病態による手術手技選択

—頸椎神経根症に対する前方手術もしくは後方手術—

Consideration of Pathology in the Selection of Operative Methods

—Anterior Surgery or Posterior Surgery for Cervical Radiculopathy—

原 政人^{*1} 伊藤 洋^{*2} 赤堀 翔^{*2} 松尾 衛^{*2} 山本 優^{*2}

Masahito Hara, M.D., Ph.D.^{*1}, Hiroshi Ito, M.D.^{*2}, Shou Akahori, M.D.^{*2},

Mamoru Matsuo, M.D.^{*2}, Yuu Yamamoto, M.D., Ph.D.^{*2}

Abstract

We discuss cervical radiculopathy cases and consider the selection of anterior cervical surgery or posterior cervical surgery based on the lesion site and pathology. Lesions causing radiculopathy include anterior elements, such as disc herniation and intervertebral bony spurs, and posterior elements, including facet hypertrophy, thickened yellow ligament, and periarticular fibrous tissue. At the point of the lesion sites, we also must take into account the anatomical situation. Finally, we show the surgical strategy for cervical radiculopathy in our institutes and simultaneously describe the postoperative complications of anterior cervical surgery, as artificial disc replacement surgery will increase in the near future in Japan.

(Received : February 8, 2019 ; accepted : May 13, 2019)

Key words

anterior foraminotomy, cervical radiculopathy, intervertebral foraminal stenosis, posterior foraminotomy

はじめに

2017年12月より頸椎人工椎間板置換術が保険適応となり、今後頸椎前方手術が増える可能性がある。病変部が脊髄の前方にあるが、後方にあるが、画一的な手術方法ですべて対処できればそれでよいが、必ずしも良好な成績が得られるとは限らない。本論文では、病態により、前方手術を選択したほうがよい症例と、後方手術を選択したほうがよい症例があることを頸椎神経根症の症例で提示する。

頸椎前方手術においては、重篤な合併症をきたし得ることから、多くの施設で頸椎前方手術が避けられてきたという歴史があるが、今後頸椎人工椎間板置換術が普及

すれば、経験の少ない医師も頸椎前方手術をすることになる。合併症を減らすためにも、頸椎前方手術において、起こり得る合併症を理解する必要があるので、これについても触れたい。

病変部位および病態について

1 病変

頸椎神経根症をきたす病変としては、前方では椎間板ヘルニア、椎体間骨棘があり、後方では椎間関節肥厚、黄色靱帯肥厚、関節周囲の線維組織などがある。およそ前方要素と後方要素の割合は3:2といわれている¹⁾。われわれの症例において、頸椎神経根症単独症例は、全例

^{*1} 愛知医科大学脊椎脊髄センター／Spine Center, Aichi Medical University

連絡先：〒480-1195 長久手市岩作雁又1-1 愛知医科大学脊椎脊髄センター 原 政人 [Address reprint requests to : Masahito Hara, M.D., Ph.D., Spine Center, Aichi Medical University, 1-1 Yazakokarimata, Nagakute-shi, Aichi 480-1195, Japan]

^{*2} 稲沢市民病院脳神経外科／Department of Neurosurgery, Inazawa Municipal Hospital

Fig. 1 Illustration of the anatomical relationship between the nerve roots and the discs in the intervertebral foramina

At the entrance zone of the intervertebral foramina, C3/4 and C4/5 discs are anterior to the C4 and C5 nerve roots, respectively. The C5/6 and C6/7 discs are axillary to the C6 and C7 nerve roots, respectively. The C8 nerve root does not make contact with the C7/T1 disc.

a : lateral view, b : A-P view

椎間板ヘルニア，椎間骨棘，もしくはその合併であった^{2,3)}。

後方要素が原因となっている場合，神経根症単独症例は珍しく，関節肥厚を伴った脊柱管狭窄に椎間孔狭窄を合併していることが多い。したがって，拡大椎弓形成術に後方椎間孔拡大術の併用となることが多い。

2 病変部位と周囲の解剖

本来，脊髄もしくは神経根に対して病変が前方にあるのか，後方にあるのかによってアプローチを考えるべきである。脊髄もしくは神経根の腹側に病変がある場合は，前方からアプローチすることにより直接減圧ができるため，より効果的である。一方，脊髄もしくは神経根の背側に病変がある場合には，後方からアプローチすることにより減圧が得られやすい。

頸椎椎間板ヘルニアは，そのほとんどが腹側病変であるが，神経根症を呈している場合，後方からヘルニアを摘出する方法や *posterior foraminotomy* のみを行う方法もある。Fig. 1 に示すごとく，椎間孔における神経根と椎間板の位置関係には，頸椎高位による相違を認める。すなわち，硬膜からの神経根分岐部は下位神経根ほど椎

Fig. 2 Diagram of the relationship between the T1 nerve root and herniated disc

a : After the posterior foraminotomy was performed at right medial T1/T2 facet joint, we saw the herniated disc (dotted arrow) elevating the T1 nerve root (solid arrow) rostrally. b : The herniated disc was separated from the surround tissue. c : The herniated disc was removed using forceps. d : After the disc removal, T1 nerve root returned to the normal position. We confirmed the T1 nerve root was getting down.

Fig. 3 Image depicting a transvertebral anterior foraminotomy

a : The trajectory directs caudally compared with that of anterior cervical discectomy and fusion (ACDF) (solid arrow : transvertebral anterior foraminotomy, dotted arrow : ACDF). **b :** The key hole is made wider and deeper so as not to enter the intervertebral disc space. **c :** Retraction of esophagus and trachea is minimal compared with ACDF maneuver. **d :** The key hole is made just lateral to the anterior longitudinal ligament (ALL) and the midpoint of the vertebra. **e, f :** An intraoperative view shows the endplate of the lower side of the vertebra and posterior longitudinal ligament (PLL). After the PLL is removed, the nerve root is visible.

間板の頭側に位置している⁴⁾。Fig. 1からも理解できるように、C6/7高位までは後方からヘルニアを摘出するとなると、神経根の牽引操作が必要となることが多い。一方、前方手術では、神経根に触れずに直接椎間板ヘルニアを摘出できるため、より神経根に対して愛護的である。C7/T1, T1/2高位では、神経根症をきたすような場合、ヘルニアが硬膜嚢から離れていることが多く、しかも神経根の腋窩部に存在することが多いため、牽引なくヘルニアを摘出可能である (Fig. 2)。したがって、ヘルニアによるC8, T1神経根症など反回神経麻痺をきたす可能性が考えられる場合には、posterior foraminotomyで対処することは十分理にかなっていると思われる。また、神経根症を合併した脊髄症の場合、脊柱管拡大術とanterior foraminotomy (前方椎間孔拡大術) という前後合併手術では手術侵襲が大きいので、posterior foraminotomyで対処するなど、状況に応じて手術法を考慮するべきである。

3 不安定性

また、頸椎の不安定性がある場合、前方であれば、前

方除圧固定術が必要となるが、後方であれば、後方減圧に後方固定術を追加することになる。しかし、不安定性のない場合が問題で、後方からの減圧が必要な場合は問題ないが、前方からの場合、これまでは前方固定術が一般であった。私たちは、神経根症に対しては、anterior foraminotomy、とりわけtransvertebral anterior foraminotomyを行っているが、いまだ一般の手技ではない³⁾ (Fig. 3)。頸椎人工椎間板置換術が保険適応となり、施設限定で市販後調査が進められているが、本来可動性を犠牲にしなければならなかった前方手術にとっては福音となろう。今後、人工椎間板置換術とanterior foraminotomyの選択基準を明らかにしていく必要がある。

症例提示

前方病変による神経根症3例と、後方病変による神経根症1例を提示し、手術方法を選択するにいたった考え方を示す。提示した手術選択が絶対に正しいとはいわないが、病態に対する治療という概念を知っておいてもよ

Fig. 4 Case 1 (a~f : preoperative images, g~k : postoperative images)

a, b : A T2 weighted parasagittal MRI showed a relatively massive herniated disc (arrow) at the C6/7 disc. c : MR myelography indicates a right C7 root sleeve defect (arrow). d : A T1 weighted parasagittal MRI shows a herniated disc (arrow) at the C6/7 disc. e : A T2 weighted axial MRI shows a massive herniated disc (arrow) compressing the right C7 nerve root around the intervertebral foramen. f : A bony spur is not seen at the C6/7 disc on the axial CT image.

g : A T2 weighted parasagittal MRI shows there is no herniated disc at the C6/7 disc postoperatively (arrow). h : The C7 root sleeve defect disappears postoperatively. i : Sagittal CT reconstruction indicates the trajectory of transvertebral anterior foraminotomy. The vertebral endplate is left postoperatively. j : A T2 weighted axial MRI shows the herniated disc disappears and the intervertebral foramen is clearly visible (arrow). k : The intervertebral foramen becomes wider postoperatively (arrow).

いと考える。

1 前方病変

【症例 1】(Fig. 4)

68 歳，右利きの男性。2 カ月前から右上肢痛が強く，睡眠も障害されていた。プレガバリンも投与されていたが，ふらつきが強く増量はできない状態であった。痛みは右上腕から前腕橈側にあり，第 2 指と第 3 指には軽度のしびれが存在していた。Jackson test, Spurling test も陽性で，しびれ・痛みは右第 2 指と第 3 指にも放散した。また，shoulder abduction test も陽性だった。深部腱反射は，右上腕三頭筋腱反射の消失があった。徒手筋力検査上は，右手関節背屈が 3/5，右回内筋と上腕三頭筋が 4-/5，右回内筋と上腕二頭筋が 5-/5 であった。以上の結果から，神経学的高位としては右 C7 神経根症と診断した。病変を確かめるために頸椎 MRI を撮影した。T2 強調像傍矢状断像と横断像では，C6/7 レベルにおいて脊柱管外側から椎間孔内にかけてヘルニアを認めており，これが右 C7 神経根を圧迫していると考えられた。神経学的高位診断と画像所見の一致をみたことから，椎

間板ヘルニア摘出による右 C7 神経根減圧術を行うことにした。頸椎動態 X 線では不安定性はなく，頸椎前弯も保たれていたことから，前方から固定をしないで減圧できる transvertebral anterior foraminotomy を施行した。手術後，右上肢痛は消失し，筋力の回復も得られた。MRI，CT でも減圧は良好であった。

【症例 2】(Fig. 5)

45 歳，右利きの男性。1 年 3 カ月前に右肩の強い痛みを発症。右手の脱力も少し感じていた。3 カ月後に症状は消失したが，再度 8 カ月前に右肩甲骨から肩・右上肢にかけての痛みを発症。しびれが右手にまで広がり，第 1 指>2 指>3 指の順でしびれが強くなっていった。

上を向くと右上肢にしびれが走り，右手を挙げていると楽になるとのことであった。神経学的には深部腱反射は上腕二頭筋腱反射，腕橈骨筋腱反射ともに -/- で，上腕三頭筋腱反射 +/+ であった。下肢腱反射は正常範囲であった。徒手筋力検査では，右腕橈骨筋と手関節背屈が 5-/5 と若干低下していた。握力は右 52.5 kg，左 56.0 kg であった。Jackson test, Spurling test はともに陽

Fig. 5 Case 2 (a~g : preoperative images, h~k : postoperative images)

a : A T2 weighted parasagittal MRI shows a herniated disc (arrow) at the C5/6 disc. b : MR myelography indicates a right C6 root sleeve defect. c : A bony spur is not seen at the C6/7 disc on the axial CT image. Cervical lordosis is maintained in the supine position. d : Cervical X-ray in neutral position shows focal kyphosis (arrow) at the C5/6 disc. e : A T2 weighted axial MRI shows the herniated disc (arrow) compressing the right C6 nerve root near the intervertebral foramen. f : Cervical X-ray in flexion shows no spondylolisthesis (arrow) at the C5/6 disc. g : Cervical lordosis is restored (arrow). h : A T2 weighted parasagittal MRI shows there is no herniated disc at the C5/6 disc postoperatively. i : Sagittal CT reconstruction indicates the artificial disc has settled in a good position. j : A T2 weighted axial MRI shows the herniated disc has disappeared and the intervertebral foramen is clearly visible. k : The intervertebral foramen is clearly visible.

性で、右第1、2指にしびれが強く放散した。Shoulder abduction test も陽性だった。頸椎 MRI, CT では C5/6 において脊柱管右外側から椎間孔内にかけてヘルニアを認めており、これが症状に関与していると考えられた。頸椎単純 X 線の間位では、C5/6 においてすべり症はないが、軽度の局所後弯を呈していた。臥位の CT 矢状断再構成像、後屈位の頸椎単純 X 線で、頸椎の前弯は良好で不安定性もないことから、人工椎間板置換術を選択し、施行した。手術後、右上肢痛は消失し、筋力の回復も得られた。MRI, CT でも減圧は良好であった。

【症例 3】(Fig. 6)

69 歳、右利きの男性。5 カ月前に右上肢の痛みで発症。上肢痛は改善したが、1 カ月半前から右肩甲骨内側部に痛みが出現。2 週間前から右第2~4 指先端のしびれおよび右前腕尺側から上腕尺側にかけてのしびれも自覚した。右肩甲骨内側部の痛みで寝られなくなり、当科紹介受診した。当科初診時、Jackson test, Spurling test は陽性で、右前腕尺側から上腕尺側にしびれが放散した。徒手筋力検査では、右上腕二頭筋と右腕橈骨筋、右手関節背屈が

5-/5 で右手骨間筋、右小指外転筋も 5-/5、右母指外転筋 4+/5、右母指内転筋 5/5、右総指伸筋も 5-/5 であった。深部腱反射は、四肢全般に軽度亢進を認めたが、左右差はなかった。握力は右 26.1 kg、左 36.2 kg であった。以上から、右 C6 神経根症に右 T1 神経根症が合併しているものと判断した。頸椎 MRI, CT から、C5/6 においては骨棘および関節突起の肥厚による右椎間孔狭窄があり、T1/2 には椎間板ヘルニアによる右椎間孔狭窄があると考えられた。

脊柱管が全体に狭いこともあり、C3-C6 拡大椎弓形成術を同時に行うことにしたが、必ずしも必要とはいえない手術手技の追加だったと考えている。C6 神経根症と T1 神経根症を改善させるために、posterior foraminotomy を2カ所で行うことにした。われわれは、T1 神経根症に対してはposterior foraminotomy を行う方針である。C6 神経根症の治療は、前方要素だけであれば anterior foraminotomy を選択するが、この症例では椎間孔の前後の骨性狭窄であることから、後方から十分減圧が可能と考えられた。大規模スタディーがなく、確かなことは

Fig. 6 Case 3 (a~i : preoperative images, j~n : postoperative images)

a, b : A T2 weighted parasagittal MRI shows an osteophytic spur at the C5/6 disc and a herniated disc at the T1/2 disc. c : MR myelography indicates a right C6 root sleeve defect and a right T1 root sleeve defect. d : A T2 weighted axial MRI shows foraminal stenosis at the right C5/6 disc. e : Right C5/6 disc foraminal stenosis by the osteophyte is seen. f : A T2 weighted axial MRI shows the herniated disc occupies the right T1/2 intervertebral foramen. g : The osteophytic spur is not seen at the right T1/2 intervertebral foramen. h : An angled sagittal MRI shows disc herniation at the T1/2 disc. i : A sectional view taken along the solid line in h. j, k : Sagittal CT reconstruction shows posterior foraminotomy at the right C5/6 disc and the right T1/2 disc. l, m : A T2 weighted parasagittal MRI shows there is no herniated disc at the T1/2 disc (arrow). n : Axial CT shows posterior foraminotomy at the right T1/2 disc.

えないが、経験上 C8 神経根症は回復しにくいことから、T1 神経根症も同様に回復しにくい可能性があり、発症から 2 カ月の時点ではあったが手術を行うこととし、患者にも十分説明した。手術後、右上肢痛は消失し、右上腕二頭筋と右腕橈骨筋の筋力は速やかに回復した。右手関節背屈力、右手骨間筋、右小指外転筋、右母指外転筋、右総指伸筋も術後 3 カ月の時点で回復した。MRI、CT でも神経根、脊髄の減圧は良好であった。

2 後方病変

【症例 4】(Fig. 7)

71 歳、右利きの男性。1 年前から右母指のしびれを自覚していた。4 カ月前から左上肢橈側のしびれ・痛みを発症。歩行に不自由は感じていなかった。Jackson test, Spurling test はともに陽性で、左上肢橈側から左第 1 指にしびれが放散した。Shoulder abduction test も陽性だった。歩行障害の訴えはなく、Romberg sign も陰性で

あった。徒手筋力検査上は、左三角筋 4+/5、上腕二頭筋、回外筋、手関節背屈筋力は 4/5 であった。右上肢筋力低下はなかった。頸椎 MRI、CT では C4/5 左の椎間孔狭窄と C5/6 左右の椎間孔狭窄があり、CT にてそれぞれ関節突起の肥厚および骨棘にて狭窄していることが確認された。神経学的にはおそらく両側の C6 神経根症と考えられたが、C4/5 左側の高度椎間孔狭窄の関与も否定できなかった。MRI では軽度の脊柱管狭窄であり、拡大椎弓形成術が必ずしも必要な手技ではないと思われたが、拡大椎弓形成術に C4/5 左 posterior foraminotomy と C5/6 両側の posterior foraminotomy を施行することにした。術後経過は良好で、しびれは残存したものの、筋力は回復した。MRI、CT でも減圧は良好であった。

Fig. 7 Case 4 (a~j : preoperative images, k~n : postoperative images)

a~c : A T2 weighted parasagittal MRI (a : right side, b : midline, c : left side) shows hypertrophic yellow ligament or facet hypertrophy compressing the spinal cord. d : Sagittal CT reconstruction shows facet hypertrophy at the right C4/5 and C5/6 discs. e, f : A T2 weighted axial MRI (e : C4/5, f : C5/6) shows bilateral intervertebral foraminal stenosis. g : MR myelography shows CSF flow impairment. h : Sagittal CT reconstruction shows facet hypertrophy at the left C4/5 and C5/6 discs. i, j : Axial CT (i : C4/5, j : C5/6) indicates bilateral intervertebral foraminal stenosis by facet hypertrophy.

k, l : The right C4/5 intervertebral foramen is wide postoperatively. m, n : The left C4/5 and C5/6 intervertebral foramina are wide.

■ 頸椎神経根症に対する手術治療戦略

1 前方病変の場合

前方に病変があれば、前方から病変を取り除いたほうが理にかなっている。不安定性があれば、前方除圧固定術を行い、不安定性がない場合は、anterior foraminotomyもしくは人工椎間板置換術を行う。これらの使い分けに関しては、後者が選択可能となったばかりであり、今のところわからない。

C7/T1までは、われわれが行ってる transvertebral anterior foraminotomy の進入角度と気管・食道の牽引の程度からは反回神経麻痺をきたす可能性はきわめて少ないが、T1神経根症の手術ではさらに下方に向かうため、反回神経が損傷される可能性は否定できない。われわれは、T1神経根症に対しては posterior foraminotomy を行うようにしている。

また、C8, T1神経根症に限れば、硬膜嚢から離れた位置にヘルニアなどの病変があることがほとんどで、こ

れが神経根を上方に圧排している。前方病変であっても posterior foraminotomy で病変切除も可能なため、安全かつ効果が高いと考えている。

2 後方病変の場合

神経根を圧迫する要因が後方にある場合は、posterior foraminotomy を選択することは理にかなっている。しかし、後方要素が関与する場合、脊柱管狭窄を伴っていることが多く、椎弓形成術に posterior foraminotomy を追加することが多いものと思われる。

■ 術後合併症について

Anterior foraminotomy には、transvertebral anterior foraminotomy 以外にも transuncal foraminotomy などがあるが、どれも気管支・食道の牽引の程度は軽いため、下記の重篤な合併症をきたす可能性は低いと考えられるが、一般的な前方固定術においては、さまざまな合併症が報告されている。

致死合併症として、術後の急性気道閉塞があるが、その術前の危険因子としては、肥満、呼吸器・循環器合併症、睡眠時無呼吸などがあり、術中の危険因子としては、第3頸椎に対する侵襲、多椎間手術、長時間手術、大量出血などが報告されている^{5,6)}。致死的不是なもの、術後の嚥下障害の発生は比較的多いことを知っておくべきである。手術直後は20%の患者が訴え、3カ月後でも5.4%、6カ月後で2.4%、12カ月後で1.1%、24カ月後でも0.4%で訴えが持続している。嚥下障害の危険因子として、高齢、body mass index (BMI) 高値、罹病期間、手術時間、出血量、皮膚切開の長さ、頸部周囲径、C2-C7角、visual analogue scale (VAS) が関与しているといわれる。また、2年以上継続する症例は、喫煙歴のある症例と糖尿病の症例であったと報告されている⁷⁾。

また、術中合併症としての食道穿孔は知られているが、術後に生じる食道穿孔については認知度がかなり低いものと思われる⁸⁾。同様に咽頭気管瘻も術後に生じ得る合併症であるが、さらに認知度は低い⁹⁾。これらは、前方プレートやスクリューの逸脱がなくとも、異物と接しているだけで生じ得るため、発症までの期間が非常に長いことが特徴である。食道穿孔に関しては、咽頭・食道憩室の関与も疑われている。加齢とともに咽頭・食道憩室の発生頻度が増えるため、強い牽引や長時間の牽引によって咽頭・食道損傷をきたし得ることを覚えておいてもよい¹⁰⁾。

■ おわりに

われわれは神経外科医であり、神経学的所見があり、これがMRIなどの画像所見で説明可能なとき、手術治療を考慮すべきである。変形矯正などでは、神経症状のないものでも手術対象になり得るが、そのような症例は決して多くはない。前方手術、後方手術どちらを選択しても神経症状を改善させられるのであればよいのだが、効果が大きく、症状の改善が得られやすい方法を選択すべきである。神経の減圧がより効果的になされるためには、病態に応じた手術方法を選択することが重要で、これにより患者にとって恩恵となるのを忘れてはならな

い。また、術前に神経学的評価を確実にできることが重要で、術後の症状改善の程度も判定できるため、外科医にとっても自信につながる。確実な高位診断をし、病変部位を確定し、確実な手術を行えば、必ず症状を改善させられると考えて技術を磨くべきである。

起こり得る合併症を考えた場合、気軽に前方手術を選択することはできない。適応を慎重に判断するとともに、合併症を理解し、手術中および術後にも合併症をきたさない方策を立てておくことが重要である。

著者全員は、日本脳神経外科学会へのCOI自己申告を完了しています。本論文の発表に関して、開示すべきCOIはありません。

文 献

- 1) Radhakrishnan K, Litchy WJ, O'Fallon WM, et al : Epidemiology of cervical radiculopathy. A population-based study from Rochester, Minnesota, 1976 through 1990. *Brain* 117 : 325-335, 1994
- 2) Umehayashi 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
- 3) 原 政人 : 頸椎神経根症に対する前方神経根除圧術—適応と限界. 脊椎脊髄 28 : 782-790, 2015
- 4) Tanaka N, Fujimoto Y, An HS, et al : The anatomic relation among the nerve roots, intervertebral foramina, and intervertebral discs of the cervical spine. *Spine* 25 : 286-291, 2000
- 5) Emery SE, Smith MD, Bohlman HH : Upper-airway obstruction after multilevel cervical corpectomy for myelopathy. *J Bone Joint Surg Am* 73 : 544-551, 1991
- 6) Epstein NE, Hollingsworth R, Nardi D, et al : Can airway complications following multilevel anterior cervical surgery be avoided? *J Neurosurg* 94 (2 Suppl) : 185-188, 2001
- 7) Wang T, Ma L, Yang DL, et al : Factors predicting dysphagia after anterior cervical surgery : A multicenter retrospective study for 2 years of follow-up. *Medicine (Baltimore)* 96 : e7916, 2017
- 8) Halani SH, Baum GR, Riley JP, et al : Esophageal perforation after anterior cervical spine surgery : a systematic review of the literature. *J Neurosurg Spine* 25 : 285-291, 2016
- 9) Kuo YC, Levine MS : Erosion of anterior cervical plate into pharynx with pharyngotracheal fistula. *Dysphagia* 25 : 334-337, 2010
- 10) Tian H, Yuan W, Johnson JS, et al : Pharyngoesophageal diverticulum : a delayed complication of anterior cervical spine surgery. *Eur Spine J* 20 (Suppl 2) : S211-216, 2011