原著

低侵襲頸椎後方手術

—棘突起から深層伸筋を切離しない進入法とその応用—

白石 建 谷戸 祥之

Less Invasive New Exposure Techniques and their Applications for Posterior Cervical Spine Surgeries

by

Tateru Shiraishi, M.D., and Yoshiyuki Yato, M.D.

from

Department of Orthopedic Surgery, Saiseikai Utsunomiya Hospital

The cervical spine is the most mobile of all the spinal segments. To maintain both mobility and stability of the cervical spine postoperatively, it is significant to preserve the deep extensor musculature of the neck as a dynamic stabilizer and as one of the important power sources in neck mobility. The author developed in 1998 a series of new exposure techniques for the posterior cervical spine in which the attachments of the deep extensor musculature to the spinous processes are preserved as much as possible. In this paper, the new exposure techniques and their applications to posterior cervical spine surgeries are described.

(Received February 6, 2004 ; accepted June 15, 2004)

Key words : less invasive surgery, deep extensor musculature, posterior cervical decompression

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 13 : 629-635, 2004

はじめに

脊椎の中で最も mobile な unit である頸椎に対し、1998 年、筆者は頸椎の運動性と支持性の両者を温存することを目的として、頸椎の重要な力源の一つであり、dynamic stabilizer としての役割も併せ持つ深層伸筋をできる限り温存する新しい後方進入法を案出した。

本稿ではこの進入法と、それを利用してわれわれが行っている低侵襲頸椎後方手術について詳述する。

新しい頸椎後方進入法の基本手技

① 上位頸椎後方への進入法

1. 大後頭孔後縁および C1 椎弓の露出

外後頭隆起から C3 棘突起にいたる正中縦皮切を行

い、nuchal fascia の funicular portion も皮切と同一に縦に切開すると、C2 棘突起に付着する左右 5 対の深層伸筋である大後頭直筋、下頭斜筋、頸半棘筋、多裂筋、および棘間筋が露出する。左右の大後頭直筋の間を埋める線維脂肪組織 (nuchal fascia の lamellar portion) を鈍的に剥離して深部に進めば、環椎の後結節と椎弓、および軸椎棘突起の上縁が露出する。この剥離を頭側に進めれば大後頭孔後縁まで露出できる。大後頭孔後縁から軸椎椎弓までの脊髓硬膜後面は、線維脂肪組織の後頭環椎膜および後環軸膜で覆われ黄色靱帯は存在しない。この高位ではこれらの膜を切除することによって、容易に硬膜外腔にいたることができる。

2. C2 椎弓および C2/3 椎間関節の露出^{11)~13)}

C2 椎弓は、大後頭直筋と下頭斜筋の筋間を鈍的に深部に向かって剥離することによって露出が可能である

済生会宇都宮病院整形外科／〒321-0974 宇都宮市竹林町 911-1〔連絡先：白石 建〕

Address reprint requests to: Tateru Shiraishi, M.D., Department of Orthopedic Surgery, Saiseikai Utsunomiya Hospital, 911-1 Takebayashi-machi, Utsunomiya-shi, Tochigi 321-0974, Japan

Fig. 1 The C2 lamina is exposed by bluntly dissecting the interval between the obliquus capitis inferior and the semispinalis cervicis.

Fig. 2 **A** : The interval between the right and left interspinalis muscles is spread with a fine nerve retractor.
B : By repeating the above-mentioned procedure, the upper aspect of each spinous process and the cephalad half of each lamina are exposed between C3 and C7.

(Fig. 1). この際、2つの筋を棘突起の付着縁まで十分に分離することが、椎弓をより広く露出するための鍵となる。長、短回旋筋の腱様部と aponeurosis を C2 椎弓遠位部から剥離し、頸半棘筋を尾側に牽引すれば C2/3 椎間関節まで十分に露出できる。

3. C2/3 椎弓間の露出¹⁰⁾¹¹⁾¹⁴⁾

C2/3 棘突起間正中で、左右の棘間筋を隔てる間隙を同定する。この間隙をペアン鉗子あるいは神経剥離子で左右に拡大し、神経剥離子でさらに両側方に広げる。C3 以下の椎弓には尾側半分に長、短回旋筋の腱様部と aponeurosis が付着するが、頭側半分にはそれらの付着はない。したがって、この簡単な操作を繰り返し行えば、C3 から C7 までの各棘突起上縁、椎弓の頭側半分および黄

色靱帯が露出する (Fig. 2)。露出した黄色靱帯を切除すれば、各椎弓間から脊柱管内に進入できる。上下の椎弓同士が重なり合い、黄色靱帯の処置が困難な場合は、エアドリルで下位椎弓頭側中央部を削除すればよい。

② 中下位頸椎への進入法

1. C3 椎弓と C3/4 椎間関節の露出¹¹⁾

C2/3 椎弓間が露出したら、棘間筋を C3 棘突起上縁で切離し、この棘突起に付着する頸半棘筋と多裂筋を尾側に牽引する。次いで、回旋筋の腱様部と aponeurosis を同椎弓尾側から切離すれば C3 椎弓全体が露出する。C3 椎弓を露出した後、C3 および C4 関節突起部で回旋筋の起始部を切離すれば C3/4 椎間関節が露出する (Fig. 3)。

Fig. 3 After exposing the C3 lamina, the C3/4 intervertebral facet is exposed by dividing the insertion of the rotator muscles to the C3/4 articular process.

2. 椎弓切除を目的とした椎弓の露出¹⁰⁾¹¹⁾¹⁴⁾

切除する椎弓の上下で椎弓間を露出した後、棘突起を左右の付着筋をつけたままエアドリルで縦に2分割し、椎弓から切断する。左右に遊離した筋肉付き棘突起骨片をそれぞれ外側に圧排して椎弓を露出すれば、椎弓切除が可能となる (**Fig. 4A, B**)。閉創に先立ち、筋組織の緊縛を避けるために、2分割された棘突起骨片同士を正中で一塊にし、縫着する。

これらの進入法を応用して、われわれは以下に述べる低侵襲頸椎後方手術を行っている。

① 選択的椎弓間除圧術: interlaminar decompression¹⁰⁾¹³⁾¹⁴⁾

② 単椎弓切除と椎弓間除圧による選択的椎弓形成術: selective laminoplasty⁹⁾

③ 選択的非連続的椎弓形成術: skip laminoplasty¹⁰⁾

④ 筋温存型正中縦割式脊柱管拡大術: TEMPL (A): technique for muscle-preserving double-door laminoplasty (for the axis)¹²⁾¹³⁾

⑤ 筋温存型片側椎弓形成術: technique for muscle-preserving unilateral laminoplasty⁵⁾

⑥ 棘突起付着筋温存型片側椎弓間関節開窓術: technique for muscle-preserving unilateral intervertebral foraminotomy¹¹⁾

⑦ 椎棘突起付着筋温存型の Magerl 法¹⁹⁾および Brooks 法による環軸椎固定術

以下に主な術式の手技と適応について述べる。

Fig. 4 A: After exposing the adjacent laminae by the basic exposure technique, the spinous process of the upper adjacent vertebra is longitudinally divided with its muscular attachments kept untouched bilaterally.

B: To expose the lamina to be removed, each split half of the spinous process is retracted to the side bilaterally.

C: Decompression is accomplished by removing the upper lamina and the cephalad half of the lower lamina followed by falcotomy.

選択的椎弓間除圧術 (interlaminar decompression): 頸椎症性脊髄症 (cervical spondylotic myelopathy; CSM) で、脊髄の前方圧迫要素が後方に比べて大きくない椎間に対して行う (**Fig. 5**)。

選択的椎弓形成術 (selective laminoplasty): CSM で脊髄の前方圧迫要素が大きな単椎間、あるいは連続2椎間の

Fig. 5 A : The cephalad half of the lamina and the ligamentum flavum are exposed using the basic exposing technique.
B : The exposed cephalad half of the lamina and the ligamentum flavum are removed.

脊髄圧迫例に対して行う。C5/6 および C5/7 連続 2 椎間の脊髄圧迫を例に取れば、C6 椎弓切除、C7 頭側半分の部分椎弓切除を行い、黄色靱帯を切除して除圧する。椎弓頭側外側の掘削は腰の強い L 字鉤で上位隣接椎の棘突起に付着する筋を頭側に牽引して行う。この操作が終ったら、椎弓間除圧によって下位隣接椎弓の頭側半分と黄色靱帯の切除を行う。椎弓間除圧によって硬膜の一部が露出するが、この時点では黄色靱帯は椎弓内板とともに残されているため、残った黄色靱帯と椎弓内板は極小ケリソロンジュールを用いて正中で縦割した後、パンチで咬除する。上位隣接椎弓腹側の黄色靱帯は椎弓間除圧と同様にして削除する (Fig. 4C)。

選択的非連続的椎弓形成術 (skip laminoplasty) : 選択的椎弓形成術を非連続的に複数行うことによって、脊髄圧迫が 3 椎間以上におよぶ CSM の除圧を行う。

これらの術式における手技上の注意点として、筋の側方への展開は脱神経を避けるために椎間関節の内縁までとし、術野の保持には筋の挫滅を抑えるためにアームの先を短く丸く研磨し下方に向けた、ゲルピー型開創器を改変したものをを用いる。また、椎弓切除の際は手技の最後に同時除圧する時点まで、椎弓の内板を黄色靱帯とともに薄く残して硬膜の膨隆を抑えておく。これらの術式を個々の脊髄圧迫の病態に応じて使い分けることによって、2003 年 12 月までに CSM 患者 156 例に除圧術を行っ

た。これらの手術手技とその適応、および手術成績についてはすでにいくつかの論文に詳述されているので参照されたい¹⁰⁾¹⁴⁾。特筆すべきこととして、この 156 例中 C5 麻痺を起こした例はない。

選択的椎弓形成術の適応の限界は、後縦靱帯骨化症 (ossification of the posterior longitudinal ligament ; OPLL) の合併例、および発育性脊柱管狭窄合併例のうち、比較的年齢が若く、いまだ脊髄の萎縮をきたしていない症例である。これらの症例には TEMPL (A) を併用して除圧している。また、選択的椎弓形成術の比較的適応は、OPLL あるいは発育性脊柱管狭窄を合併していながら脊髄の萎縮によって flow space が比較的保たれている症例や、もはや骨化巣が拡大する見込みのない高齢層の症例である。

C2 に対する正中縦割式脊柱管拡大術 (TEMPL(A)) : 脊柱基本手技 1 と 3 によって C1/2 および C2/3 椎弓間を展開し、それぞれの高位で硬膜外腔を露出したら、C2 椎弓腹側にテフロン製の flexible wire guide を用いて surgical thread wire を通す。すでに C2 椎弓・棘突起の上縁と下縁が露出しているため、棘突起を確実に正中縦割することが可能である。棘突起を正中縦割したら、基本手技 2 によって露出した椎弓・椎間関節移行部に直径 3~5 mm のダイヤモンドバー付きエアードリルを用いて側溝を作製する。C2 後方骨性要素を両開き式に開大したら、本法用にデザインされた TEMPL spacer を棘突起間に挟み、筋層下に通した 2 号絹糸で固定する (Fig. 6)。本法の手術成績は文献 12 を参照されたい。本法施行後 1 年以上経過した OPLL 23 例、発育性脊柱管狭窄症 1 例、頸髄硬膜周囲石灰化症¹⁵⁾ 1 例の計 25 例を対象とし、片側の深層伸筋を切断して進入し、対側の筋を棘突起に付けたまま温存する正中縦割式拡大術²⁰⁾を行って 1 年以上経過した 20 例を対照として、術前術後の水平断 MR 画像による深層伸筋の横断面積を比較した。TEMPL (A) 群では術前の 80% 以上が保たれていたのに対し、対照群ではそれが半減していた。対照群の術後筋萎縮は、いったん切断した後に棘突起に再縫着された進入側の深層伸筋において特に著しかった (Fig. 7)¹³⁾。

棘突起付着筋温存型軸椎片側椎弓形成術⁵⁾ (technique for muscle-preserving unilateral laminoplasty) : 棘突起付着筋を温存した正中縦割式拡大術を片側だけに行って、脊髄腫瘍など脊柱管内の占拠性病変の切除を行う。腫瘍の形態によっては側溝部で椎弓を切断し、付着筋が温存された片側の棘突起・椎弓の遊離骨片を作製する。脊柱管内操作が終了したらこの遊離骨片を解剖学的位置に戻し、K-wire で穿孔する。この小孔に糸を通し棘突起同士

A/B

Fig. 6 Fixation of TEMPL spacer

- A** : A hole is drilled at the tip of each split half of the spinous process. A silk blade stitch is passed through each hole to hold a TEMPL spacer between the opened halves of the posterior arch. Then, another stitch is passed at the base of spinous process bilaterally beneath the muscles.
- B** : The stitch passed beneath the muscles is sutured bilaterally to accomplish a four-point fixation of the spacer.

A/B

- Fig. 7 A** : Axial MRI taken one year after double-door laminoplasty with preservation of the unilateral muscular attachments to the spinous processes. The deep extensor muscles which have been divided at their entheses appear significantly atrophic even after they were reattached to the spinous processes.
- B** : Axial MRI taken one year after TEMPL. The deep extensor muscles hardly appear atrophic because of the preservation of their entheses.

を縫着する。

この方法を用いて5例の頸髄腫瘍に対して腫瘍切除を行った。上位頸椎に発生したEden 2型の砂時計神経腫には軸椎の片側椎弓形成術を、中下位頸椎に発生した3例の硬膜内髄外神経鞘腫と1例の硬膜外血管腫には、中下位頸椎の片側椎弓形成術を行って腫瘍を摘出した。神経合併症を認めた例はなく、術後のCTでは形成した片側の椎弓はすべて骨癒合していた。

棘突起付着筋温存型片側椎間関節開窓術 (technique for muscle-preserving unilateral intervertebral foraminotomy) : この手術法は、主として頸椎外側ヘルニアや椎間

孔狭窄による神経根症状に対して行われる。先の基本手技 TEMPL(A) によって目的とする椎間関節を露出し、椎弓・椎間関節移行部から外側に向かってダイヤモンドバー付きエアドリルで椎間関節の内側を1/2~2/3程度掘削する (Fig. 8)。

この方法を下位頸椎の神経根症5例に行って単一神経根を除圧した。5例とも術直後から根性疼痛が軽減あるいは消失した。また、C2/3高位に発生したEden 3型の硬膜外神経鞘腫にはC2/3の椎間孔開窓術による腫瘍摘出術を行った。

Fig. 8 In muscle-preserving unilateral foraminotomy, the affected nerve root is decompressed by removing the medial half or medial two thirds of the facet which has been exposed by the basic exposing technique.

軸椎棘突起付着筋温存型の Magerl 法 および Brooks 法による環軸椎固定術

筋温存型 Magerl 法: 基本的進入手技を用いて両側あるいは片側の C2 下関節突起を露出すれば, C2 棘突起に付着する左右 5 対の筋のすべてを剝離することなく本法が可能である。

筋温存型 Brooks 変法: Brooks 法による椎弓間固定も, 筆者の変法によって軸椎棘突起から筋を剝離せずに行うことが可能である。まず, 基本手技によって C1/2 椎弓間を露出し, エアドリルを用いて C1 後結節と椎弓の下縁および C2 棘突起と椎弓の上縁を削り, 互いに平行な移植母床面を作製する。次に, 基本手技によって C0/1, C1/2 および C2/3 高位で硬膜外腔を露出し, C1/2 の椎弓腹側にループにした椎弓間固定用のテクミクロンテープを通す。ループは切断して 2 本のテープとしたところで, 腸骨後上棘から採取した長方形の strut bone を移植母床に挟む。C2/3 椎弓間から引き出したそれぞれのテープの下端を先曲がりのケリー鉗子で把持し, 右のテープを C2 棘突起に付着する右の頸半棘筋と多裂筋の下をくぐらせて, 基本手技によって露出した椎弓の表面に引き出す。次に下頭斜筋と大後頭直筋の下をくぐらせて移植骨片の上に引き出す。テープのもう 1 つの端は環椎後弓の上に引き出してあるので, それぞれを締結する。左のテープも同様にして, C2 に付着する左右 5 対の筋を棘突起から切離することなく C1/2 椎弓間固定が完了する。RA (関節リウマチ) などで骨萎縮が強い場合十分な移植母床が作製できない症例には, 環椎後弓と軸椎棘突起の間に titanium あるいは hydroxyapatite spacer を挿入し, 骨移植は原法どおり両側に行う。

RA による環軸椎亜脱臼 2 例に筋温存型 Magerl 法と Brooks 法を併用し, Marfan 症候群による亜脱臼 1 例には筋温存型 Brooks 法を単独で行い, 全例に骨癒合が得られた。

おわりに

頸部脊柱管拡大術における拡大椎弓の選択は, 椎弓切除が全盛であった時代と何ら変わることがなく, 脊髄圧迫に関わるすべての椎弓を連続的に拡大しているのが現状である。ところが, 頸椎症における脊髄の圧迫は前方要素が有意な症例, 後方要素の有意な症例, あるいは両方が混在している症例もあり, その病態はさまざまである。選択的椎弓形成術は, このような個々の症例の病態に応じて術式を選択し組み合わせるテーラーメイド手術ともいえる。これによって, 画一的な連続的椎弓拡大に依らなくとも十分な除圧や病巣の処置が可能である。

頸椎の深層伸筋である頸半棘筋および多裂筋は伸展運動のレバーアームとなる棘突起に直接付着するため, 頸椎の重要な力源の 1 つであると同時に, dynamic stabilizer としての役割も併せ持つ¹⁾³⁾⁴⁾⁸⁾。中でも軸椎棘突起はレバーアームが最大であり, そこに付着する筋の数も最多である。頸椎後方手術には深層伸筋の温存を目的として, これまでにさまざまな工夫がなされてきた^{2)6)7)9)16)~18)20)}。

しかし, それらの方法はすべて, 棘突起から深層伸筋までの連続性を両側あるいは片側でいったんは切断せざるを得ないため, 再建部の力学的強度の低下や術後の筋萎縮が問題となる。Iizuka ら³⁾は, 背中縦割式拡大術の際に一度切断した筋を軸椎棘突起に再縫着しても, 21 例中 4 例に後弯化や著しい前弯度の減少が起きたことを報告している。その主な原因として, われわれの深層伸筋の横断面積計測結果からも明らかなように, 筋骨付着部, すなわち enthesis でいったん切離した筋は, たとえ再縫着しても著しく萎縮することが考えられる。Enthesis を損傷しない利点には, 形成された椎弓の血流が保たれるため, 骨癒合が必要とされる正中縦割式拡大術や片側椎弓形成術では, より早期に確実な骨癒合が得られることも挙げられる。また, 血流が豊富な組織を残すことによって, 硬膜切開後に生じる髄液瘻には被膜形成による早期閉鎖や, 死腔や瘢痕の形成抑制などが期待し得る。

新しい頸椎後方進入法とそれを応用した術式は, 頸椎後方伸展支持機構に対して低侵襲であるため, 後療法がきわめて簡素化され, 超早期離床・退院が可能である。

文 献

- 1) 有馬 亨：椎弓切除後の頸椎柱の変化。脳・神経外傷 1：71-78, 1969.
- 2) 半谷美夏, 平林宏之, 馬見塚尚孝, 坂根正孝：深部項筋群の再建を伴う第2頸椎椎弓形成術の実際と問題点。脊椎・脊髄神経手術手技 4：144-147, 2002.
- 3) Iizuka H, Shimizu T, Tateno K, Toda N, Edakuni H, Shimada H, Takagishi K：Extensor musculature of the cervical spine after laminoplasty：Morphologic evaluation by coronal view of the magnetic resonance image. *Spine* 26：2220-2226, 2001.
- 4) Inoue A, Ikata T, Katoh S：Spinal deformity following surgery for spinal cord tumors and tumorous lesions. *Spinal Cord* 34：536-542, 1996.
- 5) 川北敦夫, 谷戸祥之, 吉田 宏, 池上 健, 白石 建：頸椎腫瘍に対する低侵襲方法切除術—白石の進入法を用いて。臨整外 38：1187-1192, 2003.
- 6) 黒川高秀：棘突起縦割法脊柱管拡大術, 手技の改良と成績。別冊整形外科 9：30-32, 1988.
- 7) 国分正一, 石川 隆, 増田啓治, 桜井 実, 石井祐信, 佐藤哲朗：片側椎弓切除による脊髄硬膜内髄外腫瘍摘出術。脊椎脊髄 5：61-69, 1992.
- 8) Nolan JP Jr, Sherk HH：Biomechanical evaluation of the extensor musculature of the cervical spine. *Spine* 13：9-11, 1988.
- 9) 大島義彦, 佐藤 浩, 林 雅弘, 横田 実, 平本典利：脊柱管拡大術—片側侵入, 有茎棘突起形成片開き法。脊椎脊髄 4：577-583, 1991.
- 10) Shiraishi T：Skip laminectomy—A new treatment for cervical spondylotic myelopathy, preserving bilateral muscular attachments to the spinous processes：A preliminary report. *Spine J* 2：108-115, 2002.
- 11) Shiraishi T：A new technique for exposure of the cervical spine laminae：Technical note. *J Neurosurg Spine* 96：122-126, 2002.
- 12) Shiraishi T, Yato Y：New double-door laminoplasty procedure for the axis to preserve all muscular attachments to the spinous process. *Neurosurg Focus* 12：Article 9, 2002.
- 13) Shiraishi T, Yato Y, Ikegami T, Yoshida H, Abe T：New double door laminoplasty procedures to preserve the muscular attachments to the spinous process including the axis. *Eur J Surg Orthop Traumatol* 12：175-180, 2002.
- 14) 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* 28：2667-2672, 2003.
- 15) Shiraishi T, Ikegami T, Okubo Y, Yato Y, Honda M：Cervical peridural calcification in patients undergoing long-term hemodialysis. Report of two cases. *J Neurosurg Spine* 100：284-286, 2004.
- 16) 田口敏彦, 河合伸也, 金子和生, 豊田耕一郎, 藤本英明, 齊藤良明：頸椎・胸椎部に対する骨形成的椎弓形成術—新しい工夫。中部整災誌 43：134, 2000.
- 17) Taylor AS：Unilateral laminectomy. *Ann Surg* 51：529-533, 1910.
- 18) 都築暢之, 田中弘美, 飯塚 正, 岡井清士：棘突起・靱帯 complex の頸椎安定性における役割と同 complex を温存した頸部脊柱管後方拡大術。臨整外 24：387-396, 1989.
- 19) 谷戸祥之, 白石 建：C2 に対する後方アプローチ。脊椎脊髄 16：631-638, 2003.
- 20) Yoshida M, Otani K, Shibasaki K, Ueda S：Expansive laminoplasty with reattachment of spinous process and extensor musculature for cervical myelopathy. *Spine* 17：491-497, 1992.

要 旨

低侵襲頸椎後方手術

—棘突起から深層伸筋を切離さない進入法とその応用—

白石 建 谷戸 祥之

頸椎の深層伸筋, なかでも頸半棘筋と多裂筋は, 頸椎伸展運動のレバーアームともいえる棘突起に付着し, 運動の力源であると同時に dynamic stabilizer の役目も併せ持つ。1998 年著者は, 頸椎の運動性と支持性の両者を温存するためにこれらの筋を棘突起から剥離せずに行う新しい後方進入法を開発した。

本稿では, この進入法を詳述し, それを応用した頸椎後方手術の術式を紹介する。

—脳外誌 13：629-635, 2004—