原 著

頭蓋頸椎移行部病変に対する後方固定術 —C1 外側塊スクリュー/C2 椎弓根スクリューの有用性

野田 智之, 原 政人, 中島 康博, 服部 新之助, 吉田 純

The Effectiveness of Posterior Fixation using C1 Lateral Mass Screws and C2 Pedicle Screws for the Craniocervical Junction Disease

by

Tomoyuki Noda, M.D., Masahito Hara, M.D., Yasuhiro Nakajima, M.D.,
Shinnosuke Hattori, M.D., Jun Yoshida, M.D.

from

Department of Neurosurgery, Nagoya University Graduate School of Medicine

OBJECTIVE: The craniocervical junction (CCJ) diseases often require posterior fixation surgery. For the treatment of the CCJ diseases, C1-2 transarticular screw (Magerl technique) which was used as an anchor screw in combination with other cervical instrumentation or for atlantoaxial fixation provides immediate stability and rigid fixation. However, the technique remains technically demanding and has hazardous complications. Recently, C1 lateral mass screw (C1LMS) and C2 pedicle screw (C2PS) have been used for the posterior instrumentation. We reviewed 13 cases of the CCJ diseases treated by using C1LMS and/or C2PS.

MATERIAL AND METHODS: Between June 2003 and July 2006, 13 patients (6 male, 7 female) who ranged in age from 21 to 77 years-old underwent posterior fixation using C1LMS and/or C2PS. Five patients had atlantoaxial subluxation due to rheumatoid arthritis, four had congenital abnormalities including Chiari I and os odontoideum, two had degenerative articular cyst due to CCJ instability and two had traumatic lesions. All cases used navigation systems preoperatively to confirm the feasibility of implanting screws. All screws were placed under lateral fluoroscopic guidance.

RESULT: Both C1LMS and C2PS were used to achieve atlantoaxial or occipitocervical fixation in nine patients. Combining either C1LMS or C2PS with other cervical instrumentation were used to achieve atlantocervical or occipitocervical fixation in four. There were no permanent complications. In all cases rigid fixation was confirmed on postoperative radiographs and maintained on follow-up radiographs.

CONCLUSION: We suggest that C1LMS and C2PS are efficacious in posterior fixation for CCJ diseases. Particularly, in cases precluding to achieve posterior instrumentation including C1-2 transarticular screw, this procedure provides rigid fixation and the feasibility of short fusion in safety.

Key words: C1 lateral mass screw, C2 pedicle screw, posterior fixation, craniocervical junction

Spinal Surgery 21 (1) : 11~18, 2007

はじめに

頭蓋頸椎移行部病変には、os odontoideumやChiari奇形などの先天奇形、慢性関節リウマチ (RA) などの炎症性疾患、外傷、腫瘍などがある。これらによって不安

定性が増大し症状が出現した場合や、脊髄圧迫による脊髄症を来した場合は、手術治療が必要となる。これら頭蓋頸椎移行部病変に対しては、ワイヤーやスクリューなどによる後方固定術が一般的である。これまではMagerl法が、固定性に優れており頻用されてきたが

(Received : December 9, 2006, Accepted : February 9, 2007)

名古屋大学大学院 医学研究科 脳神経外科 (連絡先: 野田智之, 〒466-8560 名古屋市昭和区鶴舞町65) Address reprint request to: Tomoyuki Noda, M.D., Department of Neurosurgery, Nagoya University Graduate School of Medicine, 665 Tsurumai-cho, Showa-ku, Nagoya city, 466-8560, Japan

Table 1: Summary of 13 cases with the craniovertebral junction disease

Case	age(yrs), sex	diagnosis	presentation	treatment	follow-up(M)	outcome
1	71, M	Degenerative articular cyst, cervical canal stenosis	gait disturbance, UE numbness	C1-2 fixation: C1LMS, C2PS, C1laminectomy, C3-6 laminoplasty	40	F-E film: stable, symptom improved
2	77, F	AAS, cervical canal stenosis	neck pain	O-C6 fixation: rtC2PS, ltC2/3, bilC3/4, C4/5, C5/6TA, C1laminectomy	28	F-E film: stable, symptom improved
3	66, M	AAS	gait disturbance, UE numbness	C1-2 fixation: C1LMS, C2PS	28	rigid fixation, symptom improved
4	65, F	AAS	face/UE numbness	O-C4fixation: C1LMS, C2PS, rtC3, C4PS, ltC3/4TA	28	rigid fixation, symptom improved
5	50, M	basilar invagination, Chiari malformation	swallowing difficulty, gait disturbance	transoral odontoidectomy, FMD, O-C3 fixation: ltC2PS, ltC3PS, rtC2/3, C3/4TA, C1laminectomy	24	F-E film: stable, symptom improved
6	76, M	degenerative articular cyst, syringobulbia	gait disturbance, double vision, swallowing difficulty	O-C2 fixation: C1LMS, C2PS, S-S shunt, C1laminectomy	19	rigid fixation, symptom improved,
7	21, F	nonunion odontoid fracture	neck pain	C1-2 fixation: C1LMS, C2PS	16	osseous fusion
8	52, M	os odontoidum	neck pain, numbness	C1-2 fixation: C1LMS, C2PS	10	rigid fixation, symptom improved
9	74, F	C1/C2 fracture	neck pain, right arm weakness	C1-4 fixation: C1LMS, bil C2/3, C3/4TA, rt C4LMS	10	osseous fusion
10	74, F	AAS	gait disturbance, clumsiness	C1-2 fixation: C1LMS, C2PS	6	rigid fixation, symptom improved
11	66, F	AAS	quadriparesis, neck pain	C1-2 fixation: C1LMS, C2PS	5	F-E film: stable
12	59, F	os odontoidum	UE numbness	C1-2 fixation: C1LMS, C2PS, C1laminectomy	4	rigid fixation, symptom improved
13	49, M	basilar invagination, Chiari malformation	gait disturbance, numbness in limbs	transoral odontoidectomy, FMD, O-C2 fixation: C2PS, C1laminectomy	2	rigid fixation, symptom improved

Abbreviation; FE: flexion-extension, FMD: foramen magnum decompression, LMS: lateral mass screw, PS: pedicle screw, S-S shunt: syringosubarachnoid shunt, TA: transarticular screw, UE: upper extremity

[6, 15], スクリュー刺入時の危険性, 合併症について
の報告も少なくない [6, 14, 17].

近年 C1-2 transarticular screw fixation (Magerl
法) に代わり, 環椎 (C1) 外側塊スクリューと軸椎
(C2) 椎弓根スクリューを用いた固定が普及しつつあ
り [4, 7], 良好な治療成績が報告されている.

我々は2003年以降, C1 外側塊スクリューと C2 椎弓
根スクリューを用いた C1-2 固定, 及び, それらをア
ンカーとして, その他の頸椎後方インストゥルメンテー
ションを併用した後頭頸椎固定や頸椎固定を行ってき
た.

今回, 我々が経験した頭蓋頸椎移行部病変13症例を報
告し, C1 外側塊スクリューと C2 椎弓根スクリューの
有用性について述べる.

対象および方法

対象は2003年6月以降, 頭蓋頸椎移行部病変に対し手
術を施行した13例 (男性6例, 女性7例) である

(Table 1). 手術時の年齢は21歳から77歳, 平均62歳,
術後経過観察期間は2ヶ月から40ヶ月, 平均
17ヶ月であった. 疾患の内訳はRAに伴う環軸椎
亜脱臼 (atlantoaxial subluxation: AAS) 5例, os
odontoidum 2例, Chiari奇形に合併した頭蓋底陥入症
2例, 頭蓋頸椎移行部不安定性に伴う degenerative
articular cyst 2例, 外傷2例であった. これらに対し,
術後の頸椎の可動性をできる限り維持し short fusion と
なるように, C1 外側塊スクリューや C2 椎弓根スクリ
ューを用いた後方固定術を施行した. また骨癒合を得る
ために, C1 後弓切除を必要とする症例においては, 可
及的に関節軟骨を搔破した後, 骨細片を移植し, 後弓切
除を行わなかった症例においては, 自家腸骨を椎弓間に
移植した.

手術は全例でナビゲーションシステムによる術前プラ
ンニングと, 術中側面透視を用いて行われたが, 術中ナ
ビゲーションシステムは可能な限り用いた.

Figure.1: Case 4 irreducible AAS treated by occipitocervical fixation using C2/3 and C3/4 transarticular screw in the first operation.

a: Postoperative lateral radiograph showing rigid occipitocervical fixation using C1 lateral mass screw, C2 pedicle screw, right C3 and C4 pedicle screws and left C3/4 transarticular screw method remaining uncorrected C1-C2 dislocation.

結 果

13例すべての症例において症状の改善が認められ、神経血管損傷、感染など合併症は見られなかった。1例で硬膜損傷による術中髄液漏を認めた。全例初期固定性は良好で、比較的長期の経過観察期間を有する症例では経過中に動態撮影を行ったが、インストゥルメンテーションの破損や弛みは認められず、骨癒合の獲得が確認された。

固定範囲は後頭頸椎固定5例、C1－2固定7例、C1からC4の固定1例であった。後頭頸椎固定を施行した5例中2例は、C1外側塊スクリューとC2椎弓根スクリューの両者を用いた固定が行われ、3例はC2椎弓根スクリューを用いた固定が行われた。いずれの場合も中下位頸椎までの固定を要する場合は、アンカーとして外側塊スクリュー、subaxial transarticular screw [19]、椎弓根スクリューを組み合わせ使用した。C1からC4の固定においては、C2椎弓根スクリューの使用が不可能であったため、C1外側塊スクリューに中下位頸椎のアンカースクリューを併用して固定した。

術前のプランニングにおいて2例で一側のC2椎弓根スクリュー刺入の危険性が高いと判断され、スクリュー刺入困難側にC2/3 transarticular screwを用いた。

症例提示

<症例4>

65歳、女性。(Fig.1 a)

2002年4月、完全な整復位が得られないRAに伴うAASに対し、後頭頸椎固定(頸椎アンカーにC2/3、C3/4 transarticular screwを用いた)およびC1後弓切除を施行した。術後transarticular screwのlooseningを来とし、顔面と上肢のしびれが出現した。2004年6月に後頭頸椎固定を再度施行した。アンカーとして両側C1外側塊スクリュー・C2椎弓根スクリューに右C3・C4椎弓根スクリューと左C3/4 transarticular screwを併用し固定を行った。術後、症状は改善し、同部に固定性に問題はなかったが、経過中固定範囲以下の亜脱臼が進行し、ロッドを延長し後頭胸椎固定術を行った。

<症例5>

50歳、男性。(Fig.2 a-e)

2003年8月より嚥下障害、歩行障害を認め、精査にてChiari奇形に合併する頭蓋底陥入症を指摘された。2004年10月に経口的歯突起切除術、大孔減圧術、後頭頸椎固定を施行した。術前のプランニングにて右C2椎弓根スクリューの刺入は危険性が高いと判断し、右C2/3 transarticular screwを用いた。左C2椎弓根スクリューはプランに従って挿入した。C1外側塊スクリューは経口手術によりC1前方要素が分離されアンカーとして不安定であるため使用しなかった。術後症状は改善し、18ヶ月目の動態撮影においても固定性は良好で、骨癒合が認められた。

<症例9>

74歳、女性。(Fig.3 a-c)

2005年3月に転落にて発症。精査にてC1後弓・C2粉碎骨折を認めた。頸椎異常配列の整復と安静を目的に頭蓋直達牽引を行い、受傷後7日目に手術を施行した。C2の椎弓根へ骨折が及んでいたため、C1外側塊スクリューと中・下位頸椎のtransarticular screw、外側塊スクリューにて固定した。術後10ヶ月で骨折部の骨癒合を認めた。

<症例11>

66歳、女性。(Fig.4 a-e)

RAにて加療中、2006年2月に頸部痛および四肢の不全麻痺を認め、精査にてAASを指摘された。亜脱臼は頸部伸展にて完全に整復された。また術前3D-CT血管造

Figure. 2: Case 5 Chiari I malformation and basilar invagination

- a: Preoperative lateral radiograph showing basilar invagination and assimilation of the atlas.
 b: Preoperative sagittal MR image showing ventral brain stem compression and tonsillar herniation for which transoral odontoid resection and foramen magnum decompression were needed.
 c: Postoperative lateral radiograph showing rigid occipitocervical fixation using left C2 and C3 pedicle screws and right C2/3 and C3/4 transarticular screws.
 d: Postoperative axial CT image at the C2 level showing correct placement of left C2 pedicle screw and right C2 pedicle that was not enough for the pedicle screw insertion.
 e: sagittal MR image showing sufficient decompression via the transoral approach.

影にて椎骨動脈の走行異常は見られなかった。同年5月C1外側塊スクリューとC2椎弓根スクリューを用いて環軸椎固定を行った。術後経過良好で、初期固定性も良好であった。

考 察

頭蓋頸椎移行部病変に対する固定法には、ワイヤー、ロッド+ワイヤー、ロッド+スクリュー、プレート+スクリューなど様々な方法がある [10]。その中でもMagerl法は生体力学的に固定力に優れており、その有用性についての報告が多く頻用されている。しかしながら、環軸椎亜脱臼の十分な整復が得られない場合や椎骨動脈の走行が高位の場合などではMagerl法の適応にならず固定範囲の延長を余儀なくされる。近年、より安全に施行でき、さらにMagerl法の適応とならなかった症

例においても用いることが可能なC1外側塊スクリューとC2椎弓根スクリューを用いた固定が普及しつつある。

我々は13例の頭蓋頸椎移行部病変に対して、最小限の固定範囲で、強固な固定力を獲得できる方法としてC1外側塊スクリューとC2椎弓根スクリューによるC1-2固定、更にそれらのスクリューを中下位頸椎の後方インストゥルメンテーションと組み合わせた後頭頸椎固定や頸椎固定を行った。全例永続的な合併症なく良好な成績を得ることができ、C1外側塊スクリューやC2椎弓根スクリューは非常に有用であった。その中でも提示した症例4のようなMagerl法では危険性が高い環軸椎亜脱臼の整復不能例においても、C1外側塊スクリューとC2椎弓根スクリューを追加することで固定範囲を変更することなく強固な固定を得ることが可能であった。整復可能症例において、その多くはMagerl法が可能であ

Figure 3: Case 9 C1/C2 fracture

a, b: Preoperative lateral radiograph(a) and axial CT at C1/2 level(b) showing unstable C1 posterior arch fracture and C2 burst fracture.

c: Postoperative lateral radiograph(c) showing C1-C4 fixation using C1 lateral mass screw which was connected in a rod by bilateral C2/3 and C3/4 transarticular screws and right C4 lateral mass screw.

Figure 4: Case 11 reducible AAS

a, b: Preoperative lateral radiographs showing the increase of atlantodental interval in a flexion position(a) and complete reduction of C1-C2 dislocation in an extension position(b).

c, d, e: Postoperative axial CT(c: C2 pedicle screws, d: C1 lateral mass screws) and lateral radiograph(e) showing atlantoaxial fixation after a reduction of C1-C2 dislocation using bilateral C1 lateral mass-C2 pedicle screws

るが、スクリュー刺入経路の解剖の把握は困難であり、近接する神経や椎骨動脈損傷の可能性もある。一方、C1外側塊スクリューとC2椎弓根スクリューの刺入においては、術前のプランニングは必須であるが、術中は側面透視のみでのスクリュー挿入が可能であり、更に近接する神経や椎骨動脈を直視下での操作となるため、安全性・確実性の面でも有用であると考えられる。しかしながら1例で、硬膜損傷による術中髄液漏を認めた。原因として、C1後弓の尾側基部からの刺入時に[7]、神経根や環軸椎間の静脈叢の展開が不十分であり、C2神経根が周囲の結合組織とともにスクリューにより牽引され、硬膜からの分岐部に硬膜裂傷を引き起こしたことがあげられる。リスクを回避するためにも、静脈叢やC2神経根を確実に尾側によけて刺入を行ったり、後弓経由のスクリュー刺入を採択したりする必要がある。また症例9においては、今までは後頭骨からの固定が必要と判断された症例であったが、C1外側塊スクリューを用いたことで固定範囲の縮小に有用であった。

今回、後頭頸椎固定を5例に施行したが、その内3例はC1外側塊スクリューを用いることができず、C2椎弓根スクリューと、その他の頸椎後方インストゥルメンテーションを用いた。その理由としてインストゥルメンテーションのシステム上の問題がある。我々が頻用しているOasysサービカルシステム(stryker)では、後頭骨プレートとC1外側塊スクリューの連結が困難もしくは不可能な症例が存在する。C1外側塊スクリューを用いなかった3例は、術前プランニングにて予測可能であったため、2例は固定範囲を延長して固定力を得た。1例は後頭骨とC2の固定であったが、後頭頸椎固定におけるC2椎弓根スクリューはアンカーとして強固であり[1]、術後の固定性に問題はなかった。

C1外側塊とC2椎弓根を固定アンカーとした後方固定術は、Goelらがプレートとスクリューを用いた方法[3, 4]を、その後Harmsらがロッドとpolyaxial screwを用いた方法[7]を報告し、広く行われるようになった。現在、C1外側塊スクリュー・C2椎弓根スクリューの生体力学的研究に関する報告が増えつつあり、C1-2固定においては、Magerl法と同様、固定力に優れ、特に頸椎の前屈後屈においては、Magerl法にGallie法[2]を追加した方法と同等の固定力であるとの結果であった[9, 12, 16]。後頭頸椎固定においては、頸椎アンカーとしてMagerl法を用いた場合とC1外側塊スクリュー・C2椎弓根スクリューを用いた場合の比較で、固定力はほぼ同等であったと報告されている[18]。

さらにC1外側塊スクリューとC2椎弓根スクリューの引き抜き強度についても、他のスクリュー法より強度が高いことが実験的に証明されている[8, 11]。したがってC1外側塊スクリューとC2椎弓根スクリューは頸椎アンカースクリューとして非常に有用である。

以上より、我々の症例の検討でも示したが、C1外側塊スクリューとC2椎弓根スクリューの利点は、1)環軸椎間の整復不完全例においても強固な固定が可能であり、スクリュー刺入後でも整復を試みる事が可能、2)Magerl法では危険性の高い胸椎後弯の高度例においてもスクリュー刺入が可能であり、体位、体型による制限がない、3)環椎後弓切除など後方除圧が必要となる症例においても、その除圧範囲に固定範囲が左右されることがなく固定範囲の縮小つまりshort fusionが可能、4)スクリュー挿入の際、椎骨動脈、硬膜嚢を直視下での操作となるため、それらの損傷の可能性が少なく、術中は側面透視のみでスクリュー挿入が可能、などである。

しかし、C2椎弓根と椎骨動脈の解剖学的関係から、C2椎弓根スクリュー刺入不可能例がみられる[20]。我々も13例中2例で術前プランニングにおいて刺入困難と判断した。このような場合でも片側の椎弓根スクリューに、対側はC2/3 transarticular screwを組み合わせて手術が可能であった。また最近C2椎弓内スクリュー(intralaminar screwまたはtranslaminar screw)[5, 20]を用いた固定が報告され、生体力学的に固定力に優れ[13]、比較的安全にスクリューの挿入が可能となるため、今後大いに期待される。

今回示したように、頭蓋頸椎移行部病変に対する固定法として、より安全に最小限の固定範囲で、最大限の固定力が得られるC1外側塊スクリューおよびC2椎弓根スクリューを用いた固定を、現在我々は第一選択としている。しかし解剖学的理由から本手技が困難である場合もあり、またMagerl法も適応のある症例においては有用であるので、各固定法の特徴を理解し適切な方法を選択することが重要であると考えます。

文 献

1. Abumi K, Takada T, Shono Y, et al: Posterior occipitocervical reconstruction using cervical pedicle screws and plate rod systems. Spine 24: 1425-1434, 1999
2. Gallie WE: Fractures and dislocations of the cervical spine. Am J Surg 46: 495-499, 1939

3. Goel A, Desai KI, Muzumdar DP: Atlantoaxial fixation using plate and screw method: a report of 160 treated patients. *Neurosurgery* 51:1351-1356, 2002
4. Goel A, Laheri V: Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. *Acta Neurochir(Wien)* 129: 47-53, 1994
5. Gorek J, Acaroglu E, Berven S, et al: Constructs incorporating intralaminar C2 screws provide rigid stability for atlantoaxial fixation. *Spine* 30: 1513-1518, 2005
6. Grob D, Crisco JJ 3rd, Panjabi MM, et al: Biomechanical evaluation of four different posterior atlantoaxial fixation techniques. *Spine* 17: 480-490, 1992
7. Harms J, Melcher RP: Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine* 26: 2467-2471, 2001
8. Hong X, Dong Y, Yunbing C, et al: Posterior screw placement on the lateral mass of atlas: an anatomic study. *Spine* 29: 500-503, 2004
9. Hott JS, Lynch JJ, Chamberlian RH, et al: Biomechanical comparison of C1-2 posterior fixation techniques. *J Neurosurg Spine* 2: 175-181, 2005
10. Inamasu J, Kim DH, Klugh A: Posterior instrumentation surgery for craniocervical junction instabilities: an update. *Neurol Med Chir(Tokyo)* 45: 439-447, 2005
11. Kowalski JM, Ludwig SC, Hutton WC, et al: Cervical spine pedicle screws: a biomechanical comparison of two insertion techniques. *Spine* 25: 2865-2867, 2000
12. Kuroki H, Rengachary SS, Goel VK, et al: Biomechanical comparison of two stabilization techniques of the atlantoaxial joints: transarticular screw fixation versus screw and rod fixation. *Neurosurgery* 56(1 Suppl): 151-159, 2005
13. Lapsiwala SB, Anderson PA, Oza A, et al: Biomechanical comparison of four C1 to C2 rigid fixative techniques: anterior transarticular, posterior transarticular, C1 to C2 pedicle, and C1 to C2 intralaminar screws. *Neurosurgery* 58: 516-521, 2006
14. Madawi AA, Casey AT, Solanki GA, et al: Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation technique. *J Neurosurg* 86: 961-968, 1997
15. Magerl F, Seeman PS: Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. In Kehr P, Weider A (eds): *Cervical Spine I*, Springer-Verlag, 1987, pp322-327
16. Melcher RP, Puttlitz CM, Kleinstueck FS, et al: Biomechanical testing of posterior atlantoaxial fixation techniques. *Spine* 27: 2435-2440, 2002
17. Paramore CG, Dickman CA, Sonntag VK: The anatomical suitability of the C1-2 complex for transarticular screw fixation. *J Neurosurg* 85: 221-224, 1996
18. Puttlitz CM, Melcher RP, Kleinstueck FS, et al: Stability analysis of craniovertebral junction fixation techniques. *J Bone Joint Surg Am* 86-A: 561-568, 2004
19. Takayasu M, Hara M, Yamauchi K, et al: Transarticular screw fixation in the middle and lower cervical spine. Technical note. *J Neurosurg* 99(1 Suppl): 132-136, 2003
20. Wright NM: Posterior C2 fixation using bilateral, crossing C2 laminar screws: case series and technical note. *J Spinal Disord Tech* 17: 158-162, 2004

Reviewer's comment : 朝本 俊司**(国際医療福祉大学三田病院 脊椎・脊髄センター 脳神経外科)**

C1外側塊スクリュー, C2椎弓根スクリューを基盤にし, 個々の症例にアレンジしながら対応した論文である. Cranio-vertebral junctionの外科的治療方法には幅広いものがあり, その適応を決定するにも十分な経験が必要とする. 本論文は前述の如く, C1, C2にアンカーを置き, 良好な骨癒合を得た結果, outcomeが優れたものである. 近年, instrumentationの進歩からfixationをinstrumentationに頼ってしまいがちの脊椎・脊髄外科医が多い. 著者等の経験のとおり, instrumentationのrigidなfixationが良好は骨癒合を得るわけであって, その結果として脊椎がstabilizeする. もう一度述べるが, 本論文のoutcomeが良いのは, 良好な骨癒合が得られた結果である. これは極めて大切なことで, 本内容はいかに良好な骨癒合を得るかを一例一例大切にした優れた論文と言える. 術前のevaluationもさることながら, 特に手術に関し細かく記述されており我々臨床家には治療の一助になることは言うまでも無い.

Reviewer's comment : 小柳 泉 (札幌医科大学 脳神経外科)

頭蓋頸椎移行部の不安定性病変に対して, C1外側塊スクリューあるいはC2椎弓根スクリューを使用した後方固定術を行った13例の報告です. これらのスクリューとロッドによるC1-2固定は7例であり, 他の6例では, 後頭頸椎後方固定あるいはC1-C4後方固定のアンカースクリューとして, 他のスクリューとともに種々の固定を行っています. C1外側塊スクリューは, C1椎弓切除を行った場合にも使用することができること, 椎骨動脈損傷の可能性が少ないことから, Mergerl法に比較して, 優れた方法であることを強調しています. スクリュー刺入に伴う硬膜損傷の原因や対策など, 経験に基づいた細かなテクニックも記載しています. 複雑な頭蓋頸椎移行部病変に対して, 種々のスクリューを駆使した手術の経験を, 文献のレビューとともに報告しており, 脊椎・脊髄外科医にとってきわめて有用な論文です.