

myelopathy: a prospective study with a minimum 5-year follow-up. *Eur Spine J* 20: 928-933, 2011

4. Fujimori T, Iwasaki M, Okuda S, Nagamoto Y, Sakaura H, Oda T, Yoshikawa H. Patient Satisfaction with Surgery for Cervical Myelopathy due to Ossification of the Posterior Longitudinal Ligament. *J Neurosurg Spine* 14: 726-733, 2011
5. Fujimori T, Iwasaki M, Okuda S, Nagamoto Y, Sakaura H, Oda T, Yoshikawa H. Three-dimensional measurement of growth of ossification of the posterior longitudinal ligament. *J Neurosurg: Spine* (in press)

## 2. 学会発表

1. 前野考史、奥田真也、白 隆光、山崎良二、宮内 晃、岩崎幹季、小田剛紀. 高齢者における頸椎椎弓形成術の成績 第40回日本脊椎脊髄病学会（平成23年4月）*J Spine Res* 2(3): 764, 2011

## H. 知的財産権の出願・登録状況

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

厚生労働科学研究費補助金（難治性疾患克服研究事業）  
分担研究報告書

頚椎後縦靭帯骨化症における骨化巣の3次元解析に関する研究

研究分担者 遠藤直人 新潟大学整形外科教授  
平野徹 新潟大学整形外科 新潟大学病院准教授  
和泉智博 新潟大学整形外科医員/大学院生

研究要旨 我が国の特定疾患の1つである頚椎後縦靭帯骨化症(以下OPLL)は進行すると四肢麻痺を引き起こす重篤な疾患である。OPLL患者の頚椎CTのDICOMデータを使用して3次元モデルを作成し、骨化巣を抽出し、OPLLの3次元形態評価と体積算出を行い、治療法別の経年的変化の定量的な評価、増大部位の解析、骨化巣増大の危険因子の解析を行った。この解析により症例ごとに骨化巣の増加率や増大部位が予測可能となり、術式および除圧範囲の選択に重要な情報を提供できる可能性がある。

A. 研究目的

OPLL患者の頚椎CTのDICOMデータを使用して3次元モデルを作成し、骨化巣を抽出することで、今までには行われていなかった3次元的な評価を可能にすること。

B. 研究方法

OPLLの保存的治療例および手術治療例において約1年毎にCTを撮影し、DICOMデータを収集している。CTは0.5~1.0mmスライスで撮影している。このデータを基に、画像解析ソフトを用いて骨化巣を抽出して3次元モデルを作成し、形態の経時的変化を観察し、体積を定量的に評価して年毎の体積増加量や増加率を治療法別に算出した。また、既に報告のある骨化巣増大に影響を与える様々な危険因子を検討した。さらに骨化巣を重ね合わせることで経時的な骨化巣の増大部位を解析した。

(倫理面での配慮)

当院の倫理委員会より承認されており、患者に説明書にて説明し、書面による同意

を得た上でCTデータを収集している。

C. 研究結果

除圧術・固定術・保存治療と比較すると、固定術では骨化巣の年毎の増加率が明らかに低かった。また、椎弓形成術後の症例における多重解析では、頚椎の可動域や年齢と骨化巣の増加率には高い相関を認めた。またC2レベルでの骨化巣の重ね合わせの解析では、様々な増大形態を呈しており、増大部分が特定できずただらに増大する「ただら型」、頭側を中心に増大していく「頭側型」、全体が増大する「全体型」といった増大形態に大きく分別できた。

D. 考察

本研究の椎弓形成術後の3次元の解析により頚椎可動域が骨化巣増大に関係していることがこれまでに明らかになっている。今回は多重解析を行い、頚椎の可動域が大きいことに加えて年齢が若いことは骨化巣の体積増加率と相関が高く、骨化巣増大の

危険因子であると考えられ、脊髄症の再発に注意を必要とする因子であることが示唆された。頚椎の可動域を制限する固定術で増加率が少ないことも、骨化巣増大における可動域の重要性をサポートする結果と考えられる。また、骨化巣の重ね合わせによる解析も進めている。C2 レベルのみでの解析では、様々な増大形態を認めた。増大形態によっては C2 レベルでの再除圧を必要とする可能性を示唆していた。今後は骨化巣全体の増大部位についても明らかにしていきたい。

#### E. 結論

骨化巣の増大は、頚椎の可動域と年齢と相関があり、危険因子と考えられる。今後はこの危険因子を考慮しての術式や除圧範囲の選択が治療成績の向上に寄与する可能性がある。

#### F. 健康危険情報

総括研究報告書にまとめて記載。

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

特になし

##### 2. 学会発表

・What is a risk factor in progression of cervical OPLL after laminoplasty? : 3-dimensional analysis of a novel measuring method using computed tomography. Eurospine 2011 で発表

・頚椎 OPLL 体積増加部位の検討：椎弓形成術後の C2 骨化巣の変化. 2011 年 11 月 5 日 OPLL 班会議で発表.

・頚椎後縦靭帯骨化症に対する頚椎後方除圧固定術. 第 207 回新潟整形外科学会研究会で発表.

#### H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む。)

##### 1. 特許取得

特になし

##### 2. 実用新案登録

特になし

##### 3. その他

特になし

黄色靭帯骨化症の骨化形態に関する研究

研究分担者 森 幹士 滋賀医科大学整形外科助教

研究要旨 我々は胸椎黄色靭帯骨化症（以下 OYL）の有病率について CT による調査を進めている。骨化形態にも着目して調査を進めていくうちに、これまでに注目されていない骨化形態をとるものを確認した。正常の黄色靭帯の形態に沿うものではないために、これを OYL として良いか否かについては組織学的調査が必須である。1 例であるが手術時の標本を解析し、OYL として矛盾ないことを確認した。

A. 研究目的

これまでに注目されていない骨化形態（図 1A）をとる胸椎黄色靭帯骨化症（以下 OYL）様の病変が OYL として良いか否かについて組織学的な調査すること。

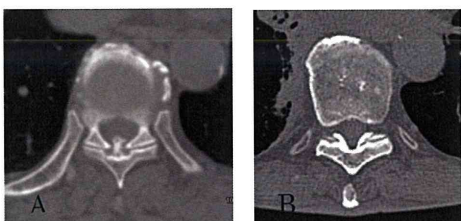


図 1. OYL としてこれまでに注目されていない骨化形態(A)と一般的な形態(B)

B. 研究方法

OYL に対する後方除圧術（椎弓切除）の際に図 1A に示す骨化形態の病理学的な検討が可能な形で椎弓を切除し、病理学的に OYL として矛盾しないかを検討する。

（倫理面での配慮）

医療従事者としての守秘義務を守る、背番号化するなど個人を特定できるデータが解らないようにするなど配慮した。

C. 研究結果

現在までに、手術時に標本を採取しえた検体について組織学的検討を行った(図 2)。

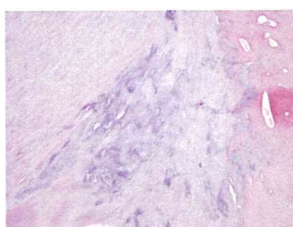


図 2. 図 1A の病理標本

組織学的には、黄色靭帯の変性、軟骨形成、骨化病変となだらかに連続する像を示し、OYL として矛盾しない。

D. 考察

我々の渉猟しえた限りでは、この骨化形態についての詳細な報告はなされていない。黄色靭帯は椎弓の一部を裏打ちするかのごとく左右の椎弓間に存在し、中央部分は粗に連続している。したがって、その靭帯の骨化は図 1B の様な形態をとるのが一般的である。しかし、力学的ストレスの違いなどにより、骨化進展が通常とは異なる方向に進むことも十分に考えられる。本骨化形態の分布などを詳細に検討することで、なぜこのような骨化形態をしめすことがあるのかが解明できるかもしれない。

E. 結論

組織学的な検討から、我々が注目している骨化形態は OYL として矛盾しない。OYL の有病率算出にあたり、本骨化形態も含めた検討が必要である。

F. 健康危険情報  
総括研究報告書にまとめて記載。

G. 研究発表

1. 論文発表

該当するものなし。

2. 学会発表

森 幹士. CT 検診による脊柱靱帯骨化症  
の有病率の調査 脊柱靱帯骨化症に関する  
調査研究 平成 23 年度第 1 回班会議 2011  
年 6 月 25 日

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1. 特許取得

該当するものなし。

2. 実用新案登録

該当するものなし。

3. その他

特記すべきことなし。

厚生労働科学研究費補助金（難治性疾患克服研究事業）  
分担研究報告書

後縦靭帯骨化症における経頭蓋電気刺激誘発筋電位を用いた  
術中脊髄モニタリングの有用性に関する研究

研究分担者 木田和伸 高知大学医学部整形外科  
谷 俊一 高知大学医学部整形外科  
公文雅士 高知大学医学部整形外科  
田所伸朗 高知大学医学部整形外科

研究要旨 頸椎・胸椎後縦靭帯骨化症 (OPLL) 21 症例において経頭蓋電気刺激による誘発筋電位を用いた術中脊髄モニタリングを施行したのでこれを retrospective に検討した。術後下肢麻痺が認められた症例はなかったが、2 例に片側三角筋の、1 例に片側回内筋の筋力低下が出現した。三角筋麻痺の 2 例ではモニタリングによる波形変化が陽性であったが、回内筋はモニターされておらず探知できなかった。波形変化陽性は 21 例中 15 例に認められており、偽陽性と判断される例が多かった。波形変化が一過性の場合は、術後麻痺発生の可能性は低いと思われるが、重度麻痺発生の危険徴候を見逃さないためには、高感度な本法による脊髄モニタリングが不可欠であると思われた。

A. 研究目的

胸椎 OPLL のみならず、占拠率の高い頸椎 OPLL に手術的加療を加える際には、易損性の高い脊髄に障害を与えてしまう可能性を回避し難い。これを最小限に食い止めることに、術中脊髄モニタリングの意義がある。経頭蓋電気刺激により四肢筋から複合筋活動電位 (CMAP) を記録する術中脊髄モニタリング法には運動機能を高感度でモニターできる利点がある。しかし、一方で電位の変動が大きく鋭敏であるため、critical point (CP) の設定に苦慮するところである。我々は、OPLL 手術時に経頭蓋電気刺激による誘発筋電位を用いた脊髄モニタリングを行ってきたので、本法について retrospective に検討を加えた。

B. 研究方法

本研究では一定の刺激強度で誘発される CMAP を加算平均して記録し、その振幅変化をモニタリングする方法 (加算法) と  $20\mu\text{V}$  以上の CMAP を誘発するのに要する刺激強度をモニタリングする方法 (閾値法) の 2 種類を分析した。対象は頸椎部 18 例、胸椎部 3 例の OPLL 症例で男性 14 例、女性 7 例、手術時平均年齢は 60.8 歳 (37 -81)。CMAP の導出は三角筋、短母指外転筋または小指外転筋、母趾外転筋、大腿四頭筋、前脛骨筋を用いて、加算法を 13 例に、閾値法を 8 例に行った。加算法では振幅が基準値の 50% 以下に低下した場合を、閾値法では波形振幅が  $20\mu\text{V}$  以上となる刺激電圧を閾値電圧とし、これが  $100\text{V}$  以上増大した場合を、それぞれの critical point (CP)、すなわち波形変化陽性として評価した。検討項目は (1) 術中の波形変化および波形変化前後の

血圧、麻酔深度(BIS 値)の関係 (2)手術時間、出血量、BMI (3)術後麻痺例の検討 (4)本モニタリング方法の精度の検討である。

(倫理面での配慮)

研究結果を発表する際には、個人が特定できる情報は一切開示しないように留意した。

### C. 研究結果

対象症例の background としては、頸椎 OPLL18 例の術前 JOA スコアは平均 10.0 点(1-12.5)、脊柱管最大占拠率は平均 53.9%(34.1-78.1)、手術方法は前方除圧固定術 9 例、椎弓形成術 9 例。胸椎 OPLL については、それぞれ平均 4.7 点、平均 61.7%、後方除圧固定術 3 例であった。

検討結果 (1)21 例中 15 例について除圧操作中に波形変化陽性が認められた。波形変化前後で平均血圧の変化は  $86.6 \pm 20.8$  mmHg から  $84.8 \pm 17.8$  mmHg へと推移、麻酔深度(BIS 値)は  $44.6 \pm 4.8$  から  $46.7 \pm 6.4$  へと推移していたが、いずれも有意差は認められなかった( $P=0.64$ ,  $P=0.07$ )。(2)手術時間は平均 418.3 分(180-775)、術中出血量は平均 419.5ml(100-1250)、平均 BMI は 26.8%(21-42)であり、手術時間は長く、BMI も高い傾向にあった。(3)術後 2 例に片側三角筋の(MMT3-が 1 例、2 が一例)、1 例に片側回内筋(MMT4)の筋力低下が確認された。三角筋麻痺の 2 例では三角筋 CMAP に波形変化陽性が認められ、手術終了時にも回復が認められなかった。回内筋麻痺はモニタリングされておらず探知できなかった。しかし、全 3 例とも術後経過観察中に MMT5 に回復している。また、今回の症例において下肢麻痺の出現症例は認められなかった。(4)次に、モニタリングしておらず探知できな

かった回内筋麻痺の症例を除き、本法の精度について検討してみた。症例 20 例において、波形変化陽性であり麻痺を認めたものが 2 例、麻痺のなかったものが 13 例(偽陽性)で、波形変化陰性であり麻痺を認めたものは 0 例、麻痺のなかったものは 5 例であった。以上から、今回検討したモニタリング方法全体での感度は 100%、特異度 27.8%、陽性的中率 13.3%、陰性的中率 100%という結果であった。また、仮に加算法での CP を振幅が基準値の 25%以下に低下した場合と設定すると、全体での感度は 100%、特異度 38.9%、陽性的中率 15.4%、陰性的中率 100%であった。なお、三角筋麻痺の 2 例は閾値法でモニタリングを行なった症例であり、閾値法 8 例のみでの感度は 100%、特異度 50%、陽性的中率 50%、陰性的中率 100%であった。

### D. 考察

頸椎・胸椎 OPLL の 21 症例において経頭蓋電気刺激による誘発筋電位を用いた術中脊髄モニタリングを施行した。本モニタリング方法は麻酔の影響を受けやすいことが知られているが、今回術中に波形変化が認められた 15 例については、波形変化陽性前後の麻酔深度や血圧の変化に有意な差は認められなかった。本法の精度については、高感度であるぶん電位の変動は大きく、陽性的中率が低い結果であった。日本脊椎脊髄病学会モニタリング委員会による多施設調査においては、術中に波形変化が 25%以下となった時は、MMT が 2 以上低下している可能性を示唆していると報告されている。我々は、加算法では振幅が基準値の 50%以下に低下した場合、閾値法では波形振幅が

20 $\mu$ V以上となる刺激電圧を閾値電圧とし、これが100V以上増大した場合をCP、すなわち波形変化陽性と評価しており、もちろんこの基準が陽性的中率の低かった理由の一つであると思われた。また、Kimらは(Spine 2007)CMAPモニタリングの偽陽性のリスクファクターとして長時間手術、高度肥満をあげており、OPLL手術においては手術時間も長く、今回の症例ではBMIも高い傾向にあったことも関与していると考えられた。上肢で発生した3例の麻痺例のうち三角筋の2例は術中モニタリングにより捉えることができたが、回内筋の麻痺は当該筋がモニタリングできておらず、脊髄分節障害あるいは神経根障害を探知するには、より広範囲の筋群でのモニターの必要性が示唆された。また、CPについては、脊髄分節機能を評価するのか索路機能評価するのか、あるいは上肢機能を評価するのか下肢機能を評価するのかにより、設定が異なってくる可能性もあり今後さらなる慎重な検討を要すると考えられた。

#### E. 結論

胸椎OPLLのみならず、占拠率の高い頸椎OPLLにおいては脊髄機能モニタリングが必須であり、経頭蓋電気刺激による誘発筋電位を用いた術中脊髄モニタリングは高感度で有用な方法である。

#### F. 健康危険情報 なし

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

C8神経根症23例の検討. 田所伸朗, 谷口慎一郎, 武政龍一, 永野靖典, 葛西雄介, 谷俊一. 中部日本整形外科災害外科学会

雑誌 54(5): 1089-1090, 2011.

##### 2. 学会発表

(1) C8神経根症23例の検討. 田所伸朗, 谷口慎一郎, 武政龍一, 永野靖典, 葛西雄介, 谷俊一. 第116回中部日本整形外科災害外科学会学術集会(高知市): 2011. 4. 7-8.

(2) 頸椎後縦靭帯骨化症に対する選択的前方除圧固定術の中長期成績—遺残骨化巢の肥厚・伸展の術後成績への影響—. 谷口慎一郎, 谷俊一, 牛田享宏, 田所伸朗, 葛西雄介. 第84回日本整形外科学会(Web開催): 2011. 5. 12-15.

(3) 頸部脊髄症における術前と術後3・6・12ヵ月経過時点でのADL評価法の比較—JOACMEQ vs JOA score—. 永野靖典, 谷口慎一郎, 谷俊一, 石田健司, 池内昌彦. 第84回日本整形外科学会(Web開催): 2011. 5. 12-15.

(4) OPLLに伴う脊髄症における経頭蓋電気刺激による誘発筋電位を用いた術中脊髄モニタリングの検討—加算法と閾値法—. 田所伸朗, 谷口慎一郎, 武政龍一, 川崎元敬, 南場寛文, 葛西雄介, 池内昌彦, 谷俊一. 第84回日本整形外科学会(Web開催): 2011. 5. 12-15.

(5) 単極針電極を用いて経皮的に記録した脊髄誘発電位の検討. 田所伸朗, 木田和伸, 谷俊一, 池本竜則, 谷口慎一郎, 牛田享宏. 第41回日本臨床神経生理学会学術大会(静岡市): 2011. 11. 10-12.



(6) 下肢筋 CMAP と D-wave を用いた脊髄運動路モニタリングの検討. 田所伸朗, 木田和伸, 谷 俊一. 第 34 回脊髄機能診断研究会 (東京都) : 2012. 2. 4

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

##### 1. 特許取得

本研究においてはなし

##### 2. 実用新案登録

本研究においてはなし

##### 3. その他

特になし

厚生労働科学研究費補助金（難治性疾患克服研究事業）  
分担研究報告書

頸髄症における有限要素法を用いた髄内応力分布に関する研究 —第2報—

高橋康平、小澤浩司、坂元尚哉\*、嶺岸由佳\*、佐藤正明\*、井樋栄二

東北大学大学院医学研究科整形外科学分野

\*東北大学大学院医工学研究科医工学専攻

研究要旨 頸髄症では圧迫により生じる脊髄内の高い応力により神経組織が障害され、頸椎矢状面アライメントはその応力と除圧後の応力変化に影響を与えると考えられる。本研究では有限要素法により脊髄内の応力を解析し、髄内応力が頸髄症発症に与える影響を検討した。さらにアライメントが頸椎椎弓形成術前後での髄内応力変化に与える影響を検討した。その結果、頸髄症を発症する椎間最大応力の閾値は 2.30kPa であり、頸椎アライメントが後弯であるほど、術後の応力減少は小さかった。

A. 研究目的

頸髄症では圧迫により生じる脊髄内の高い応力により神経組織が障害される。圧迫の形態、程度により脊髄内の応力分布が異なり、髄内応力が頸髄症発症に影響を与えると考えられる。我々は有限要素法を用いた先行研究において、頸髄症患者の頸髄で応力が高い領域と MRIT2 強調画像における高信号領域がよく一致することや、著しい後弯では前方除圧の方が後方除圧よりも応力の減少が大きいことを示した（脊柱靭帯骨化症に関する調査研究 平成 22 年度総括・分担研究報告書：p95-97）。

本研究では、頸髄症患者における脊髄髄内応力を有限要素法解析により解析し、以下の I～II の事項を検討した。

- I. 頸髄症を発症する髄内応力の閾値。
- II. 頸椎アライメントが頸椎椎弓形成術後の髄内応力変化に与える影響。

B. 対象

頸椎椎弓形成術を受けた頸髄症患者で神

経学的所見と髄内 T2 高輝度領域から責任高位が特定可能であった 33 例（男性 21 例，女性 12 例，平均 62 歳）を対象とした。

C. 研究方法

①有限要素法による髄内応力の解析

対象患者の術前後の髄内応力分布を解析した。MRIT2 強調正中矢状断像をもとに C2-7 にかけて脊髄前縁と後縁をスプライン曲線に近似し、脊髄矢状断形状を抽出した。有限要素法ソフト（Ansys Ver.11）を用いて、C2 と C7 の頭尾側端を直線で結んだモデルを三角形要素で分割し、それぞれの脊髄モデルになるよう強制変位を与え、髄内の応力を解析した。材料定数として灰白質、白質の初期弾性率を 5 kPa, Poisson's ratio を 0.49 とした。弾性解析を行い、応力は Meses 相当応力により評価した（図 1）。C3-6 の 3 椎間、計 99 椎間について椎間における最大応力を椎間応力として術前後それぞれ算出した。術後の解析では術後 3 週の MRI を使用した。

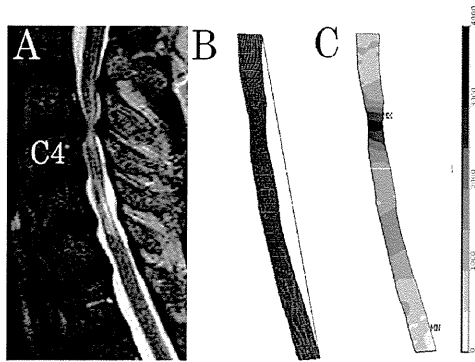


図1 A. MRIT2強調正中矢状断像  
B. 変形図  
C. 応力分布図

### ②レントゲンによる計測

術前の頸椎レントゲン中間位側面像から局所後弯角を計測した。局所後弯角は、Sudaらの方法に従い、後弯角が最大となる椎体後壁のなす角度とした (Spine28:1258-1262, 2003)。

### ③統計学的検討

I-1. 対象の99椎間を責任椎間群の33椎間と非責任椎間群66椎間の2群に分類し、2群間における椎間応力の差を検討した (unpaired-t検定)。

I-2. 責任椎間となる椎間応力のカットオフ値をROC分析により求めた。

II-1. 術前と術後での責任椎間における椎間応力の差を検討した (paired-t検定)。

II-2. 責任椎間における椎間応力について、術前後での差を求め、応力の減少と局所後弯角の相関関係を検討した。

### C. 研究結果

I-1. すべての症例で責任椎間高位と椎間応力が最も高い高位が一致した。椎間応力の平均 (mean±SD) は、責任椎間群で3.16

±0.86kPa、非責任椎間群で1.81±0.72kPaであり、責任椎間群で有意に大きかった (p<0.0001) (図2)。

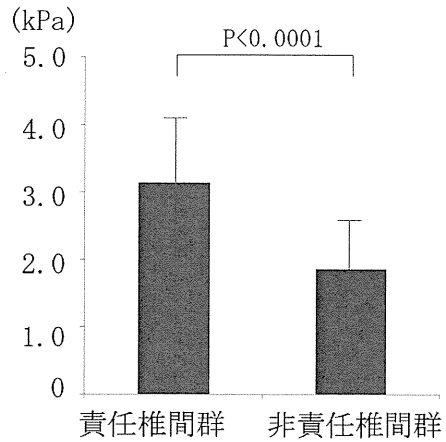


図2 椎間応力の平均値

I-2. ROC曲線を示す (図3)。曲線下面積は0.89であり、責任椎間となる椎間応力のカットオフ値は2.30kPaであった (感度78.8%、特異度78.8%)。

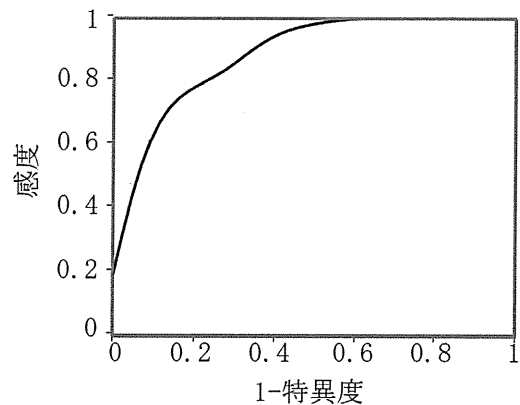


図3 ROC曲線

II-1. 術前の責任椎間における椎間応力は平均3.16±0.86kPaであり、術後は平均1.38±0.43kPaであった。責任椎間における椎間応力は、術後有意に低下した (p<0.0001) (図4)。

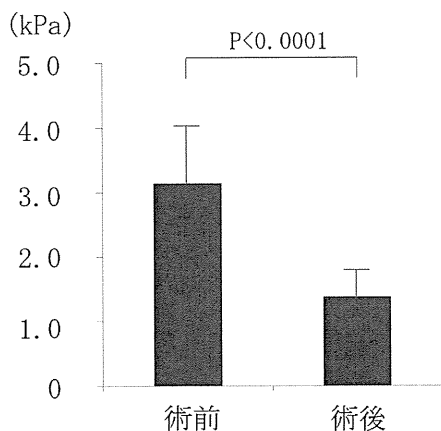


図4 術前後の責任椎間における椎間応力

II-2. 局所後弯角が  $0^\circ$  以下の前弯群では局所後弯角と術前後での応力の差に有意な相関関係は見られなかった ( $r=-0.45$ ,  $p=0.07$ )。局所後弯角が  $0^\circ$  より大きい後弯群では、局所後弯角が大きいほど、術前後での応力の差が小さかった ( $r=-0.57$ ,  $p=0.02$ ) (図5)。

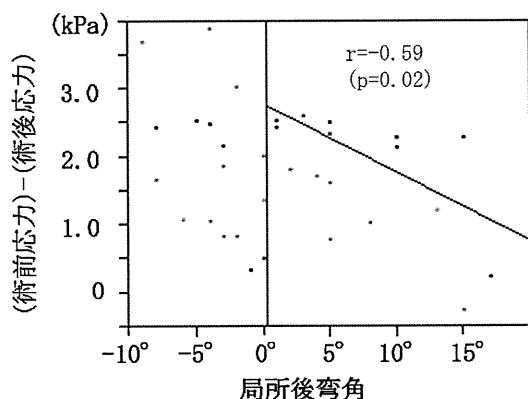


図5 術前後での責任椎間における応力の減少と局所後弯角の相関関係

#### D. 考察

共同著者のOzawaらは、ウサギを用いた片側圧迫モデルにおいて髄内変性変化が髄内応力と相関することを報告した

(Neurotrauma 21: 944-955, 2004)。本研究で頸髄症患者の髄内応力分布を解析した結果、髄内応力2.30kPaが頸髄症を発症する閾値であり、圧迫による脊髄内の力学状態の変化が頸髄症の発症に大きく関与していることが示された。また、この閾値から、symptomatic compressionとasymptomatic compressionの鑑別が可能となると考えられる。高齢者では多椎間に脊髄の変形を認める症例が少なくなく、本解析は多椎間狭窄を有する症例において、除圧椎間決定のためのよい指標となる。

Sudaらは、局所後弯角が  $13^\circ$  を超える症例で、頸椎椎弓形成術後の成績が劣ることを報告した (Spine28:1258-1262, 2003)。頸椎椎弓形成術による除圧には、直接的後方除圧と間接的前方除圧の二つの異なるメカニズムが考えられている。間接的前方除圧は脊髄の後方移動によるものとされているが、著しい後弯では後方除圧後の脊髄の後方移動が少なく、脊髄腹側からの圧迫が残り手術成績が劣るものと考えられる。本研究では後方除圧により圧迫高位の髄内応力が減少することが確認された。前弯群では術後の応力の減少は頸椎アライメントに関係しなかった。しかし、後弯群ではアライメントが後弯位であるほど術後の応力の減少が小さく、高度の後弯変形では後方手術後の改善が劣るとするこれまでの報告を髄内応力の面から説明しうる結果となった。

#### E. 結論

I. 頸髄症において責任椎間高位で最も高い髄内応力がみられた。責任椎間となる応力のカットオフ値は2.30kPaであった。

II. 後方除圧により圧迫高位の応力が減

少しした。前弯群では術後の応力の減少は頸椎アライメントに関係しなかったが、後弯群ではアライメントが後弯位であるほど術後の応力の減少が小さかった。

F. 健康危険情報

総括研究報告書にまとめて記載。

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

小澤浩司ら 頸髄症における髄内応力分布からみた脊柱アライメントの影響 第12回圧迫性脊髄症研究会 2011. 1 東京

高橋康平ら 頸髄症発症における髄内応力の影響 第26回日本整形外科学会基礎学術集会 2011. 10 群馬

高橋康平ら 頸髄症患者における脊髄髄内応力と重症度の検討 第46回日本脊髄障害医学会 2011.11 大阪

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

無線超小型 3 軸加速度センサを用いた頸椎症性脊髄症に対する歩行時解析（第 1 報）

研究分担者 西村浩輔、遠藤健司、鈴木秀和、宍戸孝明、山本謙吾  
東京医科大学大学整形外科

研究要旨 わが国の脊髄損傷の中で 6.5%が OPLL を伴っており、骨傷のない脊髄損傷の 26～38%で OPLL の合併を伴うと報告されている。頸椎 OPLL 患者の歩行機能を研究することで、転倒予防ができれば脊髄損傷を減少することができると考えた。本研究で、歩行分析を検討したところ、安定した歩行を呈する頸椎症の下肢痙性障害は、体幹で代償されている場合が多かった。今後、下肢の痙性が仙骨部で同調する時に転倒しやすい状態となっている可能性を検討する。

A. 研究目的

転倒によって脊髄損傷となる頸椎 OPLL 患者は多いが、頸椎 OPLL 患者の歩行機能を研究することで、転倒予防ができれば脊髄損傷を減少することができると考えた。本研究で、三次元加速度計<sup>1)</sup>を使用した歩行機能について検討した。



図1:超小型加速度センサ

B. 研究方法

健常な成人男性 10 例(平均 28.5 歳 : 健常群)と、痙性歩行障害を主訴とするが安定した無杖歩行が可能な患者 6 例(平均 67.5 歳 : CSM 群)を対象とした。3 軸加速度センサは小型無線ハイブリットセンサ WAA-006 を用いた (図 1)。CH 1 に圧フィルムを接続し足底に設置し、歩行周期のマーカ―とした。CH 2 は大転子部に CH 3 は仙骨部に設置した。上下、前方、左右方向の加速度をそれぞれ X、Y、Z 軸と設定した。サンプリング数は 5 ms、時間平均数を 5 回に設定し、被験者は 10m の連続歩行を 3 回のモニタリングを行い、最も安定した波形を記録した。

C. 研究結果

平均の 1 歩行周期は、健常群が 1.35 秒、CSM 群が 0.81 秒であった。CH 2 において、踵骨接地直後に中枢方向加速度は、健常群平均 0.35m/s<sup>2</sup>、CSM 群平均 0.93m/s<sup>2</sup>であった。CH 3 における中枢方向加速度は健常者で平均 0.79m/s<sup>2</sup>に対し CSM 群では平均 0.45m/s<sup>2</sup>であった。前後、左右方向の加速度は CH2,CH3 とも症例による計測値にバラツキが大きく、一定の傾向は得られなかった。今回の計測では、CSM 群において、前後内外側方向の加速度を比較すると、健常群と最大値は明らかな有意差は認められ

なかったが、一歩行周期の低下と接地直後の大転子部の中枢方向への加速度増加、スパイク状の多相波の出現、仙骨部での加速度低下を認めた。

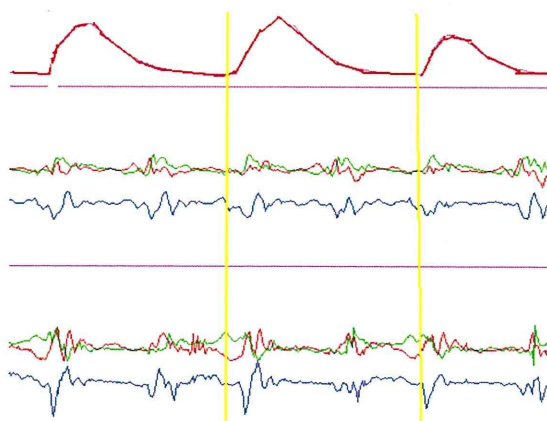


図2: 歩行分析(上断: 足関節、中断: 大転子部、下断: 仙骨部)

#### D. 考察

近年、運動器不安定症という概念が述べられており、「高齢化により、バランス能力および移動歩行能力の低下が生じ、閉じこもり、転倒リスクが高まった状態」と定義されている。しかし頸髄症、OPLLに対するバランス異常、平衡機能に関する研究は少ない。後縦靭帯骨化症(OPLL): 外傷は、予後不良因子(OPLL ガイドライン 2005) であり、15/156 (9.6%)は、外傷で悪化(Matsunaga S et al. 2008 Spine)<sup>2)</sup> であるという報告もある。また、遠藤ら<sup>3)</sup>の先行研究において頸椎OPLLの転倒の背景には痙性障害に加えて、体幹前方傾斜、深部知覚障害、脊椎不撓性による平衡機能障害が加わり、転倒しやすい状態となっている可能性が示唆されている。

頸椎症性脊髄症性による歩行障害<sup>4)</sup>は、易転倒性となり頸髄損傷の発症など重大な後遺症を引き起こす可能性がある。しかし、歩行障害、転倒予防に対する客観的な手術適応の尺度は不明である。痙性歩容異常を

評価するため、以前より加速度センサの応用が試みられてきたが、センサが有線であったため大掛かりな測定環境を要し臨床の場での使用が困難であった。今回我々は無線超小型 3 軸加速度センサを用い脊髄症患者の歩行解析を行い、健常者の歩行パターンと比較検討をおこなった。

今回の計測では、CSM 群において、前後内外側方向の加速度を比較すると、健常群と最大値は明らかな有意差は認められなかったが、一歩行周期の低下と接地直後の大転子部の中枢方向への加速度増加、スパイク状の多相波の出現、仙骨部での加速度低下を認めた。これは脊髄症患者の接地時における腓腹筋の反射性収縮を反映しそれを膝、股関節で代償して体幹動揺を減少させている様子が観察され、転倒しづらい CSM 歩容の特徴を表していると考えられた。今回の実験では観察されなかったが、仙骨部での加速度の増加を認める場合、転倒危険の警鐘と判断することができるか今後の検討としたい。

#### E. 結論

安定した歩行を呈する頸髄症の下肢痙性障害は、垂直加速度が体幹で代償されている場合が多かった。今後の研究で下肢の痙性が仙骨部で同調する時に転倒しやすい状態となっている可能性について検討したい。

#### F. 研究発表

学会発表

西村浩輔、遠藤健司、鈴木秀和、山本謙吾ほか：第160回東京医科大学医学会総会発表

G. 知的財産権の出願・登録状況

特になし

参考文献

- 1) Turcot K et al.: Three-dimensional pattern of knee linear accelerations during treadmill walking on an asymptomatic and osteoarthritis populations. *Gait Posture*, 2006, 24,144-146.
- 2) Matsunaga S et al. Radiographic predictors for the development of myelopathy in patients with ossification of the posterior longitudinal ligament: a multicenter cohort study. *Spine* 33,2008.
- 3) 遠藤健司 他: 頸椎 OPLL の全脊椎アライメントと平衡機能に関する研究, 脊柱靭帯骨化症に関する調査研究班平成20年度報告書,2008.
- 4) J. R. Engsberg et al: Spasticity, Strength, and Gait Changes After Surgery for Cervical Spondylotic Myelopathy, *SPINE* 28, E136-E139,2003.



厚生労働科学研究費補助金（難治性疾患克服研究事業）  
分担研究報告書

リーチング運動を用いた頸髄症患者の近位筋運動の簡易的機能評価の開発

研究分担者 市村 正一 杏林大学整形外科教授  
共同研究者 五十嵐一峰、高橋雅人、佐野秀仁、長谷川雅一

研究要旨 現在の頸髄症患者の上肢機能評価は、主に巧緻運動を用いる。我々は頸髄症患者に対して、リーチング運動を用いた運動評価で運動修正の時間を用い、病性評価と術後の予後予測に有用であることを示した。今回移動距離という、より簡便な方法での定量的な評価法を試みた。示指の移動距離は  $42.1 \pm 4.0$  (患者) と  $9.3 \pm 2.1$  (健常者) cm であり、用いた腕によらず有意差が見られた ( $p < 0.05$ : ANOVA)。以前の  
方法と比べより短時間で終了方法と考えられた。

#### A. 研究目的

我々は頸髄症患者にリーチング運動を用いた運動評価を行った。これまで運動修正の時間を用い、病性評価と術後の予後予測に有用であることを示した (Spine J. 2011, 11: 270-80)。しかしこの検査には特別な装置が必要であるため簡便なパラメータを検討した。

#### B. 研究方法

被験者は、術前の頸髄疾患患者 28 名 ( $64 \pm 8$  歳)、術後非検者 18 名 (術後 2 週間, 3 ヶ月, 6 ヶ月, 1 年) と健常者 15 名 ( $65 \pm 10$  歳) である。疾患の内訳は頸椎症性頸髄症 17 名 頸椎後縦靭帯骨化症 4 名 頸椎椎間板ヘルニア 3 名 環軸椎亜脱臼 2 名 破壊性脊椎関節症 1 名 脊髄腫瘍 1 名であった。被験者は目標到達点の LED にリーチングを行い、リーチング中の指先の位置を 3 次元位置計測装置で計測した。運動の滑らかさとして指先の移動距離と正確性の評価として実際の到達点の誤差を求めた。

(倫理面での配慮)

被験者の同意に基づいて検査を思考した。

#### C. 研究結果

示指の移動距離は  $42.1 \pm 4.0$  (患者) と  $9.3 \pm 2.1$  (健常者) cm であり、用いた腕によらず有意差が見られた ( $p < 0.05$ : ANOVA)。到達誤差は  $8.4 \pm 3.9$  (患者) と  $6.1 \pm 1.2$  (健常者) mm で、有意差が観察された ( $p < 0.05$ )。しかし到達誤差は用いた腕の影響を受け、患者が利き手を用いると健常者と同程度になった ( $6.1 \pm 1.9$  mm)。術後の移動距離は、健常者と同程度まで改善した。

#### D. 考察

頸髄症患者の到達運動は滑らかさが失われ、到達位置も不正確になることが観察された。しかし到達位置は利き手の影響を受け、病性評価には移動距離の方が適切と思われた。移動距離はより簡便な方法でも計測でき、患者負担も減り臨床現場に適した方法と考えられる。

#### E. 結論

頸髄症患者に対してリーチング運動を用いた運動評価を行った。移動距離は健常者と有意差があり術後健常者と同程度まで改善した。

F. 健康危険情報  
特になし

G. 研究発表

1. 論文発表

①Igarashi K, Shibuya S, Sano H, Takahashi M, Satomi K, Ohki Y: Functional assessment of proximal arm muscles by target-reaching movements in patients with cervical myelopathy, *Spine J* 11: 270-280, 2011

②大木紫、渋谷賢：利き手の神経機構、*Clinical Neuroscience* 29(6):666-669, 2011(総説)

③長谷川淳、高橋雅人、市村正一、長谷川雅一、佐野秀仁、滝徳宗、里見和彦：片開き式頸部拡大術における HA スペースと蝶番部の骨癒合の CT 評価、*Journal of Orthopaedics* 30:49-53, 2011

2. 学会発表

①頸髄損傷ラットにおける機能代償機構

長谷川淳、高橋雅人、大柁英昭、竹内拓海、佐藤俊輔、滝徳宗、長谷川雅一、里見和彦、市村正一

第 60 回東日本整形災害外科学会. 平成 23 年 9 月 16-17 日 (つくば)

②頸椎症筋委縮症の動的・静的予後不良因子. 第 51 回関東整形災害外科学会, 平成 23 年 9 月 16-17 日 (つくば)

H. 知的財産権の出願・登録状況  
(予定を含む。)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

## VIII. 外科的治療-頸椎

頚椎症性脊髄症に対する前方除圧固定術と後方椎弓形成術の比較

研究分担者 大川 淳 東京医科歯科大学医歯学総合研究科整形外科学分野教授

研究要旨 我々は、頚椎靭帯骨化症（OPLL）において骨化占拠率、脊髄の前方圧迫要素が大きい症例では、前方除圧固定術（ADF）が後方椎弓形成術（LAMP）よりも術後成績が良いことを、前向き比較試験にて明らかにし、本研究班にて報告した。加えて、頚椎症性脊髄症 CSM 患者に対する治療法として、ADF、LAMP を比較した前向き研究を行った。術後 5 年の中期臨床成績は ADF 群が LAMP 群より有利であった。LAMP における成績不良因子として術後の前方脊髄圧迫 ACS の残存の関与が考えられた。LAMP 術後に ACS を有する患者群（+群）と有しない患者群（-群）の比較研究では、ACS の残存は術後の神経機能改善に負の影響を及ぼすことが明らかとなった。これらの結果から術後に ACS の残存が予想される CSM 症例については、固定の追加や前方法の選択を考慮する必要があると考えられた。

A) 研究目的

我々は以前に、頚椎後靭帯骨化症（OPLL）に対する術式として前方除圧固定術（ADF）と椎弓形成術（LAMP）の前向き比較試験を行い、OPLL の骨化占拠率が大きい場合（ $\geq 50\%$ ）は、ADF が LAMP よりも神経障害の改善に優れることを、本研究班にて報告している。その理由として、骨化占拠率が大きい場合、すなわち前方脊髄圧迫要素が大きいと、LAMP による間接除圧では脊髄が後方に十分逃げきれず、術後に前方脊髄圧迫（ACS）が残存してしまう点があげられる。

頚椎症性脊髄症（CSM）に対しても ADF と LAMP は広く適用されているが、前方脊髄圧迫要素が強い症例や、アライメントが不良である症例においては、LAMP 術後に ACS が残存し、術後神経機能の回復が不良となる可能性が考えられる。これまでに CSM に対する ADF と LAMP の術後成績は、ほぼ同等であるという報告がなされているが、その研究は後ろ向き調査であり、前向き比較研究は行われてこなかった。

本研究では、1) CSM 患者に対し前向きに

二つの術式（ADF、LAMP）を割り付け、術後 5 年の臨床、画像成績を比較検討した。

2) CSM に対して当院にて LAMP が行われた症例において、術後の MRI で ACS を有する患者群（+群）と ACS を有しない患者群（-群）の間で、神経機能改善に差があるかについて後ろ向きに比較検討をおこなった。

B) 研究方法

**研究 1.** 対象は当院で 1996～2003 年に手術を要する CSM 患者 95 例で、偶数年を LAMP 群（50 例）、奇数年に ADF 群（45 例）と術式を割り付けた。臨床評価は JOA スコアを用いて行った。軸性疼痛の評価として visual analog scale（VAS）を用いた。画像評価には C2-7 前弯角、前後屈可動域（ROM）と術後 2 年の MRI にて ACS の残存を調査した。

**研究 2.** 1997～2005 年に当院で CSM に対し LAMP を施行した連続する 64 例を対象とした。平均年齢 62.9 歳、平均観察期間 79 か月であった。ACS+群 16 例、-群 48 例の術後神経学的評価として JOA スコアを用いた。

C) 研究結果

**研究 1.** 86 例（ADF39 例、LAMP47 例）が追