

		Postoperative Back Pain			
		severe	moderate	mild	none
Preoperative Back Pain	severe			1	2
	moderate			2	7
	mild				2
	none				

Fig. 2 Preoperative and postoperative back pain grade

		Postoperative Neurological Status						
		A	B	C	D1	D2	D3	E
Preoperative Neurological Status	A							
	B							
	C					2		3
	D1							6
	D2						1	1
	D3							1
	E							

Fig. 3 Preoperative and postoperative neurological status using the modified Frankel grading system

Of the five patients with Frankel grade C, two improved to grade D2 and 3 to grade E. Of the two patients with Frankel grade D2, one improved to grade D3 and the other to grade E. In seven patients with Frankel grade D1 and D3, all improved to grade E. Although all patients preoperatively had gait disturbance, all of them could walk with or without a cane at the latest follow-up. In all six patients with bladder dysfunction, their urinary symptoms were relieved after surgery.

Case presentation

Case 6

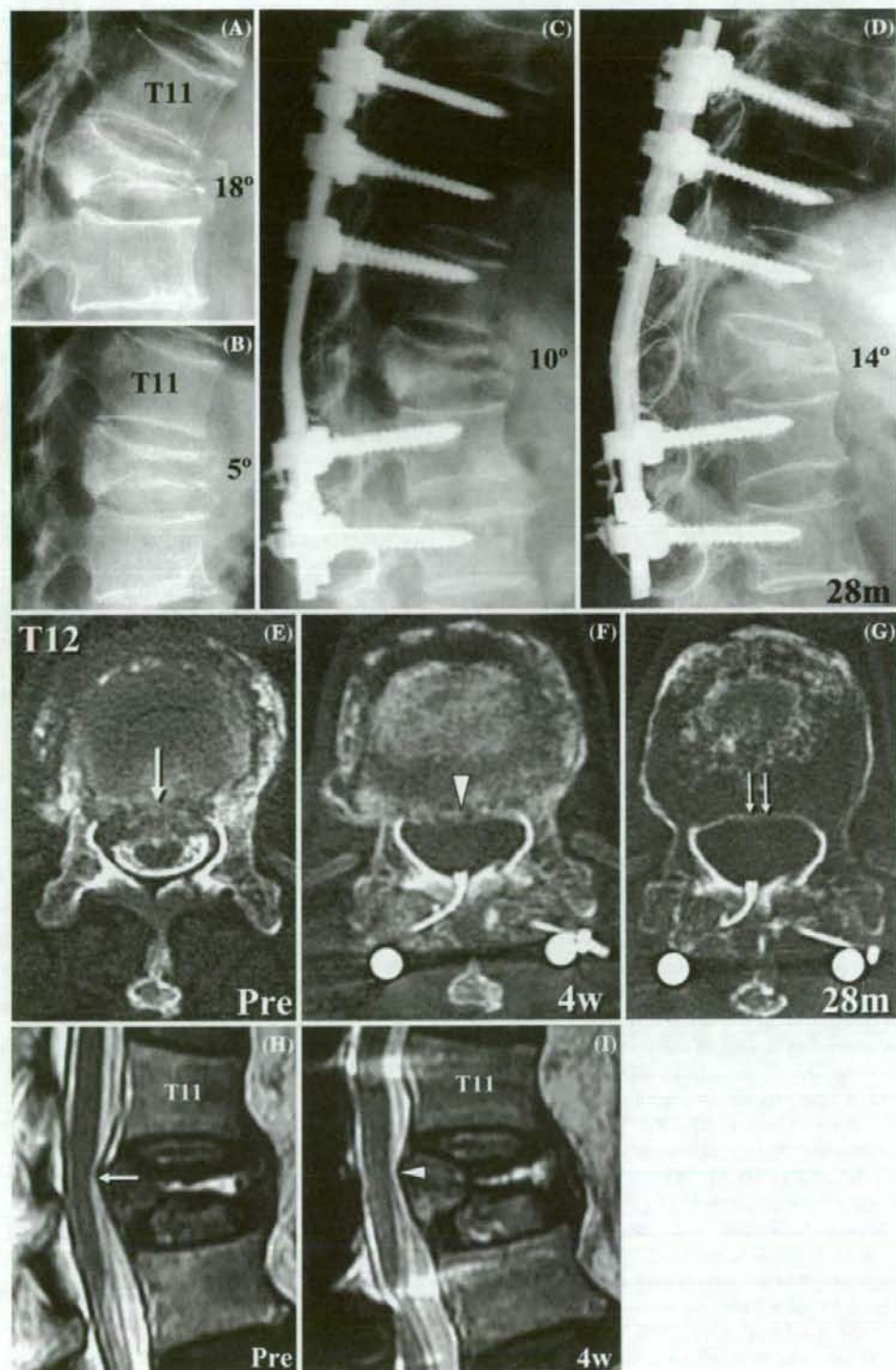
An 83-year-old woman suffered back pain after falling down at home, and then muscle weakness of her legs and bladder dysfunction gradually developed. When she was

admitted to our institute 2 months after the onset of her symptoms, she was unable to walk independently. She had moderate back pain, and neurological deficits of modified Frankel grade C. Flexion and extension radiographs showed dynamic mobility of T12 vertebral collapse (Fig. 4a, b). CT-myelogram and MRI images revealed retropulsed bone fragments in the spinal canal, which impinged the spinal cord anteriorly (Fig. 4e, h, arrow). The spinal canal occupation was 27%. Posterior instrumented fusion was performed from T9 to L2 without decompression of the spinal cord. Local kyphosis was corrected to 10° just after surgery and 14° at the final follow-up (28 months after surgery; Fig. 4c, d). Four weeks after surgery, resorption of the bone fragments had already begun and anterior compression of the spinal cord was reduced (Fig. 4f, i, arrowhead). Further remodeling of the spinal canal had occurred, and no residual spinal canal stenosis was noted at the latest follow-up of 28 months after surgery (Fig. 4g, double arrow). At this stage, solid union of T12 vertebral body was achieved, without any implant-related complications. At the final follow-up, neurological deficit was completely recovered to grade E.

Discussion

The present results demonstrate that the main factor causing delayed neurological deficits following vertebral collapse in the osteoporotic thoracolumbar spine is instability of the spinal column at the fracture site rather than mechanical compression of the spinal cord by the bone fragments. In this series, all 14 patients possessed marked instability at the fractured vertebra, and the posterior spinal fusion obtained bony fusion and spinal stability that resulted in apparent neurological improvement even without any decompressive procedures.

Various operative procedures have been reported to be successful in effecting neurological improvement in patients with neurological deficits due to osteoporotic vertebral collapse. Kaneda et al. [7] and Uchida et al. [19] emphasized the importance of anterior decompression and reconstruction with use of anterior instrumentation, but implant-related complications and pseudoarthrosis occurred in some patients because of the poor bone quality. Other investigators have insisted that anterior decompression and fusion should not be used alone, recommending additional posterior reinforcement to increase the rate of arthrodesis [10, 12]. An anterior approach is considered to increase the risk of injury to the chest or abdomen, which might be especially hazardous in elderly patients. In contrast, Shikata et al. [15] and Kim et al. [8] performed posterolateral decompression and posterior reconstruction using the posterior egg-shell procedure. Recently, posterior



◀ **Fig. 4** Preoperative flexion (a) and extension (b) radiographs of an 83-year-old woman with T12 osteoporotic vertebral collapse (case 6) demonstrates marked instability at T12. **c** Immediately after surgery, the local kyphosis was corrected to 10°. **d** At the final follow-up of 28 months after surgery, bone union of T12 vertebral body was achieved and local kyphosis was 14°. Preoperative CT-myelogram (e) shows retropulsed bone fragments (arrow). A CT image at 4 weeks after surgery shows the resorption of the bone fragments (f, arrowhead). A CT image at 28 months after surgery shows that remodeling of the spinal canal has progressed (g, double arrow). T2-weighted midsagittal MRI images show that the anterior impingement of the spinal cord was present before surgery (h, arrow), but it was reduced at 4 weeks after surgery (i, arrowhead)

closing wedge osteotomy including posterior spinal shortening has been performed for both neural decompression and correction of kyphotic deformity [14, 16]. Although posterior procedures offer better kyphosis correction compared with anterior procedures, they have the risk of neural tissue damage, such as dural tear and spinal cord kinking due to shortening of the spinal column. Furthermore, a problem remains that the strength of the implant fixation in osteoporotic bone is not sufficient for reconstruction of a spine with marked instability. Laminectomy and resection of all posterolateral components including the pedicle may highly destabilize the spinal column in this unstable condition. Actually, previous reports on the spinal shortening described 15–58% rate of implant failure. In the present study, we first reported that posterior instrumented fusion alone allowed apparent neurological recovery of patients with neurological deficits following osteoporotic vertebral collapse. We believe that our procedure has a number of advantages. The simple posterior fixation without neural decompression is not only technically undemanding, but also much safer, because the risks of the anterior approach and potential damage to neural tissue from the posterolateral decompressive procedure can be avoided. In addition, the posterior elements of the spine important for maintaining spinal stability in this condition are preserved. This also provides enough space for bone grafting on the lamina of the affected vertebra. Thus, solid bony fusion and stabilization of the spinal column can be achieved.

Risks of implant failure are significant when instrumentation surgery is used to treat the osteoporotic spine. Several authors have suggested that correction of kyphotic deformity and restoration of anatomic alignment may reduce instrumentation failure [4, 14, 16]. However, the interface between the implant and osteoporotic bone may not be mechanically able to support the spinal column. In elderly patients whose thoracolumbar kyphosis was extensively corrected without any anterior support, flexion moment during standing or sitting may produce a posteriorly directed force that pulls out the implant. In this series,

we did not apply any correction force to the implants. Thus no intraoperative procedure to correct kyphosis was conducted, and excessive kyphosis correction was thereby avoided. We performed fixation of the spinal column in the alignment achieved by posture reduction. Consequently, no implant dislodgement was found, and no additional operation was required. We found that local kyphosis angle was corrected to 5.8° just after surgery and correction loss was 9.9° at the final follow-up, which was comparable to the correction in the previous reports on anterior decompression and reconstruction [7, 19]. Although subsequent vertebral fractures were found after surgery in 50% of the present cases, they were well managed conservatively and no junctional kyphosis developed. No patients in the current study complained of residual back pain or any difficulty in activities of daily living at final follow-up. Thus, it is suggested that extensive correction of kyphotic deformity has few advantages in elderly patients with osteoporosis.

In conclusion, this study introduces the concept that incomplete neurological deficits following vertebral collapse in the osteoporotic thoracolumbar spine are mainly caused by instability of the fractured vertebra rather than neural compression. Although this series is relatively small, current results indicate that posterior instrumented fusion without neural decompression can provide significant neurological improvement and relief of back pain without major complications. We suggest that neural decompression of the spinal cord is not necessary for the treatment of neurological impairment in patients with osteoporotic vertebral collapse with dynamic mobility.

References

- Arciero RA, Leung KYK, Pierce JH (1989) Spontaneous unstable burst fracture of the thoracolumbar spine in osteoporosis. *Spine* 14:114–117. doi:10.1097/00007632-19891000-00024
- Ataka H, Tanno T, Nemoto T et al (2004) Delayed neurologic deficit resulting from instability after osteoporotic vertebral fracture in the thoracolumbar spine: report of two cases. *Rinsho Seikei Geka* 39:851–856. *Clinical Orthopaedic Surgery*
- Bradford DS, McBride GG (1987) Surgical management of thoracolumbar spine fractures with incomplete neurologic deficits. *Clin Orthop Relat Res* 218:201–216
- Chang KW, Chen YY, Lin CC et al (2005) Apical lordosating osteotomy and minimal segment fixation for the treatment of thoracic or thoracolumbar osteoporotic kyphosis. *Spine* 30:1674–1681. doi:10.1097/01.brs.0000170450.77554.bc
- Dai LY (2001) Remodeling of the spinal canal after thoracolumbar burst fractures. *Clin Orthop Relat Res* 382:119–123. doi:10.1097/00003086-200101000-00018
- Fidler NW (1988) Remodeling of the spinal canal after burst fracture. *J Bone Joint Surg Br* 70:730–732
- Kaneda K, Asano S, Hashimoto T et al (1992) The treatment of osteoporotic posttraumatic vertebral collapse using the Kaneda

- device and a bioactive ceramic vertebral prosthesis. *Spine* 17:S295–S303. doi:10.1097/00007632-199208001-00015
8. Kim KT, Suk KS, Kim JM et al (2003) Delayed vertebral collapse with neurological deficits secondary to osteoporosis. *Int Orthop* 27:65–69
 9. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH et al (2007) Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis after 3 different types of posterior segmental spinal instrumentation and fusions: incidence and risk factor analysis of 410 cases. *Spine* 32:2731–2738. doi:10.1097/BRS.0b013e318074c3ce
 10. Malcom BW, Bradford DS, Winter RB et al (1981) Post-traumatic kyphosis: a review of forty-eight surgically treated patients. *J Bone Joint Surg Am* 63:891–899
 11. Mamada T, Iijima T (2005) Conservative treatment for paraplegia resulting from vertebral fractures in senile osteoporosis. *Seikei Geka* 56:1367–1371. *Orthop Surg*
 12. McAfee PC, Bohlman HH, Yuan HA (1985) Anterior decompression of traumatic thoracolumbar fractures with incomplete neurological deficit using a retroperitoneal approach. *J Bone Joint Surg Am* 67:89–104
 13. Mochida J, Toh E, Chiba M et al (2001) Treatment of osteoporotic late collapse of a vertebral body of thoracic and lumbar spine. *J Spinal Disord* 14:393–398. doi:10.1097/00002517-200110000-00004
 14. Saita K, Hoshino Y, Kikkawa I et al (2000) Posterior spinal shortening for paraplegia after vertebral collapse caused by osteoporosis. *Spine* 25:2832–2835
 15. Shikata J, Yamamuro T, Iida H et al (1990) Surgical treatment for paraplegia resulting from vertebral fractures in senile osteoporosis. *Spine* 15:485–489. doi:10.1097/00007632-199006000-00010
 16. Suk SI, Kim JH, Lee JH et al (2003) Anterior-posterior surgery versus posterior closing wedge osteotomy in posttraumatic kyphosis with neurologic compromised osteoporotic fracture. *Spine* 28:2170–2175. doi:10.1097/01.BRS.0000090889.45158.5A
 17. Sutherland CJ, Miller F, Wang GJ (1983) Early progressive kyphosis following compression fractures: two case reports from a series of “stable” thoracolumbar compression fractures. *Clin Orthop Relat Res* 173:216–220
 18. Tanaka S, Kubota M, Fujimoto Y et al (1993) Conus medullaris syndrome secondary to an L1 burst fracture in osteoporosis. *Spine* 18:2131–2134. doi:10.1097/00007632-199310001-00034
 19. Uchida K, Kobayashi S, Nakajima H et al (2006) Anterior expandable strut cage replacement for osteoporotic thoracolumbar vertebral collapse. *J Neurosurg Spine* 4:454–462. doi:10.3171/spi.2006.4.6.454

Technical Note

C1 dome-like laminotomy and posterior C1–C2 polyaxial screw-rod fixation for a patient with cervical myelopathy due to a retro-odontoid pseudotumor

Masashi Yamazaki*, Akihiko Okawa, Chikato Mannoji, Ryo Kadota, Tomohiro Miyashita, Masao Koda

Spine Section, Department of Orthopaedic Surgery, Chiba University Graduate School of Medicine, 1-8-1 Inohana, Chuo-ku, Chiba 260-8677, Japan

Received 19 December 2007; accepted 21 January 2008

Abstract

A 49-year-old man presented with progressive cervical myelopathy caused by a retro-odontoid mass, with associated developmental canal stenosis at C1, and C1–C2 instability. Surgery was scheduled for a dome-like laminotomy at C1, posterior C1–C2 fixation using C1 lateral mass screws and C2 pedicle screws, and structural bone grafting between C1 and C2. Prior to surgery, we produced a 3-dimensional full-scale model of the patient's cervical spine and performed a simulation of the scheduled surgery. Through the simulation, we accurately evaluated the laminotomy sites and the screw insertion points. During the actual surgery, all procedures were successful. After surgery, the patient's neurological deficits markedly improved. Successful C1–C2 fusion, adequate decompression of the spinal cord, and spontaneous regression of the retro-odontoid mass were achieved by this procedure without any apparent restriction in neck movement. © 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Retro-odontoid pseudotumor; Atlantoaxial fixation; Laminotomy; Surgical simulation; Three-dimensional full-scale model

1. Introduction

Non-traumatic cervical myelopathy caused by retro-odontoid pseudotumor that is unassociated with rheumatoid arthritis is uncommon.^{1–7} When spinal cord impingement by the retro-odontoid mass and the C1 posterior arch persists after reduction of the C1–C2 joint, most surgeons will select C1 laminectomy and occipito-cervical posterior fusion.^{2,4,6,7} In most cases, myelopathy subsequently improves, together with spontaneous regression of the retro-odontoid mass, following this procedure. However, many patients experience a restricted range of neck movement after posterior occipito-cervical fusion.^{8,9}

Recently, posterior C1–C2 fusion with a polyaxial screw-rod system has been used for C1–C2 subluxation.¹⁰ However, the applicability of this approach to patients who need

decompression of the spinal cord at the C1 level is uncertain because of the limited surface area for bone grafting at C1 following laminectomy. Although Harms and Melcher described a technique of intra-articular bone grafting after decorticating the C1–C2 joints,¹⁰ there is a risk of significant bleeding from the venous plexus around the C1–C2 joints. We describe a surgical technique of dome-like laminotomy of C1 combined with posterior C1–C2 fixation using a polyaxial screw-rod system in a patient with cervical myelopathy due to a retro-odontoid pseudotumor. We were able to decompress the spinal cord while preserving sufficient surface area at C1 to allow for a bone graft.

2. Materials and results

2.1. Clinical profile

A 49-year-old man was admitted to our hospital with a 5-month history of sensory and motor disturbances of the

* Corresponding author. Tel.: +81 43 226 2117; fax: +81 43 226 2116.
E-mail address: masashiy@faculty.chiba-u.jp (M. Yamazaki).

upper and lower extremities. On admission, the patient exhibited bilateral clumsiness in the hands and had difficulty fastening cuff buttons. His gait was spastic and he needed support when walking up or down stairs. The patient also demonstrated urinary retardation and pollakiuria and had sensory losses on the trunk and upper and lower extremities, exhibiting grade 7–8 hypalgesia. Both Achilles tendons were hyper-reflexic, and transient ankle clonus was present bilaterally. The Babinski sign was negative. The patient complained of severe neck pain upon cervical extension. The patient had a normal stature with no sign of congenital skeletal anomalies. No evidence of previous trauma or rheumatoid arthritis was observed.

2.2. Radiological findings

A plain lateral radiograph showed that the space available for the spinal cord (SAC) at C1 was 14 mm; the atlanto-dental interval (ADI) was 2 mm. Flexion and extension radiographs showed that SAC and ADI were 12 mm and 4 mm versus 15 mm and 1 mm, respectively. Mild to moderate spondylotic changes were observed in the subaxial cervical spine. Mid-sagittal T1-weighted and T2-weighted MRIs showed compression of the spinal cord posteriorly by the C1 posterior arch (Figs. 1A, B, arrows), accompanied by an intramedullary T2-weighted hyperintense lesion in the posterior column of the spinal cord slightly below the posterior arch of C1. MRI also showed a retro-odontoid mass compressing the spinal cord anteriorly (Figs. 1A, B, arrowheads). The retro-odontoid mass had an intermediate intensity on T1-weighted MRI (Fig. 1A) and low intensity on T2-weighted MRI (Fig. 1B).

Extension and flexion ascending myelograms did not show any apparent block of contrast media at C1. A recon-

structed mid-sagittal CT myelogram, however, showed that the spinal cord was pinched by the C1 posterior arch (Fig. 1C, arrow) and by the mass lesion behind the dens (Fig. 1C, arrowhead). A three-dimensional (3-D) CT angiogram showed that both vertebral arteries had normal anatomy at the C1 and C2 levels (Fig. 2A).

2.3. Surgical simulation

The surgical procedure we initially planned consisted of a dome-like laminotomy of the C1 posterior arch in conjunction with posterior C1–C2 fusion using polyaxial screw-rod fixation. To evaluate the anatomical structural details of the patient's craniovertebral junction (CVJ), we created a 3-D full-scale model of the CVJ from the patient's CT scan data using a rapid prototyping technique (Figs. 2B, C). This model clearly showed the morphology of the C1 posterior arch and the C2 lamina.

Prior to surgery, we performed a simulation using the model. First, we identified the insertion points of the C1 lateral mass screws and C2 pedicle screws on the model (Fig. 2B). By comparing the 3-D CT angiography image (Fig. 2A) with the 3-D full-scale model (Fig. 2B), we could better understand the anatomy of the vertebral arteries and the C1 posterior arch as they related to each other. This information enabled us to determine the appropriate insertion points. After we inserted the screws, C1–C2 fixation was performed using a polyaxial screw-rod system (Fig. 2C). We initially attempted dome-like laminotomy of the caudal portion of the C1 posterior arch alone, but discovered that we would also have to excise the cranial portion of the C2 lamina in order to successfully complete the C1 laminotomy. Thus we decided to perform dome-like laminotomy not only at the C1 posterior arch



Fig. 1. Mid-sagittal (A) T1-weighted and (B) T2-weighted MRIs, showing compression of the spinal cord posteriorly (arrows) and anteriorly (arrowheads) at C1. The T2-weighted MRI shows an intramedullary hyperintense lesion in the posterior column of the spinal cord slightly below the posterior arch of C1. (C) A mid-sagittal reconstructed image of a CT myelogram showing posterior compression of the spinal cord by the C1 posterior arch (arrow) and anterior compression of the cord by the mass lesion behind the dens (arrowhead).

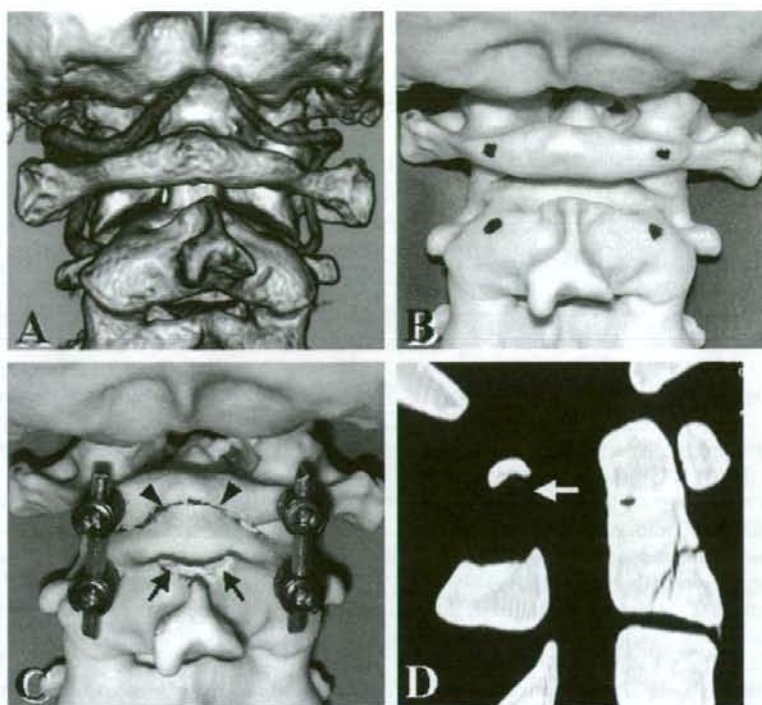


Fig. 2. (A) Posterior three-dimensional (3-D) CT angiogram showing the anatomy of the vertebral arteries and the C1 posterior arch in relation to each other. (B, C) A 3-D full-scale model of the cervical spine produced using the patient's CT scan data, which we used to perform a simulation of the planned surgery. (B) On the model, the insertion points of the C1 lateral mass screws and C2 pedicle screws were marked with black ink. (C) After we inserted the screws, C1–C2 fixation was performed with the polyaxial screw-rod system. Dome-like laminotomy was performed at the caudal portion of the C1 posterior arch (arrowheads) and the cranial portion of the C2 lamina (arrows). (D) This midsagittal reconstructed CT scan demonstrates the results of the surgical simulation performed on the 3-D full-scale model, indicating that excision of the caudal portion of the C1 posterior arch was appropriately performed (arrow). This figure can be viewed in colour on ScienceDirect at www.sciencedirect.com.

(Fig. 2C, arrowheads) but also at the C2 lamina (Fig. 2C, arrows).

We analyzed the results of the surgical simulation using CT scans. The CT scans from the model indicated that

excision of the caudal portion of the C1 posterior arch had been appropriately performed (Fig. 2D, arrow) and that the screw trajectories at C1 and C2 had been properly positioned.

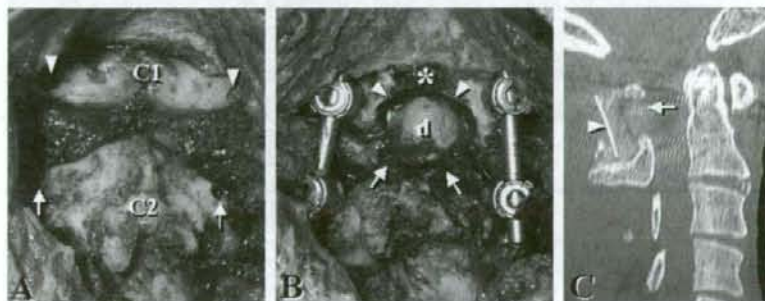


Fig. 3. Intraoperative photographs showing key points in the surgery. (A) After exposure of the C1 posterior arch and C2 lamina, we made insertion holes for the screws with an air drill at C1 (arrowheads) and C2 (arrows). (B) C1–C2 fixation was performed using a polyaxial screw-rod system, and then dome-like laminotomy was performed at the caudal portion of C1 (arrowheads) and the cranial portion of C2 (arrows). The asterisk indicates the remaining cranial portion of C1. (C) A mid-sagittal CT scan of the reconstruction 1 week after surgery shows that the dome-like laminotomy was accomplished successfully at C1 (arrow) and that the autograft from the iliac crest was appropriately positioned over the remaining portions of C1 and C2 (arrowhead). d = dura mater. This figure can be viewed in colour on ScienceDirect at www.sciencedirect.com.

2.4. Operation

During the surgery, we exposed the C1 posterior arch and C2 lamina using a posterior approach and made insertion holes for the screws with an air drill at C1 (Fig. 3A, arrowheads) and C2 (Fig. 3A, arrows). After inserting the C1 lateral mass screws and C2 pedicle screws, we performed C1–C2 fixation using a polyaxial screw-rod system, and we then performed dome-like laminotomy at the caudal portion of C1 (Fig. 3B, arrowheads) and the cranial portion of C2 (Fig. 3B, arrows). Utilizing the results of the surgical simulation, we could correctly locate the insertion points for the screws and the excision areas of C1 and C2. Decompression of the spinal cord was confirmed by intraoperative ultrasonography. A strut bone was harvested from the left iliac crest and grafted between the remaining cranial portions of the C1 posterior arch (Fig. 3B, asterisk) and the C2 lamina.

2.5. Post-operative course

After surgery, the patient did not require cervical orthosis. CT images obtained one week post-surgery showed that the dome-like laminotomy was accomplished successfully at C1 (Fig. 3C, arrow) and that the autograft from the iliac crest was appropriately positioned over the remaining portions of C1 and C2 (Fig. 3C, arrowhead). The CT scans also showed that the C1 lateral mass screws were positioned properly. Post-operatively, the patient experienced relief from myelopathy and returned to work 1 month after surgery. At his 1-year follow-up, the patient's neurologic deficits were markedly improved, and the patient described no restriction of neck movement. Post-operative cervical radiographs showed successful C1–C2 fusion with the instrumentation system and grafted bone from the iliac

crest (Fig. 4A). MRI performed 1 year after surgery demonstrated adequate decompression of the spinal cord at C1 (Figs. 4B, C), and regression of the retro-odontoid mass (Figs. 4B, C, arrowheads).

3. Discussion

Previous investigations of the pathogenesis of retro-odontoid pseudotumors have found that decreased range of motion at the lower cervical levels may increase the mechanical stress at the C1–C2 facet, resulting in the formation of fibrous granulation tissue or a fibrocartilagenous mass behind the dens, usually in association with C1–C2 subluxation.^{1,5,6} Our patient had no history of trauma and no evidence of rheumatoid arthritis, but spondylotic changes were observed in the lower cervical spine, and slight instability at C1–C2 was seen. These findings suggest that the pathogenic mechanism described above may have been responsible for the development of the retro-odontoid mass in the present case.

Previous reports have shown that the normal sagittal canal diameter (corresponding to SAC) at the level of C1 is 16 mm to 20 mm in Asians.^{11–13} In the present case, the C1–C2 subluxation was reduced at the neutral position of the patient's cervical spine; the SAC at C1 in this position was 14 mm, indicating the presence of developmental canal stenosis at C1. In addition, because of a retro-odontoid pseudotumor, spinal cord impingement by the retro-odontoid mass and the C1 posterior arch persisted even after the C1–C2 alignment was reduced.

In patients with myelopathy due to a retro-odontoid pseudotumor, elimination of spinal cord impingement following reduction of the C1–C2 joint is generally considered an indication for C1–C2 fixation using C1–C2 transarticular screws.^{3,13} However, in patients whose spinal cord

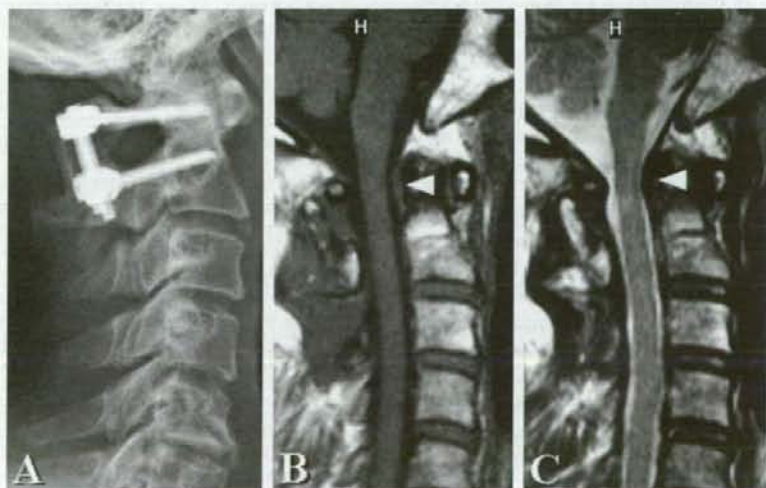


Fig. 4. (A) Plain lateral radiograph obtained 1 year after surgery, showing successful C1–C2 fusion with the instrumentation system and grafted bone from the iliac crest. Mid-sagittal (B) T1-weighted and (C) T2-weighted MRIs obtained 1 year after surgery showing adequate decompression of the spinal cord at C1 and regression of the retro-odontoid mass (arrowheads).

impingement persists following reduction of the C1–C2 joint, C1 laminectomy and occipito-cervical posterior fusion has been the standard treatment procedure.^{2,4,6,7} Both procedures bring about satisfactory neurological recovery and spontaneous regression of the post-odontoid mass.^{2–5,7,8} However, biomechanical analyses have shown that the range of neck movement post-operatively is more restricted after posterior occipito-cervical fusion than after posterior C1–C2 fixation.^{8,14} In the present case, we recognized that decompression of the spinal cord at C1 and stabilization of C1–C2 was necessary to improve symptoms. Had we followed conventional wisdom, we would have selected C1 laminectomy and occipito-cervical posterior fusion as the surgical procedure. However, in order to minimize post-operative restriction of our patient's neck movement, we decided to investigate whether we could perform C1–C2 fixation.

To obtain sufficient stability with posterior C1–C2 fixation using C1–C2 transarticular screws, the fixation must be combined with structural bone grafting using wires or cables, for example the Brooks method.^{15,16} However, we could not use C1–C2 transarticular screws because they require an intact C1 posterior arch. In addition, insertion of wires or cables under a hypoplastic C1 posterior arch entails the risk of spinal cord injury. Recently, several authors have reported satisfactory clinical results from C1–C2 fixation techniques using C1 lateral mass screws and C2 pedicle screws. Goel et al. reported on a screw-plate system,¹⁷ Harms et al. described a polyaxial screw-rod system,¹⁰ and Tan et al. discussed the possibility of inserting C1 lateral mass screws via the C1 posterior arch.¹⁸ One advantage of C1–C2 fixation with C1 lateral mass screws and C2 pedicle screws is that insertion of wires or cables under the C1 posterior arch is not necessary for stable fixation. In the present case, we initially planned to perform C1 dome-like laminotomy in conjunction with posterior C1–C2 polyaxial screw-rod fixation using C1 lateral mass screws (Tan's method) and C2 pedicle screws. With this procedure, we expected to be able to decompress the spinal cord at the C1 level while preserving sufficient surface area at C1 for bone grafting. Since we were unaware of any previous reports describing this particular technique, we created a 3-D full-scale model of our patient's cervical spine before the surgery and performed a simulation of the scheduled surgery on this model.

3-D full-scale modeling via the rapid prototyping technique is being increasingly used in surgical planning. In spine surgery, previous reports have demonstrated the usefulness of 3-D full-scale modeling for aiding morphological assessment and intraoperative navigation in surgeries for complex spinal deformities, congenital skeletal anomalies and spine tumors.^{19,20} Surgical simulation using the 3-D full-scale model enabled us to evaluate the details of the bony structures of the C1 posterior arch compressing the spinal cord and to pinpoint the bone excision site at C1. By this simulation, we determined that excision of the cranial part of the C2 lamina would also be necessary to successfully perform the dome-like C1 laminotomy. In

addition, we accurately located the screw insertion points at C1 and C2. During the actual surgery, we accurately accomplished dome-like laminotomy of C1, created a structural bone graft between the remaining cranial portion of the C1 posterior arch and the C2 lamina, and performed rigid C1–C2 fixation using C1 lateral mass screws and C2 pedicle screws. Consequently, excellent neurological improvement and spontaneous regression of the retro-odontoid mass were obtained after surgery without any apparent restriction of the patient's neck movement.

References

- Sze G, Brant-Zawadzki MN, Wilson CR, et al. Pseudotumor of the craniovertebral junction associated with chronic subluxation: MR imaging studies. *Radiology* 1986;161:391–4.
- Yamashita K, Aoki Y, Hiroshima K. Myelopathy due to hypoplasia of the atlas: a case report. *Clin Orthop Relat Res* 1997;338:90–3.
- Jun BY. Complete reduction of retro-odontoid soft tissue mass in os odontoideum following the posterior C1–C2 transarticular screw fixation. *Spine* 1999;24:1961–4.
- Isono M, Ishii K, Kamida T, et al. Retro-odontoid soft tissue mass associated with atlantoaxial subluxation in an elderly patient: a case report. *Surg Neurol* 2001;55:223–7.
- Jun BY, Yoon KJ, Crookard A. Retro-odontoid pseudotumor in diffuse idiopathic skeletal hyperostosis. *Spine* 2002;27:E266–70.
- Matsumoto T, Takada S, Tsujimoto K, et al. Enlarging retro-odontoid pseudotumor after expanding cervical laminoplasty in the presence of kyphosis. *Spine J* 2006;6:228–32.
- Yamaguchi I, Shibuya S, Arima N, et al. Remarkable reduction or disappearance of retroodontoid pseudotumors after occipitocervical fusion: report of three cases. *J Neurosurg Spine* 2006;5:156–60.
- Dvorak MF, Sekeramayi F, Zhu Q, et al. Anterior occiput to axis screw fixation: part II: a biomechanical comparison with posterior fixation techniques. *Spine* 2003;28:239–45.
- Wills BP, Jencikova-Celerin L, Dormans JP. Cervical spine range of motion in children with posterior occipitocervical arthrodesis. *J Pediatr Orthop* 2006;26:753–7.
- Harms J, Melcher RP. Posterior C1–C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine* 2001;26:2467–71.
- Tokiyoshi K, Nakagawa H, Kadota T. Spinal canal stenosis at the level of the atlas: case report. *Surg Neurol* 1994;41:238–40.
- Sawada H, Akiguchi I, Fukuyama H, et al. Marked canal stenosis at the level of the atlas. *Neuroradiology* 1989;31:346–8.
- Lu K, Lee TC. Spontaneous regression of periodontoid pannus mass in psoriatic atlantoaxial subluxation: case report. *Spine* 1999;24:578–81.
- White AA 3rd, Panjabi MM. The clinical biomechanics of the occipitoatlantoaxial complex. *Orthop Clin North Am* 1978;9:867–78.
- Magerl F, Seeman PS. Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. In: Kehr P, Wedner A, editors. *Cervical Spine*, Vol. 1. New York, NY: Springer-Verlag; 1987. p. 322–7.
- Brooks AL, Jenkins EB. Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method. *J Bone Joint Surg Am* 1978;60:279–84.
- Goel A, Laheri V. Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. *Acta Neurochir (Wien)* 1994;129:47–53.
- Tan M, Wang H, Wang Y, et al. Morphometric evaluation of screw fixation in atlas via posterior arch and lateral mass. *Spine* 2003;28:888–95.
- Yamazaki M, Akazawa T, Koda M, et al. Surgical simulation of instrumented posterior occipitocervical fusion in a child with congenital skeletal anomaly: case report. *Spine* 2006;31:E590–4.
- Yamazaki M, Akazawa T, Okawa A, et al. Usefulness of three-dimensional full-scale modeling of surgery for a giant cell tumor of the cervical spine. *Spinal Cord* 2007;45:250–3.



胸椎後縦靱帯骨化症に対する術式別の手術成績

——特に後方除圧固定術の適応について¹⁾

山崎 正志*

原 題

Yamazaki M, Mochizuki M, Ikeda Y et al : Clinical results of surgery for thoracic myelopathy due to ossification of the posterior longitudinal ligament; operative indication of posterior decompression with instrumented fusion. Spine 31 : 1452-1460, 2006

[整形外科 59 巻 4 号 : 435~438, 2008]

【要 旨】

目 的：胸椎後縦靱帯骨化（胸椎 OPLL）による脊髄症に対する手術例について、術式別の成績を比較・検討した。

方 法：手術的治療を行った胸椎 OPLL 症例 51 例を対象とした。術式を 3 群に分類し、後方除圧群（18 例）、骨化摘出群（16 例）、後方除圧固定群（17 例）とした。術後成績は日整会頸髄症治療成績判定基準から上肢点数を除いた 11 点満点で評価し、術後 1 年および最終調査時の改善率を算出した。

結 果：最終調査時の平均改善率は、後方除圧群で 41.9%、骨化摘出群で 62.1%、後方除圧固定群で 59.3%であった。術後早期の麻痺を後方除圧群の 3 例、骨化摘出群の 3 例で認めた。骨化摘出群では、髄液漏を 8 例、胸水貯留を 2 例で認めた。後方除圧群では、中長期的な成績低下を 7 例で認めた。後方除圧固定群では術後早期の麻痺例はなく、中長期的な成績低下も生じなかった。

結 論：後方除圧固定術では、改善率は比較的良好であり、術後の重篤な合併症のリスクも少ない。術前脊髄高度障害例、骨化摘出が困難な例には有力な選択肢となりうる。

① 研究の背景

胸椎 OPLL に対する手術は、頸椎 OPLL のそれに比して難易度が高い。手術の安全性を向上させるために種々の術式が提唱されているが、術後麻痺の可能性は否定できず、golden standard として誰もが納得できる術式はいまだ確立されていない²⁻⁵⁾。

われわれも 1973 年以降、椎弓切除術、広範囲頸胸椎脊柱管拡大術、前方除圧固定術、後方進入脊髄前方除圧術を症例に応じて選択し施行してきた。この過程で、椎弓切除術後の麻痺の悪化を 2 例で経験した^{6,7)}。この 2 例では後方インストゥルメンテーション固定の追加で麻痺が改善した。この経験からわれわれは、骨化を摘出しなくとも後方インストゥルメンテーション固定を行うことにより、ある程度の症状改善が期待できるのではという仮説を立てた。そして後方除圧固定術（後方インストゥルメンテーション固定併用椎弓切除術）を、術前脊髄高度

障害例、骨化摘出が困難な例に対して行ってきた^{8,9)}。

② 対 象

本論文では、2002 年までに行われた胸椎 OPLL 手術例について、術式別の成績を比較・検討した（表 1）。その結果をもとに今後の術式選択の基準を解析し、特に後方除圧固定術の位置付けについて考察した¹⁾。

③ 結 果

今回の調査の結果、後方除圧固定術の成績は後方除圧術より優れており、骨化摘出術とほぼ同等であった（表 2, 3）。合併症として、椎弓切除術施行後の術後麻痺を 3 例経験した（表 4）。このことより椎弓切除術単独では、術後麻痺を生じる危険性が高いことを認識した。また大塚法での術後麻痺 3 例の経験から、脊髄高度障害例に対しての骨化摘出術が危険であること、さらに危険度の高い例ほど術中脊髄モニタリングが困難になるというジレンマを痛感し

Key words : thoracic myelopathy, OPLL, posterior decompression and fusion

* M. Yamazaki (講師) : 千葉大学整形外科 (Dept. of Orthop. Surg., Chiba University School of Medicine, Chiba).

表 1. 胸椎後縦靭帯骨化症手術例の臨床データ (1973~2002 年, 千葉大) [文献 1 より引用]

	後方除圧	骨化摘出	後方除圧固定
症例数 (術式別内訳)	18 (椎弓切除: 12, 広範囲頸胸椎椎管拡大: 6)	16 (前方除圧固定: 4, 後方進入脊髄前方除圧: 12)	17 (後方インストゥルメンテーション固定併用椎弓切除: 17)
性別			
男	5	5	4
女	13	11	13
手術時年齢 (歳)	53.2 ± 12.4 (38~71)	54.1 ± 7.40 (43~66)	53.2 ± 11.2 (32~74)
術後経過観察期間 (月)	96.9 ± 65.0 (25~233)	82.7 ± 43.6 (35~199)	67.2 ± 41.3 (28~153)

表 2. 胸椎後縦靭帯骨化症手術例の術後成績 (1973~2002 年, 千葉大) [文献 1 より引用]

	後方除圧	骨化摘出	後方除圧固定
日整会点数 (点)*			
術前	3.44 ± 1.16 (2~5)	3.47 ± 1.20 (1.5~5.5)	3.62 ± 1.43 (1~6.5)
術後 1 年	7.69 ± 2.67 (0~11)	7.81 ± 3.66 (0~11)	7.97 ± 2.39 (4~11)
最終調査時	6.53 ± 3.01 (0~11)	7.97 ± 3.62 (0~11)	8.03 ± 2.37 (4~11)
改善率 (%)**			
術後 1 年	56.7 ± 35.0 (-37.5~100)	60.0 ± 41.8 (-25~100)	58.3 ± 30.6 (14~100)
最終調査時	41.9 ± 38.9 (-37.5~100)	62.1 ± 40.9 (-25~100)	59.3 ± 30.1 (21~100)

*日整会頸髄症治療成績判定基準から上肢点数を除いた 11 点満点で評価

**平林法で算出: (術後点数 - 術前点数 / 11 - 術前点数) × 100

表 3. 胸椎後縦靭帯骨化症手術例の最終調査時の成績 (1973~2002 年, 千葉大) [文献 1 より引用]

	後方除圧 (n=18)	骨化摘出 (n=16)	後方除圧固定 (n=17)
優良 (%)	9 (50.0)	13 (81.3)	10 (58.8)
可 (%)	4 (22.2)	0	7 (41.2)
不変 (%)	4 (22.2)	1 (6.3)	0
悪化 (%)	1 (5.6)	2 (12.5)	0

優良: 改善率 50%以上, 可: 改善率 10%以上 50%未満, 不変: 改善率 0%以上 10%未満, 悪化: 改善率 0%未満

た¹⁰⁾, さらに椎弓切除後の麻痺 2 例が後方インストゥルメンテーション固定の追加で改善した経験から, 固定術の有用性を強く認識した。

本研究からわれわれは, 胸椎 OPLL に対する術式選択の基準を以下のように結論した。後方除圧術では, 術直後の麻痺例および術後短期間での麻痺進行例が存在し, 術後, 中・長期的な再悪化の可能性も高い。したがって椎弓切除単独での適応はなく, 原則的にインストゥルメンテーション固定を併用すべきと考える。骨化

摘出術は, 成功例の改善率がきわめて良好であり (表 3), 第一選択とすべき術式である。しかし術前脊髄高度障害例では骨化の摘出にこだわるべきではなく, インストゥルメンテーション固定による制動効果に期待してもよいと考える。後方除圧固定術では改善率は比較的良好であり, 術直後の麻痺例がなく, 中・長期的な再悪化もない。術前脊髄高度障害例, 骨化摘出が困難な例には有力な選択肢となりうる。

表 4. 胸椎後縦靱帯骨化症手術例の術後合併症 (1973~2002年, 千葉大)
[文献1より引用]

	後方除圧 (n=18)	骨化摘出 (n=16)	後方除圧固定 (n=17)
合併症発生例 (%)	10 (55.6)	11 (68.8)	1 (5.89)
早期合併症			
術後神経症状悪化			
持続性 (%)	1 (5.6)	2 (12.5)	0
一過性 (%)	2 (11.1)	1 (6.3)	0
髄液瘻 (%)	1 (5.6)	8 (50.0)	1 (5.9)
胸水貯留 (%)	0	2 (12.5)	0
晩期合併症			
神経症状悪化 (%)	7 (38.9)	0	0

① 考 察

1. 後方除圧固定術の概念——独立した術式として認識すべきか?

われわれは後方除圧固定術を行うにあたり、当初、富田らが報告している脊髄全周除圧術と同じ概念で手術を計画した³⁾。すなわち後方除圧固定術を行ううえでのインフォームド・コンセントでは、初回手術で後方除圧固定術を行い、症状の改善が不十分な場合は前方除圧固定を追加するという説明を行った。しかし2004年までに行った24例の成績を検証した結果、後方除圧固定術単独でほぼ満足すべき成績が得られ、前方からの追加手術を希望した例はなかった¹¹⁾。

後方除圧固定術後、日整会点数がピークに達するまでの期間は平均9.5ヵ月であり、脊髄症状は緩徐に改善した¹²⁾。これは前方からの脊髄圧迫要素、すなわちOPLLが残存していること、およびインストゥルメンテーションによる制動効果で、脊髄が徐々にその機能を回復させるためと考える。後方除圧固定術の術後の改善が不十分な場合は、前方からの骨化摘出を検討すべきであるが、今回の緩徐な神経症状の回復を考慮すると、早期に追加手術を行うべきではなく、術後10ヵ月程度は経過を観察してよいと考える。

術式選択における位置付けに関して当初われわれは、後方除圧固定術を脊髄全周除圧術と同じ概念で認識していた。しかし後方除圧固定術単独でほぼ満足すべき成績が得られ、その成績が中・長期的にも維持されていた。今後は後方除圧固定術を一つの独立した術式として、胸椎

OPLLの治療体系に組み入れることを提唱していきたい。

2. 後方除圧固定術の安全性

2004年までに24例の後方除圧固定術が行われたが、その23例目ではじめて術後の一過性麻痺が出現した¹¹⁾。後方除圧固定術を行う際にわれわれは、術中の脊髄障害を最小限におさめるための可能なかぎりの工夫をしている^{13,14)}。そのような工夫にもかかわらず麻痺が発生したことから、極度に狭窄した脊柱管を開放するという除圧操作そのものが麻痺の発生にかかわっていると推察する。後方除圧固定術を行っても、麻痺の発生は避けられない問題かもしれない。しかし後方除圧術、骨化摘出術と比べると、後方除圧固定術における麻痺の発生頻度は格段に低く、この意味から後方除圧固定術は、現在用いることのできる術式の中でもっとも安全な術式といえる。

文 献

- 1) Yamazaki M, Mochizuki M, Ikeda Y et al: Clinical results of surgery for thoracic myelopathy due to ossification of the posterior longitudinal ligament: operative indication of posterior decompression with instrumented fusion. *Spine* 31: 1452-1460, 2006
- 2) 大塚訓喜: 胸椎部ミエロパチーに対する後方侵入脊髄前方除圧術の術式と成績. *臨整外* 31: 547-552, 1996
- 3) 川原範夫, 富田勝郎: 後縦靱帯骨化症・黄色靱帯骨化症合併例に対する前方・後方アプローチによる脊髄全周除圧術. *日脊会誌* 12: 450-456, 2001
- 4) 藤村祥一: 胸椎後縦靱帯骨化症に対する前方

- 侵入前方除圧固定術. 脊椎脊髓 15: 105-111, 2002
- 5) 都築暢之, 平林 茂, 齋木都夫ほか: 胸椎後縦靭帯骨化症に対する段階的後方侵入胸髓除圧法, 広範囲頭胸部脊柱管拡大・後方進入前方除圧複合術式. 脊椎脊髓 15: 119-126, 2002
- 6) Yamazaki M, Okawa A, Koda M et al: Transient paraparesis after laminectomy for thoracic myelopathy due to ossification of the posterior longitudinal ligament: a case report. Spine 30: E343-E346, 2005
- 7) Yamazaki M, Koda M, Okawa A et al: Transient paraparesis after laminectomy for thoracic ossification of the posterior longitudinal ligament and ossification of the ligamentum flavum. Spinal Cord 44: 130-134, 2006
- 8) 山崎正志, 池田義和, 大河昭彦ほか: 胸椎後縦靭帯骨化症例に対する後方除圧固定術の成績と適応. 厚生省特定疾患対策研平成 11 年度研報 脊柱靭帯骨化症に関する調査研究, 115-118, 2000
- 9) 山崎正志: 胸椎後縦靭帯骨化症例に対する後方除圧固定術の適応と成績. 脊椎脊髓 15: 98-103, 2002
- 10) 新初正明, 村上正純, 山崎正志ほか: 胸椎後縦靭帯骨化症例における術中脊髓モニタリングの検討, 厚生省特定疾患対策研平成 13 年度研報 脊柱靭帯骨化症に関する調査研究, 144-149, 2002
- 11) 山崎正志: 胸椎後縦靭帯骨化症, 黄色靭帯骨化症. 脊椎脊髓 19: 499-508, 2006
- 12) 山崎正志, 大河昭彦, 新初正明ほか: 胸椎後縦靭帯骨化症に対する後方除圧固定術, 後方インスツルメンテーション固定の効果の解析. 脊柱変形 19: 51-55, 2004
- 13) 山崎正志: 胸椎後縦靭帯骨化症に対する後方除圧固定術, 除圧固定範囲決定のポイント. 脊椎外科の要点と盲点—胸腰椎, 芝啓一郎(編), 文光堂, 東京, p240-243, 2006
- 14) 山崎正志: 胸椎後縦靭帯骨化症 (OPLL, OYL). 整形外科診療実践ガイド, 守屋秀繁, 糸満盛憲, 内田淳正ほか(編), 文光堂, 東京, p754-756, 2006

*

*

*

お知らせ

第 19 回日本末梢神経学会

- 会 期 2008 年 9 月 5 日 (金) ~ 6 日 (土)
- 会 場 名古屋国際会議場 1 号館 (名古屋市熱田区熱田西町 1-1/TEL 052-683-7711)
- 会 長 祖父江 元 (名古屋大学神経内科)
- 特別企画 1. 招待講演「Neuropathic pain: mechanisms and new treatment options」
R. Baron (Dept. Neurological Pain Research and Therapy)
2. シンポジウム「手根管症候群の診断, 治療, リハビリテーション」
3. 教育講演「ニューロパチーの最新のトピックス」
4. 産業医学講座「プロモプロパンによる神経障害」
5. ハンズオンレクチャー (実技実習コース) ①末梢神経障害・脊髄障害の病理, ②電気生理検査, ③鏡視下手術 (手の外科) [テキストあり, 事前申込要]
- 応募締切 2008 年 4 月 25 日 (金) [必着]
- 応募方法 演題名, 発表者, 所属機関, 抄録 (600 字程度), 連絡先 (E-mail 合) を明記し, E-mail にて jpn19@med.nagoya-u.ac.jp まで送る. 同封の抄録用紙での申込みは郵送または FAX で送ること. グラフや図の使用は不可. 筆頭発表者にはふりがなも明記のこと. 発表者は本学会の会員であることを要する. 演題の採否と発表形式は会長に一任のこと
- 参加費 医師 10,000 円 研修医 5,000 円 技師・コメディカル 2,000 円
- 事務局 ☎ 466-8550 名古屋市昭和区鶴舞町 65
名古屋大学神経内科
第 19 回日本末梢神経学会学術集会事務局
(TEL 052-744-2386/FAX 052-744-2393)

マルホ整形外科セミナー 第188集

日経ラジオ社 放送内容集

[平成19年11月～12月]

マルホ 整形外科セミナー
ラジオNIKKEI (第一放送)
毎週水曜日 午後9時～9時15分放送

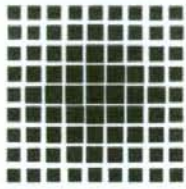
マルホ整形外科セミナー 第188集

(平成19年11月～12月放送分)

平成20年5月31日 発行

発行 マルホ株式会社
制作 株式会社 協和企画

Maruho Co., Ltd.



胸椎後縦靱帯骨化症に対する治療方針

千葉大学大学院医学研究院整形外科学准教授
山崎正志

はじめに

前縦靱帯、後縦靱帯、黄色靱帯、棘上・棘間靱帯などの脊柱管を構成する靱帯が異所性に骨化する病態を「脊柱靱帯骨化症」と総称します。

胸椎部では後縦靱帯骨化と黄色靱帯骨化が臨床的に重要で、骨化が増大すると脊髄圧迫を来します。重度の脊髄障害を引き起こした場合は、手術治療の対象となります。胸椎部の脊髄障害に対する手術療法では、「脊柱が生理的に後弯している」「進入路に制限がある」「脊髄が易損性である」などの多くの問題点が存在します。とくに胸椎後縦靱帯骨化症に対する手術では、術後の麻痺悪化例が少なからず報告されています。

手術の安全性を向上させるために種々の術式、手技上の工夫が提唱され、熟練した脊椎外科専門医がそれらを実践していますが、ゴールドスタンダードとして誰もが納得できる術式はいまだ確立されていません。すなわち、胸椎後縦靱帯骨化症に対する手術は、脊椎脊髄外科領域のなかで最も難易度が高い手術の1つであるといえます。

本稿では、胸椎後縦靱帯骨化症の病態、症状、治療成績について整理し、とくに手術治療に関する最近の進歩について解説します。

成因および病態

骨化の発生には遺伝的素因が関与するとされ、家族集積性が認められます。全身的骨化素因を基盤とするため、頸椎、腰椎など全身の靱帯骨化を高頻度に合併します。耐糖能異常を合併する例が多く存在します。好発年齢は40～65歳です。頸椎の後縦靱帯骨化症が男性に多いのに対し、胸椎の後縦靱帯骨化症で手術に至る重症例は女性に多いとされています。

初発症状は下肢の痺れ、脱力、歩行障害であることが多く、体幹部の絞扼感、排尿障害をしばしば伴います。病変が上位・中位胸椎に存在する場合は下肢深部腱反射が亢進し、典型的な痙性不全対麻痺を呈します。しかし、胸腰移行部、とくにT11/12、T12/L1椎間に病変が存在する場合には脊髄円錐上部、円錐部、馬尾が障害されるため、痙性麻痺、弛緩性麻痺、馬尾障害が混在した複雑な神経症状を呈します。下肢の筋萎縮や腱反射の低下がみられることも稀ではありません。このことは確定診断が遅れる原因となり、発症初期には腰椎疾患として治療されている例が少なくありません。

胸椎後縦靱帯骨化症の自然経過ですが、脊髄症状の発症は一般的に緩徐で、軽症の時期には確定

診断を受けていない例もあります。しかし、悪化し始めると進行は速く、急速に歩行不能に至る例も少なくありません。外傷を契機に悪化する例もあります。

治療の原則および方針

保存療法に関しては、胸椎後縦靭帯骨化症に伴う脊髄症は体幹装具装着などの保存療法で軽快する可能性は少ないといえます。したがって、脊髄症が重度の場合、あるいは軽度であっても、進行性の場合には手術療法を勧めるべきです。

手術療法に関しては、大きく分類して3種類の術式が行われています。①椎弓切除術、広範囲頸胸椎脊柱管拡大術に代表される後方除圧術、②前方除圧固定術、後方進入脊髄前方除圧術、いわゆる大塚法に代表される骨化摘出術、③後方インスツルメンテーション固定併用椎弓形成術、すなわち、後方除圧固定術です。

当科でも1973年以降、胸椎後縦靭帯骨化症58例に対し、後方除圧術、骨化摘出術、後方除圧固定術を症例に応じて選択し施行してきました。本稿では、我々の施設で行われた各術式の成績について報告します(表)。

後方除圧術

後方除圧術は18例で行われ、内訳は椎弓切除

表. 胸椎後縦靭帯骨化症に対する術式別の成績 (1973～2004年, 千葉大学)

	後方除圧 (n = 18)	骨化摘出 (n = 16)	後方除圧固定 (n = 24)
優良	9 (50.0%)	13 (81.3%)	15 (62.5%)
可	4 (22.2%)	0	9 (37.5%)
不変	4 (22.2%)	1 (6.3%)	0
悪化	1 (5.6%)	2 (12.5%)	0

優良：改善率50%以上，可：改善率10%以上50%未満，不変：改善率0%以上10%未満，悪化：改善率0%未満

術12例と広範囲頸胸椎脊柱管拡大術6例でした。自験例では椎弓切除術後の麻痺悪化を3例で経験しました。うち2例では、後方インスツルメンテーション固定の追加で麻痺が改善しました。

胸椎後縦靭帯骨化症に対して椎弓切除術が行われた場合、後弯頂椎部では脊髄の前方圧迫は残存します。さらに、脊柱の後方支持要素が破壊されるため、脊柱アライメントが変化し不安定性が出現します。後縦靭帯骨化(ossification of posterior longitudinal ligament: OPLL)による圧迫部位では脊髄の易損性が高く、脊柱アライメントの変化はたとえそれが微細なものでも、脊髄に対して著しい障害を与えると推察されます。自験例での後方除圧術の改善率は平均41.9%であり、他の術式に比べて不良でした。とくに椎弓切除術では術後、中長期的な再悪化の可能性も高いという結果でした。したがって、現時点では椎弓切除術単独での適応はなく、後方インスツルメンテーション固定を併用すべきと考えます。

骨化摘出術

骨化摘出術が行われたのは16例で、内訳は前方除圧固定術4例、大塚法12例でした。改善率は平均62.1%であり、とくに術後麻痺例を除く13例の改善率は平均78.7%でした。すなわち、前方進入、後方進入の如何を問わず、骨化を完全に摘出できた場合の成績はきわめて良好でした。しかし、自験例では大塚法を行った3例で術後に麻痺が悪化しており、とくに術前の脊髄障害が重度の症例では、骨化摘出操作に伴う術中の脊髄障害のリスクが高まると考えられました。したがって、術前の脊髄障害が重度の例では骨化の摘出にこだわるべきではなく、インスツルメンテーション固定による脊柱の制動効果に期待してよいと考え

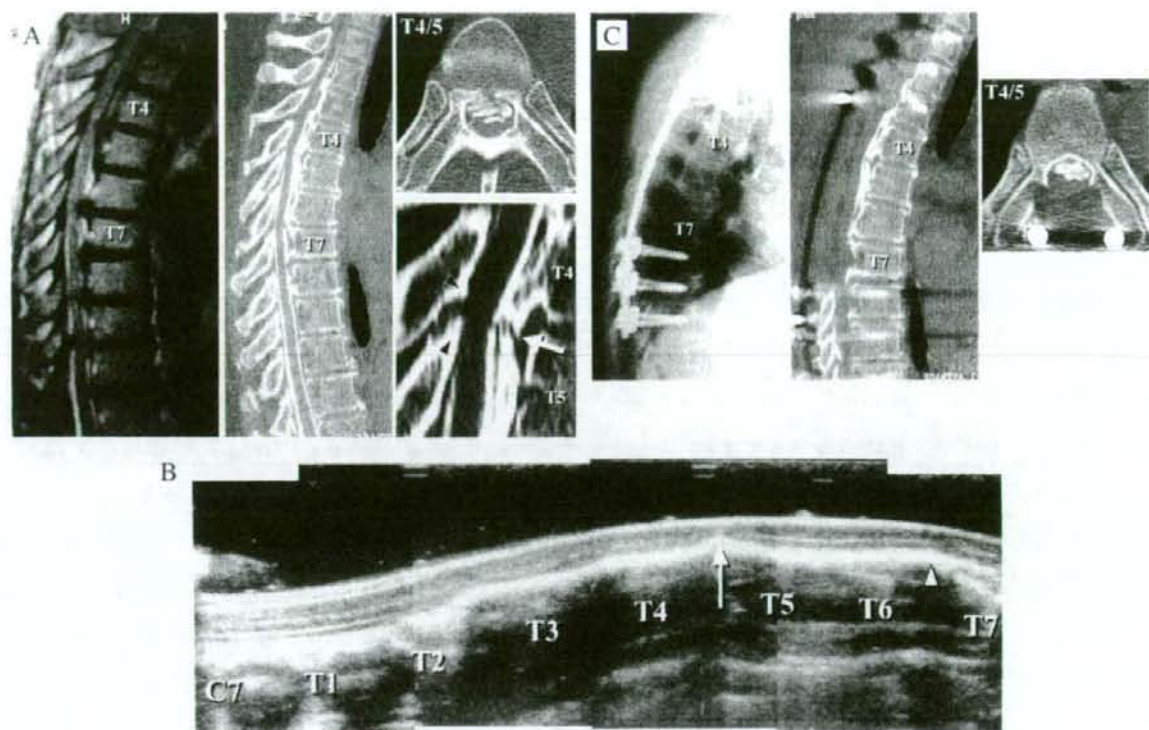


図. 後方除圧固定術施行例

A : 55歳, 女性。胸椎OPLL (最大圧迫高位T4/5)。術前日整会点数3.5点。T4/5, T6/7高位で嚙状OPLLとOYL (ossification of the yellow ligament) による脊髄圧迫を認める。

B : 手術はC3-6椎弓形成, C7-T7椎弓切除, T1-T10後方固定を施行。後方除圧後の超音波診断で, T4/5, T6/7高位での前方から脊髄圧迫残存が明瞭。

C : 術後, 両下肢機能は緩徐に回復。術後1年9カ月での日整会点数8.5点, 改善率68.8%。

ます。

後方除圧固定術

後方除圧固定術が行われたのは24例です。椎弓切除術後の麻痺例の治療経験から, 我々は「骨化を摘出しなくても後方インスツルメンテーション固定を行うことにより, ある程度の症状改善が期待できるのでは」という仮説を立てました。そして, 後方除圧固定術を術前の脊髄重度障害例, 骨化摘出が困難な例に対して行ってきました。

自験例の後方除圧固定術の成績は, 改善率が平均58.1%であり, その成績は後方除圧術よりは優れており, 骨化摘出術の成功例には及ばないとい

う結果でした (図)。

後方除圧固定術後, 日整会点数がピークに達するまでの期間は平均9.5カ月であり, 脊髄障害は緩徐に改善しました。これは前方からの脊髄圧迫要素, すなわち, OPLLが残存していること, および, インスツルメンテーション固定による制動効果で脊髄が徐々にその機能を回復するためと考えます。後方除圧固定術の術後の改善が不十分な場合は前方からの骨化摘出の追加を検討すべきですが, 緩徐な神経症状の回復を考慮しますと, 早期に追加手術を行うべきではなく, 術後10カ月程度は経過を観察してよいと考えます。

術式選択の基準

各術式の合併症に関して自験例では、後方除圧術で術後の持続性麻痺が5.6%、一過性麻痺が11.1%、骨化摘出術では持続性麻痺が12.5%、一過性麻痺が6.3%に存在しました。後方除圧固定術では持続性麻痺は1例もなく、一過性麻痺が1例、3.8%に存在するのみでした。このように後方除圧固定術における麻痺の発生頻度は後方除圧術、骨化摘出術に比べると格段に低く、この意味から後方除圧固定術は現在用いることのできる術式のなかで最も安全な術式といえます。術式選択に関して骨化摘出を行うか、インスツルメンテーション固定のみとするかは判断に迷うところです。

自験例で示したように、改善率では骨化摘出術が優っていますが、反面、安全性に関しては固定術が優っています。両者を加味して術式を選択することになりますが、現時点では安全性が優先される傾向にあり、大多数の例で後方除圧固定術が選択されています。

おわりに

胸椎後縦靭帯骨化症に対する手術療法は難易度が高く、術後の麻痺悪化の可能性が少なからず存在します。手術のリスクを考えますと、どうしても手術のタイミングが遅れる傾向があります。しかし、脊髄病変が不可逆性の障害に至る前に手術

療法を行えば、改善が期待できることも事実です。

脊髄症状が重度になると改善率が下がり、さらに術中の脊髄障害の可能性が高くなります。したがって、手術のタイミングが遅れないよう配慮することが重要であると考えます。

参考文献

- 1) 山崎正志：胸椎後縦靭帯骨化症例に対する後方除圧固定術の適応と成績。脊椎脊髄ジャーナル 15:98-103, 2002
- 2) 山崎正志ほか：胸椎後縦靭帯骨化症に対する術式別の手術成績と適応。後方除圧固定術を中心に。別冊整形外科 45:162-167, 2004
- 3) Yamazaki M, et al: Transient paraparesis after laminectomy for thoracic myelopathy due to ossification of the posterior longitudinal ligament. Spine 30: E343-346, 2005
- 4) Yamazaki M, et al: Transient paraparesis after laminectomy for thoracic ossification of the posterior longitudinal ligament and ossification of the ligamentum flavum. Spinal Cord 44:130-134, 2006
- 5) Yamazaki M, et al: Clinical results of surgery for thoracic myelopathy caused by ossification of the posterior longitudinal ligament: operative indication of posterior decompression with instrumented fusion. Spine 31:1452-1460, 2006
- 6) 山崎正志：胸椎後縦靭帯骨化症，黄色靭帯骨化症。脊椎脊髄ジャーナル 19:499-508, 2006
- 7) 山崎正志：胸椎後縦靭帯骨化症に対する後方除圧固定術，除圧固定範囲決定のポイント。脊椎外科の要点と盲点：胸腰椎，文光堂，pp240-243, 2006
- 8) 山崎正志：胸椎後縦靭帯骨化症（OPLL, OYL）。整形外科診療実践ガイド，文光堂，pp754-756, 2006

シネ MRI を用いた頸髄運動の解析^{*1}

小谷 俊明^{*2} 長屋 重幸^{*3} 園田 優^{*3}
山崎 正志^{*4} 茂手木博之^{*2} 南 昌平^{*2}

はじめに

頸髄疾患の原因として、静的因子だけでなく動的因子も関与していると考えられている。しかし、実際には病態の解明や治療方針の決定には静止画像を用いることが多い。X線を用いて頸椎の動的变化を解析した報告^{5,17)}も多いが、神経症状に関連する動的因子の解明には頸髄の動きを直接測定することが望ましい。ミエログラフィー、CTなどを用いて頸椎、頸髄運動の評価を行った報告⁶⁾があるが、侵襲的であり被曝の問題点があった。このように、従来、頸髄の動態を簡便に観察する方法はなかった。近年、MRIの高速撮像が可能となり、動きのある対象を連続的に撮像することが可能となった。われわれはシネMRIと頸髄動態撮像用のポジショニングデバイスを用いて頸椎を連続的に動かしつつ頸髄運動を簡便に撮像する方法を開発したので、報告する。

Key words

シネMRI (cine MRI)
頸髄 (cervical cord)
動態解析 (motion analysis)

表1 シネMRIシーケンスの1例

・ 2D FIESTA
・ TR/TE : minimum (2.9 msec/0.9 msec)
・ Matrix : 192×192
・ FOV : 32×28 cm
・ Slice Thickness : 10 mm
・ Coil : Torso PA coil
・ Acquisition Time : 1 Phase/1 sec

シネMRI

シネMRIとは同一断面の撮影を連続的に行うことで、これらの経時的変化を動画で観察する方法である。これまで心臓領域で多く報告されており、心機能の評価をする方法としては、局所の壁運動の評価とポンプ機能の評価に分けられ⁴⁾、シネMRIがgold standardと考えられている¹⁸⁾。また、消化管の蠕動運動をシネMRIでとらえる報告¹⁶⁾もある。

整形外科領域ではNiituら¹³⁾がシネMRIを用いて膝関節の他動的に動かして動態画像撮像を行った。また、Sheehanら¹⁵⁾は能動的に膝関節を動かしてシネMRIを使用した報告を行った。著者ら¹⁰⁾は呼吸を続けさせながら胸壁、横隔膜運動を撮像するbreathing MRIを用いて側弯症患者

^{*1} An Analysis of Cervical Cord Motion using cine MRI

^{*2} 聖隷佐倉市民病院整形外科 [〒285-8765 佐倉市江原台2-36-2] / Toshiaki KOTANI, Hiroyuki MOTEKI, Shohei MINAMI : Department of Orthopaedic Surgery, Seirei Sakura Citizen Hospital

^{*3} 同 放射線科 / Shigeyuki NAGAYA, Masaru SONODA

^{*4} 千葉大学大学院医学研究院整形外科 / Masashi YAMAZAKI

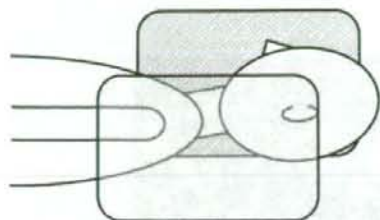


図1 装置の概要

頸椎最大屈曲位から伸展位まですべての位置で均一な画像を得るため、Torso PA Coilを頸部に對し左右から挟んで使用している。MRI装置内部の天井面正中にテープを貼り、テープが顔面の正中を通して動くよう指示した。

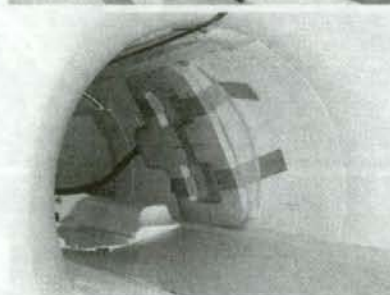


図2 ポジショニングの工夫力を抜いた状態で左右ふれなく無理なく頸椎を伸展、屈曲させるために、クッションの上に直径50cmのビーチボールに少量の空気を入れ、背部、頸部、頭部を包み込むように置いた。



図3 MRI撮像時の頸椎自動運動

頸椎最大屈曲位とし、約25秒かけて最大伸展位となるよう同一スピードでゆっくり頸椎を自動伸展させた。

の呼吸運動を解析した報告を行っている。

撮像シーケンス

シネMRI撮像にあたっては高速に撮像可能なシーケンスが必要であり coherent 型 gradient echo 法の一つである fast imaging employing steady state acquisition (FIESTA) 法を使用した。coherent 型 gradient echo 法では 0.5~1 秒間隔

で撮影の合間をとる必要がなく、真の意味での連続撮影を行うことができる¹⁰⁾。現在われわれが用いているシーケンスの1例を示す(表1)。MRI装置はGE社製 Signa Excite XI Twin Speed 1.5T (ver.11) を用いた。当初は Spine Coil を用いていたが、運動の過程で coil と被写体の距離により画質の劣化を生じた。現在は、頸椎最大屈曲位から伸展位まですべての位置で均一な画像を得るため、頸部に対し TORSO PA Coil を左右から