

頤椎椎弓形成術後の外固定について

吉田佑一郎¹⁾, 田口敏彦¹⁾, 加藤圭彦¹⁾, 片岡秀雄¹⁾, 今釜 崇¹⁾, 屋良貴宏¹⁾

従来当科では、頤椎後方手術後に長期間の外固定を行っていたが、2003年以降外固定の方法を簡略化し、期間も短縮した。本研究では、それに伴う弊害や、頤椎可動域・アライメント、術後の軸性疼痛に及ぼす影響について調査したので報告する。

対象および方法

2000年以降当科にて、C3-7の山口大式頤椎椎弓形成術（服部法）を行い、術後1年以上経過した圧迫性頤髄症患者35名を対象とした。そのうち、2003年以前の症例で、術後フィラデルフィアカラー装着を8週行った18名を8W群、2003年以降の症例で、術後ソフトカラー装着を2週行った17名を2W群とし、比較検討した。

8W群は、男性14名・女性4名で、手術時平均年齢60.9歳。原疾患は、頤椎症性脊髄症（以下CSM）12名、後縦靭帯骨化症（以下OPLL）6名で、平均経過観察期間は58.9ヵ月であった。2W群は、男性13名・女性4名で、手術時平均年齢61.6歳。原疾患は、CSM 12名、OPLL 5名で、平均経過観察期間は22.6ヵ月であった。

これら2群について、以下の項目について比較検討した。統計学的検討にはMann-Whitney U検定を用い、危険率5%で検定した。

1. 日本整形外科学会頤髄症治療成績判定基準（以下JOAスコア）の推移、改善率（平林法）により臨床評価した。
2. 軸性疼痛の強度について、細野の評価法¹⁾を用い、強（0点）：定期的に消炎鎮痛薬または局注を要する。中（1点）：定期的に湿布または理学療法を要する。軽（2点）：特に治療を要しない。無（3点）：なし に分けた。また、頤部にかかわる日常生活動作として、振り向く・上を向く・下を向く・頭上作業について、それぞれ非常に

困難（0点）・やや困難（1点）・容易（2点）にできるかを問診した。以上を、腰椎疾患JOAスコアに準じて、（ ）に記載したように、疼痛を3点満点・動作を8点満点の計11点満点で点数化し、指標とした。

3. X線機能写側面像にて、C2椎体およびC7椎体のなす角度を計測し、可動域を計測した。中間位でなす角度を前弯度とし、また石原法により弯曲指数を計測し、アライメントの指標とした。
4. 術後CT撮影が可能であった30名（各群15名）について、形成椎弓（蝶番側）の骨癒合を評価した。
5. 術前後でMRI撮影が可能であった28名（各群14名）で、T1強調画像矢状断像で、後方深層筋群の断面積をSCION imageにて測定し、術後の萎縮率を算出した。尚、計測はC4/5・C5/6椎間板レベルで行い、その平均値を用いた（図1）。

結 果

1. JOAスコアは、8W群で術前平均9.7点から術後平均12.9点へ、2W群では術前平均11.0点から13.9点へと改善した。改善率はそれぞれ47.9%と46.5%で、両群間に有意差はなかった。



図1 MRIによる後方深層筋群断面積の測定

The meaning of cervical collar after cervical laminoplasty : Yuichiro YOSHIDA et al. (Department of Orthopaedic Surgery, Faculty of Medicine, Yamaguchi University)

1) 山口大学大学院医学系研究科人体機能統御学

Key words : Cervical laminoplasty, Cervical collar, Axial pain

表1 結果のまとめ

	8W群	2W群	p値
JOAスコア-改善率 (%)	47.9±26.8	46.5±23.0	p>0.05
軸性疼痛スコア- (11点満点)	7.6±2.2	9.2±1.7	p=0.045
可動域残存率 (%)	64.0±20.5	82.5±18.1	p=0.011
形成椎弓骨癒合率 (%)	94.6±12.3	96.2±9.15	p>0.05
筋断面積減少率 (%)	16.8±7.7	11.9±9.5	P>0.05

- 軸性疼痛の強度は、8W群で、強：3例 (16.7%) 中：4例 (22.2%) 軽：4例 (22.2%) 無：7例 (38.9%) であったのに対し、2W群では、強：1例 (5.9%) 中：1例 (5.9%) 軽：4例 (29.4%) 無：11例 (58.8%) と改善していた。スコアも8W群平均7.6点に対して、2W群平均9.2点と有意に高値であった (P=0.045)。
- 頰椎可動域は、8W群で、術前平均41.1°が術後平均26.3° (残存率平均64.0%)、2W群で、術前平均42.2°が術後平均34.2° (残存率平均82.5%) と2W群で有意に可動域が温存されていた (p=0.011)。
特に、前屈残存率では8W群71.8%、2W群84.0%と有意差を認めなかったのに対し、後屈残存率では、8W群50.9%、2W群78.7%と2W群で有意に後屈可動域が温存されていた (p=0.006)。
頰椎前弯度は、8W群で、術前平均15.6°が術後平均14.6°へ、2W群で術前平均9.4°が術後平均6.7°と、両群とも僅かに減少していた。
弯曲指数も、8W群で、術前平均12.5が術後平均10.7へ、2W群で術前平均6.0が術後平均3.8と、僅かに減少していた。
- 形成椎弓の骨癒合は、8W群で94.6%、2W群で96.2%と、両群で高率に骨癒合が得られており、有意差はなかった。
- 後方深層筋群の断面積は、8W群で術前平均22.2cm²が術後平均18.5cm²、2W群で術前平均

21.9cm²が術後平均20.0cm²と減少していた。減少率は、8W群平均16.8%、2W群平均11.9%と、8W群で、より減少している傾向はあったが、有意差はなかった。

考 察

頰椎後方法術後の外固定は、慣習的に行われてきたが、近年、術後のカラー装着は不要もしくは短期間の装着でよいとする報告が散見される。また、後方法術後に問題となる軸性疼痛についても、装着期間が短期間であるほうが、軽減される傾向にあるようである²⁾³⁾。

当科でも、従来はフィラデルフィアカラーを8週装着していたが、ソフトカラー2週間装着に変更した。しかしながらJOAスコアの改善率・形成椎弓の骨癒合には影響なく、むしろ可動域の改善・軸性疼痛の軽減を得ていた (表1)。これは、幾多の報告の如く、外固定期間の短縮により、後方筋群の萎縮や椎間関節の拘縮を軽減させたためと考える。

カラー装着は、術後の局所の安静を目的とするものであり、疼痛が軽減すれば、可及的早期に除去したほうが良いと考える。

ま と め

- 頰椎椎弓形成術後の外固定を、簡略化し、装着期間も短縮した。
- JOAスコア改善率・形成椎弓の骨癒合は、変更前と同等であった。
- 頰椎可動域 (特に後屈可動域) がより温存され、軸性疼痛も軽減していた。

文 献

- 細野 昇. 頰椎後方手術後の axial pain の成因. 日脊会誌 2006; 17: 762-769.
- 長谷川匡一, 藤谷正紀, 小熊忠教, 他. 頰部脊髄症に対する椎弓形成術 術後可動域制限と軸性疼痛の軽減の試み. 整災外 2003; 46: 503-508.
- 江幡重人, 佐藤浩一, 吉田裕俊, 他. 頰椎椎弓形成術 (桐田一宮崎法) の後療法が術後アライメントや頰部愁訴に及ぼす影響について. 骨・関節・靭帯 2003; 16: 595-602.

骨髄間質細胞の脊髄実質内移植による ラット脊髄損傷後の運動機能回復

片岡 秀雄¹⁾, 加藤 圭彦¹⁾, 鈴木 秀典¹⁾, 吉田佑一郎¹⁾, 田口 敏彦¹⁾

近年、脊髄損傷後に様々な細胞移植を行うことにより運動機能回復が得られる報告が続いている^{1)~3)}。本邦で脊髄損傷に対する同種移植としての細胞移植療法は行政による許可が未だおいていない。我々は骨髄間質細胞を脊髄損傷後に自家移植として移植することを想定してラットを用いて実験を行い、その有用性について調べた。

対象および方法

麻酔後、生後11週のWistarラット(オス)のTh11椎弓下に2Fフォガティーカーテールを挿入した。Yamamotoらの方法⁴⁾を応用し、バルーンに生食40 μ lを注入し、10秒間維持して脊髄損傷を作成した。ドナーのBMSCはレシピエントの細胞と識別するため、生後12週のGFP (Green Fluorescent Protein) Wistarラットの大腿骨から採取を行った。移植に用いるBMSCは10%FBS (Fetal Blood Serum) を含むDMEM (Dulbecco's modified Eagle's medium) 中に15万個/ μ lとした。脊髄損傷後の7日目に麻酔下にTh11椎弓切除を行い、glass capillaryを用いてBMSC 75万個を脊髄実質内に移植した。Capillaryの脊髄実質内への刺入点は切除前のTh11椎弓の左右と頭尾側の中心位置を基準点とし、刺入する深さは硬膜表面から0.9mmとした。

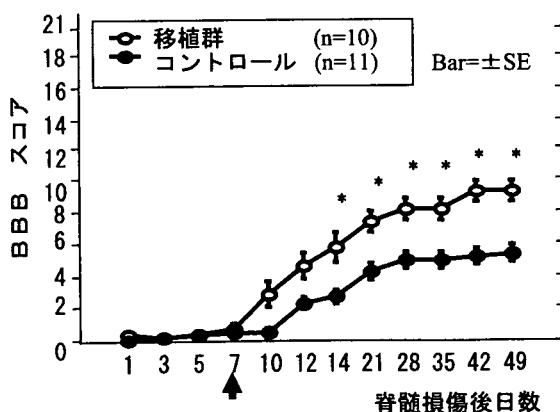
コントロール群のラットに対してはBMSCを含まないDMEMを同様の手技で脊髄内に注入した。移植後最大6週間の経過観察を行い、BBB scoreを用いて運動機能を評価した。統計学的にはMann-WhitneyのU検定を用いて危険率を1%未満と定めた。組織検査にはHE染色を用いた。

結 果

脊髄損傷後のBBB scoreは移植群の方が、全観察期間においてコントロール群に比べて高く、移植後7日目(脊髄損傷後14日目)以降で有意の差を示した。移植後6週でコントロール群(n=11)はBBB scoreが平均5.1であったのに対して、移植群(n=10)は平均9.4であった。

組織検査では移植後14日後にBMSCの生着が脊髄白質内に見られ、それらの一部は頭尾側方向に直線状に並んで存在していた。移植後5~7週ではGFPがdebrisの形で僅かに見られたが、完全な形でのBMSCは存在していなかった。

移植群のHE染色による脊髄白質の組織形態は特に歩行可能であったラットにおいてコントロール群に比べて保たれていた。



BMSC移植または培養液のみの注入
図1 脊髄損傷後のBBB score

Functional recovery of adult rats after spinal cord injury with bone marrow stromal cell transplantation into spinal cord parenchyma : Hideo KATAOKA et al. (Department of Orthopaedic Surgery, Yamaguchi University Graduate School of Medicine)

1) 山口大学大学院医学系研究科整形外科

Key words : Spinal cord injury, Transplantation, Bone marrow stromal cell

考 察

ラット胸髄レベルの脊髄損傷モデルにおける BMSC の移植後の運動機能回復が我々の報告も含め発表されている^{1)~3)}。諸家の報告によると BMSC の移植時期は、脊髄損傷直後から損傷後7日目までと違いがある⁴⁾⁵⁾。

臨床応用を考えた場合、脊髄損傷受傷後に患者から BMSC を採取できた場合、移植までに培養、増殖に7~14日間要する。前述の如く、本邦では脊髄損傷に対する同種移植としての細胞移植療法は行政による許可が未だおいていない。我々の行った今回の実験は、ラット間での同種移植であるが、臨床の場合における自家移植を想定して脊髄損傷後7日目の移植とした。

BMSC の移植法は脊髄実質内⁴⁾と脳細胞液の中⁵⁾の報告がある。我々は脊髄実質内への移植が効果が高いと考え、脊髄実質内への細胞移植を行った。

In vitro の環境において BMSC が neuronal, glial phenotype へ分化誘導されることが多く報告されている⁴⁾⁶⁾。我々の実験においては移植後5~7週で完全な形で生着した GFP 陽性の BMSC は見られなかった。移植群に見られた運動機能回復は、移植した BMSC が in vivo で neuron や glia 細胞に分化した可能性はあるが、その可能性は極めて低いと考えられる。

BMSC は BDNF, VEGF, NGF など神経栄養因子を持つことが報告されている⁷⁾。また神経保護作用を持ち、脊髄損傷時に脊髄白質を保護するとされている⁷⁾。これらの作用により脊髄損傷後の移植で有意な運動機能回復が得られたと考えられた。

また脊髄損傷後7日目の移植で運動機能回復に有意な効果があったことから、自家移植として臨床応用される可能性があると思われる。

ま と め

1. ラット胸髄損傷モデルを用いて損傷後7日目に BMSC の同種移植を行い、有意の運動機能の回復を得た。

2. BMSC 移植は脊髄損傷に対する治療として自家移植として臨床応用される可能性があると思われる。

文 献

- 1) Ogawa Y, Toyama Y, Okano H, et al. Transplantation of in vitro-expanded fetal neural progenitor cells results in neurogenesis and functional recovery after spinal cord contusion injury in adult rats. *J Neurosci Res* 2002 ; 69 : 925-933.
- 2) Resnick DK, Cechvala CF, Zhang S, et al. Adult olfactory ensheathing cell transplantation for acute spinal cord injury. *J Neurotrauma* 2003 ; 20 : 279-285.
- 3) 片岡秀雄, 鈴木秀典, 田口敏彦, 他. 成人ラット脊髄損傷後の運動機能回復: 大量の骨髄間質細胞の脊髄内と硬膜外への同時移植法. *中部整災誌* 2005 ; 48 : 745-746.
- 4) Chopp M, Zhang XH, Rosenblum M, et al. Spinal cord injury in rat: treatment with bone marrow stromal cell transplantation. *Neuroreport* 2000 ; 11 : 3001-3005.
- 5) Ohta M, Suzuki Y, Ide C, et al. Bone marrow stromal cells infused into the cerebrospinal fluid promote functional recovery of the injured spinal cord with reduced cavity formation. *Exp Neurol* 2004 ; 187 : 266-268.
- 6) Suzuki H, Kataoka H, Taguchi T, et al. Neurospheres induced from bone marrow stromal cells are multipotent for differentiation into neuron, astrocyte, and oligodendrocyte phenotypes. *Biochem Biophys Res Commun* 2004 ; 322 : 918-922.
- 7) Ankeny DP, McTigue DM, Jakeman LB. Bone marrow transplants provide tissue protection and directional guidance for axons after contusive spinal cord injury in rats. *Exp Neurol* 2004 ; 190 : 17-31.

Surgical Strategy for Cervical Myelopathy due to Ossification of the Posterior Longitudinal Ligament

Part 2: Advantages of Anterior Decompression and Fusion Over Laminoplasty

Motoki Iwasaki, MD, PhD,* Shin'ya Okuda, MD, PhD,† Akira Miyauchi, MD, PhD,§
Hironobu Sakaura, MD,* Yoshihiro Mukai, MD,¶ Kazuo Yonenobu, MD, PhD,‡
and Hideki Yoshikawa, MD, PhD*

Study Design: Retrospective study of 27 patients who underwent anterior decompression and fusion (ADF) for treatment of cervical myelopathy due to ossification of the posterior longitudinal ligament (OPLL).

Objectives: To compare surgical outcome of ADF with that of laminoplasty.

Summary of Background Data: During the period 1986 and 1996, laminoplasty was the only surgical treatment selected for cervical myelopathy at our institutions. According to surgical results of laminoplasty performed during this period, we have performed either laminoplasty or ADF for patients with OPLL since 1996.

Methods: We reviewed clinical data obtained in 27 patients who underwent ADF between 1996 and 2003. Mean duration of follow-up was 6.0 years (range, 2-10 years). Surgical outcomes were assessed using the Japanese Orthopedic Association (JOA) scoring system for cervical myelopathy. Surgical results of ADF were compared with those of laminoplasty, which was performed in 66 patients during the period 1986 and 1996.

Results: ADF yielded a better neurologic outcome at final follow-up than laminoplasty in patients with occupying ratio $\geq 60\%$, although graft complications occurred in 15% and additional surgical intervention was required in 26%. Neither occupying ratio of OPLL, sagittal shape of ossification, nor cervical alignment was found to be related to surgical outcome of ADF.

Conclusions: Although ADF is technically demanding and has a higher incidence of surgery-related complications, it is preferable to laminoplasty for patients with occupying ratio of OPLL $\geq 60\%$.

Key words: cervical myelopathy, ossification of the posterior longitudinal ligament, laminoplasty, anterior decompression and fusion. *Spine* 2007;32:654-660

Part 1 of our articles detailed surgical results of laminoplasty and indicated that occupying ratio greater than 60% and hill-shaped ossification were associated relatively poor outcome.¹ Since anterior decompression and fusion (ADF) would accordingly be the procedure of choice to obtain appropriate decompression and stabilization in patients with these predisposing factors, the authors have performed either laminoplasty or ADF for patients with OPLL since 1996. The purpose of the present study was to compare neurologic outcomes between the 2 procedures for the surgical treatment of cervical myelopathy associated with a massive ossified lesion on the basis of the results in Part 1 of our investigations.

■ Materials and Methods

The authors have selected either laminoplasty or ADF since 1996, and 27 selected patients with OPLL were managed with ADF at Osaka University Hospital and Osaka Rosai Hospital between 1996 and 2003. These patients had undergone no previous cervical surgery with the exception of one patient in whom cervical kyphosis had developed after laminoplasty, requiring ADF 4 months later. Although no definitive selection criteria were applied in the selection of either laminoplasty or ADF, ADF was chosen on the basis of the following characteristics, which were considered factors predicting poor outcome of laminoplasty: massive ossified lesions, hill-shaped ossification, and sharp angulation of the spinal cord. Data for ADF were available for all 27 patients (15 men and 12 women). Mean age at surgery was 58 years (range, 41-74 years) and mean duration of follow-up was 6.0 years (range, 2-10 years). All patients included in the present study were of Asian descent. Surgical results of ADF were compared with those of laminoplasty, which was performed in 66 patients during the period 1986 and 1996.

Radiographic and neurologic assessment was described in detail in Part 1 of our investigation.¹

Surgical Technique. The procedures of ADF as well as cervical laminoplasty have been described in detail elsewhere.²⁻⁶

Anterior procedures of the cervical spine were performed through a standard left-sided Robinson-Smith anterior approach. The base of the uncinat process or lateral border of

From the *Department of Orthopaedic Surgery, Osaka University Graduate School of Medicine, Osaka, Japan; †Department of Orthopaedic Surgery, Osaka Rosai Hospital, Osaka, Japan; ‡National Hospital Organization, Osaka Minami Medical Center, Osaka, Japan; §Miyauchi Orthopaedic Clinic, Osaka, Japan; and ¶Sumitomo Hospital, Osaka, Japan.

Acknowledgment date: June 7, 2006. First revision date: July 3, 2006. Acceptance date: July 18, 2006.

Presented in part at the 35th Annual Meeting of the Japanese Spine Research Society, Tokyo, Japan, April 2006.

Supported by a grant-in-aid from the Investigation Committee on Ossification of the Spinal Ligaments, Japanese Ministry of Public Health, Labor, and Welfare.

The manuscript submitted does not contain information about medical device(s)/drug(s).

Federal funds were received in support of this work. No benefits in any form have been or will be received from a commercial party related directly or indirectly to the subject of this manuscript.

Address correspondence and reprint requests to Motoki Iwasaki, MD, PhD, Department of Orthopaedic Surgery, Osaka University Graduate School of Medicine, 2-2, Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871, Japan; E-mail: iwasaki@ort.med.osaka-u.ac.jp

the disc was used as a landmark for the width of the vertebral body. Subtotal corpectomy was performed at 2 to 5 levels as determined by the extent of neurologic involvement and CT reconstruction images. This was followed by total discectomy. Transverse decompression was extended at least 20 to 25 mm to ensure sufficient decompression.^{5,7} When the posterior cortex of the vertebral body was exposed, the cortex and ossified ligament were shaved with a diamond burr to make their thickness as uniform as possible. After release of the ossified lesion, the remnant of the ossified mass was not shaved but was instead allowed to spontaneously move ventrally. Ossified lesions were removed if they could easily be released, but this was not attempted if lesions were strongly adherent to the dura or if the dura itself was ossified. Autografts were used for arthrodesis in all patients; a tricortical iliac crest graft was used in 9 patients and fibular strut graft was used in 18 patients. The mean number of intervertebral levels fused was 3 (range, 2–5). One patient with myeloradiculopathy caused by segmental-type OPLL was managed with an anterior plate, but anterior instrumentation was not used for any other patients. Immobilization with a halo-vest was maintained after surgery for a mean of 8.2 weeks (range, 4–14 weeks). Mean operation time was 302 minutes (range, 167–470 minutes), and mean estimated blood loss for ADF was 513 g (range, 70–1730 g).

Statistical Analysis. Comparisons of surgical outcomes between anterior and posterior procedures were assessed using the Mann-Whitney *U* test.

Table 1. Preoperative Data in 27 Patients Who Underwent ADF and 66 Patients Who Underwent Laminoplasty

	ADF	Laminoplasty
No. of patients	27	66
Female/male	12:15	15:51
Age (yr) at surgery		
Mean	58	57
Range	41–74	41–75
Follow-up (yr)		
Mean	6.0	10.2
Range	2–10	5–20
Preoperative JOA score		
Mean	9.5	9.2
Range	4.5–14	0–15
Occupying ratio of OPLL (%)		
Mean	56.6	44.4
Range	30–80	15–71
Space available for spinal cord (mm)		
Mean	5.6	7.6
Range	3–10	4–11
Type of OPLL [no. (%)]		
Continuous	14 (52)	20 (30)
Mixed	7 (26)	36 (55)
Segmental	2 (7)	7 (11)
Circumscribed	4 (15)	3 (5)
Shape of ossified lesion [no. (%)]		
Plateau-shaped	16 (59)	54 (82)
Hill-shaped	11 (41)	12 (18)
Operation time (min)		
Mean	302	177
Range	167–470	90–395
Estimated blood loss (g)		
Mean	513	464
Range	70–1730	50–1800

ADF indicates anterior decompression and fusion; JOA, Japanese Orthopaedic Association.

Table 2. Cervical Alignment After ADF in 27 Patients With OPLL

Preoperative Alignment	Postoperative Alignment [no. (%)]			
	Lordotic	Straight	Kyphotic	Total
Lordotic	12	3	0	15 (56)
Straight	3*	4	0	7 (26)
Kyphotic	0	3*	2	5 (19)
Total	15 (56)	10 (37)	2 (7)	27

*Improvement of cervical alignment was observed in 6 patients. ADF indicates anterior decompression and fusion.

Results

Patient Demographics

The details of preoperative data in 27 patients who underwent ADF are listed in Table 1. Mean preoperative JOA score was 9.5 (range, 4.5–14). Mean preoperative occupying ratio of OPLL was 56.6% (range, 30%–80%) and mean space available for the spinal cord (SAC) was 5.6 mm (range, 3–10 mm). Type of OPLL was distributed as follows: continuous-type *n* = 14; (52%), mixed-type *n* = 7 (26%); segmental-type, *n* = 2 (7%); and circumscribed-type, *n* = 4 (15%). Ossified lesions were plateau-shaped in 16 patients (59%) and hill-shaped in 11 (41%). Preoperative sagittal alignment of the cervical spine was lordotic in 15 patients (56%), straight in 7 (26%), and kyphotic in 5 (19%) (Table 2). After ADF, improvement of cervical alignment was observed in 6 patients and cervical alignment changed from lordotic to straight in 3 patients at final follow-up.

Surgical Results of ADF Compared With Laminoplasty

Overall outcome of ADF was compared with that of laminoplasty in Table 3. Among the 27 patients who underwent ADF, mean JOA score improved from 9.5 (range, 4.5–14) before surgery to 13.2 (range, 9–16.5) at final follow-up. Mean recovery rate was 57% (range, 28%–92%) at time of maximum recovery and 51% (range, 0%–92%) at final follow-up. Neurologic outcome was excellent or good in 56% of patients, fair in 37%, and poor in 7%. Although proportion of excellent or good results was similar between ADF and laminoplasty, poor outcome was more frequent in laminoplasty than in ADF.

Table 3. Summary of Surgical Outcome of ADF and Laminoplasty

Overall Outcome*	ADF [no. (%) of total 27 patients]	Laminoplasty [no. (%) of total 66 patients]
Excellent/good	15 (56)	43 (65)
Fair	10 (37)	10 (15)
Poor	2 (7)	13 (20)

*Surgical outcome was evaluated from recovery rate: excellent, >75%; good, 50%–74%; fair, 25%–50%; poor, <25%.

ADF indicates anterior decompression and fusion.

Table 4. Surgical Outcomes of ADF and Laminoplasty With Respect to Occupying Ratio of OPLL

Occupying Ratio	No.	Mean Occupying Ratio (%)	JOA Score		Recovery Rate (%)	
			Preoperative	Postoperative	Final Follow-up	Maximum
ADF						
<60%	17	50	9.6	13.1	49	55
≥60%	10	69	9.3	13.4	54*	64*
Laminoplasty						
<60%	60	42	9.2	14.1	58	67
≥60%	6	66	9.4	11.0	14	34

ADF, anterior decompression and fusion; JOA, Japanese Orthopaedic Association.

*Surgical outcome of anterior decompression and fusion was superior to that of laminoplasty in patients with occupying ratio greater than 60% ($P < 0.03$).

When surgical outcomes were compared with respect to occupying ratio of OPLL, mean JOA score improved from 9.6 (range, 6–14) before surgery to 13.1 (range, 9–16.5) at final follow-up in the 17 patients with occupying ratio <60% (Table 4). Mean recovery rate of these patients was 49% (range, 0%–91%) at final follow-up and 55% (range, 28%–91%) at time of maximum recovery. Therefore, there was no significant difference in surgical outcome between ADF and laminoplasty for patients with occupying ratio <60%. On the other hand, in the 10 patients with occupying ratio ≥60%, mean JOA score improved from 9.3 (range, 4.5–12) before surgery to 13.4 (range, 10–16.5) at final follow-up. Mean recovery rate of these 10 patients was 54% (range, 33%–92%) at final follow-up and 64% (range, 33%–92%) at time of maximum recovery. In patients with occupying ratio ≥60%, surgical outcome of

ADF was therefore superior to that of laminoplasty ($P < 0.03$) (Table 4). Pre- and postoperative data from patients with occupying ratio ≥60% are detailed in Table 5. Among 10 patients underwent ADF for massive ossification with occupying ratio ≥60%, pseudarthrosis was observed in Case 1, late deterioration was observed in Case 2 after a minor trauma, additional surgery due to inadequate decompression of ossification was needed in Case 5, and laminoplasty was required thereafter in Case 9 (Table 5). With the exception of 1 patient (Case 2) who experienced late neurologic deterioration and neuropathic pain in the left arm due to the traffic accident 99 months after ADF, no patients developed severe postoperative pain after ADF.

With regard to sagittal shape of ossification, surgical outcome of patients with hill-shaped ossification was sig-

Table 5. Characteristics of OPLL Patients With Occupying Ratio 60%

Case/Age (yr)/Sex	Follow-up (yr)	Occupying Ratio (%)	JOA Score		Recovery Rate (%)		Shape/Type of OPLL	Cervical Alignment		
			Preoperative	Final Follow-up	Maximum	Final Follow-up		Preoperative	Postoperative Change	Others
ADF										
1/56/M	9	60	9	13.5	81	56	Hill/mixed	Lordotic	No	Pseudarthrosis
2/48/M	10	62	12	13.5	90	30	Plateau/ cont.	Kyphotic	Straight	Trauma
3/60/F	9	63	11	16.5	92	92	Hill/cont.	Lordotic	No	
4/51/M	6	64	11	14	58	50	Plateau/ cont.	Lordotic	No	
5/52/F	6	67	10.5	14	54	54	Plateau/ cont.	Lordotic	No	Reoperation
6/58/M	10	69	11	13	33	33	Plateau/ cont.	Lordotic	No	
7/56/F	3	70	4.5	10	44	44	Hill/mixed	Lordotic	Straight	
8/74/F	5.5	75	9.5	15.5	80	80	Hill/circum.	Lordotic	No	
9/58/F	7	75	7.5	12	53	47	Plateau/ cont.	Straight	Lordotic	Laminoplasty
10/41/M	6.5	80	7	12	50	50	Hill/mixed	Straight	No	
Laminoplasty										
1/63/M	5	60	11.5	12	27	9	Plateau/ mixed	Straight	No	Axial pain
2/55/M	15	62	10	8.5	29	-21	Plateau/ mixed	Straight	No	Arm pain
3/60/M	10	65	6	10	46	36	Hill/mixed	Lordotic	Straight	
4/57/M	9	67	12	12	20	0	Hill/cont.	Lordotic	Straight	
5/47/M	5	70	10	9	0	-14	Hill/cont.	Kyphotic	Kyphotic*	Arm pain
6/46/M	15	71	7	14.5	80	75	Plateau/ mixed	Kyphotic	Kyphotic	

*In this case, preoperative kyphosis deteriorated.

ADF indicates anterior decompression and fusion; JOA, Japanese Orthopaedic Association; cont., continuous-type of OPLL; circum., circumscribed-type of OPLL.

Table 6. Surgical Outcomes of ADF and Laminoplasty With Respect to Sagittal Shape of Ossification

Sagittal Shape of Ossification	No.	Mean Occupying Ratio (%)	JOA Score		Recovery Rate (%)	
			Preoperative	Final Follow-up	Final Follow-up	Maximum
ADF						
Plateau	16	53	9.9	13.6	54	59
Hill	11	61	8.9	12.9	51	57
Laminoplasty						
Plateau	54	43	9.3	14.1	60	69
Hill	12	51	9.1	11.7*	30*	40*

*Surgical outcome of patients with hill-shaped ossification was significantly poorer than that of those with plateau-shaped ossification in laminoplasty ($P < 0.01$). ADF indicates anterior decompression and fusion; JOA, Japanese Orthopaedic Association.

nificantly poorer than that of those with plateau-shaped ossification among patients who underwent laminoplasty ($P < 0.01$), although there was no significant difference in surgical outcome among patients who underwent ADF (Table 6).

Surgery-Related Complications After ADF

With regard to surgical complications among 27 patients underwent ADF, neurologic deterioration was observed in 2 patients (7%). One patient demonstrated transient motor weakness in the left lower extremity immediately after surgery; this gradually recovered. The other patient (Case 5) demonstrated C5 segment palsy immediately after surgery, and additional anterior decompression was required because inadequate decompression of ossification was recognized on postoperative CT and MR images. Four patients (15%) developed complications related to grafted bone; graft extrusion occurred in 2 patients and pseudarthrosis in 2 patients. In these 4 patients, with graft-related complications, additional posterior stabilization with instrumentation was performed and resulted in solid fusion. Laminoplasty was added thereafter in 2 patients who exhibited late neurologic deterioration 8 months and 35 months after surgery, respectively. Ultimately, additional surgical interventions were required in 7 (26%) of 27 patients who underwent ADF, whereas additional cervical spine surgery was required for epidural hematoma immediately after laminoplasty in only 1 (2%) of 66 patients who underwent laminoplasty.

■ Case Reports

Case 7

This 56-year-old woman with OPLL occupying 70% of the spinal canal underwent an anterior floating procedure using fibular strut graft (Figure 1). Preoperative JOA score was 4.5, postoperative JOA score was 10, and recovery rate was 44%. Preoperative radiograph demonstrated mixed-type OPLL but did not clearly show a massive ossified lesion at the lower levels (Figure 1A). Preoperative reconstructed CT and T1-weighted MR imaging clearly demonstrated a massive hill-shaped ossification at C5–C6 (Figure 1B). T1-weighted MR imaging performed 3 months after surgery (Figure 1C) demonstrated sufficient anterior decompression of the spinal cord. Pre-

operative CT myelography demonstrated massive ossification compressing the spinal cord anteriorly at C5–C6. CT performed 1 week after surgery demonstrated 2 pieces of grafted fibula and the line of residual ossification behind the grafted fibula (Figure 1D). CT image taken 7 weeks after surgery (Figure 1D) and radiograph images taken 2 years after surgery (Figure 1E) demonstrated anterior shift of the residual ossification behind the grafted fibula.

Case 8

This 74-year-old woman with OPLL occupying 75% of the spinal canal underwent an anterior floating procedure using a fibular strut graft (Figure 2). Preoperative JOA score was 9.5, postoperative JOA score was 15.5, and recovery rate was 80%. Preoperative lateral radiograph demonstrated circumscribed-type, hill-shaped OPLL (Figure 2A). Preoperative T2-weighted MR imaging and CT myelography (Figure 2A–B) demonstrated a massive ossification compressing the spinal cord anteriorly. CT image taken 1 week after surgery demonstrated grafted fibula and a line of residual ossification behind the grafted fibula. CT image taken 5 weeks after surgery (Figure 2B) and lateral radiograph images taken 4 years after surgery (Figure 2C) demonstrated anterior shift of the residual ossification behind the grafted fibula.

■ Discussion

Surgery-Related Considerations

Some controversy exists over the appropriate method of surgery for cervical myelopathy caused by OPLL. In the present study, surgical outcome of ADF was significantly better than that of laminoplasty in patients with occupying ratio $\geq 60\%$. In addition to occupying ratio of OPLL, hill-shaped ossification was found to be predictive of poorer outcome after laminoplasty.¹ In the present study, neither occupying ratio of OPLL, nor sagittal shape of ossification, nor cervical alignment were found to be related to surgical outcome of ADF.

The authors have concluded that laminoplasty is effective and safe for most patients with the following characteristics^{1,8}: 1) occupying ratio of OPLL $< 60\%$; and 2) plateau-shaped ossification. However, one limitation of laminoplasty is that OPLL remains ventral to the spinal cord even after surgery because the dis-

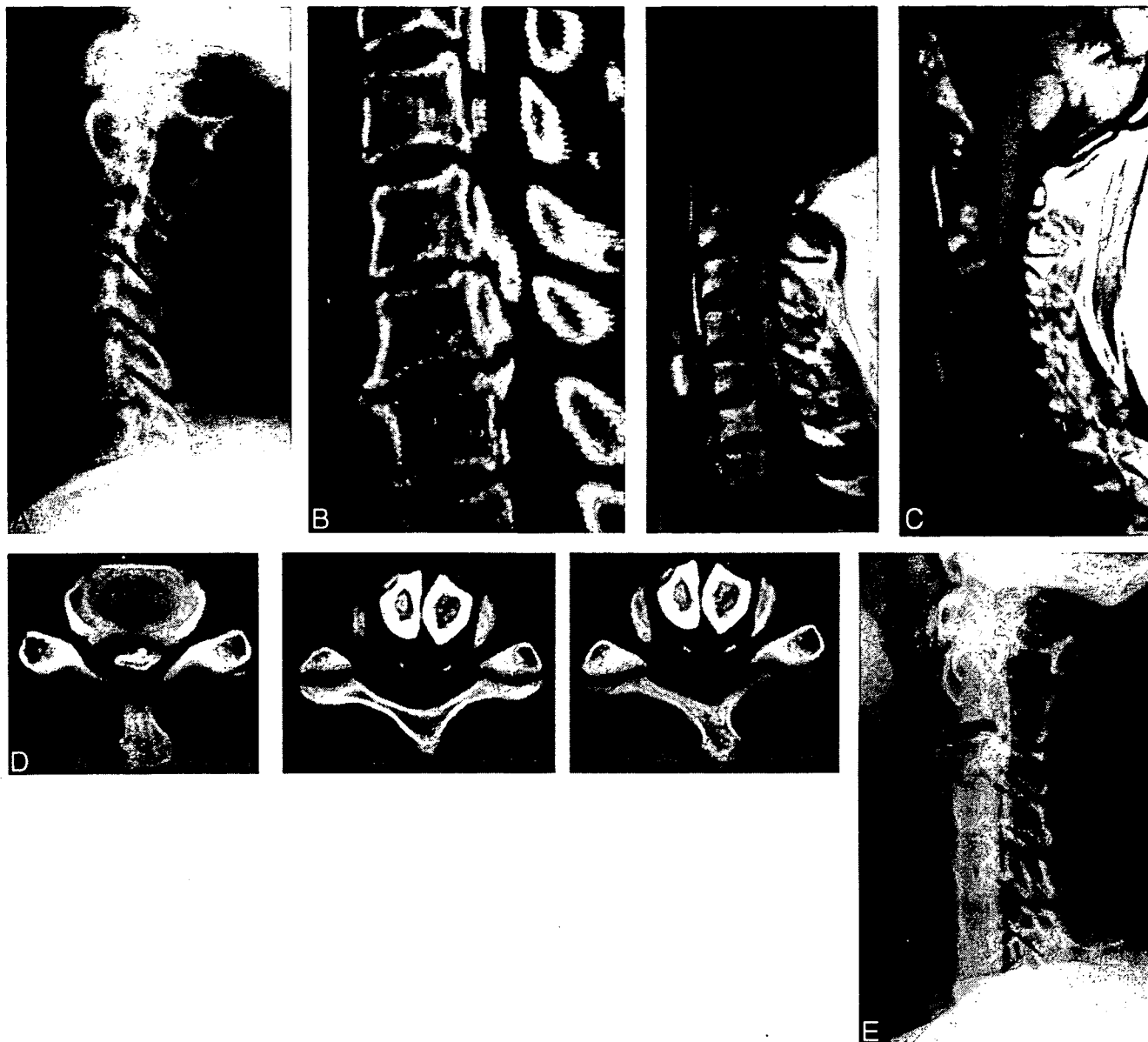


Figure 1. Case 7. **A**, Preoperative lateral radiograph image demonstrating mixed-type OPLL but not clearly showing a massive ossified lesion at C5–C6. **B**, CT reconstruction image (left), T1-weighted MR image (right) demonstrating a massive ossification at C5–C6. **C**, T1-weighted MR image taken 3 months after surgery demonstrating sufficient anterior decompression of the spinal cord. **D**, Preoperative and postoperative CT. Preoperative CT myelogram (left) demonstrating severe compression of the spinal cord with a massive OPLL at C5–C6. CT image taken 1 week after (middle) surgery demonstrating 2 pieces of grafted fibula and the line of residual ossification behind the grafted fibula. CT image taken 7 weeks after surgery (right) demonstrating anterior shift of the residual ossification behind the grafted fibula. **E**, Radiograph image taken 2 years after surgery demonstrating anterior shift of the residual ossification.

order generally continues to progress. Incidence of progression of OPLL after laminoplasty has been reported at 70% to 73%; this risk is reportedly greatest in younger patients (<59 years of age).^{8–10} On the other hand, incidence of postoperative progression after the anterior procedure has been found to range from 36% to 64%.^{7,11} Since ossification remains ventral to the spinal cord permanently and can progress after surgery, the authors consider that laminoplasty has limitations in terms of maintaining decompression of the spinal cord if patients would have hill-shaped massive ossification or cervical alignment would deteriorate after surgery.

Surgery-Related Complications

Regarding surgery-related complications, several authors have noted a high incidence of complications in ADF.^{12,13} Shinomiya *et al* reported that the rate of surgical complications, including CSF leakage and dislocation or pseudarthrosis of the bone graft, was 23% and that reoperation was required in 12.5% of cases.¹² Similarly, Epstein reported that 15% of patients undergoing anterior surgery for cervical OPLL required reoperation due to pseudarthrosis.¹⁴

Several surgeons have attempted to remove ossified lesions using the anterior approach, however, results of anterior procedures have varied due to insufficient de-

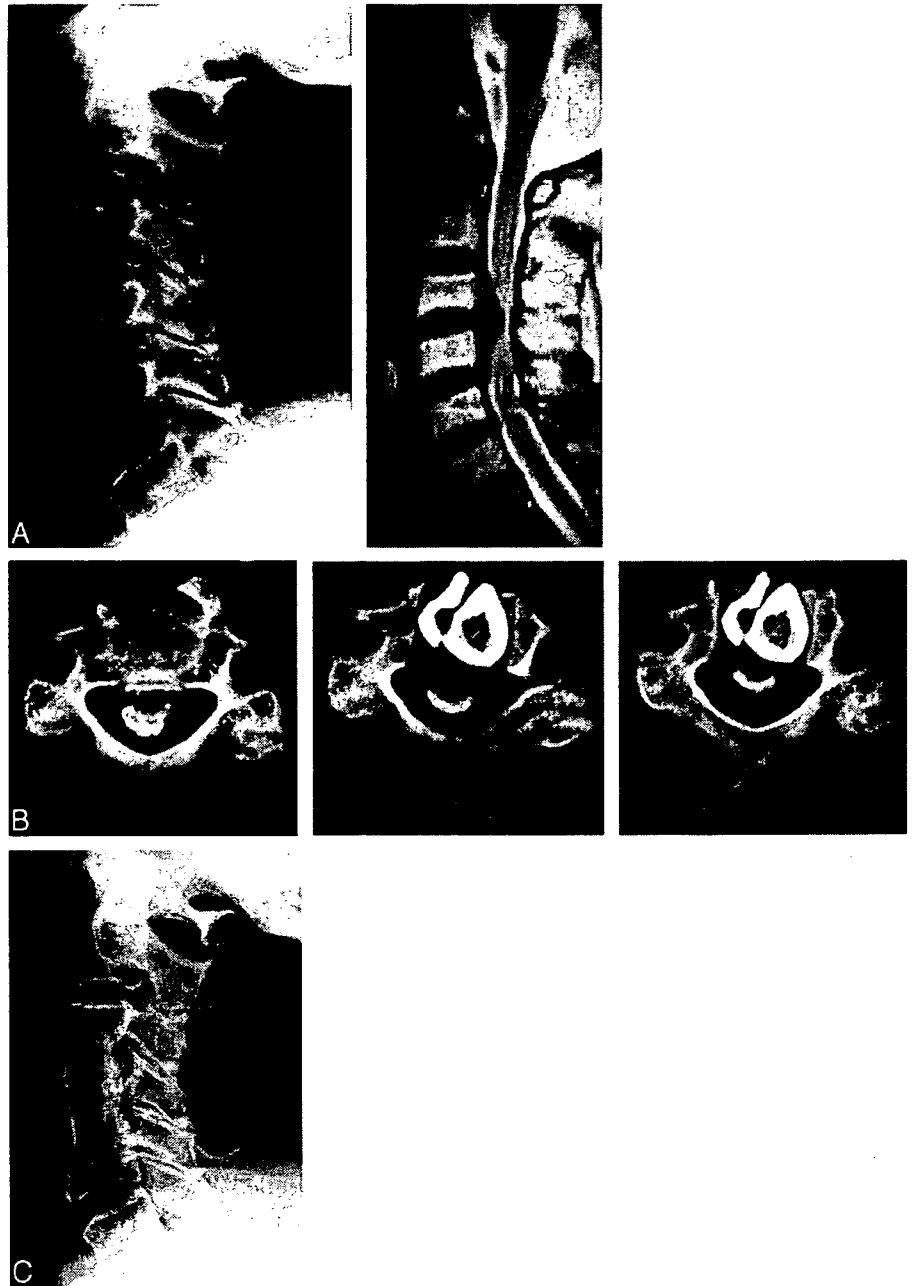


Figure 2. Case 8. **A**, Preoperative lateral radiograph image (left) and T2-weighted MR image (right) demonstrating circumscribed-type OPLL at C3-C4. **B**, Preoperative and postoperative CT. Preoperative CT myelogram (left) demonstrating severe compression of the spinal cord with a massive OPLL at C3-C4. CT image at 1 week (middle), CT image at 5 weeks (right) demonstrating anterior shift of the residual ossification behind the grafted fibula. **C**, Lateral radiograph image at 4 years after anterior floating procedure.

compression resulting from ossification of the dura or massive bleeding from the epidural space. The authors have selected the anterior floating method in which the spinal cord is decompressed without total resection of the ossified lesion.⁵ This method has made anterior decompression surgery for cervical myelopathy caused by OPLL safer and more reliable. The advantages of this procedure include gradual decompression without extirpation but with an anterior shift of the OPLL to avoid dural tears caused by ossification of the dura, and lower risk of injury to neural tissues.

In the present study of 27 consecutive patients who underwent ADF, graft complications occurred in 15% and additional surgical intervention was required in 26%. Postoperative deterioration of cervical alignment from lordotic to straight was observed in 3 patients (11%), whereas im-

provement of alignment was observed in 6 patients (22%). On the other hand, complications after laminoplasty included persistent neuropathic arm pain in 8% and postoperative deterioration of cervical alignment to kyphotic in 6%.¹ Deterioration of cervical alignment was related to poor surgical outcome for laminoplasty,¹ but not for the anterior procedure: mean recovery rate of 3 patients with postoperative change in cervical alignment after ADF was 54% (range, 44%–82%). Although ADF was not associated with any persistent postoperative problem, laminoplasty was superior in terms of surgery-related complications requiring additional surgeries.

■ Conclusion

ADF is technically demanding and is associated with a higher incidence of surgery-related complications. How-

ever, if surgeons seek to optimize neurologic outcome, ADF is preferable to laminoplasty for patients with occupying ratio of OPLL $\geq 60\%$ and/or hill-shaped ossification. Surgical treatment for cervical myelopathy caused by OPLL should be chosen based on the following considerations: occupying ratio of OPLL, type and shape of ossification, sagittal curvature of the cervical spine, dynamic instability between the interrupted ossified lesions, patient age, and skill of the surgeon.

■ Key Points

- We retrospectively studied patients with cervical myelopathy due to OPLL to compare surgical outcome of anterior decompression and fusion with that of laminoplasty.
- In patients with occupying ratio $\geq 60\%$, anterior decompression and fusion yielded a better neurologic outcome than laminoplasty.
- Although anterior decompression and fusion is technically demanding and has a higher incidence of surgery-related complications, it is preferable to laminoplasty for patients with occupying ratio of OPLL $\geq 60\%$.

References

1. Iwasaki M, Okuda S, Miyauchi A, et al. Surgical strategy for cervical myelopathy due to ossification of the posterior longitudinal ligament: Part 1. Clinical results and limitations of laminoplasty. *Spine* 2007;32:647–53.
2. Hirabayashi K, Watanabe K, Wakano K, et al. Expansive open-door laminoplasty for cervical spinal stenotic myelopathy. *Spine* 1983;8:693–9.
3. Itoh T, Tsuji H. Technical improvements and results of laminoplasty for compressive myelopathy in the cervical spine. *Spine* 1985;10:729–36.
4. Iwasaki M, Yonenobu K. Ossification of the posterior longitudinal ligament. In: *The Spine*, 5th ed. Philadelphia: Elsevier, 2006:896–912.
5. Yamaura I, Kurosa Y, Matuoka T, et al. Anterior floating method for cervical myelopathy caused by ossification of the posterior longitudinal ligament. *Clin Orthop* 1999;359:27–34.
6. Yonenobu K, Wada E, Ono K. Part B: Laminoplasty. In: *Cervical Spine Research Society Editorial Committee, ed. The Cervical Spine*, 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005:1057–71.
7. Matsuoka T, Yamaura I, Kurosa Y, et al. Long-term results of the anterior floating method for cervical myelopathy caused by ossification of the posterior longitudinal ligament. *Spine* 2001;26:241–8.
8. Iwasaki M, Kawaguchi Y, Kimura T, et al. Long-term results of expansive laminoplasty for ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine: more than 10 years follow up. *J Neurosurg* 2002;96:180–9.
9. Chiba K, Yamamoto I, Hirabayashi H, et al. Multicenter study investigating the postoperative progression of ossification of the posterior longitudinal ligament in the cervical spine: a new computer-assisted measurement. *J Neurosurg Spine* 2005;3:17–23.
10. Kawaguchi Y, Kanamori M, Ishihara H, et al. Progression of ossification of the posterior longitudinal ligament following en bloc cervical laminoplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83:1798–802.
11. Tomita T, Harata S, Ueyama K, et al. Radiological follow-up evaluation of the progression of ossification of posterior longitudinal ligament: the operative influence on the progression of ossification. *Rinsho Seikei* 1999;34:167–72.
12. Shinomiya K, Okamoto A, Kamikozuru M, et al. An analysis of failures in primary cervical anterior spinal cord decompression and fusion. *J Spinal Disord* 1993;6:277–88.
13. Yonenobu K, Hosono N, Iwasaki M, et al. Neurologic complications of surgery for cervical compression myelopathy. *Spine* 1991;16:1277–82.
14. Epstein N. The surgical management of ossification of the posterior longitudinal ligament in 51 patients. *J Spinal Disord* 1993;6:432–54.

頸椎後縦靱帯骨化症に対する術式選択 椎弓形成術 vs 前方除圧固定術 その適応と限界

岩崎 幹季^{*1)} 奥田 真也^{*2)} 宮内 晃^{*3)}
坂浦 博伸^{*1)} 米延 策雄^{*4)} 吉川 秀樹^{*1)}

Surgical Strategy for Ossification of the Posterior Longitudinal Ligament of the Cervical Spine: Laminoplasty vs Anterior Decompression and Fusion. Their Indications and Limitations

Motoki Iwasaki^{*1)}, Shinya Okuda^{*2)}, Akira Miyauchi^{*3)}, Hironobu Sakaura^{*1)}, Kazuo Yonenobu^{*4)}, Hideki Yoshikawa^{*1)}

臨整外 42:255~265, 2007

Key words: OPLL(後縦靱帯骨化症), laminoplasty(椎弓形成術), anterior decompression and fusion(前方除圧固定術)

椎弓形成術を唯一の術式選択としていた時期に手術した頸椎後縦靱帯骨化症 66 例を後ろ向きに調査し、前方除圧固定術(以下、前方法)27 例と比較検討した。椎弓形成術において占拠率<60%に比して占拠率 \geq 60%の症例は手術成績が劣っていた。椎弓形成術の成績不良に関与する因子は重回帰分析の結果、山型の骨化パターン・術前重症度・術後頸椎アライメント変化・高齢の順であった。占拠率 60%以上や山型の骨化パターンおよび不良アライメントは椎弓形成術の限界と考えられ、合併症を許容できれば前方法の選択を勧める。

We retrospectively studied cases of cervical myelopathy secondary to OPLL to compare the surgical outcome of laminoplasty with that of anterior decompression and fusion. The neurological outcome of laminoplasty in patients with an occupying ratio \geq 60% was poorer than in those with an occupying ratio<60%. Multiple regression analysis showed that the most significant predictor of poor outcome after laminoplasty was hill-shaped ossification, followed by lower preoperative JOA score, postoperative change in cervical alignment, and older age at surgery. In the patients with an occupying ratio \geq 60% anterior decompression and fusion yielded a better neurological outcome than laminoplasty. Although anterior decompression and fusion is technically demanding and is associated with a higher incidence of surgery-related complications, it is preferable to laminoplasty for patients with an OPLL occupying ratio \geq 60% and/or hill-shaped ossification.

はじめに

月本²⁸⁾が 1960 年に頸椎後縦靱帯骨化症(以下、OPLL)の剖検例を報告して以来、頸椎 OPLL に対

する手術術式は日本だけでなく海外でも様々な方法が報告されてきた^{1,3,4,7,9,13,18,29,30)}。かつては椎弓切除術が後方除圧の主たる選択肢であったが、その長期手術成績は決して満足できる結果ではな

* 2006.12.11 受稿

*1) 大阪大学大学院医学系研究科器官制御外科学(整形外科)〔〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-2〕 Department of Orthopaedic Surgery, Osaka University Graduate School of Medicine

*2) 大阪労災病院整形外科 Department of Orthopaedic Surgery, Osaka Rosai Hospital

*3) 宮内整形外科 Miyauchi Orthopaedic Clinic

*4) 国立病院機構大阪南医療センター Department of Orthopaedic Surgery, National Hospital Organization Osaka Minami Medical Center

表 1 頸椎 OPLL に対する椎弓形成術と前方除圧固定術の患者データ

	椎弓形成術 (1986~1996 年)	前方除圧固定術 (1996~2003 年)
症例数	66 例	27 例
男性/女性	51 例/15 例	15 例/12 例
手術時年齢		
平均	57 歳	58 歳
(range)	(41~75 歳)	(41~74 歳)
術後追跡期間		
平均	10.2 年	6.0 年
(range)	(5~20 年)	(2~10 年)
術前 JOA スコア		
平均	9.2 点	9.5 点
(range)	(0~15 点)	(4.5~14 点)
骨化占拠率		
平均	44%	57%
(range)	(15~71%)	(30~80%)
有効脊柱管径		
平均	7.6 mm	5.6 mm
(range)	(4~11 mm)	(3~10 mm)
OPLL 形態		
連続型	20 例 (30%)	14 例 (52%)
混合型	36 例 (55%)	7 例 (26%)
分節型	7 例 (11%)	2 例 (7%)
その他型	3 例 (5%)	4 例 (15%)
矢状面骨化パターン		
台地型	54 例 (82%)	16 例 (59%)
山型	12 例 (18%)	11 例 (41%)
手術時間		
平均	177 分	302 分
(range)	(90~395 分)	(167~470 分)
出血量		
平均	464 g	513 g
(range)	(50~1,800 g)	(70~1,730 g)

かった^{18,27)}。その後、椎弓切除術に代わり 1970 年代後半から様々な椎弓形成術が開発され、多くの脊椎外科医が圧迫性頸髄症の除圧術として選択し安定した成績が報告されている^{5,9,11,22)}。一方、前方除圧固定術(以下、前方法)は脊髄腹側にある骨化靱帯を摘出可能で脊髄の直接的な除圧を獲得できる利点はあるものの、その技術的な困難さや骨移植に関連する合併症のため一部の脊椎外科医がその術式の改善に努め安全性を高めていった^{6,31,32)}。したがって、頸椎 OPLL に対する術式選択は、術者や施設によって大きく左右され、明確な外科的治療指針が確立しているとは言いがたい

のが現状である^{12~15)}。われわれは今まで頸椎 OPLL に対する椎弓形成術の長期成績を調査し、椎弓形成術は全体として前方法と概ね同等の手術成績を維持できることを報告してきた⁹⁾。しかし、脊髄腹側に大きな骨化が圧迫因子として存在すれば除圧効果に限界のあることが指摘され^{24,32)}、さらに Taniら²⁶⁾は占拠率 50% 以上の頸椎 OPLL に対しては前方法が優れていたと報告してきた。したがって、本研究では、1) 占拠率の大きな OPLL は椎弓形成術の治療成績が劣るのか、2) 椎弓形成術において成績不良例の特徴は何か、3) 占拠率の大きな OPLL は椎弓形成術よりも前方法の治療成績が優れているのかなどの臨床的疑問点を中心に調査し、椎弓形成術の限界および前方法の利点と問題点について検討した。

対象および方法

1986 年から 1996 年までの 10 年間は圧迫性頸髄症に対してその圧迫病態にかかわらず、われわれは基本的に椎弓形成術を選択していた^{8~11,15,16)}。したがって、術式選択による偏りが無いこの時期に施行した椎弓形成術の治療成績を後ろ向きに調査し、成績不良群の検討を行った。また、1996 年以降はそれまでの成績不良例の経験を踏まえ症例を選んで前方法を選択してきた¹⁷⁾。表 1 に両術式における患者データをまとめた(表 1)。

1996 年までに大阪大学および大阪労災病院整形外科において頸椎 OPLL に対し椎弓形成術を施行した症例は 82 例であった。そのうち追跡漏れの 13 例と脳梗塞など全身合併症のため評価困難な 3 症例を除外した 66 例(男性 51 例、女性 15 例)を今回の調査対象とした(追跡率 80%)。術式選択による偏りを排除するため 1996 年以降に椎弓形成術を選択した症例は今回の調査対象に含めなかった。椎弓形成術は辻・伊藤法に準じた片開き式脊柱管拡大術を施行した^{7,15,33)}。拡大椎弓は平均 5.7 椎弓(5~11 椎弓)：C3-7 が 41 例、C2-7 が 13 例、C3-T(T1-6)が 7 例、C2-T1 あるいは T2 が 3 例、C1-7 が 2 例であった。椎弓形成術の手術時間は平均 177 分(90~395 分)、出血量は平均

464 g (50~1,800 g)であった。手術時年齢は平均 57 歳 (41~75 歳)、術後追跡期間は平均 10.2 年 (5~20 年)であった。一方、1996 年以降に前方法を選択した頸椎 OPLL は 27 例 (男性 15 例、女性 12 例)で全例 2 年以上追跡できた。前方法は、十分な除圧を確保するため除圧幅を最低 20~25 mm に設定し骨化巣摘出または浮上術を行い、腸骨 (9 例)あるいは腓骨 (18 例)を移植骨として用いた^{15,17,30,31}。固定椎間数は平均 3 椎間 (2~5 椎間)で、分節型 OPLL で脊髄・神経根症状を呈していた 1 例のみに前方プレートを使用した。その他は内固定を使用せず平均 8.2 週間 (4~14 週)ハローベスト固定を行った。前方法の手術時間は平均 302 分 (167~470 分)、出血量は平均 513 g (70~1,730 g)であった。前方法の手術時年齢は平均 58 歳 (41~74 歳)、術後追跡期間は平均 6.0 年 (2~10 年)であった。

術前調査項目は、単純または断層側面像から骨化形態、骨化占拠率、最狭窄部における有効脊柱管径、頸椎側面アライメント (前弯型・後弯型・直線型・S 状)を評価し、術後骨化伸展やアライメント変化を調査した^{9,18,29}。骨化形態は従来の連続型、分節型、混合型、その他型に加えて、単純あるいは断層側面像 (または CT 再構成像)から矢状面での骨化パターンを観察し、全体的に盛り上がりが見える骨化パターン (台地型: 図 1-a)と山状あるいは嘴状に局所的に盛り上がる骨化パターン (山型: 図 1-b)に分類した^{15,16}。

術後治療成績は、JOA スコアおよび改善率 (平林法)にて評価した⁵。治療成績の総合判定として、改善率 75%以上を優 (excellent)、74~50%を良 (good)、49~25%を可 (fair)、24%以下を不可 (poor)とした。椎弓形成術の成績不良に関与する因子を調査するため、胸椎部脊柱靭帯骨化症や腰部脊柱管狭窄症を合併していた 6 例を除いた 60 例で JMP (SAS 社)を用いて重回帰分析を行った。術後 JOA スコアあるいは改善率を目的変数、手術時年齢・術前 JOA スコア・骨化占拠率・SAC・骨化パターン (台地型・山型)・術前の頸椎アライメント (後弯あるいは S 状・前弯あるいは直線

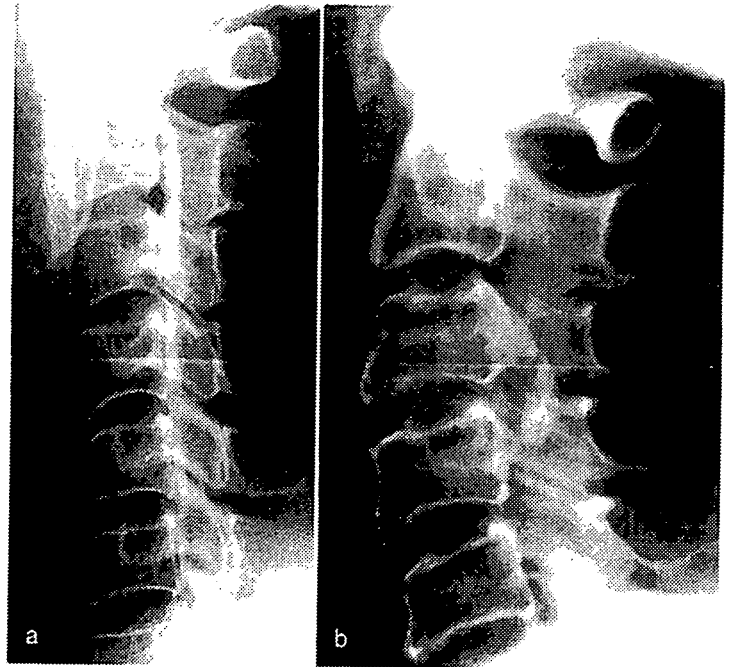


図 1 頸椎 OPLL の矢状面骨化パターン (台地型と山型)

- a : 台地型の骨化パターン。局所的に大きな骨化ではなく全体的に盛り上がった骨化で、比較的均一かつ広範囲に脊柱管狭窄を認める。
- b : 山型の骨化パターン。局所的に山状に盛り上がった骨化で、比較的狭い範囲で脊柱管狭窄を認める。

型)・術後の頸椎アライメント変化 (悪化あり・なし)を説明変数としてステップワイズ法にて p 値 0.2 以下の変数を取り込み最良のモデルを決定した¹⁷。両術式間の成績は 1986 年から 1996 年までに行った椎弓形成術と前方法を Mann-Whitney U テストを用いて比較した。

結果

1. 骨化占拠率別にみた椎弓形成術の治療成績 (表 2)

椎弓形成術を行った 66 例において、JOA スコアは術前平均 9.2 点 (0~15 点)から術後最終追跡時平均 13.7 点 (8~17 点)に改善した。改善率は最高時平均 63% (0~100%)、最終追跡時平均 55% (-21~100%)であった。

骨化占拠率別に手術成績を調査したところ、占拠率 < 60% の 60 例においては JOA スコアが術前平均 9.2 点 (0~15 点)から最終追跡時平均 14.1 点 (8~17 点)、改善率が最終追跡時で平均 58% (0~100%)であったのに対して、占拠率 ≥ 60% の 6 例

表 2 骨化占拠率別にみた両術式間の手術成績

	骨化 占拠率	N	平均 占拠率	平均 JOA スコア		改善率	
				術前	追跡時	追跡時	最高時
椎弓形成術	<60%	60	42%	9.2	14.1	58%	67%
	≥60%	6	66%	9.4	11.0	14%	34%
前方除圧固定術	<60%	17	50%	9.6	13.1	49%	55%
	≥60%	10	69%	9.3	13.4	54%	64%

* ; 椎弓形成術において占拠率≥60%は占拠率<60%に比して手術成績が有意に劣っていた(p<0.03).

** ; 占拠率≥60%において前方法は椎弓形成術比して手術成績が有意に優っていた(p<0.03).

では JOA スコアが術前平均 9.4 点(6~12 点)から最終追跡時平均 11.0 点(8.5~14.5 点), 改善率が最終追跡時で平均 14%(-21~75%)と, 占拠率≥60%の症例で手術成績は有意に劣っていた(p<0.03)(表 2).

2. 椎弓形成術における成績不良群の特徴(表 3, 4, 5)

手術成績が可あるいは不可と判定された成績不良症例(最高時または最終追跡時の改善率<50%)は 66 例中 22 例(33%)認められた. そのうち胸椎部脊柱靭帯骨化症や腰部脊柱管狭窄症を合併していた 6 例を除いた 16 例を検討した結果, 山型の骨化パターンが 7 例, 術後の頸椎アライメント変化が 7 例(うち 3 例は後弯に悪化), 術後骨化伸展が 6 例, 骨化占拠率≥60%の症例が 4 例, 術前不良頸椎アライメント(後弯あるいは S 状)が 3 例, 歩行障害を認めない近位型筋萎縮症が 1 例含まれていた.

骨化占拠率≥60%の 6 例中 5 例(83%), 山型骨化パターンの 12 例中 9 例(75%), 術後頸椎アライメントが変化した 12 例中 8 例(67%), 術前に不良頸椎アライメントを認めた 5 例中 3 例(60%), 術後に骨化伸展を認めた 27 例中 7 例(26%)が総合判定で可あるいは不可(最終追跡時の改善率<50%)の成績であった(表 3).

矢状面骨化パターンから椎弓形成術を施行した症例を検討すると, 術前の各項目には有意差が認められなかったものの山型骨化パターン 12 例の改善率は最高時で平均 40%, 最終追跡時で平均

30%と台地型骨化パターンの症例に比して治療成績が有意に劣っていた(p<0.01)(表 4).

重回帰分析の結果から, 椎弓形成術の成績不良因子つまり最高時の JOA スコアに負に影響する因子は, ①山型の骨化パターン, ②術前 JOA スコア, ③術後頸椎のアライメント変化, ④手術時年齢の順であった(表 5). 改善率でも, 成績不良に関与する因子は, ①山型の骨化パターン, ②術前 JOA スコアであった. これらの結果から椎弓形成術の成績不良に関与する因子は, 山型の骨化パターン, 続いて術前神経症状の重症度(低い JOA スコア)であり, 骨化占拠率, 有効脊柱管径, 術前の不良頸椎アライメントなどは重回帰分析上では有意に影響するものではなかった.

3. 前方法と椎弓形成術の成績比較(表 2, 4, 6)

前方法を選択した 27 例は最終的には全例骨癒合が得られ, 全体の JOA スコアは術前平均 9.5 点(4.5~14 点)から術後追跡時平均 13.2 点(9~16.5 点)に改善した. 改善率は最高時平均 57%(28~92%), 最終追跡時平均 51%(0~92%)と全体として椎弓形成術に比して有意差は認めなかった. 最終追跡時の治療成績総合判定では, 前方法を施行した 27 症例のうち 56%で優・良, 37%で可, 7%で不可の成績であったのに対して, 追跡期間の差はあるものの椎弓形成術を施行した 66 例では 65%で優・良, 15%で可, 20%で不可の成績であった. したがって, 総合判定で優・良の占める割合は両術式で有意な差は認めなかったが, 不可の判定となった割合は前方法に比して椎弓形成術

表 3 椎弓形成術の手術成績に影響した因子

各因子\手術成績総合判定	優/良 N(%)	可 N(%)	不可 N(%)
骨化占拠率 \geq 60% (N=6)	1(17%)	3(50%)	2(33%)
山型の骨化パターン(N=12)	3(25%)	4(33%)	5(42%)
術後の頸椎アライメント変化(N=12)	4(33%)	2(17%)	6(50%)
術前の頸椎不良アライメント(N=5)	2(40%)	1(20%)	2(40%)
術後骨化伸展(N=27)	20(74%)	2(7%)	5(19%)

手術成績の総合判定：

優=改善率 \geq 75%；良=改善率 50~74%；可=改善率 25~49%；不可=改善率 \leq 24%

表 4 矢状面骨化パターン別にみた両術式間の手術成績

	矢状面骨化 パターン	N	平均骨化 占拠率	JOA スコア		改善率	
				術前	追跡時	追跡時	最高時
椎弓形成術	台地型	54	43%	9.3	14.1	60%	69%
	山型	12	51%	9.1	11.7	30%	40%
前方除圧固 定術	台地型	16	53%	9.9	13.6	54%	59%
	山型	11	61%	8.9	12.9	51%	57%

*；椎弓形成術において山型骨化パターンは台地型に比して手術成績が有意に劣っていた(p<0.01)

表 5 椎弓形成術の成績不良に関与する因子(重回帰分析)

	骨化パターン (山型)	術後の頸椎 アライメント変化	術前 JOA スコア	手術時 年齢
JOA スコア (追跡時)	F=21.5 P<0.0001	F=2.1 P=0.1485	F=11.2 P=0.0015	—
JOA スコア (最高)	F=33.0 P<0.0001	F=3.0 P=0.0910	F=15.1 P=0.0003	F=1.8 P=0.1866
改善率 (追跡時)	F=13.7 P=0.0005	F=3.6 P=0.0625	—	—
改善率 (最高)	F=19.2 P<0.0001	F=8.1 P=0.0063	—	—

で多かった。

骨化占拠率別に前方法の成績を比較すると、占拠率<60%の17例においてはJOAスコアが術前平均9.6点(6~14点)から最終追跡時平均13.1点(9~16.5点)、改善率が最終追跡時で平均49%(0~91%)と占拠率<60%の症例においては椎弓形成術と手術成績の有意差は認められなかった(表2)。しかし、占拠率 \geq 60%の10例ではJOAスコアが術前平均9.3点(4.5~12点)から最終追

跡時平均13.4点(10~16.5点)、改善率が最終追跡時で平均54%(33~92%)と、占拠率 \geq 60%の大きな骨化症例では椎弓形成術に比して前方法は有意に手術成績が優れていた(p<0.03)(表2)。

両術式において骨化占拠率 \geq 60%の症例をみると、椎弓形成術では2例に上肢の難治性疼痛が残存したのに対して、前方法では術後8年3カ月後に交通事故に遭い、その後神経症状の悪化と左上肢のneuropathic painが持続している1例(症例

表 6 骨化占拠率 \geq 60%の症例

年齢・性別	追跡 期間 (年)	骨化 占拠率 (%)	JOA スコア		改善率(%)		骨化パターン と骨化形態	頸椎アライメント		その他
			術前	追跡時	最高時	追跡時		術前	術後変化	
椎弓形成術										
1. 63 男	5	60	11.5	12	27	9	台地/混合型	直線型	—	軸性疼痛有
2. 55 男	15	62	10	8.5	29	-21	台地/混合型	直線型	—	上肢痛有
3. 60 男	10	65	6	10	46	36	山/混合型	前弯型	直線型	
4. 57 男	9	67	12	12	20	0	山/連続型	前弯型	直線型	
5. 47 男	5	70	10	9	0	-14	山/連続型	後弯型	後弯型*	上肢痛有
6. 46 男	15	71	7	14.5	80	75	台地/混合型	後弯型	—	
前方除圧固定術										
1. 56 男	9	60	9	13.5	81	56	山/混合型	前弯型	—	偽関節
2. 48 男	10	62	12	13.5	90	30	台地/連続型	後弯型	直線型	交通事故
3. 60 女	9	63	11	16.5	92	92	山/連続型	前弯型	—	
4. 51 男	6	64	11	14	58	50	台地/連続型	前弯型	—	
5. 52 女	6	67	10.5	14	54	54	台地/連続型	前弯型	—	再手術有
6. 58 男	10	69	11	13	33	33	台地/連続型	前弯型	—	
7. 56 女	3	70	4.5	10	44	44	山/混合型	前弯型	直線型	
8. 74 女	5.5	75	9.5	15.5	80	80	山/その他型	前弯型	—	
9. 58 女	7	75	7.5	12	53	47	台地/連続型	直線型	前弯型	椎弓形成術
10. 41 男	6.5	80	7	12	50	50	山/混合型	直線型	—	

* ; 術前後弯型が術後悪化.

2)を除いて術後に激しい疼痛で難渋している症例は認められなかった(表 6).

矢状面骨化パターンから両術式を比較すると、椎弓形成術では山型骨化パターンは台地型に比して治療成績が有意に劣っていたが、前方法ではそのような骨化パターンによる成績の差は認められなかった(表 4).

4. 頸椎アライメント変化と治療成績(表 7)

椎弓形成術を施行した 66 例中、頸椎アライメントが術前から追跡時に変化した症例は 12 例(18%)認められた。8 例は前弯型から直線型に、4 例は後弯型に悪化していた(表 7-a)。術後頸椎アライメント変化を認めた 12 例中 8 例(67%)は追跡時の成績が可あるいは不可の評価で、その

12 例における改善率(最終追跡時)は平均 32% (-14~83%)と、頸椎アライメント変化を認めなかった症例に比して有意に成績は劣っていた(p<0.03)。一方、前方法を施行した 27 例中、頸椎アライメントが術後に改善した症例が 6 例(22%)存在し、前弯型から直線型に変化した症例は 3 例(11%)あった(表 7-b)。椎弓形成術では術後の頸椎アライメント変化は成績不良に関与していたが、前方法術後に頸椎アライメントが変化した 3 例の改善率は平均 54%(44~82%)で決して成績不良ではなかった。

5. 手術合併症

椎弓形成術を施行した 66 例中、一過性の上肢運動麻痺を 6 例(9%)に、頑固な上肢痛(neuro-

表 7-a 椎弓形成術前後の頸椎矢状面アライメント (N=66)

術前アライメント	術後アライメント N(%)			
	前弯型	直線型	後弯型または S 状	計 (%)
前弯型	24	⑧	0	32(48%)
直線型		27	②	29(44%)
後弯型または S 状			5/②*	5(8%)
計	24(36%)	35(53%)	7(11%)	66(100%)

* ; 術前頸椎アライメントが後弯型あるいは S 状であった 5 例中 2 例に術後アライメントの悪化を認めた。

○ ; 術後頸椎アライメント変化を認めた症例数

pathic pain) を 5 例(8%)に認めた。頸椎における再手術は、術後硬膜外血腫による神経症状悪化に対して緊急血腫除去術を 1 例に要し完全に回復した。追加手術としては、胸椎部脊柱靭帯骨化症に対する胸椎椎弓切除や腰部脊柱管狭窄症に対する除圧術を 4 例(6%)に行った。

一方、前方法を選択した 27 例中、神経症状悪化を 2 例(7%)に認めた。1 例は術直後の左下肢運動麻痺で徐々に改善した。もう 1 例は術直後の C5 髄節あるいは神経根麻痺で、術後の CT および MRI にて除圧不足と判断し前方除圧を追加し改善した。移植骨に関連した合併症は 4 例(15%)に認めた(移植骨の脱転 2 例と偽関節 2 例)。これら 4 例に対しては後方固定を追加して最終的には全例骨癒合した。術後遅発性の神経症状悪化 2 例(7%)に対しては、術後 8 カ月後と 35 カ月後に椎弓形成術を追加した。結果として、頸椎部における再手術は椎弓形成術 66 例においては血腫除去術の 1 例(2%)のみであったが、前方法 27 例においては 7 例(26%)に何らかの頸椎追加手術を要した。

■症例呈示

手術時年齢 69 歳の女性(図 2-a~g)

手術施行 2~3 年前から両手のしびれ出現、1 年前から歩行障害を自覚するも放置し、転倒を契機に歩行不能となった。山型の骨化パターン(占拠率: 50%)で著明な脊髄圧迫を認めた(図 2-a, b)。

表 7-b 前方除圧固定術前後の頸椎矢状面アライメント (N=27)

術前アライメント	術後アライメント N(%)			
	前弯型	直線型	後弯型	計 (%)
前弯型	12	③	0	15(56%)
直線型	3*	4	0	7(26%)
後弯型	0	3*	2	5(19%)
計	15(56%)	10(37%)	2(7%)	27(100%)

* ; 6 例では術後頸椎アライメントの改善を認めた。

○ ; 術後頸椎アライメント変化を認めた症例数

手術は前方骨化浮上、腓骨移植術(C4-7 固定)を施行した(図 2-c)。術後骨癒合は完成し(図 2-d)、神経症状は改善するも歩行は杖を要する。術前後の CT にて移植した 2 本の腓骨背側で残存した骨化が徐々に浮上していくのが確認できた(図 2-e, f, g)。

考 察

1. 椎弓形成術の限界と前方法の利点

Tani ら²⁶⁾は骨化占拠率 50% 以上の頸椎 OPLL に対して前方法の優位性を報告しているが、占拠率 50% 未満の症例と占拠率 50% 以上 60% 未満の症例を比較したわれわれの今までの検討からは、椎弓形成術の治療成績に有意な差を認められなかった^{11,16)}。今回の結果からも骨化占拠率のみに着目すると、占拠率 60% 未満であれば概ね椎弓形成術で対処できる結果が得られた。しかし、占拠率 60% 以上の大きな骨化症に対しては前方法が椎弓形成術に比して良好な手術成績であったことから、占拠率 60% 以上の大きな骨化症では後方除圧だけでは限界と考えられる^{16,17)}。今回の結果から、大きな骨化症でもすべてが脊髄の不可逆的変化に陥っているものではなく、脊髄の可塑性を期待して前方から骨化巣を摘出あるいは浮上させれば、椎弓形成術に比して神経症状のさらなる改善が期待できると考えた。

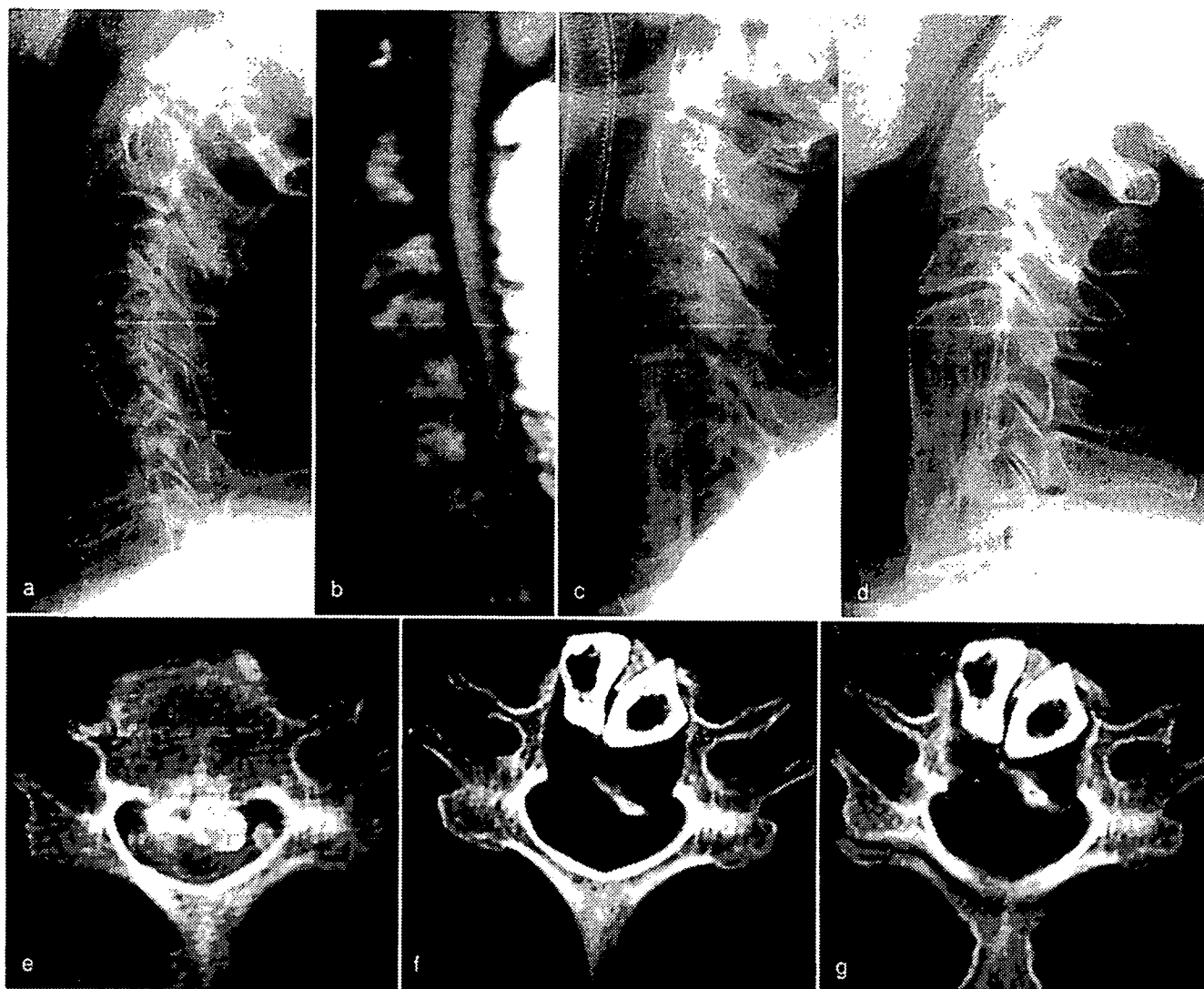


図 2 症例提示、69 歳女性

- a : 術前単純側面像、C5/6 レベルに山型の骨化(骨化占拠率 50%)を認める。
- b : MR T1 強調矢状断像、C4/5~C5/6 レベルに局所的な脊髓圧迫を認める。
- c : 骨化浮上術直後の単純側面像、腓骨背側に残存した骨化を認める。
- d : 術後 3 年の単純側面像、骨癒合と骨化浮上が確認できる。
- e : 術前ミエロ後 CT、脊髓前方に一部硬膜骨化を伴う大きな骨化を認める。
- f : 術後 1 週後の CT、2 本の腓骨と残存した骨化を認める。
- g : 術後 7 週後の CT、腓骨背側の骨化浮上が確認できる。

2. 頸椎 OPLL の手術成績に影響する因子

われわれは以前から頸椎 OPLL に対する後方除圧術の長期成績に影響する因子として、骨化占拠率よりも主に術前重症度と手術時年齢を重視してきた^{9,18)}。しかし、頸椎 OPLL に対する術式選択として椎弓形成術を唯一の術式選択としていた時期の成績不良例を今回検討した結果、山型の骨化パターンや頸椎アライメント変化が成績不良に関与することがわかった^{11,16)}。骨化パターン(図

1)は側面単純と断層撮影(あるいは CT 再構成像)を観察して台地型と山型に分類したが、MRI 矢状断像を見ればこの骨化パターンは脊髓の圧迫パターンを表現している¹¹⁾。本研究では術前 MRI を全例には確認できなかったが、台地型の骨化パターンは頸椎症性頸髓症と同様の広範囲な脊柱管狭窄状態であるのに対して、山型の骨化パターンは前方から局所的に脊髓が圧迫されている状態を観察できた。従来の骨化形態の分類からすると、

連続型や混合型の多くと分節型は台地型の骨化パターンを示し、山型の骨化パターンを示す形態はその他型(椎間膨隆型)と連続型や混合型の一部で認められた。全体的な脊柱管狭窄を示す台地型の骨化パターンでは広範囲に脊柱管を拡大する椎弓形成術は理にかなっているが、局所的な脊髄圧迫を示す山型の骨化パターンでは、椎弓形成術では除圧効果が得にくい可能性がある。また、山型の骨化パターンを単純 X 線像で観察すると、成熟した骨化に比べ淡くわかりにくい骨化で、断層撮影や CT ではっきりする骨化が多いのも興味深い。何らかの局所因子により急激に増大する可能性のある未熟な骨化と考えられる¹¹⁾。

頸椎矢状面アライメントの変化も椎弓形成術の成績不良に大きく影響していた。椎弓形成術後に頸椎アライメントが前弯型から直線型に変化した 8 例中 5 例が可あるいは不可の成績判定で(8 例の平均改善率は 38%)、術後に後弯位に悪化した 4 例中 3 例の術後成績判定は不可であった(4 例の平均改善率は 21%)。椎弓形成術後に頸椎アライメントが変化した 12 例中 6 例および後弯位に悪化した 4 例中 3 例では C2 から C7 まで椎弓が拡大されており、C2 までの除圧延長が頸椎アライメント変化に関与した可能性がある²⁵⁾。また、術後の頸椎アライメント変化は頸椎の局所的不安定性を意味し重要である。術前すでに頸椎後弯を認めるか圧迫レベルで椎間可動性が大きければ、Matsunaga ら^{20,21)}が報告しているように動的因子が術後成績に影響する可能性がある。このような症例は固定効果を予測できない椎弓形成術では限界があり、固定術を選択するほうが有利と考えられる¹⁷⁾。今後どの程度の後弯や椎間可動性であれば前方固定術を選択すべきなのか、あるいは後方除圧に後方固定を追加すれば成績向上につながるかなどの検討が必要と考えている。

骨化占拠率 60% 以上の大きい骨化も前述のように椎弓形成術の限界と考えられるが、今回の重回帰分析では有意な因子として捉えることができなかった。骨化占拠率だけに着目すれば成績に有意差を認め、他の因子を含めた解析で有意にならなかったのは、解析方法の問題なのか今後の検討を要する。しかし、占拠率 60% 以上の大きな骨化

症でも、前方法を選択すればさらなる神経症状の改善を期待できるのは事実で、脊髄の可塑性が残存していると判断できる^{16,17)}。

一方、椎弓形成術で成績に影響した骨化占拠率・骨化パターン・頸椎アライメントは前方法では成績に影響しなかった。

3. 頸椎 OPLL に対する術式選択：椎弓形成術 vs 前方除圧固定術

今回の結果から、1)骨化占拠率<60%、2)台地型の矢状面骨化パターンの特徴を有する症例では、椎弓形成術が有効で安全な術式と考えられる¹⁶⁾。しかし、椎弓形成術のひとつの限界は脊髄腹側に骨化が残存しており、その骨化は術後に伸展する可能性があることである。椎弓形成術後に骨化が伸展する可能性はおよそ 70%あり、その可能性は連続型と混合型の骨化形態、および若年者(<59 歳)で高い^{2,9,19)}。大きな骨化が脊髄腹側に残存すれば、術後骨化が少しでも伸展するか、頸椎アライメントが後弯位に変化すると脊髄の除圧が維持できなくなる¹⁶⁾。

一方、骨化占拠率 60% 以上の大きな骨化に対する前方法は椎弓形成術に比して良好な成績が獲得できた。したがって、若年者で骨化伸展の可能性が高い骨化形態(連続型や混合型)や山型で占拠率の大きな骨化症では前方法が良い選択肢となりうる。しかし、前方法の問題は手術合併症である^{3,23)}。骨化靱帯を摘出しようとするれば硬膜骨化や硬膜外からの出血に悩まされ除圧不足や脊髄損傷などの合併症が危惧されるため、われわれは骨化靱帯の摘出に固執せず、より安全な術式として山浦ら^{30,31)}が報告してきた骨化浮上術を選択してきた。

Shinomiya ら²³⁾によると、前方法での手術合併症は髄液瘻、移植骨の脱転や偽関節などが 23%に認められ、12.5%に再手術を要したと報告している。また、Epstein³⁾によると、頸椎 OPLL に対する前方法では 15%の症例で偽関節による再手術を要したと報告している。今回の前方法 27 例でも、移植骨に関連した合併症は 15%に起こっており、26%の症例に何らかの頸椎追加手術を要している。移植骨に関連した合併症は、Ikenaga ら⁶⁾の