

後が劣っていた。Matsumotoらは胸椎 OPLLの術後成績は頸椎に比較して劣ると報告しており、³⁾以上のことから胸椎の骨化の治療には特段の注意を要すると考えられた。

引用文献

1) Ohtsuka K, Terayama K, Yanagihara M, et al: A radiological population study on the ossification of the posterior longitudinal ligament in the spine. Arch Orthop Trauma Surg 106: 89-93, 1987

2) 和田光司、寺山和雄、大塚訓喜、他: 頸椎後縦靭帯骨化症患者における全身靭帯骨化所見の X線学的検討. 臨整外 23: 489-494, 1988

3) Matsumoto M, Chiba K, Toyama Y, et al: Surgical results and related factors for ossification of posterior longitudinal ligament of the thoracic spine: a multi-institutional retrospective study. Spine. 33: 1034-1041, 2008

図表説明

図 1 51歳、女性。頸椎にはその他型の OPLL を認めるのみであるが、胸椎、腰椎に OPLL が広範に認められる。

図 2 胸椎手術例と頸椎および腰椎手術例における術後 ADL の比較。胸椎手術例の術後の ADL は頸椎、腰椎手術例に比較して劣っていた。

E. 結論

OPLL においては Multidetector CT にて全脊椎を精査することが必要であり、中でも胸椎の骨化の治療には特段の注意を要する。

F. 健康危険情報 特になし

G. 研究発表

1. 論文発表

1. Kawaguchi Y, Kanamori M, Ishihara H, Nakamura H, Sugimori K, Tsuji H, Kimura T: Progression of ossification of the posterior longitudinal ligament following cervical laminoplasty. J Bone Joint Surg 2001;83-A:1798-802.

2. Kawaguchi Y, Kanamori M, Ishihara H, Ohmori K, Nakamura H, Kimura T: Minimal 10-year followup after en block cervical laminoplasty. Clin Orthop 2003;411:129-39.

3. 川口善治, 金森昌彦, 石原裕和, 中村宏, 杉森一仁, 木村友厚: 頸椎 en bloc laminoplasty 術後の後縦靭帯骨化巣の推移と臨床症状との関連. 別冊整形外科 45:192-196, 2004.

4. Kawaguchi Y, Oya T, Abe Y, Kanamori M, Ishihara H, Yasuda T, Nogami S, Hori T, Kimura T. Spinal stenosis due to ossified lesions in the lumbar spine. J Neurosurg 2005;Spine 3:262-270.

5. Hori T, Kawaguchi Y, Kimura T. How does the ossification area of the posterior longitudinal ligament progress after cervical laminoplasty? Spine 2006;31:2807-12

6. Kawaguchi Y, Seki S, Hori T, Kimura T. Characteristics of ossified lesions in the upper cervical spine associated with ossification of the posterior longitudinal ligament of the lower cervical spine: J Bone Joint Surg Am 2008; 90:748-53.

7. 堀 岳史、川口善治、木村友厚: 頸椎後縦靭帯骨化症の骨化巣は頸椎椎弓形成術後にどのように伸展するか? 整形外科 59: 555-559、2008

2. 学会発表

1. 堀 岳史、川口善治、金森昌彦、石原裕和、安田剛敏、阿部由美子、木村友厚：頸椎椎弓形成術後に OPLL の骨化巣はどのように伸展するか？第 34 回日本脊椎脊髄病学会、平成 17 年 6 月、仙台。

2. Hori T, Kawaguchi Y, Kimura T: How does the ossification area of the posterior longitudinal ligament progress after cervical laminoplasty? 33th Cervical Spine Research Society, 2005, 11, San Diego. (2nd Clinical Award)

3. 堀 岳史、川口善治、金森昌彦、石原裕和、安田剛敏、阿部由美子、野上重治、木村友厚：頸椎椎弓形成術後に OPLL の骨化巣はどのように伸展するか？第 2 報。第 35 回日本脊椎脊髄病学会、平成 17 年 4 月、東京。

4. 川口善治、堀 岳史、金森昌彦、石原裕和、安田剛敏、阿部由美子、野上重治、関 庄二、木村友厚：頸椎後縦靭帯骨化症 (OPLL) に対する後方手術の選択根拠。第 35 回日本脊椎脊髄病学会、平成 17 年 4 月、東京。

5. Kawaguchi Y, et. al: Ossified lesions in the spinal canal at the upper cervical spine behind the dens. Spineweek, May, 2008, Geneva

6. 川口善治、他：三次元 CT を用いた頸椎後縦靭帯骨化症の骨化形態についての検討、脊髄脊椎病学会、5 月、東京

7. Kawaguchi Y, et. al: Characteristics of ossified lesions in the upper cervical spine associated with ossification of the posterior longitudinal ligament of the lower cervical spine. 日本整形外科学会総会、札幌

8. 川口善治、他：三次元 CT を用いた頸椎後縦靭帯骨化症の骨化形態についての検

討。第 111 回中部日本整形災害外科、10 月、金沢

9. 川口善治、他：脊椎靭帯骨化症患者における全脊椎骨化巣の評価と脊椎の骨化領域が手術成績に与える影響についての検討。第 112 回中部日本整形災害外科、4 月、京都

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

後縦靭帯骨化症の経年的三次元評価に関する研究

研究分担者 遠藤直人 新潟大学整形外科

研究要旨 後縦靭帯骨化症例に対して CT 撮影を行い、その DICOM データをコンピュータ上で三次元画像に再構成を行い解析した。一定期間において撮影した数回の骨化の画像を比較し、骨化巣が経年的にその長さや体積の増加の有無、形態が変化していることを確認することが可能であった。

A. 研究目的

頚椎後縦靭帯骨化症例において、経年的な骨化巣の増大や形態の変化を、コンピュータを使用して 3 次元的に調査を行う。

B. 研究方法

頚椎後縦靭帯骨化患者の CT 撮影を一定期間において経年的に撮影する。その DICOM データをコンピュータ解析し、骨化巣を三次元画像に構築して比較評価する。

（倫理面での配慮）

研究について説明し同意を得ている

C. 研究結果

骨化巣を椎体から切り離し三次元画像に構築可能であった。経年的に比較することで骨化巣の形態変化の変化や、その長さ・体積の増加の有無が数値化することが可能であり、さらに治療法別にも比較検討することが可能であった。

D. 考察

今までの骨化巣の評価については主に 2 次元の評価であった。この方法を用いることで、三次元的に骨化巣の変化を視覚的にも数値的にも評価が可能となる。また治療法別に検討することで、現在の治療法の再評価も可能となる。

E. 結論

頚椎後縦靭帯骨化の三次元評価を行った。

経年的に撮影した画像を比較して骨化巣の形態変化や増大の有無を解析することが可能だった。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

第 107 回東北整形災害外科学会

第 198 回新潟整形外科研究会

脊柱靭帯骨化症に関する調査研究 平成

21 年度第 3 回班会議

（発表誌名巻号・頁・発行年等も記入）

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

連続型頸椎後縦靱帯骨化症における椎間可動域計測

研究分担者 藤森 孝人 大阪大学整形外科
長本 行隆 大阪大学整形外科
岩崎 幹季 大阪大学整形外科
坂浦 博伸 大阪大学整形外科
吉川 秀樹 大阪大学整形外科

研究要旨 連続型頸椎 OPLL における各椎間可動域を 3 次元関節運動解析法 (Volume registration 法) にて計測した。「架橋型」の平均前後屈可動域は 0.7 度、回旋可動域は 0.3 度で、「非架橋型」の平均前後屈可動域は 8.3 度、回旋可動域は 4.8 度であった。2 群間で前後屈、回旋可動域ともに有意差を認めた。(p<0.01)
単純レントゲン像にて連続型頸椎 OPLL とされる骨化巣でも架橋されていない場合、可動域を有することがわかった。

A. 研究目的

頸椎後縦靱帯骨化症（以下頸椎 OPLL）における脊髄症状の発現や増悪には静的因子と動的因子の両方が関与している。静的因子としては骨化占拠率 60%以上では脊髄症が必発するとされているが、動的因子の詳細については未だ不明な点が多い。その一因として、従来の単純レントゲン画像による計測では頸椎 OPLL における微小な椎間可動域を評価できないことが挙げられる。そこで今回、我々は当教室にて開発した生体内 3 次元関節運動解析法 (Volume registration 法) を用いて、単純レントゲン側面像にて一見連続型と診断される頸椎 OPLL における微小椎間可動域を計測したため報告する。

B. 研究方法

単純レントゲン側面像にて連続型もしくは混合型と診断された頸椎 OPLL 患者 5 例

（男性 2 例、女性 3 例、平均年齢 67 歳）を対象とした。連続型の定義は津山の分類に従い、複数椎体に骨化巣が連続して存在するものとした。これらの症例に対し、CT 撮影に関するインフォームドコンセントを得たのち、CT (General Electric 社製 Light Speed VCT) を用いて中間位、最大前屈・後屈位、最大左・右回旋位の 5 ポジションの撮影を行った。撮影した画像を Volume registration 法にて解析し、C2/3 から C6/7 までの 5 椎間の椎間可動域を計測し、さらに 3 次元的な骨化巣の詳細な形態と椎間可動域の関係について調べた。

（倫理面での配慮）

本研究には大阪大学附属病院倫理委員会の承認を得て行った。CT 撮影では電流を減らし、被曝量を低減した。

C. 研究結果

単純レントゲン側面像にて連続型 OPLL を認める椎間は 20 椎間であった。その前後

屈可動域は平均 6.8 度で回旋可動域は 3.9 度であった。これらの 20 椎間にまたがる骨化巣は CT 矢状断再構築像等の詳細な観察にて以下の 2 群に分類できた。「架橋型」4 椎間：各椎体後面に付着する骨化巣が骨性に連続性を認める（真の連続型骨化巣）。「非架橋型」16 椎間：各椎体後面に付着する骨化巣が椎間を超えて互いに重なりあい、単純レントゲン像では連続型に分類されるが、実際には骨性の連続性がない（非連続型骨化巣）。「架橋型」の平均前後屈可動域は 0.7 度、回旋可動域は 0.3 度で、「非架橋型」の平均前後屈可動域は 8.3 度、回旋可動域は 4.8 度であった。2 群間で前後屈、回旋可動域ともに有意差を認めた。 $(p < 0.01)$ 「架橋型」の椎間は C5/6 が 3 例、C6/7 が 1 例といずれも下位頸椎に限局していた。「非架橋型」のうち、「架橋型」の隣接椎間にあたる 5 椎間での平均前後屈可動域は 10.5 度で、隣接椎間にあたらない 11 椎間の平均前後屈可動域は 7.8 度と有意差は認めなかったが「架橋型」の隣接椎間で可動域の増大傾向が認められた。

D. 考察

頸椎 OPLL における脊髄症発症機序にはまだ不明な点が多い。占拠率が比較的小さい骨化巣の場合、脊髄症の発症には動的因子が関わっていることが推測されるが、単純レントゲン像での可動域計測は 2 度が限度であり詳細な椎間可動域の計測は困難であった。そのため、これまでの評価は頸椎全体の可動域をもって動的因子の評価を行った報告が多かった。しかし今回我々は、本手法にて従来不可能であった回旋を含む微小な椎間可動域計測に成功した。本手法

は薄くスライスした CT や MRI 画像から開心領域（椎体、骨化巣）を抽出し、その構成要素である各 voxel の画素値の情報を利用して他のポジションに重ね合わせることで高精度の計測ができる優れた手法である。今回の検討により、従来の単純レントゲン像による分類における連続型には、骨性の連続性を認め、前後屈および回旋可動域が 1 度以下の骨化巣（架橋型）と、一見連続しているように見えるが、CT による 3 次元の検討では非連続性が認められ、前後屈および回旋可動域が大きい骨化巣（非架橋型）が存在することが明らかとなった。「架橋型」の椎間可動域は前後屈、回旋ともに 1 度以下で臨床的に有意な動的因子とは考えにくい、「非架橋型」の椎間可動域は前後屈、回旋ともに比較的大きく、動的因子として作用している可能性がある。今後さらに症例数を増やし、長期に経過観察することで骨化巣の増大と可動域との関係や脊髄症の発現・悪化との関係について詳細な検討を行う予定である。

E. 結論

単純レントゲン像にて連続型頸椎 OPLL とされる骨化巣でも架橋されていない場合、可動域を有する。

F. 健康危険情報

特になし。

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Nanno, K., Sugiyasu, K., Daimon, T., Yoshikawa, H., Myoui, A.: Synthetic alginate is a carrier of OP-1 for bone

- induction. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 467:3149-3155, 2009
- 2) Yoshikawa, H., Tsumaki, N., Myoui, A.: Bone biology: Development and regeneration mechanisms in physiological and pathological conditions. In. *Strategies in Regenerative Medicine*, Springer, New York, pp. 431-448, 2009
- 3) Yoshikawa, H., Yoshioka, K., Nakase, T., Itoh, K.: Stimulation of ectopic bone formation in response to BMP-2 by Rho kinase inhibitor: a pilot study. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 467:3087-3095, 2009
- 4) 細野昇、牧野孝洋、向井克容、坂浦博伸、三輪俊格、富士武史、吉川秀樹：頸髄症に対する徐圧 24 時間後の手指運動機能は神経学的改善度の予後因子となる、*臨床整形外科*, 44:43-48, 2009
- 5) 岩崎幹季、奥田真也、坂浦博伸ほか：頸椎 OPLL に対する前方アプローチの成績と問題点 *Clinical Calcium* 19:82-88, 2009.
- 6) 長本行隆、岩崎幹季、坂浦博伸ほか：圧迫性頸髄症に脊髄サルコイドーシスを合併した 1 例 *中部整災誌* 52: 1095-1096, 2009.
- 7) 坂浦 博伸、細野 昇、向井克容ほか：頸椎椎弓形成術において軸椎下深層伸筋温存は重要か？ *日本脊椎脊髄病学会雑誌* 20: 69, 2009.
- 8) 長本行隆、坂浦博伸、岩崎幹季ほか：生体内三次元計測による頸椎疾患の新たな動態評価法の構築 *日整会誌* 83: S1231, 2009.

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
該当なし
2. 実用新案登録
該当なし
3. その他
該当なし

圧迫性頸髄症に対する 3D-MRI, ¹⁸FDG-PET fusion imaging を用いた
頸髄グルコース代謝量の検討

研究分担者 中嶋 秀明 福井大学医学部器官制御医学講座整形外科学領域
内田 研造 福井大学医学部器官制御医学講座整形外科学領域
平井 貴之 福井大学医学部器官制御医学講座整形外科学領域
Chen Keping 福井大学医学部器官制御医学講座整形外科学領域
Alexander Guerrero 福井大学医学部器官制御医学講座整形外科学領域
彌山 峰史 福井大学医学部器官制御医学講座整形外科学領域
馬場 久敏 福井大学医学部器官制御医学講座整形外科学領域

研究要旨

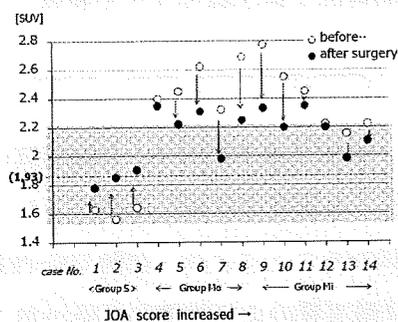
頸髄 ¹⁸FDG-PET により求めた頸髄グルコース代謝量は、術前予後予測因子、脊髄実質の可塑性を反映するものとして大変有用であると考えられる。本研究では新たな技術として、3T MRI を用い、頸髄 ¹⁸FDG-PET 画像と MRI 画像の融合を試みることで、頸髄 FDG-PET 画像における正確な頸髄高位決定や、責任高位の予測や脊髄実質のより詳細な評価がおこなえる可能性について検討を行った。正確な fusion imaging を得ることが可能であり、PET 画像の高位決定が可能であった。髄内輝度変化については、SUV 値は必ずしも一定の傾向は示していなかった。今後この技術を用いることで、髄内輝度変化の評価や分類など、脊髄実質のより詳細な評価を行うことが出来る可能性が期待され得る。

A, 研究目的

我々は以前より脊髄の機能診断に対し、Flouro-deoxy glucose (FDG)-Positron emission tomography (PET) の応用を考慮してきた^{1),2)}。近年の高分解能を有する PET camera により、脊髄は咽頭喉頭部の線状陰影として visualize される。FDG-PET 画像上で横径 5 mm の関心領域 (ROI: range of interst) を設定し、最大 count 数をもつ

て各々の関心領域における metabolic tissue activity とした。頸髄循環 glucose 代謝量の簡易指標として、SUV [standerized uptake value = ROI (KBq. cc)/Injected Dose (MBq) x Body Weight (Kg) × 60 (kg/W)] を計算し、平均値として表示した。これにより、神経組織のグルコース代謝量、活性を定性 (可視化)、定量化することが可能であり、脊髄実質の

組織代謝の側面から、頸髄グルコース代謝量を計測し、その臨床意義について報告してきた。正常人 21 例の検討では、SUV 術前の頸髄グルコース代謝量は 1.93 であった³⁾が、圧迫性頸髄症においては、正常群に比べ様々なグルコース値を示した^{1),2)}。手術症例の検討では、SUV はその脊髄症状の重篤度(術前 JOA スコア)、臨床症状改善率に相関があった。また興味深いことに術後の頸髄グルコース代謝量は正常化していた(図 1)⁴⁾。



(図 1) OPLL 14 手術症例の術前術後の SUV 値の変化 (左から JOA 順に羅列)

このように、頸髄 ¹⁸F-DG-PET により求めた頸髄グルコース代謝量は、術前予後予測因子、脊髄実質の可塑性を反映するものとして大変有用であると考えられる。

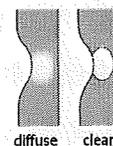
しかしながら、PET 画像のみの評価では頸髄の正確な高位決定までは困難であると考えられる。本研究では新たな技術として、3T MRI を用い、頸髄 ¹⁸F-DG-PET 画像と MRI 画像の融合を試みることにより、頸髄 ¹⁸F-DG-PET 画像における正確な頸髄高位決定や、責任高位の予測や脊髄実質のより詳細な評価がおこなえる可能性について検討を

行った。

B, 研究方法

対象は、myelopathy 症状を伴い手術加療を行った圧迫性頸髄症(頸椎後縦靭帯骨化症および頸椎症性脊髄症)手術症例のうち、本研究の同意を得た 11 例(男性 7 例、女性 4 例、平均年齢 67 歳)とした。髄内輝度変化を認める症例が 9 例あり、MRI 所見から輝度変化を clear type と diffuse type に分類して検討した(図 2)。術前に頸髄 ¹⁸F-DG-PET および 3T MRI 撮影を施行した。

	Age	disease	pre JOA	signal change on MRI
F	54	CSM	12	clear
M	77	CSM	13	diffuse
M	51	SCI	2	clear
F	59	CSM	13	diffuse
M	68	OPLL	10	diffuse
M	57	CSM	11	clear
F	87	OPLL	9	diffuse
M	75	CSM	11	clear
F	56	CSM	13	-
M	73	CSM	13	-
M	80	CSM	13	diffuse



(図 2) 対象患者

(i) PET

頸髄のグルコース摂取率の測定は吸収補正のために、Ga(ガリウム)-68 線源を用いた transmission scan を施行後、日本鋼管(NKK)製 12MeV 超小型サイクロトロンと自動合成装置を用いて作成した放射性グルコース (¹⁸F-FDG) を、10mCi (370MBq) 被検者に投与、投与後 0-60min までの ¹⁸F の放射濃度を、GE Advance PET scanner (空間分解能は 4.25 mm、断面内分解能、軸方向分解能は共に 4.2mm) で撮像した。Hanning filter をもちいて、放射線画像を作成後、

体重、投与量でグルコースの標準摂取量を補正、画像再構築を行った。

(ii) MRI

MRI 装置は、高分解能での撮像が可能な 3T (Signa HDx, GE) を使用した。この画像を用い、任意方向のスライス厚 0.4-0.8mm の画像が得られる 3D MRI 画像を作成した。

(iii) 融合(fusion)画像作成

融合画像作成ソフトウェアは、AJS 社製 Dr View/LINUX を使用した。得られた ^{18}F FDG-PET 画像と同スライスでの 3D MRI スライス画像をソフトウェア上で作成した。位置合わせは小脳扁桃、頸髄、咽頭などをランドマークとし、Dr View 上で PET 画像と MRI 画像を融合させた。

C, 結果

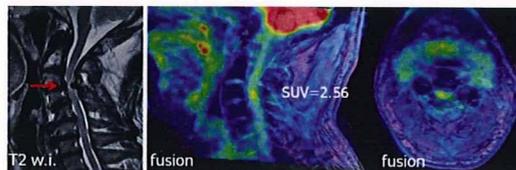
代表症例を提示する。

(症例 1)

57 歳男性、頸椎症性脊髓症、JOA score 11/17。MRI T2 強調画像上 C3-4 高位での高度な圧迫、髄内輝度変化を呈している。

かなり高度な圧迫で、MRI mid sagittal 像では、残余脊髓の描出も困難な症例であるが、fusion 画像において C3-4 高位の髄内輝度変化部位とその周辺領域に、SUV 2.56 の高信号領域を認めた。

57 yrs, male: CSM
JOA 11/17

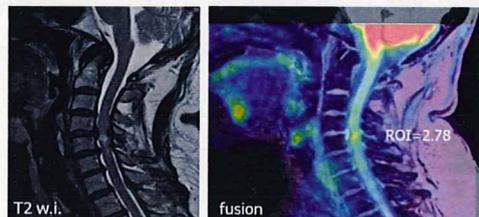


高度な脊髄圧迫症例でも、FDG-PET画像でのSUVの変化を捉えることが可能 MRIでの輝度変化部位とその周囲でSUVの上昇がみられた

(症例 2)

54 歳女性、頸椎症性脊髓症、JOA score 12/17。MRI T2 強調画像上、C4-5 高位に clear type の髄内輝度変化を認めた。fusion 画像では、髄内輝度変化部位と一致した SUV 2.78 の高信号領域を認めた。

54 yrs, female: CSM
JOA 12/17

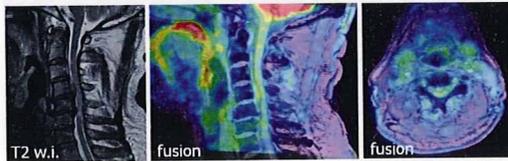


MRI T2 w.i.にてclear signal change (+) signal changeに一致したSUVの上昇がみられた

(症例 3)

68 歳男性、頸椎後縦靭帯骨化症、JOA score 10/17。MRI T2 強調画像上、C4-6 に連続型 OPLL を認め、C4 から C5-6 高位に線上および円形の髄内輝度変化を認めた (A)。本症例では、髄内輝度変化と一致した SUV の亢進はみられなかった。

68 yrs, male; OPLL
JOA 10/17



MRI T2 w.i.にてdiffuse signal change (+)
signal changeに一致したSUVの上昇はみられない

D. 考察

脊髄グルコース代謝量は、神経細胞や組織の活動性や血流、脊髄のメカニカルな圧迫程度などにより影響を受けると報告されており、神経組織の可塑性を示すものと考えられる¹⁻⁴⁾。

PET/MRI 融合画像を作成するにあたっては、当初はMRI T2 強調画像や diffusion 画像の使用を試みたが、これらの画像はスライス厚が大きく (約 4.5mm 厚)、FDG-PET 画像との正確な fusion 画像が得られにくいことが preliminary な研究によって判明した。そこで、高分解能での撮像が可能な 3T MRI から作成した 3D MRI 画像 (いずれの方向にも 0.4-0.8mm 厚での画像が得られる) を用いることとなった。3D MRI 画像は、脊髄の状態を評価する点においては、T1, T2 強調画像には劣るが、この画像を用いることで正確な fusion 画像を得ることが可能であった。

頸髄 FDG-PET の有用性はこれまで報告してきたが、FDG-PET 画像のみでは正確な高位決定ができなかったために、頸髄グルコース代謝量変化と頸髄圧迫高位との関係、髄内輝度変化との関係、責任病巣決定の可

能性などについては詳細な検討は行えなかった。今回 fusion 画像を得ることで、頸髄 FDG-PET の詳細な高位決定が可能であること、脊髄圧迫や脊柱管狭窄が強い症例でも正確な評価が可能であることがわかった。髄内輝度変化についての臨床的意義については様々の論議が存在するが、除圧後の治療成績に影響をあたえる一因子であると考えられている。しかしながら、今回の検討では、髄内輝度変化部位に一致した頸髄グルコース代謝量は、特に diffuse type では必ずしも一定の傾向は示しておらず、これは PET 画像が脊髄実質変化の違いを示している可能性が考えられた。

E. 結論

高分解能 PET 画像のより詳細な検討のために、3T MRI で作成した 3D MRI 画像との融合画像を作成した。今後この技術を用いることで、術前の責任高位診断、術後改善予測、SUV 値から捉えた髄内輝度変化の評価や分類など、脊髄実質のより詳細な評価を行うことが出来る可能性が期待され得る。

論文発表、参考文献

- 1) Baba H, Uchida K, Sadato N et al. Positron usefulness of 18F-2-fluorodeoxy D-glucose-positron emission tomography in cervical compression myelopathy. Spine 24: 1449-1454, 1999
- 2) Uchida K, Kobayashi S, Yayama T et al. Metabolic neuroimaging of the

cervical spinal cord in patients with compression myelopathy: a high-resolution positron emission tomography study. J Neurosurg (Spine)1: 72-79, 2004.

- 3) Kamoto Y, Sadato N, Yonekura Y, et al. Visualization of the cervical spinal cord with FDG and high-resolution PET. J Comput Assist Tomogr 22:487-91, 1998

- 4) Uchida K, Nakajima H, Yayama T, et al. High-resolution magnetic resonance imaging and 18FDG-PET findings of the cervical spinal cord before and after decompressive surgery in patients with compressive myelopathy. Spine 34:1185-91, 2009

VIII. 分担研究-コンピューターシミュレーション

胸椎 OPLL に対する後弯矯正を加えた後方除圧固定術が脊髄に及ぼす影響
—有限要素モデルによる検討—

研究分担者 川原 範夫 金沢大学整形外科

研究要旨 我々は胸椎 OPLL に対して 2 つのステップに分けた脊髄全周除圧術をおこない、良好な成績を得ている。第 1 ステップでは後方除圧と後弯矯正を加えた dekyphosis stabilization を行っているが、本研究ではこの第 1 ステップを有限要素モデルで再現し、OPLL により脊髄に生じる応力の変化を検討した。後方除圧手術を行うと脊髄に生じる応力は約 50% 減少した。さらに後方除圧手術後に後弯矯正を行うと応力は矯正前と比べて約 36% 減少した。本研究により脊髄全周除圧術における後方除圧、後弯矯正が脊髄の除圧に有用であることが生体力学的にも証明された。

A. 目的

胸椎後縦靭帯骨化症（OPLL）に対して、われわれは後方と前方からの二期的な脊髄全周除圧術を行い、脊髄の安全な除圧を図ってきた。最近ではさらに、胸椎の後弯を軽減し固定する方法（dekyphosis stabilization）を取り入れて脊髄全周除圧を行い良好な成績を得ている。そこで今回は胸椎 OPLL の有限要素モデルを作成し、後方除圧および後弯矯正を再現し、その際の脊髄に生じる応力変化を生体力学的に検討した。

B. 対象と方法

胸椎 OPLL のモデルはトヨタテクニカルデベロップメントの人体有限要素モデルである THUMS[®]（Total Human Model for Safety）をもとに作成した。THUMS[®]から頭部、脊柱部（頸椎～腰椎）、肋骨部までをとりだし、脊髄、OPLL、OYL を新たに追加した。OPLL は Th8/9 レベルで骨化した場合

を想定した。モデルは後方除圧手術前モデルと後方除圧手術後モデルを作成し OPLL により脊髄に生じる応力を解析した。また後方除圧手術後モデルを約 7 度まで後弯矯正しその際の脊髄に生じる応力の変化を解析した。

C. 結果

後方除圧手術後モデルでの脊髄に生じる応力は手術前モデルでの応力に比べて約 50% 減少していた。

後弯矯正を加えていない後方除圧手術後モデルと後弯矯正を加えたモデルを比較すると、その角度が大きくなるにつれて脊髄に生じる応力は減少した。5.7 度後弯矯正を行ったとき応力はもっとも減少し矯正前と比べて約 36% 減少した。

D. 考察

脊椎脊髄の解剖は複雑であり、特に脊髄

の支持にかかわる要素は複雑なため、今回は比較的単純化したモデルで解析を行った。そのため応力の絶対値そのものは評価ができないがその変化量には意味があると考ええる。後方除圧手術後モデルでは手術前モデルと比較して脊髄に生じる応力が減少したが、これは椎弓が切除されて脊髄が前後から挟まれることがなく、脊髄の変形量が減少したためである。また後弯矯正を行うことにより脊髄に生じる応力は減少したが、これは後弯矯正により脊髄が後方にシフトし間接的に除圧を受けたためと考える。本モデルでは臨床での後方除圧、後弯矯正が再現されており、その効果が立証されたと考える。

E. 結論

THUMS[®]を使用した胸椎 OPLL 有限要素モデルの解析により、胸椎 OPLL に対する後方除圧および後弯矯正が脊髄の除圧に有用であることが証明された。

F. 研究発表

1.学会発表

Tadaki Okayama, Hiroshi Mizuo, Jiro Sakamoto, Hideki Murakami, Norio Kawahara, Katsuro Tomita. A biomechanical study on circumspinal decompression with dekyphosis stabilization for thoracic myelopathy due to ossification of the posterior longitudinal ligament. Third Switzerland-Japan Workshop on Biomechanics 2009

圧迫の速度が脊髄障害に及ぼす影響に関する研究

研究分担者 加藤 圭彦 山口大学整形外科
田口 敏彦 山口大学整形外科

研究要旨 三次元有限要素法を用いて、脊髄に加わる圧迫の速度が脊髄内の応力分布に及ぼす影響を検討した。圧迫速度の上昇とともに、脊髄内の応力分布は上昇した。このことから、脊髄に加わる圧迫の程度だけでなく、圧迫の速度が脊髄障害の発生に関与しているものと考えた。

A. 研究目的

頸椎後縦靭帯骨化症においては、脊髄に対して高度の圧迫が加わったと考えにくい場合にも、脊髄症を発症あるいは脊髄損傷を生じる場合がある。このことから、脊髄障害の発生には圧迫の程度とともに圧迫の加わる速度が関与していることが推察される。本研究の目的は、外的因子の脊髄に対する圧迫の速度が脊髄障害に及ぼす影響を明らかにすることである。

B. 研究方法

脊髄横断面を二次元平面上でメッシュ分割し、各節点の座標をコンピュータ入力し、二次元モデルを作成した。二次元モデルを6層重ね合わせることで三次元モデルを作成した。構成要素は、灰白質、白質、軟膜とし、力学特性は牛脊髄引張り試験から得られた値を使用した。総節点数は3643、総要素数は780であった。解析プログラムは、本解析用に開発した非線形弾性三次元要素法プログラムを使用した。背傷を背側から拘束し、前方から椎体を想定した平板上因子にて脊髄前後径の20%の圧迫を加えた。圧迫速度は、0.2mm/sec、2mm/sec、20mm/secとした。

（倫理面での配慮）

本研究はコンピュータ・シミュレーションであり、特に倫理面での配慮は必要ないものと考えられる。

C. 研究結果

0.2mm/secの低速度の圧迫により、脊髄内の応力は軽度上昇した。2mm/secの中速度では更に応力は上昇し、20mm/secの高速度ではさらに応力の上昇が認められた。

D. 考察

頸椎後縦靭帯骨化症では、軽微な外力を契機として脊髄症を発症することが知られている。本研究では、脊髄の圧迫の程度を一定にして圧迫の加わる速度を上昇させると、脊髄内の応力が上昇することが確認された。したがって、たとえ軽微な外傷で脊髄に対する圧迫が軽度であったとしても、圧迫の加わる速度が速ければ脊髄障害を生じうるものと考えられた。

E. 結論

三次元有限要素法を用いて、脊髄に異なる速度の圧迫を加え、脊髄内の応力を求めた。圧迫の速度の上昇とともに脊髄内の応力は上昇した。軽微な外傷であっても、脊髄に加わる圧迫の速度が速ければ、脊髄障害を生じうるものと考えた。

F. 健康危険情報
なし

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

圧迫の速度が脊髄障害に及ぼす影響：有限要素法を用いた力学的解析. 加藤圭彦、今城靖明、田口敏彦. 第36回日本臨床バイオメカニクス学会 2009年10月

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

IX. 分担研究-手術成績他-

頸椎後縦靱帯骨化症に対する頸椎椎弓形成術の臨床成績に関する研究

研究分担者 吉田 宗人 和歌山県立医科大学整形外科

研究要旨 頸椎後靱帯骨化症に対する正中縦割頸椎椎弓形成術の臨床成績について検討した。骨化形態、最大骨化占拠率、頸椎アライメントと改善率の間の相関は認めなかった。術前後弯を呈し骨化占拠率の高い症例は改善率不良であった。前弯が保たれていても最大骨化部において局所後弯を呈する症例では成績不良であった。占拠率が高く後弯症例においては後方手術の限界である可能性がある。

A. 研究目的

頸椎後縦靱帯骨化症の手術的治療において当科では頸椎椎弓形成術を選択することが多いが、脊髄症状の悪化や骨化病巣の形態・大きさにより単独では対応できない事例が報告されている。当科で行った症例についての報告と悪化因子について検討を行った。

B. 研究方法

2003年から2008年にて頸椎OPLLに対して正中縦割頸椎椎弓形成術を行った18例を後ろ向きに検討した。骨化形態、骨化高位、最大骨化部位における占拠率、前弯角（C2-7角）、最大骨化部における局所前弯角、JOAスコアとその改善率について検討した。

C. 研究結果

最大骨化巣の厚みは3.8～9.0mm、平均6.9mmであり、占拠率の平均は50%であった。骨化巣はC4、C5に最も多く存在し、最大占拠部位はC4/5～C5/6の間に集中していた。骨化形態によるJOAスコアの改善率は有意な差を認めず、骨化最大占拠率とJOA改善率の間にも有意な相関関係を認めなかった。頸椎アライメント別のJOA改善率は平均の

差を認めたが統計学上有意な差を認めなかった。術前後ともに後弯の症例で占拠率の高い症例では改善率は不良であった。前弯型でも成績不良例があったため最大骨化部位における局所後弯角を計測して検討したところ、局所後弯で占拠率が高い症例は改善率が悪く、局所後弯でも占拠率の低い症例は成績良好であった。全体のアライメントが前弯を保っていても、局所後弯の存在する症例は改善率不良であった。

D. 考察

以前当科で経験した成績不良因子の検討では、60%以下の脊髄復元率、頸椎アライメントでは前弯型で骨化巣8mm以上、直線型で6mm以上、後弯型はすべて成績不良因子であると報告した。今回においても矢状面アライメントが術後後弯で、骨化占拠率の高い症例は術後の臨床成績に影響があった。術後前弯が保たれていても局所後弯がある症例では成績不良なものがあった。

E. 結論

占拠率が大きくアライメントが後弯の症例は後方手術の限界である可能性がある。

F. 健康危険情報
特になし

G. 研究発表

1. 論文発表

木岡雅彦, 南出晃人, 中川幸洋. 当科における頰椎後縦靭帯骨化症に対する頰椎椎弓形成術の臨床成績. 中部整災誌 2009;52:903-904.

2. 学会発表

木岡雅彦, 南出晃人, 中川幸洋. 当科における頰椎後縦靭帯骨化症に対する頰椎椎弓形成術の臨床成績. 第 112 回中部整災会学術集会 2009. 4. 9. 京都市

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

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

本研究においてはなし

頸椎後縦靭帯骨化症に対する前方除圧固定術の中長期成績

— 選択的骨化巣切除例の経過 —

研究分担者	谷口 慎一郎	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
	武政 龍一	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
	永野 靖典	高知大学医学部整形外科
	喜安 克仁	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

頸椎後縦靭帯骨化症に対して前方除圧固定術を施行し5年以上経過観察し得た26症例の術後成績を調査し、特に選択的に骨化巣を切除し前方固定術を行った症例の経過と問題点を検討した。26例中20例で選択的骨化巣切除が行われていた。平均9年3ヶ月の後ろ向き調査から、骨化巣の全切除群 vs 選択的切除群、あるいは、遺残骨化巣の肥厚伸展群 vs 不変群で各2群間で術後成績に差がなかったが、一部の症例で除圧部骨化巣の再肥厚や遺残骨化巣の肥厚による頸髄症の再発を認めたことは留意すべきである。

A. 研究目的

頸椎後縦靭帯骨化症に対する前方除圧固定術は脊柱管内前方から脊髄組織を圧迫する後縦靭帯骨化巣を前方より切除し圧迫因子を直接除去する術式である。本法は骨化巣の形態や占拠率にかかわらず除圧が達成でき脊髄症の改善に優れているが、一方で、骨化巣が多椎間に及び固定範囲が多椎間に及ぶほど移植骨の脱転や移動などの合併症が多いことが問題となってきた。

我々は頸椎 OPLL の骨化巣切除は2椎体の垂全摘までにとどめ脊髄圧迫程度が強く脊髄症の原因となっている骨化巣を選択的に切除し腸骨を用いた前方固定術を行ってきたが、残された OPLL が脊髄症再悪化の原因となることが危惧される。本研究の目的

は、頸椎後縦靭帯骨化症に対する前方除圧固定術を行った症例の中長期成績を調査し、特に選択的に骨化巣を切除し前方固定術を行った症例の経過と問題点を検討することである。

B. 研究方法

対象は1991年以降頸椎 OPLL に対して前方除圧固定術を施行し5年以上経過観察し得た26症例である。手術時年齢は平均60.2歳（41～77歳）、術後経過観察期間は平均9年3ヶ月（最長17年）であった。骨化巣除圧範囲は、臨床所見とMRI検査など術前の画像診断より決定し、連続3椎体以上の垂全摘を避けて脊髄圧迫程度が強く脊髄症の原因となっている骨化巣を