手術用顕微鏡を用いた棘突起正中縦割法による頸椎椎弓拡大形成術の中期予後

—術後3年以上経過した症例の検討—

河岡 大悟, 花北 順哉, 高橋 敏行, 渡邊 水樹, 大竹 安史

藤枝平成記念病院脊椎椎疾患治療センター

Mid-term Follow-up Study of Microsurgical Cervical Laminoplasty

Taigo Kawaoka, M.D., Junya Hanakita, M.D., Toshiyuki Takahashi, M.D., Mizuki Watanabe, M.D., and Yasufumi Ohtake, M.D.

Spinal Disorders Center, Fujieda Heisei Memorial Hospital

Cervical laminoplasty, an excellent operative procedure proposed by Japanese orthopedic surgeons, has been widely accepted by Japanese neurosurgeons. There are several long-term follow-up reports on cervical laminoplasty by orthopedic surgeons, but only a few reports on the procedure have been published by neurosurgeons. In the present study, the follow-up results of cervical laminoplasty performed under the surgical microscope were investigated. Among the 84 patients who underwent double-door laminoplasty between October 2006 and December 2009, 44 patients were analyzed in the study. As to the clinical parameters, the age, gender, Japanese Orthopaedic Association (JOA) score, and dynamic changes in the cervical spine were examined preoperatively and postoperatively.

Of the 44 patients included in the study, 33 were males and 11 were females, and their mean age was 64.1 years, with an age range of 23 to 83 years.

The mean follow-up period was 5.1 years (3–6.8 years). The disorders observed are as follows: 32 patients with cervical spondylosis, 9 patients with ossification of the posterior longitudinal ligament (OPLL), 2 patients with cervical soft disc herniation, and 1 with spinal cord injury. Although the JOA scoring method was slightly different preoperatively (nurse oriented) and postoperatively (patient self-filling), the average JOA score was 11.1 preoperatively and 12.8 postoperatively. The range of cervical motion was reduced by about 35% postoperatively. No serious cervical complication was noticed in the present series. The operative result was confirmed to be satisfactory in the present study compared with other reported studies.

(Received October 23, 2015; accepted February 12, 2016)

Key words: laminoplasty, microscopic surgery, long-term result

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 25 : 671–681, 2016

緒 言

頸椎椎弓拡大形成術は、1970年代後半ごろにわが国の

整形外科医によって提唱された術式で、われわれ脳神経外科医もこの術式を広く採用している。従来から手術手技の工夫、術式による成績の比較⁴⁾⁵⁾¹²⁾¹³⁾¹⁶⁾¹⁷⁾²²⁾²³⁾²⁹⁾³¹⁾³²⁾,

連絡先: 河岡大悟, 〒426-8662 藤枝市水上123-1 藤枝平成記念病院脊椎椎疾患治療センター

Address reprint requests to: Taigo Kawaoka, M.D., Spinal Disorders Center, Fujieda Heisei Memorial Hospital, 123-1 Mizukami, Fujieda-shi, Shizuoka 426-8662, Japan

術後合併症やいわゆる C5 麻痺についてのさまざまな報告がある。頸椎椎弓拡大形成術後の長期成績については、整形外科の領域から数多く発表されているが、脳神経外科医による報告は少ない。われわれの施設から過去に頸椎症性脊髄症に対する手術用顕微鏡下での椎弓切除術の術後成績に関してはすでに報告したが³⁾、今回は同様に手術用顕微鏡を用いて行った正中縦割法による椎弓拡大形成術後成績について、術後 3 年以上経過した症例を対象として後方視的に調査した。

対 象

当センターにおいて 2006 年 10 月～2009 年 12 月の 3 年間に正中縦割法による頸椎椎弓拡大形成術を行った 84 名を対象とした。後方固定術や前方固定術併用例は除外した。この 84 例はすべて脊髄症を呈した症例で、手術は手術用顕微鏡を用い、また全例椎間孔部の foraminotomy の追加は行っていない。

方 法

継続診療中の患者を含む全 84 名に再受診依頼の手紙を送付した。手紙の内容は再受診時に、現時点での JOA score（日本整形外科学会 頸髄症治療成績判定基準）の評価と単純レントゲン撮影（正面・側面・中間位・前屈位・後屈位）を行うこと、受診にかかる料金はすべて患者負担であることを明記した。

再受診した患者の手術時年齢、性別比、術前後の JOA score、平林法による改善率、側面像中間位および前後屈での角度変化を検討した。改善率 RR (recovery rate) として平林による算定法を用いた（術後点数から術前点数を引き、17 点から術前点数を引いたもので割り、100 を掛け算出し % で表示）⁹⁾。

今回採用した手術手技の実際

0. 挿管後、頸椎カラーを装着し腹臥位にする。
1. Mayfield 頭蓋支持器で頭部を 3 点固定し、前頸部を軽度屈曲位とし後頸部が水平になるように上体を約 20 度挙上する。
2. 正中切開後、棘突起に達するまで電気メスで項靱帯を左右に分ける。
3. C3-6 の棘突起に付着する筋群を電気メスで剥がす。その時 C2 と C7 椎弓の一部は骨を露出するようになるが、できるだけ付着する筋を温存するように努める。

4. 棘突起の先端を棘突起尖刀またはリュウエルにて削除する。
5. ここから手術用顕微鏡下での操作に入る。手術用顕微鏡下に棘突起を直径 2 mm または 3 mm で先端が球形のダイヤモンドバー・ドリルで C3-6 の正中縦割を行う。このときドリルの先端を注意深く目視し、脊髄を少しでも圧迫しないように、皮質にヒビが入る程度に薄く削ることを目標とする。
6. C7 棘突起上端を黄色靱帯の付着部が終わるところまで、ドーム状に骨削除する。
7. 次に棘突起がまだ安定しているうちにセラミック・スパーサー締結用の糸を通す穴を先が鋭の布鉗子で各棘突起の左右 2 カ所ずつ空ける。
8. 術前 CT であらかじめ骨溝の幅を計測しておき、術中は変曲点を目印に 3 mm のダイヤモンドバー・ドリルで骨溝を作成する。術前の CT で椎弓が厚い場合は外側塊側へ広めに骨削除を行う。この時、ときどき椎弓を軽く開き、若木骨折できる程度にしなりがあるかをチェックする。
9. なるべく全体的に均一に後方除圧がなされるよう一気に C3-6 までの左右すべての椎弓を展開する。硬膜外の出血している静脈は丁寧に電気凝固止血する。
10. 椎間孔での除圧操作、いわゆる foraminotomy は一切の症例で行わない。
11. セラミック・スパーサーを締結する。

結 果

われわれの施設では、脊髄外科指導医から後期研修医までが術者として椎弓形成術を行うためデータが分散しているが、平均手術時間は 3.5 時間 (2.8～5.0)、平均出血量 31 ml (20～100) で、術後硬膜外血腫 1 例であった。

① 手紙依頼による受診状況

正中縦割法による頸椎椎弓拡大形成術のみを行った 84 人中、実際に再受診可能であったのは 44 人 (follow-up 率: 52%) であった。内訳は、返信があったのが 50 人 (60%) でそのうち死去が 5 人、遠方のため受診不可が 1 人、返信がなかったのが 28 人、宛先不明で手紙が戻ってきたのが 6 人であった。

② 手紙依頼により実際に受診した患者の内訳

平均 follow-up は 5.1 年 (3～6.8 年) であった。44 名 (52%) の内訳は、男性 35 名、女性 9 名で平均年齢 64.1 歳 (23～83 歳) であった。疾患の内訳としては頸椎症性

脊髄症 (cervical spondylotic myelopathy : CSM) 32 名, 頸椎後縦靱帯骨化症 (ossification of the posterior longitudinal ligament : OPLL) 9 名, 頸椎椎間板ヘルニア 2 名, 頸髄損傷 1 名であった (Table 1).

頸椎後方手術における手術基準は不安定性がなく, かつ, C2-7 での後弯が 10 度以内としているが, 例外的に 10 度を超えている症例も数例あった. さらに OPLL は病変が 2 椎体を超える症例としている.

③ Follow-up が可能であった 44 症例の検討結果

1. 全体の検討結果

1) 頸椎 JOA score (17 点満点) の変化

術前平均 11.1 から最終 follow-up 時点で 12.8 へ改善した. RR は 28.8%であった. 術前 JOA score に基づき, 患者を 0~5 点の重症群, 6~11 点の中等症群, 12~17 点の軽症群と 3 群に分け検討した. 重症群で術前 3.4 から術後 11.5 で RR 59.6%, 中等症群で術前 9.5 から術後 11.3 で RR 24.0%, 軽症群で術前 14.5 から術後 14.8 で RR 12.0%あった (Fig. 1).

2) C2-7 angle 変化と可動域 (range of motion : ROM)

中間位での C2-7 生理的前弯は術前 7.4 度から術後 4.6 度, また ROM は術前 36.0 度から術後 19.3 度といずれも半減した (Fig. 2).

2. CSM と OPLL での検討

次に CSM と OPLL に分け同様の項目を検討した.

1) JOA score の変化

平均 JOA score の変化は CSM で術前 11.4 から術後 13.1 に改善し RR は 30.3%, OPLL では術前 11.4 から術後 12.8

に改善し RR は 25%であった.

同様に重症度で 3 群に分けて検討すると, CSM では重症群で術前 4.5 から術後 14.0 で RR 76%, 中等症群では術前 9.5 から術後 11.6 で RR 28%, 軽症群では術前後で変化なく 14.8 であった. OPLL では重症群で 3.0 から術後 9.0 で RR 42.9%, 中等症群では術前 10.0 から術後 10.7 で RR 10.0%, 軽症群では 14.0 から術後 14.8 で RR 26.7%であった (Fig. 3).

2) C2-7 alignment 変化と ROM 変化

CSM での中間位での平均 alignment は術前 5.2 度から術後 5.7 度と微増したが, ROM は術前 36.9 度から術後 18.4 度へ半減した. OPLL での中間位での平均 alignment は術前 16.1 度から術後 13.3 度と減少し, ROM は術前 37.0 度から術後 18.3 度へ半減した (Fig. 4).

3. 年齢 : 75 歳未満と 75 歳以上での比較

症例数比は 70 歳未満と 70 歳以上の比率は約 2 : 1 (29 : 15)であった. 症例の内訳は CSM が 23 (79%) : 9 (60%),

Table 1 Patient details

Mean follow-up	5.1 y (3-6.8 y)
Male : Female	35 : 9
Mean age	64.1 (23-83 y)
Disease	
CSM	32 (32/44=72.7%)
OPLL	9 (9/44=20.5%)
Cervical hernia	2 (2/44=4.5%)
Spinal cord injury	1 (1/44=2.3%)

Fig. 1 Change in JOA scores

Fig. 2 Change in C2-7 angle and range of motion

Fig. 3 Changes in JOA scores for different diseases

There were no significant difference between two diseases at mild group. Improvement rate was higher almost twice about CSM at severe group and moderate group. We were considered that spinal cord injury remains stronger at chronic hard bony compression by OPLL than soft components such as the herniated disc and flexure of yellow ligaments of CSM.

OPLL が 6 (21%) : 3 (20%), ヘルニアが 1 (3%) : 2 (13%), 頸髄損傷が 0 : 1 (6%) であった。

JOA score 変化は 70 歳未満が術前 11.5 から術後 13.4 で RR 34.5%, 70 歳以上が術前 10.5 から術後 11.7 で RR 18.5%, JOA score の改善症例の割合は 70 歳未満が 29 例中 26 例 (90%), 70 歳以上が 15 例中 8 例 (53%) であった。

た (Table 2)。

④ 術前から中間位で頸椎後弯 (0 度以下) を示した 8 例についての検討

8 例すべてが 70 歳未満で、原疾患はすべて CSM であった。後弯角は術前平均 -9.1 度 (-1 度 ~ -17 度) が

Fig. 4 Changes in the C2-7 angle in different diseases

Postoperative neck collar fixed only 4 days. ROM is decreased by about 50% in both diseases. The results has been assumed that lowering of the flexibility of surrounding tissue, bony fusion in lamina and facet by operation.

術後平均-5.5度（-15度～+5度）であった。8例中JOA scoreが増悪したのは3例（37.5%），また後弯角が増悪したのも3例（37.5%）であった。平均のJOA score変化は術前11.3から術後12.0でRRは13%であった（Table 3）。

⑤ MRI T2 高輝度による JOA score 変化

MRIでT2高輝度変化の広がりについては、術前後でMRIが撮像されている25症例の中で、T2高輝度が存在する範囲（1～3椎体）で分類し評価した。分類はT2輝度変化が①1椎体限局（10例）、②2椎体に及ぶもの（8例）、③3椎体に及ぶもの（7例）とした。①群は術前後のJOA score変化は12.9から13.8でRR22.0%、増悪例は10例中1例（10%）、②群のJOA score変化は10.6から13.0でRR37.5%、増悪例は8例中2例（25%）、③群のJOA score変化は11.1から10.6で増悪例は7例中3例（42.9%）であった（Fig. 5）。

⑥ 術後早期合併症について

術後早期合併症が出現したのは全84例中5例で6.0%の発生率であった。そのうち「いわゆるC5麻痺」が出現したのは66歳女性のCSM症例の1例のみ（発生率2.3%）であった。この症例は術後6カ月を要したが麻痺は改善した。その他、血腫形成による再手術例が1例、肩の痛みや手指のしびれの増悪例は3例であった。

Table 2 Differences between the young and the elderly patients

	Under 75 y	Over 75 y
< Cases >	29 (66%)	15 (34%)
CSM	23 (79%)	9 (60%)
OPLL	6 (21%)	3 (20%)
Hernia	1 (3%)	2 (13%)
Cord injury	0	1 (6%)
JOA score change (average)	11.5→13.4 (1.9 up)	10.5→11.7 (1.2 up)
JOA score improve	26 (90%)	8 (53%)

考 察

2006年にChibaら²⁾は脊髄症を呈する80例（CSM27例、OPLL53例）に対し平均14年の術後長期成績を検討している。その中で平均JOA scoreとRRは術後1年までは著明な改善傾向を示し、その後は最終観察時までほぼ横ばいで推移したと報告している。このことに加え、長期の追跡になればなるほど他の脊椎疾患による症状や、股関節・膝関節などの運動器由来の諸症状が合併する機会が増加し、元来の頸椎病変自体による症状が修飾されてくることが予想される。このような理由から今回われわれは術後平均5年の観察期間を目安に調査を行った。

Table 3 Study of kyphosis cases preoperatively

	64 F	66 M	56 M	60 M	65 M	67 M	68 M	65 F
Disease	CSM	CSM	CSM	CSM	CSM	CSM	CSM	CSM
Follow up (years)	6.8	3.7	5.9	5.8	5.5	5.6	3.6	3
Kyphosis change	-4→-9 (-5)	-1→-13 (-12)	-13→-14 (-1)	-6→5 (+11)	-17→-15 (+2)	-16→0 (+16)	-7→-2 (+5)	-9→4 (+13)
JOA score change	11→7 (-4)	11→10 (-1)	10→17 (+7)	14→16 (+2)	13→15 (+2)	9→5 (-4)	12→13 (+1)	10→13 (+3)

Fig. 5 Classification of the changes in JOA scores by the MRI brightness

① 本邦脳神経外科医による頸椎椎弓拡大形成術の長期術後成績の報告

頸椎椎弓拡大形成術は、わが国の整形外科医たちにより開発された術式であり、今日でも幅広く採用されている。しかし中・長期成績については、整形外科領域から数多く発表されている^{2) 4) ~ 8) 12) ~ 14) 16) 18) ~ 23) 29) ~ 32)}一方で、脳神経外科サイドからの報告はきわめて少数である^{11) 15) 17) 25) 26)} (Table 4)。

西川ら¹⁷⁾ (脳神経外科医) は頸椎前方除圧固定術、正中縦割式椎弓拡大形成術において、5年以上経過した120例の治療成績を報告した。椎弓拡大形成術については改善48例(92%)、悪化4例であった。JOA scoreは術前平均10.5から最終時平均14.6, RR 63.1%であった。合併症は2例(3.8%)で、いずれも6カ月で消失したと報告している。

1992年に岩崎ら¹¹⁾ (脳神経外科医) が前方固定49例を含む計55例の頸部脊椎症の中長期予後を頸椎症の手術成績として合わせて検討している。筆者らは後方手術の適応を「4椎間以上の障害レベルを有し、脊柱管狭窄が

顕著で、脊柱アライメントの不整がなく、さらに黄色靱帯肥厚などの後方からの圧迫因子もある場合」としており、結果として椎弓形成術の割合は少なく5例となり、その改善率は60~70%であった。

1997年にMorimotoら¹⁵⁾ (脳神経外科医) がOPLLに絞った20例の正中縦割式椎弓拡大形成術で平均3年の中期予後を検討している。手術時平均年齢51.3歳とわれわれの報告と比べると平均で15.7歳若い。JOA scoreは術前7.9から術後14.1へ改善したと報告している。

② 頸椎椎弓拡大形成術における各種パラメータに関する検討

1. 術後のJOA scoreの変化・改善率について

最初の中長期成績報告はHirabayashiら⁶⁾ (整形外科医) で、OPLL 55例, spinal canal stenosis 22例, multiple level stenosis 13例の計90例について片開き法を用いた術後成績について平均3年以上経過した成績を出している。改善率はOPLLで58%, その他 spondylosis で54%という結果を報告している。

Table 4 Summary of previous studies that described long-term results of laminoplasty

Author	Average follow-up (years)	Number of cases	Operative method	Male : female	Age	Pre-op. JOA score	Post-op. JOA score	Recovery rates	C2-7 angle	ROM change
Hirabayashi et al ⁶⁾ (1988)	3	90	Single door	No listed	No listed	No listed	No listed	56.40%	No listed	No listed
Uchida et al ²⁹⁾ (2011)	6.8	56	Single door	39 : 17	No listed	8.8	12.4	62%	No listed	64.2→33.6
Iwasaki et al ¹¹⁾ (1992)	8.7	66 (OPLL only)	Single door	51 : 15	57	9.2	13.7	55%	No listed	No listed
Yagi et al ³⁰⁾ (2010)	5.5	71	No listed	47 : 24	62.9	9.2	13.1	50.40%	No listed	No listed
Chiba et al ²⁾ (2006)	14.2	80	Single door	65 : 15	54.5	8.3	12.8	61.50%	No listed	36.1→12
Ogawa et al ¹⁸⁾ (2004)	9.5	72 (OPLL only)	Double door	53 : 19	57.9	9.2	12.8	41.30%	No listed	31.8→7.6
Seichi et al ²¹⁾ (2001)	12.7	60	Double door	43 : 17	54.6	8.5	11.8	38.80%	No listed	40.9→10.1
Satomi et al ²⁰⁾ (2001)	8	76	Single door	63 : 13	54	8.8	14	61.90%	No listed	No listed
Saruhashi et al ¹⁹⁾ (1999)	5	30	Double door	22 : 8	62.6	8.8	11.9	37.60%	19.7→16.4	64.3% decrease
Hirabayashi et al ⁷⁾ (1999)	7 years or more	87	Single door	76 : 11	57	8.7	14	59%	No listed	29.9→9.3
Morimoto et al ¹⁵⁾ (1997)	3	52	Double door	37 : 15	64	10.5	14.6	63.10%	No listed	No listed
Nishikawa et al ¹⁷⁾ (2012)	14	20 (OPLL only)	Double door	No listed	51.3	7.9	14.1	68.10%	No listed	No listed
Du et al ⁴⁾ (2013)	9.2	36	Single door	24 : 12	57.1	8.08	13.97	66.00%	No listed	No listed
Yukawa et al ³²⁾ (2007)	2.3	21	Double door	8 : 13	62.3	11.1	14.4	58.90%	8.5	49.0→35.8
Shiraishi et al ²²⁾ (2003)	3.6	51	Single door	32 : 19	67	No listed	No listed	60%	No listed	16.0→118
Highsmith JM et al ⁵⁾ (2011)	3.5	30	Single door	No listed	61	11.6	14.4	51.90%	No listed	No listed
Yonenobu K et al ³¹⁾ (1991)	3.6	42	Single door	29 : 13	56	9.3	12.8	44.90%	No listed	No listed
Nakano et al ¹⁶⁾ (1988)	4.5	75	Single door	No listed	55	7	15	81.40%	No listed	No listed
Our series	5.1	44	Double door	33 : 11	67	11.1	12.8	28.80%	7.4→4.6	36.0→19.3

その他JOA scoreの変化については術前9.1(7.0~11.6)から最終13.5(11.8~15.0)で平均RRは58.3%(41.3~81.4)^{2)4)~7)11)15)~22)29)~32)}であった。またChibaら²⁾は片開き法を用い高齢ほどRRが悪いという結果を示し、Yagiら³⁰⁾はJOA scoreとRRに関して年齢、喫煙歴、糖尿病は有意な関連はなく、術前からMRI T2強調画像にて信号強度変化を有する症例、また術後にT2高信号域が

拡大した例で有意に改善率が低かったと報告している。

われわれの study 全44例ではJOA scoreは術前平均11.1から最終follow-up時点で12.8へ改善し、平均改善率は28.8%であった。術前JOA scoreに基づき分類したJOA scoreの変化は重症群では3.4から11.5で改善率は59.6%、中等症群で9.5から11.3で改善率は24.0%、軽症群では14.5から14.8で改善率は12.0%あった。一見

重症例の改善率は良好であるが、最終的な JOA score は重症群と中等症群ではほぼ同等、軽症群ではもとの術前 JOA score が高いため、改善率としてはほとんど変化がないという結果となった。今回のわれわれのシリーズでは比較的軽症例群の比率が高いため 44 症例全体でみると改善率では低くなっていたものと考えられた。また、JOA score は本来医師主導型評価法で、他の報告にも改めて記入方法を記載したものはなかったが、術前は看護師指導のもと患者が記入し、術後は完全に患者自己記入式として用いた点も術後の JOA score が他の報告よりも低くなっている要因の 1 つと考えられた。

2. C2-7 alignment 変化と ROM 変化

Saruhashi ら¹⁹⁾は両開き法を用い 30 例中 10 例で術後 C2-7 alignment が増悪したが、神経学的所見の改善に関して差は認められず alignment に関係なく優れた臨床結果が得られたとしている。

Chiba ら²⁾は片開き法を用い頸椎の ROM について術後 36% 減少し、alignment に関しては CSM では術後成績にほとんど影響なく、OPLL では術前後弯がある症例では改善率が低かったが、結果的に片開き法による laminoplasty の長期成績は良好であったとした。

内田ら²⁹⁾は片開き法を用い椎間可動性に注目し C2-3 と C7-T1 以外の椎間では術後有意に低下し、屈曲時椎間角度の合計は術前 26.5 から術後 17.3、伸展時椎間角度は術前 37.7 から術後 16.3 といずれも低下し、特に伸展角度の低下が大きかったとした。Alignment 変化は術前に後弯変形のあった 9 例のうち 7 例は後弯が残存し、術前前弯の強かった 16 例のうち 5 例で前弯の低下がみられたが、治療成績への影響はなかったとしている。

Yukawa ら³²⁾は両開き法を用い C2-7 ROM は術前 49.0 度から術後 35.8 度へ減少したとした。

本 study では術前後の中間位 alignment は CSM で術前平均 5.2 度から術後 5.7 度と微増、OPLL で術前平均 16.1 度から 13.3 度と減少している。わずかな変化はあるものの CSM、OPLL ともにほとんど変化は認められなかった。

われわれの施設では術後外固定は 4 日間のみであるが、ROM はどちらの疾患でも約 50% 減少する結果となり、このことは手術操作が加わることによる周囲組織の柔軟性低下や、開創した部位での骨新生による椎弓・椎間関節での骨性癒合が影響するものと推測している。また術後首下がり症が危惧されるような、術前中間位で後弯を認める症例に手術を行えば必ず術後に後弯が増悪するわけではなく、さらに術後に後弯が増悪しても JOA score が悪くなるわけではないことがわかった。

われわれは特に後方支持要素を温存する術式の工夫は取り入れていないが、筋層に入ることなく確実に棘上靱帯を左右に分け棘突起正中に達し、閉創時に丁寧に合わせることである程度の軸性疼痛や alignment の増悪は防げると考える (Fig. 6)。また今回の study では手指の不快感・痺れ・痙攣性歩行の増悪による歩行の不自由さを訴える患者はみられたが、術後に日常生活に支障をきたしたり、痛みのために鎮痛消炎剤の内服を必要としたりするほどの軸性疼痛を訴える患者はなかった。これは経年的にある程度の軸性疼痛は許容範囲となる一方で、加齢に伴う全身機能の衰退によって加速される残存症状の増悪が日常生活に支障をきたし、一抹の不安として訴えにあがることになったのではないかと推測した。

3. 若年者と高齢者間の差異について (年齢: 75 歳未満と 75 歳以上での比較)

Satomi ら²⁰⁾は片開き法を用い手術時の年齢が 60 歳以下では改善率は 76.3% であるが、60 歳以上になると 41.3% と改善率が悪いとした。

Chiba ら²⁾は JOA score が 1 point 以上下がった症例は CSM、OPLL ともに 30% 存在し、その最終 follow-up 時の平均年齢は CSM では 70 歳、OPLL では 77 歳だったとした。つまり高齢ほど改善率が悪いという結果を示した。

われわれの study では 75 歳以上の症例の割合が 34% あった。JOA score の改善症例数の割合は 75 歳未満で 90% と高かったが、75 歳以上では 53% と高齢者の手術成績はよくなかった。これは高齢者になれば他の全身合併疾患の割合が高まり、また脊髄自体の加齢性変化も伴って来ることが原因ではないかと推測される。

4. 術前 MRI における輝度変化について

Yagi ら³⁰⁾(術式記載なし) は平均追跡期間 60.6 カ月の CSM や OPLL にみられる 71 例の cervical compression myelopathy (CCM) の MRI 髄内信号変化について、risk factors と長期的な臨床的意義を見出した。著者らは術前に髄内信号変化がみられた 71 例中 50 例において、術前後 JOA score と改善率は輝度変化を有する患者で有意に低かったが、T1 強調画像での低信号に対する JOA score と改善率には有意な相関はなく、術後 T2 高信号域が拡大した 17 例で有意に JOA 改善率が低かったとした。長期臨床転帰においても髄内信号変化を有する症例において有意に悪かったと報告している。

われわれの study では術前後で MRI が撮影されている 25 症例に対し T2 輝度変化が①1 椎間限局 (10 例)、②2

Fig. 6 Radiograph and CT scan taken at the same time

In radiograph, no alignment change is observed (A~C). In CT scan, spinal canal is well expanded (b). Bone union at the edge of double open door is good (c). Atrophy of the dorsal muscle layer is mild (a~c).

椎間に及ぶもの（8例）、③3椎間に及ぶもの（7例）に分類した。3群に分類するとそれぞれの母数が減少してしまうが、T2高輝度変化の及ぶ範囲に比例して、術後JOA scoreの増悪例率が高かった。これは、T2高輝度変化が広いということは障害が高度であったということでもあるが、過去にも言われてきた罹病期間が長いと術後の改善が悪いということにもつながる結果となった。

5. CSMとOPLLについて

改善率については前述のごとくCSM、OPLLともに60%前後の改善率^{2)4)~6)11)16)18)~22)29)31)32)}が得られている。

Seichiら²¹⁾は両開き法を用いたlaminoplastyをJOA scoreで評価しており、CSMでは術前8.3から術後10年で11.7、OPLLでは術前8.6から10年後11.9と両疾患ともに差異なく同程度の良好な結果を報告している。

われわれのstudyにおいても、全体の平均JOA scoreの変化はCSMとOPLLではほとんど相違なく、最終follow時点でのscore差もわずか0.3%で（CSM 13.1、OPLL 12.8）疾患別の有意差はなかった。改善率でみるとCSMのほうが約5%よかった（CSM 30.3%、OPLL 25%）。

重症度で3群に分けて検討してみると軽症群では両疾患間で有意差はなかったが、重症群および中等症群では約2倍近くCSMのほうが高い改善率であった。これはCSMの椎間板ヘルニアや黄色靱帯のたわみなどの柔らかい成分による間欠的な脊髄圧迫よりも、OPLLによる慢性的な硬い骨性圧迫のほうが脊髄に与える影響が強く、脊髄障害が強く残るのではないかと考えた。

6. 合併症：特にforaminotomyを加えないことについて

本シリーズで、いわゆるC5麻痺が出現したのは1例（1.2%）のみであった。C5麻痺の発生機序としては術中のドリルによる機械的損傷¹⁾、除圧後に脊髄が後方にシフトすることによるtethering¹⁾²⁴⁾²⁷⁾²⁸⁾、除圧後の過灌流現象¹⁰⁾などがいわれているが、いずれも立証は得られていない。われわれ同様、椎弓拡大形成術後にforaminotomyを加えた一連の報告でRoseliらはC5麻痺の発生率は12%であったと報告している。われわれは従来から全例において椎間孔部の椎間孔開放術（foraminotomy）は行っていない。過去にわれわれの施設から田宮ら²⁵⁾がforaminotomyの追加を加えずに行った椎弓拡大形成術

126 例に対し、術後の頸部痛や肩痛を除いた上肢症状を呈した術後合併症について報告している。同一術者が実施した 126 例の疾患別内訳は頸椎症 94 例、頸部脊柱管狭窄症 33 例、OPLL 41 例で、術後に新たに「いわゆる C5 麻痺」を呈したのは 1 例 (0.8%) のみであった。この症例は術後 4 週間で C5 麻痺症状は改善し、主訴であった左上肢の痛みを伴う強いしびれも改善している。このことから発生要因が解明されていない現時点での C5 麻痺の発生予防策として foraminotomy を追加することは、静脈叢からの出血や椎間関節破壊による脊柱不安定性を招く可能性が高まることとなり、不要の操作であろうと考えている。

7. 手術用顕微鏡を用いるメリットについて

脳神経外科医による椎弓形成術は論文上に明記されていないが、われわれのように正中縦割法でも片開き法を採用していても、前述のように手術用顕微鏡下に手術を行っている術者が多い。

手術用顕微鏡を用いるメリットとして術野を明るく保つことができ、局所を拡大して操作することが可能なため、硬膜・神経根・細かい血管系にまで愛護的に、またより確実繊細な操作ができると考えている。助手は術者が行う顕微鏡下操作を対面鏡にてすべて観察することができ、また同時に付設したモニターにより手術室内あるいは他所でも多人数による観察が可能となっている。また術中のすべての操作が記録されており、術後の検証を客観的に繰り返し行うことが可能であることから教育的でもある。

われわれの施設での手術時間は整形外科の報告¹⁶⁾²²⁾²³⁾³²⁾による約 2 時間より長く 3.5 時間程度であったが、顕微鏡下で丁寧な止血操作を行うため術中出血量に関しては他の報告よりも非常に少なく平均 30 ml 程度で、かつ術後の硬膜外血腫形成による再手術率は 1.2% (1/84 例) であった。

まとめ

正中縦割法による頸椎椎弓拡大形成術に関して、われわれが手術顕微鏡を用いて行った中期成績は、他の論文と比較して遜色はなく、改めて安定した成績を残すことが証明された。また foraminotomy を加えていない本シリーズは C5 麻痺発生率が 1.2% (1/84 例) と低く、C5 麻痺の発生要因としてのさまざまな説に対しては疑問を呈する結果であった。今回検討した手術用顕微鏡下の脊椎手術は数々の利点を有している。

外科手術において長期予後に関する治療成績を出すことはさまざまな点から難しい。術者側の要因として、手術適応の相違、術者の経験年数の違い、同一術者でも日々熟練されていくことなどがある。また患者側の要因としては手術時の神経症状や基礎疾患が一致しないなど、多症例が同一条件下である研究はありえないためである。これらの要因が外科治療の長期成績を検討する際の困難さを増している。

今回の研究の限界としては、後ろ向き研究であり長期の follow-up 中に 48% が死亡や転居などで脱落したことである。今後、さらに正確な長期予後を検討するには従来から指摘されているごとく、前向き調査が必要である。

筆頭著者および共著者は日本脳神経外科学会への COI の自己申告を完了しています。

本研究において報告する COI はありません。

文 献

- 1) 馬場逸志, 住田忠幸, 石田了久, 真鍋英喜, 山本健之, 河越宏之, 宮内 晃, 伊東祥介, 佐々木浩文: 頸椎片開き式椎弓形成術の問題点—術後神経根麻痺に対するわれわれの工夫. 臨整外 30: 499-505, 1995.
- 2) Chiba K, Ogawa Y, Ishii K, Takaishi H, Nakamura M, Maruiwa H, Matsumoto M, Toyama Y: Long-term results of expansive open-door laminoplasty for cervical myelopathy—average 14-year follow-up study. *Spine (Phila Pa 1976)* 31: 2998-3005, 2006.
- 3) 千原英夫, 花北順哉, 高橋敏行, 倉石慶太, 上坂十四夫, 渡邊水樹, 武澤正浩: 頸椎症性脊髄症に対する手術用顕微鏡下頸椎椎弓切除術の有用性について—特に術後不安定性についての検討—. 脳外誌 23: 820-826, 2014.
- 4) Du W, Wang L, Shen Y, Zhang Y, Ding W, Ren L: Long-term impacts of different posterior operations on curvature, neurological recovery and axial symptoms for multilevel cervical degenerative myelopathy. *Eur Spine J* 22: 1594-1602, 2013.
- 5) Highsmith JM, Dhall SS, Haid RW Jr, Rodts GE Jr, Mummaneni PV: Treatment of cervical stenotic myelopathy: a cost and outcome comparison of laminoplasty versus laminectomy and lateral mass fusion. *J Neurosurg Spine* 14: 619-625, 2011.
- 6) Hirabayashi K, Satomi K: Operative procedure and results of expansive open-door laminoplasty. *Spine (Phila Pa 1976)* 13: 870-876, 1988.
- 7) Hirabayashi K, Toyama Y, Chiba K: Expansive laminoplasty for myelopathy in ossification of the longitudinal ligament. *Clin Orthop Relat Res* 359: 35-48, 1999.
- 8) 平林 洸: 頸椎症性脊髄症治療の進歩と課題. 日本脊椎外科学会誌 11: 409-418, 2000.
- 9) 平林 洸: 日本整形外科学会頸髄症治療成績判定基準. 日整会誌 68: 490-503, 1994.
- 10) 本間隆夫, 千葉義和: 術後上肢麻痺に関する脊髄障害仮説. 第一回圧迫性脊髄症研究会講演集: 39-49, 2000.
- 11) 岩崎喜信, 飛驒一利, 阿部 弘, 秋野 実: 頸部脊椎症の長期予後—術後 3 年以上の経過観察例の検討. *Spinal*

- Surgery* 6: 7-14, 1992.
- 12) 巖崎幹季, 藤森孝人, 長本行隆, 柏井将文: 頸椎後縦靱帯骨化症の手術の長期成績 (前方 VS 後方). *脊椎脊髄* 24: 916-923, 2011.
 - 13) Lao L, Zhong G, Li X, Qian L, Liu Z: Laminoplasty versus laminectomy for multi-level cervical spondylotic myelopathy: a systematic review of the literature. *J Orthop Surg Res* 8: 45, 2013.
 - 14) Martin-Benlloch JA, Maruenda-Paulino JJ, Barra-Pla A, Lagua-Garzarán M: Expansive laminoplasty as a method for managing cervical multilevel spondylotic myelopathy. *Spine (Phila Pa 1976)* 28: 680-684, 2003.
 - 15) Morimoto T, Matsuyama T, Hirabayashi H, Sakaki T, Yabuno T: Expansive laminoplasty for multilevel cervical OPLL. *J Spinal Disord* 10: 296-298, 1997.
 - 16) Nakano N, Nakano T, Nakano K: Comparison of the results of laminectomy and open-door laminoplasty for cervical spondylotic myeloradiculopathy and ossification of the posterior longitudinal ligament. *Spine (Phila Pa 1976)* 13: 792-794, 1988.
 - 17) 西川 節, 金 安明, 正村清弥, 井上 剛, 中西愛彦, 生野弘道: 頸椎前方除圧固定術・椎弓拡大形成術の長期治療成績: 術後5年以上の経過観察ができた症例の検討. *脊椎外科* 26: 221-226, 2012.
 - 18) Ogawa Y, Toyama Y, Chiba K, Matsumoto M, Nakamura M, Takaishi H, Hirabayashi H, Hirabayashi K: Long-term results of expansive open-door laminoplasty for ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine. *J Neurosurg (Spine 1)* 1: 168-174, 2004.
 - 19) Saruhashi Y, Hukuda S, Katsuura A, Miyahara K, Asajima S, Omura K: A long-term follow-up study of cervical spondylotic myelopathy treated by "French window" laminoplasty. *J Spinal Disord* 12: 99-101, 1999.
 - 20) Satomi K, Ogawa J, Ishii Y, Hirabayashi K: Short-term complications and long-term results of expansive open-door laminoplasty for cervical stenotic myelopathy. *Spine J* 1: 26-30, 2001.
 - 21) Seichi A, Takeshita K, Ohishi I, Kawaguchi H, Akune T, Anamizu Y, Kitagawa T, Nakamura K: Long-term results of double-door laminoplasty for cervical stenotic myelopathy. *Spine (Phila Pa 1976)* 26: 479-487, 2001.
 - 22) Shiraishi T, Fukuda K, Yato Y, Nakamura M, Ikegami T: Results of skip laminectomy-minimum 2-year follow-up study compared with open-door laminoplasty. *Spine (Phila Pa 1976)* 28: 2667-2672, 2003.
 - 23) Sivaraman A, Bhadra AK, Altaf F, Singh A, Rai A, Casey AT, Crawford RJ: Skip laminectomy and laminoplasty for cervical spondylotic myelopathy: a prospective study of clinical and radiologic outcomes. *J Spinal Disord Tech* 23: 96-100, 2010.
 - 24) Sodeyama T, Goto S, Mochizuki M, Takahashi J, Moriya H: Effect of decompression enlargement laminoplasty for posterior shifting of the spinal cord. *Spine (Phila Pa 1976)* 24: 1527-1532, 1999.
 - 25) 田宮亜堂, 花北順哉, 中西欣弥, 北浜義博, 深尾繁治, 吉田 守, 平井達夫: 椎間孔開放術を加えない頸椎椎弓形成術症例での術後上肢症状の検討. *Spinal Surgery* 19: 321-328, 2005.
 - 26) Lee TT, Manzano GR, Green BA: Modified open-door cervical expansive laminoplasty for spondylotic myelopathy: operative technique, outcome, and predictors for gait improvement. *J Neurosurg* 86: 64-68, 1997.
 - 27) Tsuzuki N, Abe R, Saiki K, Zhongshi L: Extradural tethering effect as one mechanism of radiculopathy complicating posterior decompression of the cervical spinal cord. *Spine (Phila Pa 1976)* 21: 203-211, 1996.
 - 28) 都築暢之: 頸椎除圧後の上肢麻痺発生機序に関する考察. *脊椎脊髄* 15: 617-622, 2002.
 - 29) 内田研造, 中嶋秀明, 渡邊修司, 竹浦直人, 吉田 藍, 馬場久敏: 頸椎症性脊髄症の手術 (前方法・後方法) の長期成績. *脊椎脊髄* 24: 925-931, 2011.
 - 30) Yagi M, Ninomiya K, Kihara M, Horiuchi Y: Long-term surgical outcome and risk factors in patients with cervical myelopathy and a change in signal intensity of intramedullary spinal cord on magnetic resonance imaging. *J Neurosurg Spine* 12: 59-65, 2010.
 - 31) Yonenobu K, Hosono N, Iwasaki M, Asano M, Ono K: Laminoplasty versus subtotal corpectomy. A comparative study of results in multisegmental cervical spondylotic myelopathy. *Spine (Phila Pa 1976)* 17: 1281-1284, 1992.
 - 32) Yukawa Y, Kato F, Ito K, Horie Y, Hida T, Ito Z, Matsuyama Y: Laminoplasty and skip laminectomy for cervical compressive myelopathy: range of motion, postoperative neck pain, and surgical outcomes in a randomized prospective study. *Spine (Phila Pa 1976)* 32: 1980-1985, 2007.

要 旨

手術用顕微鏡を用いた棘突起正中縦割法による頸椎椎弓拡大形成術の中期予後
—術後3年以上経過した症例の検討—

河岡 大悟 花北 順哉 高橋 敏行 渡邊 水樹 大竹 安史

頸椎椎弓拡大形成術は整形外科医によって提唱された術式のためか、脳神経外科医による長期成績報告は非常に少ない。そのためわれわれ脳神経外科医が手慣れた手術顕微鏡を用いて行った正中縦割法による同術式に対する術後成績をJOAスコア、レントゲンで評価した。平均観察期間は5.1年で、JOAスコアは記載方法が多少異なるが(術前は看護師指導のもと患者記入, 術後は完全患者自己記入), 術前平均11.1から最終12.8へ改善し, 平均改善率は28.8%であった。さまざまなパラメーターで比較した各疾患群の術後成績に差異はなく, また他の報告や, 異なった術式間においても大差はなかった。さらなる正確性を期するにはフォロー率を上げ得る前向き調査が必要であろう。

脳外誌 25: 671-681, 2016

脳神経外科医の行う頸椎椎弓拡大形成術

愛知医科大学脳神経外科・脊椎脊髄センター 高安正和

頸椎椎弓拡大形成術は日本の整形外科医によって考案され発展してきた術式である。一方、日本の脳神経外科医は元来、頸椎前方法を得意としてきたが、頸椎椎弓拡大形成術についても適応を選んで積極的に取り入れると同時に、いくつかの新しいアイデアを発信してきた。最近の脳神経外科医の頸椎手術の統計では頸椎前方法よりも椎弓形成術を主とした後方法の症例数のほうが多くなってきているのが現状である。本論文は日本の代表的な脊髄脊椎センターからの顕微鏡を用いた頸椎椎弓拡大形成術の中期成績の報告である。JOA スコアの改善率がやや低いのが気になるが、合併症の低さは顕微鏡手術の大きな利点でもある。筆者らはforaminotomyをまったく行っていないにもかかわらず、C5麻痺の発生が1.2%と低率であったことも興味深い。手術用顕微

鏡を用いるメリットとして、1) 明るく拡大された術野で精度の高い手術が可能なこと、2) 助手も立体視可能な対面鏡下で多くの経験ができること、3) 付設したモニター画面により他の手術スタッフや見学者も手術の観察ができること、4) 手術の操作を記録することにより術後の検証を客観的に行うことができること等が挙げられているが、まったく同感である。脳神経外科医としては多少時間がかかったとしても、丁寧に精度の高い手術を行うことで患者の高い満足度を得ることが大切であると考えている。最近、棘突起縦割法など後方要素をさらに温存した術式が提唱されているが、こういった手技により実際に成績の改善が得られるのか興味のあるところである。