臨床成績との間に相関は見られなかった。しかし我々は、脊髄の後方移動度は脊椎の位置によって異なるので、改善率と脊髄後方移動度が必ずしも相関しないことを発見した。それゆえ脊柱管拡大術後の脊髄後方移動の臨床的意義を理解するために、脊椎や脊髄の動態を評価することは重要である。

頸髄症の術後成績には多くの因子が関与している。成績に関与する因子としては年齢や症状の期間、重症度、脊髄萎縮（MRI での脊髄内輝度変化）、矢状面の頸椎アライメントなどが確認されている。それぞれの因子は術後の神経症状改善の予後因子として重要であるにも関わらず、どの因子が臨床成績に最も決定的なのかということを示した正確な報告は今までなかった。小野らは病理学的検査で、重度のミエロパチーハンドの数例で白質の側索のびまん性の脱髄が見られたことを報告している。彼らは神経のダメージが強ければ強いほど、可逆性になりづらいことを推測している。それゆえ一度脊髄が中心性にピラミッド状に障害を受けた場合、たとえ脊髄のスペースが出来ても改善しづらいかもしれない。須田らは術前の局所後彎と MRI 上の輝度変化が成績不良の危険因子であると示している。しかしながら術後の神経改善には脊髄後方移動度だけが関与しているわけではないことが考えられた。静的な因子に加えて、頸椎の動きが頸髄症の発現や術後の神経症状改善に関与しているかもしれないので、アライメントの変化と臨床成績との関連を調べるためのさらなる調査が必要である。

結語

我々は頸髄症の患者の術前の脊髄動態を Kinematic MRI を用いて前向き研究を行い、正常人との比較を行った。脊髄距離は C4/5、C5/6 レベルで比較的小さくなっており、頸髄症の患者の後方からのくも膜下腔の狭小化が原因と考えられる。患者数が限られているため、今回の研究では他の因子と臨床成績との間に関連性を示すことはできなかった。しかしながら、脊柱管拡大術後の患者の脊髄は前屈、中間位、後屈のいずれでも後方にいどうしていたにも関わらず、手術の成績は術後の脊髄後方移動とは関連がなかった。数多くの因子が術後成績に関与していることが考えられた。

論文審査の結果の要旨			
受 付 番 号	乙 第 2074 号	氏 名	三 浦 寿一
論 文 題 目 Title of Dissertation	Dynamic Evaluation of the Spinal Cord in Patients With Cervical Spondylotic Myelopathy Using a Kinematic Magnetic Resonance Imaging Technique 頸椎症性脊髄症における脊柱管拡大術術後の脊髄動態の解析 ～ Kinematic MRI を用いて ～		
審 査 委 員 Examiner	主 査 甲 村 英 乙 Chief Examiner 副 査 前 川 信 博 Vice-examiner 副 査 石 井 昇 Vice-examiner		

(要旨は1, 0 0 0字～2, 0 0 0字程度)

目的
頸椎症性脊髄症（以下頸髄症）とは、頸椎の加齢性変化により脊柱管の狭窄をきたして脊髄を圧迫する病態であり、脊柱管拡大術は脊柱管を後方から拡大することにより、圧迫されている脊髄を後方へ移動させる方法である。静的 MRI を用いた術後成績の報告は多いが、術前・術後の脊髄の動態は明らかにされておらず、術後の脊髄後方移動と術後成績との関連も不明な点が多い。本研究の目的は、kinematic MRI（動態 MRI）を用いて、頸髄症の術前後での脊髄動態を調査し、正常人と比較検討すること、脊髄の後方移動度と臨床成績との関連を調査することである。
対象および方法
頸髄症に対して脊柱管拡大術を行った 20 例（平均年齢 65.7 歳）を対象とした。全例に対して MRI を術前と術後に行った。また健康人ボランティア 20 例（平均年齢 25.4 歳）を正常コントロール群とした。
1）撮像方法：頸椎を最大前屈位から最大後屈位まで他動的に屈曲させ、MRI T1 強調画像の正中矢状断像を撮像した。
2）計測方法： NIH image を用いて、各スライスにおける C2 から Th2 までの各椎体の上位椎体の下後縁 A の座標、下位椎体の上後縁 B の座標、および各椎間での脊髄中点座標 M を求めた。その後、M より直線 AB に下ろした垂線の距離を頸髄椎体間距離（L 値）として求め、この値を頸椎後縁から脊髄中心までの距離とした。L 値を術前後で最大前屈位から最大後屈位まで計測した。
3）臨床評価：日本整形外科学会頸髄症治療成績判定基準（以下 JOA スコア）を用いて術前と術後に脊柱管拡大術の成績を評価した。
結果
1）頸髄症群と正常コントロール群での頸髄椎体間距離（L 値）の比較 頸髄症の L 値はコントロール群に比べ、各椎間レベルで前屈位～後屈位のいずれでも有意に小さかった。また頸髄症では、中間位、後屈位で中位頸椎レベルの L 値が他に比べ小さく なっていた。

2) 術前と術後の L 値の比較
脊柱管拡大術後の L 値は中間位と前屈位で、すべての椎間レベルで術前よりも増加していた。また、後屈位でも C2/3～C5/6 で術前より増加していた。
3) 脊柱管拡大術後の脊髄の後方移動度
脊柱管拡大術後の脊髄後方移動は中位頸椎レベルが他レベルに比べて有意に増加していた。
4) 脊髄後方移動度と臨床成績
頸髄症患者の JOA スコアは術前 9.8 点から術後 13.3 点に改善しており、平均改善率は 48.1% だった。全ての患者を改善率 48% 以上の成績良好群 (9 例) と 48% 未満の成績不良群 (11 例) の 2 群に分け、2 群間で術後の後方移動度を比較したが、前屈位～後屈位のいずれの椎間レベルでも 2 群間に有意差は見られなかった。
考察ならびに結論
頸髄症の発現に動的因子が関与していることは報告されてきたが、これらを評価した報告は少ない。Kinematic MRI は、術前・術後に非侵襲的に行うことが可能であり、脊髄の動態を評価する上で優れた方法である。今回の研究では、頸髄症の場合、正常人に比べて脊柱管が相対的に狭窄しており、特に中位頸椎では、中間位～後屈位で黄色靱帯の挟み込み現象により後方からの脊髄の圧迫が増加することが考えられた。
脊柱管拡大術後の脊髄後方移動度と臨床的意義に関してはまだ一定の見解はないが、いずれも中間位のみで研究で、術前後で、頸椎の前後屈・中間位で検討した報告はない。今回の研究から、頸椎の動態によって各椎間レベルでの脊髄の後方移動度が異なり、特に中位頸椎レベルで後方へ大きく移動していたこと、これらの脊髄後方移動度は改善率と必ずしも相関しないことを発見した。
本研究は、頸髄症における脊髄動態を Kinematic MRI を用いて検討したものであるが、これまで不明であった術前、術後での頸髄の動態を明らかにし、脊髄後方移動の臨床的意義を理解する上で、重要な知見を得たものとして価値ある業績であると認める。
よって、本研究者は博士(医学)の学位を得る資格があると認める。