頸椎症性神経根症に対する経皮的内視鏡下頸椎椎間孔拡大術の治療経験

Percutaneous Endoscopic Cervical Foraminotomy for Cervical Radiculopathy

—A Report of 5 Cases—

井上 智夫^{*1,2} 尾原 裕康^{*1} 富田 禎之^{*1} 松岡 秀典^{*1} 菊地 奈穂子^{*1}
遠藤 俊毅^{*3} 鈴木 晋介^{*2} 上之原 広司^{*2} 富永 悌二^{*4} 水野 順一^{*1}

Tomoo Inoue, M.D., Ph.D.^{*1,2}, Yukoh Ohara, M.D.^{*1}, Yoshiyuki Tomita, M.D.^{*1}, Hidenori Matsuoka, M.D.^{*1},
Nahoko Kikuchi, M.D.^{*1}, Toshiki Endo, M.D., Ph.D.^{*3}, Shinsuke Suzuki, M.D., Ph.D.^{*2}, Hiroshi Uenohara, M.D., Ph.D.^{*2},
Teiji Tominaga, M.D., Ph.D.^{*4}, Jyunichi Mizuno, M.D., Ph.D.^{*1}

Abstract

Background : The ideal surgical approach for cervical radiculopathy remains elusive. Posterior endoscopic cervical foraminotomy (PECF) is minimally invasive. This technique can preserve cervical range of motion and reduce adjacent segment degeneration. We report the results for cervical radiculopathy treated with PECF.

Methods : PECF was performed on 5 patients (2 men and 3 women ; mean age, 51.8 years ; range, 40–65 years). Affected cervical levels included C5/6 (2 patients), C6/7 (2 patients), and C7/T1 (1 patient). Patients had cervical radiculopathy due to single-level, unilateral foraminal stenosis or soft-disc herniation. Clinical status was evaluated preoperatively and 1-month postoperatively using the neck disability index (NDI), the Japan Orthopaedic Association (JOA) score, and the numerical rating scale (NRS) for neck and arm pain.

Results : The NDI was improved after surgery. The mean JOA score recovery rate was 92.5% (80–100%). Complete relief of radiculopathic neck pain (NRS 0) and complete or partial improvement in arm pain (NRS 0–2) were observed in these patients.

Conclusion : Advantages of PECF for treatment of cervical radiculopathy included a small skin incision and minimum facet joint resection when decompressing the cervical nerves. We advocate PECF as an alternative surgical intervention for cervical radiculopathy. Appropriate surgical indications and meticulous endoscopic technique are mandatory to achieve satisfactory outcomes.

(Received : March 14, 2017 ; accepted : July 28, 2017)

Key words

cervical radiculopathy, Japan Orthopaedic Association score, neck disability index, numerical rating scale, posterior endoscopic cervical foraminotomy

^{*1} 新百合ヶ丘総合病院脊椎脊髄末梢神経外科／Department of Spine, Spinal Cord, Peripheral Nerve Surgery, Shin-yurigaoka General Hospital

連絡先 : 〒215-0026 川崎市麻生区古沢都古 255 新百合ヶ丘総合病院脊椎脊髄末梢神経外科 尾原裕康 [Address reprint requests to : Yukoh Ohara, M.D., Department of Spine, Spinal Cord, Peripheral Nerve Surgery, Shin-yurigaoka General Hospital, 255 Furusawa, Asao-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa 215-0026, Japan]

^{*2} 仙台医療センター脳神経外科／Department of Neurosurgery, Sendai Medical Center

^{*3} 広南病院脳神経外科／Department of Neurosurgery, Kohnan Hospital

^{*4} 東北大学大学院医学系研究科神経外科学分野／Department of Neurosurgery, Tohoku University Graduate School of Medicine

■ 緒 言

頚椎症性神経根症は、激しい疼痛などで患者の *quality of life* を著しく損ねるが、保存的治療により症状が改善することが多い¹⁾。しかし、症状の改善が得られず、日常生活に支障をきたすような治療抵抗性の症例に対しては、外科的治療が検討される²⁾。手術方法には、前方法 (anterior cervical discectomy with fusion : ACDF, anterior foraminotomy) や後方法 (椎間孔拡大術) などがあり、同等の有効性が示されている^{3,4)}。近年、患者のニーズが多様化し、高い患者満足度 (即効性, 高い審美性, 早期退院など) が要求されるようになり、また、脊椎内視鏡やラジオ波双電極などの医療周辺機器の進歩とともに、脊椎変性疾患に対する内視鏡下手術が低侵襲手術法の 1 つとして選択されるようになってきた。その 1 つの術式として、経皮的内視鏡下椎間孔拡大術 (percutaneous endoscopic cervical foraminotomy : PECF) の安全性・有効性が注目されている^{5,6)}。PECF は経皮内視鏡 (percutaneous endoscopy : PE) を顕微鏡下頚椎椎間孔拡大術へ応用した低侵襲手術法であり、約 7.5 mm 前後の皮膚切開により、筋組織への損傷が軽度ですむため、術後数日で退院することが可能である。今後 PECF は、脊椎・脊髄外科医が習熟すべき手術手技の 1 つと考えられるが、本邦からは整形外科医による報告が多く、脳神経外科医からは少ないため、当施設における頚椎症性神経根症に対する PECF の治療成績について報告する。

■ 対象・方法

2016 年 2 月～2017 年 2 月に PECF を施行した 5 症例に関して、後方視的検討を行った。検討項目は性別、年齢、罹患部位・病変、手術時間、術中出血量、neck disability index (NDI)、日本整形外科学会頚髄症治療成績判定基準 (Japan Orthopaedic Association score : JOA score) 改善率 [平林法 (術後 JOA score - 術前 JOA score) / (17 - 術前 JOA score) × 100%], 術前後頸部および上肢 numerical rating scale (NRS) とした。なお、本施設では、日本脊髄外科学会内視鏡委員会の規約に従い、percutaneous endoscopic cervical discectomy (PECD) や焼灼手技としてのレーザーは施行せず、保険診療内で脊椎内視鏡手術を行っている。

■ 結 果

男性 2 例、女性 3 例、平均年齢 51.8 歳 (40～65 歳)、

手術高位は C5/6 が 2 例、C6/7 が 2 例、C7/T1 が 1 例であった。いずれも 1 カ月以上の保存的治療で症状の改善が得られなかった症例で、疼痛により日常生活に支障をきたしていた。内訳は、頚椎椎間孔狭窄症 (2 例)、一側頚椎椎間板ヘルニア (3 例) による頚椎症性神経根症、平均手術時間は 100.6 分 (70～125)、平均出血量は 1.2 ml (0～2 ml)、術後平均在院日数は 5.4 日 (1～11)、術後平均経過観察期間は 123 日 (20～230) であった (Table 1)。術後 NDI は改善 (0～2)、平均 JOA score 改善率は 95.2% (80～100) であり、全例で術前使用していた鎮痛剤終了下で、術直後から頸部痛は消失 (NRS 0) し、上肢痛も軽快した (NRS 0～2) (Table 2)。全例で、神経根損傷、感染症、髄液漏、低髄液圧性症候群などの合併症は生じていない。

■ 症例提示

【症例 5】53 歳、女性。

3 カ月前から上肢痛 (NRS 10) が出現し、保存的治療で改善しなかったため、他院から紹介された。MRI T2 強調画像では指摘されなかったが (Fig. 1 a, b), thin slice MRI (fast imaging employing steady-state acquisition : FIESTA) で椎間孔内まで伸展した左 C5/6 外側椎間板ヘルニアを確認し (Fig. 1 c), 同病変に伴う左 C6 神経根症と診断のうえ、全身麻酔下に腹臥位で PECF (手術時間 81 分、出血量 1 ml) を施行した。X 線透視で X point⁶⁾ (C6 上関節突起と C5 下関節突起が重なる部分) を確認し、ここを中心とする 7.5 mm の皮膚切開を頭尾側へ設けた (Fig. 1 d)。(X-point は術中のメルクマールとして、有用な解剖構造である)。筋膜まで切開したのちに、鉗子で丁寧に C5/6 椎間関節周囲を剥離した。この剥離した経路に obturator を挿入し、再度 X 線透視でレベル確認し、内視鏡 system [straight cannula (外径 8 mm)] および 25 度頚椎内視鏡 (working length 165 mm, working channel 4.1 mm) (Richard Wolf Surgical Instrument Co.) を C5/6 椎間へ設置した (Fig. 2 a)。術野は生理食塩水で持続灌流しているが、自然滴下で灌流圧は 30～40 cmH₂O 程度とした。次に、PE 用直径 3.5 mm high speed diamond drill (Nakanishi Co.) を使用し、上、下関節突起から内側椎間関節内側 30% まで切削した (Fig. 2 b, c)。続いて、剥離操作を進めていき (Fig. 2 d)、ケリソン鉗子と鋭匙で egg shell 状にした椎弓を除去すると (Fig. 2 e)、C6 神経根が確認され、ここに沿って、椎間孔を拡大した (Fig. 2 f)。止血は PE 用 bipolar coagulator (Elliquence Co.) で行ったが、神経根上の静脈叢からの出血は止血困

Table 1 Patient characteristic

Case	Age	Sex	Diagnosis	Side	Level	Surgery time (min)	Intraoperative bleeding (ml)	Length of hospital stay (days)	Follow-up period (days)
1	42	Woman	CDH	Left	C6/7	125	2	9	31
2	65	Man	CDH	Right	C7/Th1	107	2	11	230
3	59	Woman	Foraminal stenosis	Left	C6/7	70	1	4	181
4	40	Man	Foraminal stenosis	Left	C5/6	120	0	2	153
5	53	Woman	CDH	Left	C5/6	81	1	1	20

CDH : cervical disc herniation

Table 2 Presenting symptoms

Case	Preoperative NDI	Postoperative NDI	Preoperative JOA score	Postoperative JOA score	Recovery rate for JOA score (%)	Neck NRS		Arm NRS	
						Preoperative	Postoperative	Preoperative	Postoperative
1	28	1	14.5	17	100	10	0	10	0
2	33	2	15.5	17	100	10	0	10	2
3	29	1	15.5	17	100	10	0	10	0
4	28	0	14.5	17	100	10	0	10	0
5	28	0	14.5	16.5	80	10	0	10	0

JOA : Japan Orthopaedic Association, NDI : neck disability index, NRS : numerical rating scale

recovery rate for JOA score : $(\text{postoperative JOA score} - \text{preoperative JOA score}) / (17 - \text{preoperative JOA score}) \times 100\%$

Fig. 1

Preoperative conventional axial T2-weighted magnetic resonance imaging (a, b) did not show any lesions. However, fast imaging employing steady-state acquisition (c) revealed left C5/6 disc herniation causing foraminal stenosis (arrow). The nuchal skin incision measured 7.5 mm (d). Preoperative (e) and postoperative (f) computed tomography scans at C5/6 level.

Fig. 2

An oblique working channel (8.0-mm outer diameter) was introduced on the obturator, which was placed at the X-point under fluoroscopic guidance. Boundaries of the inferior and superior lamina and medial margin of the facet joint were identified (a). After soft tissue dissection around the X-point, bone was removed using a high-speed drill (b, c). Complete decompression of the cervical nerve root was achieved by removing the lamina with a small curette (d) and Kerrison rongeur (e). Finally, a tunnel approximately 10 mm wide was created, and the nerve root was fully exposed towards its dural origin (f).

難であるため、神経根、ヘルニアの摘出は行わなかった。ドレーンを留置し、皮下はステープラで1カ所固定した。CTで、C5/6 levelの十分な除圧を確認した（術前：Fig. 1 e, 術後：Fig. 1 f）。術直後から頸部、上肢痛ともに消失（NRS 0）、術翌日に自宅退院した。

考 察

1 PECF の特徴

PECFは皮膚切開が約7.5 mmと短く、審美性に優れ、頸椎後方支持組織の破壊が最小限に済み、術後の疼痛が少ないため、術後の在院日数が短縮し、早期の社会復帰が可能となり得る低侵襲手術である。術中に血流の豊富な後頸筋深層筋群を温存でき、死腔の形成が最小限であること、また、持続灌流の効果もあり、surgical site infection (SSI) の予防としても有利な術式と考えられる。われわれの経験は5例と少ないが、現時点でSSIは発生していない。また、椎間関節の掘削が30%以下であるため、隣接椎間関節の安定性が保持される可能性が高く、従来法で懸念されている長期的な隣接椎間関節障害、偽関節症例の危険性を低減し得ると推測される。さらに、

PECFは手技中、神経根周囲などの術野は持続的に生理食塩水で灌流されるため、無血野手術となり、良好な視野が担保される。本症例の出血量もほかの報告と同様に少量であった。持続的灌流により瘢痕形成が減少し、疼痛の原因となるサイトカイン⁷⁾などの産生が抑制されると考えられている⁶⁾。

一方で、PECFは患者にとって低侵襲手術ではあるが、術者にとっては、ストレスのかかるきわめて高難易度な術式といえる。術中の内視鏡外筒のコントロールが稚拙であると、脊髓または神経根が不用意に圧迫され、重篤な神経損傷をきたしかねない⁵⁾。また、working spaceが狭いため、内視鏡外筒を安定させ、過剰な骨削除をきたさないように配慮する必要がある。船戸ら⁶⁾は術中disorientationに際しては、内視鏡をX-pointへ戻し、位置情報を再確認することを推奨しており、当科でも同様の操作を心がけている。PECFによる合併症を回避し、的確な操作を行うためには、PELD法200例以上の豊富な経験のうえで上級者の指導下で学べる研修体制の確立が望ましいとされている⁵⁾。特に、脊椎内視鏡操作にはlearning curveがあるため、顕微鏡下の手術操作や術野に慣れている脳神経外科医は、PELDで脊椎内視鏡操作

や内視鏡下術野に習熟したうえで、PECFに取り組むべきであると考えられる。当科でも約100例のPELDを施行したうえで、PECFを開始している。いずれも良好な神経除圧が得られているが、経験症例を重ねるごとに、徐々に手術時間および術後入院期間が短縮する傾向にある。

2) PECFに関するこれまでの報告

本邦では伊藤ら⁵⁾が30例の頸椎症性神経根症（頸椎椎間孔狭窄症22例、外側頸椎椎間板ヘルニア8例）に対するPECFを初めて導入し、治療成績を報告している。Visual analogue Scaleで頸部・上肢痛ともに手術1週間後には顕著に減少し、25例（83%）でMacnab評価優または良（優：疼痛がなく、労働やスポーツにも支障がない、良：ときに痛み・しびれはあるが、鎮痛剤は不要であり、労働に制限のないもの）であった。一方、一過性C5麻痺、静脈叢出血による脊髄への血流循環不全による後索障害、およびしびれの残存がそれぞれ1例ずつあり、いずれも学習曲線初期の初心者によるものであり、その後の発生はないとのことである⁵⁾。船戸ら⁶⁾によるPECF 14例の検討では、全症例神経症状の改善があり、手術中出血量は0ml、術後平均入院期間は1.5日であり、技術的に難易度が高い手法ではあるが、無血野手術が可能であり、早期退院、早期社会復帰が期待できる術式と報告している。ただし、PECFの留意点として、適応が片側病変に限定され、椎間板の再建が不可能であること、また、病変に後根神経節が椎間孔内に存在するため、後方から椎間板へ到達する際に、同神経節の刺激による、術後の疼痛やallodyniaの可能性を挙げている⁶⁾。Kimら⁸⁾によるposterior percutaneous endoscopic cervical discectomy (PECD) 32例の報告では、術後も椎間関節の可動性は保たれるため、cervical sagittal alignmentに変化は生じず、2年の経過観察で91%（29/32例）の症例でMacnab評価優または良であった。また、Ruettenら⁹⁾の報告では、PECFによる術中の重篤な合併症は生じておらず、術後の後弯変形や椎間板高の変化は生じていない。なお、動脈からの出血に関しては、灌流持続して出血点を確認すればバイポーラで凝固が可能である。一方、perineural membrane内の静脈からの出血に関してはバイポーラ焼灼により、出血点の拡大が懸念される。また、特に十分な除圧が得られていない状態で静脈性出血を生じると対処が困難である。静脈性出血をきたさないことにつぎが、出血した場合には、不用意にバイポーラでの止血を行わず、サージセルを内視鏡下に挿入し、対処している。

3) ほかの術式との比較

1) 前方法

前方法には固定を要するACDF (Smith-Robinson法、Williams-Isu法、corpectomy) や固定が不要で除圧のみを行うanterior foraminotomyなどの多様な術式があり、種々の病変・病態に応じた対応が可能である^{10,11)}。また、皮膚切開は、頸部の皮膚に沿った横切開で行うために、審美的に問題になる可能性は低く、筋肉への損傷が少ないため、後方法でしばしば問題となる軸性疼痛や創部痛が少ない低侵襲な術式と考えられる。すなわち、前方からの骨棘による圧迫に対しては、ACDFやanterior foraminotomyなどの前方法がgold standardな術式と考えられる。しかし、ACDFには長期的な問題点として、固定上下椎間への負荷増大に伴う隣接椎間障害が懸念される¹²⁾。また、anterior foraminotomyの理念は頸椎の可動性保持であり¹³⁾、中期的な脊椎変形は術前・術後で有意な変化を示さないと報告されているが¹⁴⁾、臨床成績が不良であった症例における骨癒合の出現が報告されており¹⁵⁾、同様に、隣接椎間障害の可能性を否定できないと考えられる。一方で、PECFは最小限の侵襲で術直後からの十分な除圧が可能であり、かつ、短期間の入院で済むため、スポーツ選手や多忙なビジネスマンなど、長期入院が困難で早期の社会復帰が必要な場合には、侵襲的な治療法を延引させるという観点から、今後選択肢の1つとして、検討を考慮してもよい手術手技の1つになり得ると考えられる。

一方、前方法でも本法同様にsingle portの内視鏡を使ったPECDが報告されているが¹⁶⁾、PECDについては、内頸動脈損傷や食道損傷などのきわめて重篤な合併症が報告されており¹⁷⁾、また、日本脊椎外科学会はPECDが安全に施行できるという判断を行っておらず、保険収載されていないため、当院では施行していない。

2) 後方法

後方椎間孔拡大術は頸椎不安定性を生じる可能性が低いため、頸髄圧迫がない1椎間の頸椎症性神経根症に対しては、至適な術式の1つと考えられている¹⁸⁾。しかし、後方椎間孔拡大術の問題点として、椎間関節の除圧による2次的な変形や後弯変形および後頭筋群の展開に伴う頸部痛や肩痛などが挙げられる¹⁹⁾。Jagannathanら²⁰⁾は後方椎間孔拡大術後の追加手術に関連する要因として、手術時年齢60歳以上、術前の前弯変形が10度未満などを挙げている。また、屍体頸椎を用いた検討では椎間関節の50%以上の損失により不安定性が生じると報告されている²¹⁾。しかし、PECFは後頭筋群や椎間関節への侵襲が最小限であり、隣接椎間関節の安定性が保持され

る可能性が高く、術後の2次的な変性の懸念は低いと考えられる。PECFは既知の術式ではあるが、いまだ国内で普及しておらず、脳神経外科医は頸椎症性神経根症を後方除圧で対応することが少ないため、習熟すべき低侵襲脊椎手術の1つとして本研究を報告した。

4 本報告の limitation と今後の課題

本報告は5症例での検討であり、また、長期的な経過観察が得られていないため、さらに症例を蓄積し、前方視的にPECFの有効性に関する検討を要すると考えられる。特に、PECFは30%以下の椎間関節の切除範囲で神経根絞扼の解除が可能であるため、不安定性が生じる可能性は低いと考えられるが、長期的に注意深く経過観察を行っていく必要があると考えられる。

結 語

- ①PECFにより、最小限の侵襲で画像上の椎間孔拡大が得られるとともに、術直後から臨床症状の改善が得られた。
- ②頸椎症性神経根症における手術治療の gold standard は前方法と考えられるが、PECFによる間接除圧は低侵襲で有効な可能性があり、術後の回復が早く、早期の社会復帰を希望する症例などにおける選択肢の1つとして、習得すべき手技と考えられる。
- ③ただし、PECFは視野が狭く、高度な手術手技を要するため、初心者は腰椎においてPEDの基本的な操作に慣れたうえで、手術適応を慎重に選択して、熟練者指導下に施行すべきである。

利益相反開示

筆頭著者は日本脳神経外科学会へのCOI自己申告を完了しています。

本論文に関して開示すべきCOIはありません。

謝 辞

The authors would like to thank Maxwell Cheong, B. Eng. for the English language review.

文 献

- 1) Olivero WC, Dulebohn SC : Results of halter cervical traction for the treatment of cervical radiculopathy : retrospective review of 81 patients. *Neurosurg Focus* 12 : ECP1, 2002
- 2) Sampath P, Bendebba M, Davis JD, et al : Outcome in patients with cervical radiculopathy. Prospective, multicenter study with independent clinical review. *Spine* 24 : 591-597, 1999
- 3) Lubelski D, Healy AT, Silverstein MP, et al : Reoperation rates after anterior cervical discectomy and fusion versus posterior cervical foraminotomy : a propensity-matched analysis. *Spine J* 15 : 1277-1283, 2015
- 4) Liu WJ, Hu L, Chou PH, et al : Comparison of anterior cervical discectomy and fusion versus posterior cervical foraminotomy in the treatment of cervical radiculopathy : a systematic review. *Orthop Surg* 8 : 425-431, 2016
- 5) 伊藤不二夫, 三浦恭志, 柴山元英, 他 : 頸部神経根症に対する経皮的内視鏡下頸椎椎間孔拡大術の臨床経験. 中部整災誌 55 : 681-687, 2012
- 6) 船戸貴宏, 出沢 明 : 経皮的内視鏡下椎間孔形成術. 脊椎脊髄 28 : 809-817, 2015
- 7) Zhang JM, An J : Cytokines, inflammation, and pain. *Int Anesthesiol Clin* 45 : 27-37, 2007
- 8) Kim CH, Shin KH, Chung CK, et al : Changes in cervical sagittal alignment after single-level posterior percutaneous endoscopic cervical discectomy. *Global Spine J* 5 : 31-38, 2015
- 9) Ruetten S, Komp M, Merk H, et al : Full-endoscopic cervical posterior foraminotomy for the operation of lateral disc herniations using 5.9-mm endoscopes : a prospective, randomized, controlled study. *Spine* 33 : 940-948, 2008
- 10) 高安正和 : 顕微鏡下頸椎前方固定術—いかに低侵襲に行うか. 脊椎脊髄 28 : 776-781, 2015
- 11) 高安正和 : 頸椎症に対する前方アプローチ各種手術法の選択. 脳外誌 21 : 873-882, 2012
- 12) Shao MM, Chen CH, Lin ZK, et al : Comparison of the more than 5-year clinical outcomes of cervical disc arthroplasty versus anterior cervical discectomy and fusion : A protocol for a systematic review and meta-analysis of prospective randomized controlled trials. *Medicine* 95 : e5733, 2016
- 13) Jho HD : Microsurgical anterior cervical foraminotomy for radiculopathy : a new approach to cervical disc herniation. *J Neurosurg* 84 : 155-160, 1996
- 14) Umebayashi D, Hara M, Nakajima Y, et al : Transvertebral anterior cervical foraminotomy : midterm outcomes of clinical and radiological assessments including the finite element method. *Eur Spine J* 22 : 2884-2890, 2013
- 15) Jho HD : Failed anterior cervical foraminotomy. *J Neurosurg* 98 (2 Suppl) : 121-125, 2003
- 16) 伊藤不二夫, 三浦恭志, 柴山元英, 他 : 経皮的内視鏡下頸椎椎間板ヘルニア摘出術. 脊椎脊髄 28 : 791-798, 2015
- 17) Tzaan WC : Anterior percutaneous endoscopic cervical discectomy for cervical intervertebral disc herniation : outcome, complications, and technique. *J Spinal Disord Tech* 24 : 421-431, 2011
- 18) Tumialán LM, Ponton RP, Gluf WM : Management of unilateral cervical radiculopathy in the military : the cost effectiveness of posterior cervical foraminotomy compared with anterior cervical discectomy and fusion. *Neurosurg Focus* 28 : E17, 2010
- 19) Fehlings MG, Gray RJ : Posterior cervical foraminotomy for the treatment of cervical radiculopathy. *J Neurosurg Spine* 10 : 343-344, 2009
- 20) Jagannathan J, Sherman JH, Szabo T, et al : The posterior cervical foraminotomy in the treatment of cervical disc/osteophyte disease : a single-surgeon experience with a minimum of 5 years' clinical and radiographic follow-up. *J Neurosurg Spine* 10 : 347-356, 2009
- 21) Zdeblick TA, Zou D, Warden KE, et al : Cervical stability after foraminotomy. A biomechanical in vitro analysis. *J Bone Joint Surg Am* 74 : 22-27, 1992