原 著

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

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

Analysis of the Postoperative Palsy of Upper Extremities of the Cases undergone Spinous Process-Splitting Laminoplasty without Foraminotomy

by

Ado Tamiya, M.D., Junya Hanakita, M.D., Kinya Nakanishi, M.D., Yoshihiro Kitahama, M.D.,
Shigeharu Fukao, M.D., Mamoru Yoshida, M.D., Tatsuo Hirai, M.D.

from

Spinal Disorders Center, Fujieda Heisei Memorial Hospital

Dysfunction of the C5 nerve root, called C5 palsy, has been known as one of the complications after cervical spinal surgeries. Adding foraminotomy or not, to prevent this mechanical hidden complication remains controversial.

In our institute, from 1996 to 2001, spinous process-splitting laminoplasty without foraminotomy was performed in the treatment of a total of 126 patients with cervical spinal cord compression. 94 cases were diagnosed as cervical spondylosis, 33 cases as narrow canal and 41 cases as ossification of the longitudinal ligament. Most of the stenotic lesions were shown from C4 to C6. In 97 patients, numbness of the upper extremities was recognized preoperatively. In 20 patients, pain was recognized and in 51 paresis. After the cervical surgery without foraminotomy, only 7 cases developed complications of the upper extremities and particularly paresis in one (0.8%). These complications disappeared within at least one month.

These results seem to suggest that foraminotomy is not necessary to prevent dysfunction of the cervical nerve root.

Key words: C5 palsy, spinous process-splitting laminoplasty, foraminotomy

Spinal Surgery 19 (4) : 321~328, 2005

はじめに

頸椎変性疾患症例に対して頸椎椎弓形成術（以下 laminoplasty）を施行した場合、術後に上肢症状を合併する可能性については以前より指摘されており、その合併症を予防する一手段として椎間孔開放術（以下 foraminotomy）を追加することがこれまでに提唱されてきた。我々の施設においては、従来より foraminotomy を加えない laminoplasty を行ってきた。その結果をもとに、foraminotomy の必要性の有無について検討したので報告する。

対象および方法

1996年12月から2001年12月までの5年間で、静岡県立総合病院脳神経外科において手術加療を行った頸椎変性疾患症例126例を対象とした。患者年齢は35歳-83歳（平均58.4歳）および性別は男性92例、女性34例であった。疾患別に分類すると、頸椎症（頸椎椎間板ヘルニア、骨棘による圧迫病変も含む、以下 cervical spondylosis）が94例、頸部脊柱管狭窄症（以下 narrow canal）が33例および頸椎後縦靱帯骨化症（以下 OPLL）が41例であり、一部については合併症例も認められた。ただし、頸椎椎

(Received : December 9, 2004, Accepted : August 8, 2005)

藤枝平成記念病院 脊髄脊髄疾患治療センター（連絡先：田宮亜堂，[現籍] 〒260-8677 千葉市中央区亥鼻1-8-1 千葉大学医学部 脳神経外科）Address reprint request to: Ado Tamiya, M.D., Department of Neurosurgery, Chiba University Graduate School of Medicine, 1-8-1, Inohana, Chuo-ku, Chiba, 260-8677 Japan

Table 1: Level of stenosis and operation

Stenotic lesion levels		
C2:	23 cases	(18.3%)
C3:	74 cases	(58.7%)
C4:	105 cases	(83.3%)
C5:	120 cases	(95.2%)
C6:	115 cases	(91.3%)
C7:	64 cases	(50.8%)
Operated lesion levels		
C2:	19 cases	(15.1%)
C3:	107 cases	(84.9%)
C4:	123 cases	(97.6%)
C5:	123 cases	(97.6%)
C6:	124 cases	(98.4%)
C7:	113 cases	(89.6%)

Table 2: Outcome

Excellent:	22 cases (17.7%)
Good:	50 cases (39.7%)
Fair:	46 cases (36.5%)
Unchanged:	5 cases (4.0%)
Worse:	1 case (0.8%)

間板ヘルニアやOPLL, 骨棘による圧迫病変でも1, 2椎間における例で, 前方からの除圧が必要な例については前方到達法を施しており, 今回の検討には含まれていない。

症例はいずれも術式としてforaminotomyを加えないlaminoplastyを施行している。当科ではlaminoplastyとして, 棘突起縦割法 (spinous process-splitting laminoplasty) [8, 9, 10, 12, 16] を用いており, 全症例同一術者による手術である。

手術は以下の通りに施行されている。

1) 全身麻酔下, 腹臥位として, 患者の頭部は軽度前屈傾向としてMayfield固定器にて3点固定。

2) 後頸部正中に縦に皮切を加え, 後方支持組織を剥離して頸椎棘突起および椎弓を露出。除圧の必要なレベルの頸椎棘突起の基部を残して, 上端を切除する。

3) これ以下の手術操作は全て手術用顕微鏡下に行っている。まずdiamond-drillを使用して, 残された棘突起基部の正中に縦割を入れる。

4) 椎弓を左右に観音開きにするための回転用の側溝

を削る。その際椎間関節を損傷しないように, 椎間関節内側縁より約2mm内側部分を目標に側溝を設ける。この椎弓の削除もdiamond-drillを用いて行い, 十分な洗浄水を掛けながら, 深部の骨皮質が薄くなるまで骨削除を進め, 最後にこれを骨折させるように椎弓を左右へ拡大させる。椎弓に付着する黄色靱帯はdrillでは切断しないように心がける。

5) 椎弓を左右に翻転し広げた後, 肥厚した黄色靱帯を確認すれば摘出する。硬膜外静脈叢の凝固は最小限にとどめる。この際, foraminotomyを加えない。

6) 硬膜嚢の除圧を確認したところで, 左右の翻転した椎弓間にセラミックスパーサーを挟み込み, ナイロン糸で固定。

7) ドレーンチューブを椎弓上に留置し, 閉創する。全症例において上記の手順に従って施行されてきた。これらの手術症例126例において, 術前後の上肢症状の変化, 術後新たに生じた上肢合併症およびそれに対して行われた治療方法について検討した。

結 果

頸椎病変レベルおよび実際に椎弓形成した手術レベルについて, Table1において示す。病変レベルとは実際に患者の臨床症状および画像所見から判断して, 臨床症状において何らかの影響を及ぼしていると考えられるレベルとした。結果, C3が74例 (58.7%), C4が105例 (83.3%), C5が120例 (95.2%), C6が115例 (91.3%), C7が64例 (50.8%) であった。OPLL症例では病変レベルとしてC2を含む症例もあり, 23例 (18.3%) であった。大部分の症例がC4-C6レベルを病変レベルとして含んでいた。手術したレベルについては, C3が107例 (84.9%), C4が123例 (97.6%), C5が123例 (97.6%), C6が124例 (98.4%), C7が113例 (89.6%) であった。病変レベルと手術レベルにおける数値的な相違は, 手術範囲を考慮する際に, 症状との直接的な関連性は低い画像上ある程度の頸髄の圧迫変化を認めるとして手術操作を加えたことを示唆している。C2レベルについては19例 (15.1%) において手術操作を加えているが, 全例dome-laminectomyを行っていることから, 今回の検討より除外した。

術前後の症状については上肢症状のみを検討した。111例 (88.1%) において術前上肢症状を認めた。その内訳は, 上肢の脱力感および麻痺 (手指の巧緻運動障害を含む) が51例 (40.5%), 上肢の疼痛が20例 (15.9%), 上

Table 3: Summary of patients with complications

No	sex	age	diagnosis	operation site	preoperative symptoms	complications	treatment time
1	M	74	OPLL	C3-C7	spastic gait blt.UE weakness	rt.UE pain	NSAID 5 days
2	M	57	CS	C3-C7	rt.UE pain	rt.UE pain (C5, C6 lesion)	NSAID 7 days
3	F	45	OPLL CS	C3-C7	spastic gait	blt.UE pain	NSAID 1 month
4	M	45	CS NC	C3-C7	lt.UE numbness blt.LE weakness	rt.UE pain (C5, C6 lesion)	NSAID
5	M	57	OPLL	C3-C7	blt.UE numbness	lt.finger pain lt.UE numbness	steroid 2 days
6	M	40	CS	C3-C7	rt.UE pain rt.UE numbness	lt.UE pain	dextran div. 2 weeks
7	F	55	CS NC	C3-C7	lt.UE pain lt.UE numbness	blt.UE weakness blt.UE pain	steroid, block 5 days/4 week

CS:cervical spondylosis, NC:narrow canal, UE:upper extremities, LE:lower extremities

肢のしびれ感が97例（77.0%）であり，単独症状例あればいくつかの症状を合併している症例も認められた．今回のシリーズでは術後の頸部痛や肩痛の症状に関しては検討しなかった．術後の経過観察期間は，最短2ヶ月間から最長4年3ヶ月間（平均1年9ヶ月間）であった．術前術後の上肢症状はNCSSスコア（脳神経外科頸髄症スコア）により評価した．術後の改善の程度に関しては，5段階に分けて評価した．すなわちNCSSにて2点以上改善したものをexcellent，1点改善したものをgood，術前術後でスコアに変化がなかったものの，患者本人のコメントにて症状が良くなったと答えるものをfair，スコアに変化が無く，患者のコメントでも改善が得られなかったものをunchanged，1点以上悪化したものをworseとした．

大部分の症例において上肢症状の改善を認めており，excellentが22例（17.7%），goodが50例（39.7%），fairが46例（36.5%）で合わせて118例（95.2%）であった．一方unchangedは5例（4.0%），worseが1例（0.8%）であった（Table 2）．

術直後に新たに上肢症状が出現した症例は6例認められ，術前の上肢症状が手術を行ったことによりさらに増悪した症例は1例であった．いずれの症例も術後1日目に臨床症状より評価し術後上肢合併症を呈したと診断したもので，術後施行した画像検査（頸椎X線，CTおよ

びMRI）では明らかな異常所見を認めていない．

これら術後合併症を引き起こした症例7例の内訳をTable 3に示す．年齢は39歳－74歳，性別は男性5例，女性2例であった．疾患別に分類すると，cervical spondylosisが5例，narrow canalが1例，OPLLが3例で，2例は合併症例であった．術後新たに出現した臨床症状は，上肢痛（radicular pain）が全例において認められ，上肢しびれが1例（No5）およびいわゆるC5 palsyに分類される上肢麻痺症状が1例（No7）において認められた．合併症に対する治療は痛みの軽度な症例に対しては鎮痛剤の投薬のみであったが，疼痛の程度の強い症例ではNASCIS（National Acute Spinal Cord Injury Study）に基づくメチルプレドニゾロンの超大量投与やトリガーブロック（1%キシロカイン）を行っている．麻痺を呈した症例でもこのステロイド投与を行った．いずれの症例も数日間から1ヶ月以内には改善している．

今回術後の上肢症状の変化に対して，術前の画像上の脊柱管前後径の程度が影響している可能性も考慮し，術後の神経症状の変化に応じて症例を3群に分け，その結果をFig. 1に示した．前後径は頸椎X線側面像において，spinolaminar lineからposterior marginal lineまでの距離を計測したものであり，OPLLや骨棘が存在する場合にはその辺縁からspinolaminar lineまでの距離とした．術

Fig. 1:

Graph shows the number of the postoperative cases with improvement, with complication and without clinical change.

Fig. 2:

(Case No. 7)

A: Postoperative lateral X-ray showing C3 laminectomy and C4-C7 laminoplasty.

B: Postoperative computed tomography showing laminoplasty with ceramic spacer at C5-C6 level.

前上肢症状を示した症例のうち、1) 術後上肢症状が改善した症例35例および、2) 術後新たな上肢症状が出現した症例6例において各頸椎レベルにおける脊柱管前後径(平均値)をグラフ上で比較した。その結果、新たに上肢症状を合併した症例の前後径の方が改善例よりも狭小傾向にあることが認められた。

症 例

<術後上肢麻痺を合併した症例(No7)>

55歳、女性。左上肢に強いしびれおよび痛み(ビリビ

リ感)を術前訴えており、画像精査にてC3-C7における脊柱管狭窄およびC5/6レベルにおける頸椎椎間板の軽度の突出を認めた。術前の神経学的所見よりC5/6レベルに一致した神経根障害ではなく、脊柱管狭窄による影響も認められたことから、後方到達法での加療を選択した。C3 laminectomyおよびC4-C7において通常のlaminoplastyを施行し、術中特に問題となる所見なく終了した。術直後より両上肢C6領域における強い疼痛と両上肢の挙上障害を認めた。NASCIS IIに基づいてステロイド投与を行い、麻痺については術後5日目には正常な状態に回復した。疼痛に対しては麻痺が改善してか

Table 4: C5 palsy after posterior cervical surgical procedures

Author	Number of cases	Incidence	method
Hirabayashi(1988)	7/56	10.7%	Unilateral open.
Tsuzuki(1990)	12/97	12.4%	Itoh method
Yonenobu(1990)	4/95	4.2%	Itoh method
Yonezawa(1990)	9/175	5.1%	Itoh method
Baba(1995)	3/281	1.1%	Itoh + F
Uematsu(1998)	12/365	3.3%	Unilateral open.
Roseli(2000)	4/33	12%	SPS + F
Chiba(2002)	16/208	7.7%	Unilateral open.
Present series	1/126	0.8%	SPS

SPS: Spinous-process splitting laminoplasty

F: Foraminotomy

らも持続し、1%キシロカインによるトリガーブロックを隔日に行ったところ、徐々に改善し、術後約4週間で消失し、同時に術前症状の改善も確認した (Fig. 2)。

考 察

頸椎椎弓切除による頸髄神経除圧後に上肢の運動障害が起きうことは、既に1960年代にStoopsやScovilleらにより指摘されていた [11, 14]。これらの神経障害の多くはC5神経根領域における運動麻痺であることから、一般にC5 palsyと称されている。現在までのところ、C5 palsyの頻度は1~25%と報告されている [1, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 18, 20] が、その発症原因および病態、予防策については様々な意見があり、未だに解明されていない点が多い。

上肢の運動麻痺がいかなる機序で発生するのかについては、術中または術後の何らかの神経根の損傷によるとの考えが報告されている。即ち、術中の手術操作による機械的神経損傷 [1]、例としてdrillによる神経への直接的損傷、drillを使用している際に発生する熱による神経損傷、またはlaminoplastyで椎弓を翻転する際に拙劣な操作に伴い、椎弓が内側に落ち込むことで神経を傷つける可能性が報告されている [4]。また一方では、手術前後の頸椎における解剖学的な変化が神経の障害を起こすという説も提唱されている。一つは、脊髄神経もし

くは神経根が除圧されることで後方へシフトし、神経根のtetheringが生じるという考えである [1, 13, 18, 19]。あるいは術前の画像診断では見逃されていた神経根外側部分での骨棘の存在や椎間孔の狭小による神経根の予測外の圧迫により障害が起きるとする意見もある [18, 19]。近年では圧迫されていた脊髄神経そのものにおいて除圧することで再灌流現象が生じて障害を引き起こすという説も唱えられている (re-perfusion説) [6]。いずれの説においても未だははっきりした立証は得られておらず、いわゆるC5 palsyの病態については解明されていない。当然ながら、一つの発生要因にとどまらず、いくつかの要因が複雑に絡んで成り立っている現象である可能性も十分にある。

C5 palsyとされる頸椎術後の上肢運動障害に対する予防策として、foraminotomyが有効であるとされてきた [11, 14]。この意見は術後に神経が後方にシフトすることで神経根のtetheringが生じる、もしくは骨棘等により椎間孔部分における神経根の圧迫が起きて障害が引き起こされるという考えのもとに施行されてきた術式である [1, 2, 3, 8, 10, 13, 16, 17]。我々と同様に棘突起縦割法で頸髄を除圧した後に、foraminotomyを加えた一連の報告で、RoseliらはC5 palsyの発生率は12%であったと記載している [10] (Table 4)。

一方で我々は過去20年間、術後生じる上肢運動障害に対する予防策としてのforaminotomyは必要ないという

立場をとってきた。その理由はforaminotomyが必要とされるradiculomyelopathyという臨床病態はかなり稀なものであり、foraminotomyは必要ないと考えてきたからである。今回のシリーズでは、頸椎脊柱管内の圧迫性病変を認めた全126症例において同一の手順で棘突起縦割法が、いずれも単一術者により手術用顕微鏡下に行われた。全症例の中には、極めて高度のOPLL症例も含められており、その脊柱管の著明な狭窄状態からこれまでの見解からすると、術後のC5 palsyの発現を懸念してforaminotomyを加えることが推奨されてきた症例であると考えられた。しかし、今回のシリーズでは、全症例に対してあえてforaminotomyを加えない術式を選択した。その結果、全126例のうち術後上肢痛およびしびれが生じた症例は7例で、いずれも数日から1ヶ月前後で軽減した。また上肢の挙上困難を伴う、いわゆるC5 palsyと考えられる症例は、1例(0.8%)のみにとどまっており、この上肢症状も術後5日目には消失した。これらの術後上肢症状はいずれも術後短期間のうちに改善しており、神経根近傍の硬膜外静脈叢に対する止血操作や高速ドリルによる熱作用および振動作用などの要素が原因となっていると推測している。今回記載したこのような結果から、我々は現在のところ術後の上肢症状はたとえ出現しても、術後短期間で改善が期待できることから、頸椎後方からの神経除圧術を施行する際にあえてforaminotomyを加える必要はなく、むしろ逆にforaminotomyを加えることによる神経根障害や脊柱管外側における静脈叢からの出血、facetの破壊による術後脊柱の不安定性を招くことがありうると考えている。

ま と め

今回の検討は、無論prospective studyではないが、一定期間に行った全手術を全て同一術式で同一術者が実施したものであった。この結果、いわゆるC5 palsyと言われる術後の上肢運動障害の原因として、従来から言われている所謂tethering effectの関与はほとんどないか、たとえあったとしてもごく軽度のものでその影響はごく軽度であることが判明した。今回の手術法を行った場合、たとえ上肢の痛み、しびれの症状が出現しても数日で軽快することが多く、あえてforaminotomyは加える必要はないと考えられた。現在のところ、C5 palsyの原因としては、前述のごとく、術中の神経根近傍での術中操作、即ち直接的な神経根への操作あるいは静脈叢からの出血に対する過剰な止血操作、あるいは神経根近傍での高速

ドリルの使用の際に発生する熱作用あるいは振動作用などに由来する可能性が最も高いと考えられた。

また術前の脊柱管前後径の小さい症例では、術後に上肢症状が出現する傾向があることから、このような症例では特に手術用顕微鏡下にて慎重な手術操作が必要と考えられた。

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. 臨整外 30: 499-505, 1995
2. Chiba K, Toyama Y, Watanabe M, Maruiwa H, Matsumoto M, Hirabayashi K: Impact of longitudinal distance of the cervical spine on the results of the expansive open-door laminoplasty. Spine 25: 2893-2898, 2000
3. Chiba K, Toyama Y, Matsumoto M, Maruiwa H, Watanabe M, Hirabayashi K: Segmental motor paralysis after expansive open-door laminoplasty. Spine 27: 2108-2115, 2002
4. 平林 冽: 頸椎後縦靱帯骨化症に対する片開き式椎管拡大術の合併症とその対策. 臨整外 23: 509-515, 1988
5. Hirabayashi K, Toyama Y, Chiba K: Expansive laminoplasty for myelopathy in ossification of the posterior longitudinal ligament. Clin Orthop 359: 35-48, 1999
6. 本間隆夫, 千葉義和: 術後上肢麻痺に関する脊髓障害仮説. 第一回圧迫性脊髄症研究会講演集: 39-49, 2000
7. Iwasaki M, Ebara S, Miyamoto S, Wada E, Yonenobu K: Expansive laminoplasty for cervical radiculopathy due to soft disc herniation. Spine 21: 32-38, 1996
8. Kosu K, Tominaga T, Yoshimoto T: Spinous process-splitting laminoplasty with an extended foraminotomy for cervical myelopathy. Neurosurgery 37: 430-435, 1995
9. Ratliff J, Cooper P: Cervical laminoplasty: a critical review. J Neurosurg (Spine 3) 98: 230-238, 2003
10. Roselli R, Pompucci A, Formica F, Restuccia D, Lazzaro V, Valeriani M, Scerrati M: Open-door

- laminoplasty for cervical stenotic myelopathy: surgical technique and neurophysiological monitoring. *J Neurosurg (Spine 1)* 92: 38-43, 2000
11. Scoville WB: Cervical spondylosis treated by bilateral facetectomy and laminectomy. *J Neurosurg* 18: 423-428, 1961
 12. 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* 26: 479-487, 2001
 13. Sodeyama T, Goto S, Mochizuki M, Takahashi J, Moriya H: Effect of decompression enlargement laminoplasty for posterior shifting of the spinal cord. *Spine* 24: 1527-1532, 1999
 14. Stoops WL: Neural complication of cervical spondylosis: Their response to laminectomy and foraminotomy. *J Neurosurg* 19: 986-999, 1961
 15. 高橋 宏, 高井敬介, 中内 淳, 岩室宏一, 谷口 真, 北原功雄: 後方到達法の基本と応用 (自験例と文献的考察). *Jpn J Neurosurg (Tokyo)* 12: 477-484, 2003
 16. Takayasu M, Takagi T, Nishizawa T, Osuka K, Nakajima T, Yoshida J: Bilateral open-door cervical expansive laminoplasty with hydroxyapatite spacers and titanium screws. *J Neurosurg (Spine 1)* 96: 22-28, 2002
 17. 田中靖久: 頸部神経根症に対する後方椎間孔拡大術. *脊髓脊椎* 15(6): 575-580, 2002
 18. 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* 21: 203-211, 1996
 19. 都築暢之: 頸髄除圧後の上肢麻痺発生機序に関する考察. *脊髓脊椎* 15(6): 617-622, 2002
 20. Uematsu Y, Tokuhashi Y, Matsuzaki H: Radiculopathy after laminoplasty of the cervical spine.

Reviewer's comment : 朝本 俊司 (国際医療福祉大学附属三田病院 脳脊髄神経外科)

頚椎椎弓形成術後の上肢症状を検討した論文である。術後のC5の症状に関する論文は以前から散見され、その原因は諸説ある。確かに椎弓形成術後にC5のみならず、上肢に何かしらの症状を来すことが稀にはあるが経験する。本論文は症例数も多く、その原因を脊柱管の前後径で裏付けた興味深いものである。著者等が指摘するように、foraminotomyを付加することが、その術後上肢症状を軽減させるとは私も思わない。しかし本テーマの原因探求にはもう少し時間が掛かるであろう。ただ、著者等の術前後での脊柱管前後径への着目点は評価に値するが、折角のfineでelegantな手術と多くの症例数だけに、脊柱管の前後径だけではなく、例えば術前後のX-P斜位像でのneuroforamenの評価や側面像での頚椎のlordosisといった評価もfactorとして詳細に検討できればと思う。著者施設の、第二、第三報を今後、期待したい。

Reviewer's comment : 伊藤 康信 (総合南東北病院 脳神経外科)

Foraminotomyを加えない頚椎椎弓形成術(棘突起縦割法による)後の早期合併症を詳細に検討した論文です。術後の上肢痛・しびれの増強が5.6%, C5 palsyの発現はわずか0.8%と良好な手術成績に基づいた報告です。頚椎椎弓形成術は脊髄・脊椎外科手術のなかでは一般的な手術手技のひとつですが、foraminotomyを実際に追加している脊髄外科医がどれほどいるかは不明です。おそらくは術者の経験に基づいて随時追加しているのが現状と思われます。本稿では術後の上肢症状とくにC5 palsy発現を防止するためのforaminotomy追加の意義は高いものではないことを、著者らの手術成績に基づいたエビデンスとして示しており、示唆に富む興味ある報告です。