指導医を招いて

一脳神経外科医として挑んだ脊椎脊髄外科 —頸椎手術への取り組み—

A Challenge to Spinal Surgery by a Neurosurgeon—Cervical Spine Surgery—

高 安 正 和

Masakazu Takayasu, M.D.

Key words

spinal surgery, cervical spine, retractor, surgical methods

はじめに

脳神経外科手術全体における脊椎脊髄手術の割合は欧米では6~7割を占めています。一方、本邦の脊髄外科は脳神経外科のサブスペシャリティの中では残念ながらマイナーな分野に留まっているのが現状といわざるを得ません。しかし、2012年の統計調査からの推計により算出された脊椎脊髄手術の割合17.6%（庄田 基：本誌第27巻第2号）という数字は、矢野らの2004年の調査結果8.6%に比べ倍増しています。この傾向は今後も続くと思われますので、本邦においても近いうちに脳血管、脳腫瘍の外科と肩を並べるところまで増加するものと期待されます。そもそも脳神経外科医を志す医師のほとんどは脳の手術やbrain researchに興味をもつことがきっかけとなっていますので、そういった興味を脊椎脊髄外科のほうへ導くにはわれわれ日本脊髄外科学会の会員ひとりひとりが脊椎脊髄外科の重要性、おもしろさを一般の脳神経外科医に知らしめる努力が重要と考えています。今回は少しでも脊椎脊髄外科に興味をもつ脳神経外科医が増加することを願いつつ、私自身の脊椎脊髄外科医としての歩みを頸椎手術への取り組みを通して紹介します。

脳血管外科から脊髄外科へ

私は1978年の名古屋大学卒業です。もともと漠然と脳に興味をもっていました。学生時代に講義や実習をしていただいた故・杉田虔一郎先生の魅力に惹かれて脳神経外科に入局しました。その後、おもに脳血管障害の臨床・研究に携わり、脳血管攣縮治療薬として現在本邦で最も広く使われている薬物の1つであるエリル®の開発につながる基礎研究を行う幸運にも恵まれました。米国留学では脳の微小血管に関連した研究を行い、1989年に海外留学を終えて助手として帰局しました。この際、たまたま脊椎脊髄手術を担当していた前任者が関連病院に赴任された直後であったため、当時の杉田教授より脊髄外科をサブスペシャリティとして本格的に始めるようにご指示を受けました。今から25年前のことでした。当時の名古屋大学の脳神経外科教室では前任者がほぼ1人で脊椎脊髄手術を行っていたため医局には脊髄グループは存在せず、まったくの白紙状態からの新たなグループの立ち上げとなりました。これはきわめて責任重大でしたが、しがらみにとらわれず自由にやれるという点ではたいへん幸運なことでもありました。当時私には脊椎脊髄外科に関してはわずかな知識と経験しかなく、特定の師匠もいませんでしたが、逆に誰からでも学べる立場でもありました。そこで、できるだけ多数の専門家から多くを学び、その中から自分に合ったものを取り入

愛知医科大学脳神経外科・脊椎脊髄センター／〒480-1195 長久手市岩作雁又1-1〔連絡先：高安正和〕

Address reprint requests to : Masakazu Takayasu, M.D., Department of Neurological Surgery, Spine Center, Aichi Medical University, 1-1 Yazakokarimata, Nagakute-shi, Aichi 480-1195, Japan

Fig. 1 頸椎前方アプローチ用レトラクター

- a : Cloward タイプの self-retaining retractor.
- b : 手術台固定式のレトラクター (初期タイプ).
- c : 手術台固定式のレトラクター (New version).

れる姿勢で臨むことにしました。これは脳神経外科の施設に限らず、当時導入された脊椎 instrumentation については整形外科の脊椎グループから学ぶこともできました。

私が脊椎脊髄外科を始めるにあたり最も大切にできたことは、脊椎脊髄外科の伝統よりも杉田先生をはじめ先達から学んだ脳神経外科医としての姿勢であり、脳神経外科医としての感性でした。手術では1例1例を反省しさらによい手術にするにはどこをどう改善すべきか、場合によっては新たな手技や手術機器の開発をめざしました。また、手術の技術的な面に留まらず、患者さんの満足度を高めるにはどうすべきか、などを常に考えつつ臨床に臨んでまいりました。

脊椎脊髄外科の領域で私が今まで興味をもって取り組んできたのは、頸椎手術、頭蓋頸椎移行部手術、低侵襲手術、脊椎 instrumentation、脊髄腫瘍など多方面にわたりますが、ここでは neurospine surgeon にとって最も基本的な頸椎手術に対する私の取り組みを紹介したいと思います。

■ 頸椎手術への取り組み

1 頸椎前方手術用レトラクターの開発

脊椎脊髄外科の診療に従事していると、自然と患者数の多い腰椎疾患を扱う機会が増えていきますが、脳神経外科医としては脊椎脊髄外科に取り組むとまずはじめは頸椎手術から扱うことになります。この際、最初に違和感を覚えるのは頸椎前方手術用のレトラクターではないでしょうか。最近ではもう少しよいものがありますが、当時、一般的に使用されていたのは Cloward タイプの self-retaining retractor (Fig. 1 a) でした。みなさんご存じのように、これは両側の頸長筋にブレードの先端を引っかけることでレトラクター本体を固定して使用する

ものですが、脳手術のレトラクターに慣れているものには安定性が悪く、途中で移動することもしばしばで使い勝手がよくありませんでした。また頸椎のキーホール手術や前外側アプローチなど、片側をより牽引する必要がある場合には不自由です。そこで脳手術のレトラクターのように本体をベースに固定し、そこから牽引できるようなレトラクターをつくろうと考えました。幸いミズホ株式会社の協力を得ることができたため、1993 年から開発を始めることができました。試行錯誤を繰り返し最終的には、①左右から軟部組織を独立して別々に牽引できること、②レトラクター本体はワンタッチで固定できること、③ラチェット構造で固定後さらに牽引を強めたり弱めたりできること、などをコンセプトに開発を進めました。手術台の左右のサイドレールにコの字のフレームを設置し、ここにレトラクター本体を設置することとしました (Fig. 1 b)¹⁾。完成したものは個人的には満足できるもので、私の頸椎前方手術にはなくてはならない手術機器となりましたが、部品がやや多く設置までが煩雑であったためあまり普及しませんでした。そこで昨年、最初のコンセプトは維持しながら蛇腹構造のシンプルなレトラクターを手術台の左右のサイドレールに直接設置するように改良しました (Fig. 1 c; 脊椎 TM レトラクター: MIZUHO)。従来のものより設置が容易であり扱いやすくなっていますので、頸椎前方アプローチを安全、容易に、精度高く行うことに役立てばと考えています。

2 頸椎前方除圧固定術として Williams-Isu 法の導入

次に脳神経外科医の感性から違和感を覚えたのは、頸椎前方除圧固定術の際の腸骨採取でした。これは脊椎手術の基本的な操作ではありましたが、比較的低侵襲の頸椎手術にもかかわらず身体別の部位を切開して骨片を採取しなければならず、また術後に創部痛を訴えるのは手術部位の頸部ではなくしばしば腸骨採取部でした。そ

Fig. 2 Williams-Isu 法

- a : Williams microsurgical saw. 0.4 mm と薄刃のため、切りしろがほとんどない。
- b : Undercutting bar にて上位の椎体より骨片を採取。
- c : Hydroxyapatite の人工骨を椎体より採取した骨片でサンドイッチ状に挟んで移植骨として使用。
- d : 術後 CT 矢状断。

Fig. 3 C5/6 レベルの localized OPLL を Williams-Isu 法にて切除

- a, b : 術前 CT.
- c, d : 術後 CT.

んな時期に釧路労災病院の井須豊彦先生の Williams-Isu 法の発表をお聞きし、大変感銘を受けました²⁾。この手技は Williams microsurgical saw を使用して除圧すべき椎間板腔の上下の椎体から板状の骨片を切り出し、この拡大したスペースから病変の除圧を行い、最後に切り出しておいた 2 枚の板状骨片を利用して椎体間固定を行う方法です (Fig. 2)。当時、プタを使ったハンズオンワークショップが行われていましたので、これに参加して非常によい感触を得たため、1993 年に本法を用いた第 1 例目の手術を行いました。時に移植骨のボリュームが不足する欠点は hydroxyapatite の人工骨を間に挟み込むことで解決できました³⁾。実際に行ってみると腸骨採取が不要という利点は当然ですが、それにもまして術野が広く、安全確実に病変の除圧操作ができる利点があることがわかりました。最近では一般的な頸椎前方除圧固定術においてもチタン製ケージなどが使用できるように

なり、腸骨採取が必ずしも必要ではなくなりましたが、Willimas-Isu 法では術野が広いために頭尾側に長く伸びた椎間板ヘルニアや比較的限局した後縦靱帯骨化症 (OPLL) の切除の際や (Fig. 3)、スプレッターで広げても椎間板腔が狭く (4 mm 以下)、椎間板腔からの除圧操作が困難な場合などにはたいへん有用であり、現在も適応を選んで用いています。ただし、頸椎に不安定性がみられたり、後弯変形を有する例は適応とはなりません。

③ 固定を行わないキーホール手術

頸椎症性神経根症は臨床でしばしば遭遇しますが基本は保存的治療であり、1~2 カ月以内に多くは改善し、痛みが強い例では神経根ブロックなども有効です。しかし、一定期間の保存的治療に抵抗する例では手術適応となります。神経根症のみを呈する例のほとんどは一側性であり、硬膜嚢の圧迫はみられず、一側の神経根の起始部のみの限局した病変であることが大部分です。はたしてこうしたきわめて限局した病変に対して椎間板を摘出して除圧と固定を行う前方除圧固定術が最適な方法かは悩ましいところでした。固定を行うと、将来隣接椎間障害をきたす可能性が高まることが報告されています。単純な椎間板ヘルニアの場合には後方からの foraminotomy という方法もありますが、骨棘の切除は困難で神経根損傷の危険もあります。1996 年に Jho⁴⁾による固定をしないキーホール手術 (経鉤椎間節法) が *Journal of Neurosurgery* に掲載されました。この方法は椎間板の最外側部の鉤椎間節を経由するため、一部ですが椎間板を切除する必要があります。1997 年から実際に何例か行ってみると、予期した以上に椎間板が摘出される場合があり、術後椎間板腔が狭小化したり、時には癒合してしまうこともありました。この術式に十分満足できないでいた時期に、名古屋大学脳神経外科の先輩で当時、稲沢市民病院に勤務されていた山田博是先生がすでに数年来行っていた経椎体法を試す機会がありました⁵⁾。これは神経根の圧迫のみられる椎間板の頭側の椎体から斜め尾側に骨窓を作成して神経根の起始部の除圧を行う方法ですので、

Fig. 4 頸椎体キーホール手術

- a** : 3D-CT. 上位の椎体外側に設けた径6×7mmのキーホール。
b : 矢状断CT. キーホールは頭側から尾側に向かって斜めに作成. 終板・椎間板は温存されている.
c, d : 椎間板ヘルニアによる左側神経根症患者のMRI, 術前・術後.

椎間板自体はほとんど損傷せずに除圧が可能です。ただし、手技的にはやや困難でオリエンテーションを得るのが難しい方法と考えていました。しかし、実際に行ってみると顕微鏡下に硬膜嚢を捉え、これを外側に辿りつつ直視下に神経根の起始部を確認することで良好なオリエンテーションが得られるとともに確実な除圧が可能であることがわかり、2000年以降は専らこの方法を採用することとしました (Fig. 4)⁶⁾。当初は8~9mm程度の大きめの開窓からはじめ、慣れてくれば6~7mmの小さな開窓での除圧が可能となります。特に前弯を呈する頸椎の下位の手術では椎間板の矢状面の走行は下方から上方へ傾斜するため経椎体法ではアプローチが水平となり、前方除圧固定術に比べアクセスが容易となります⁷⁾。本法を施行する場合には適応症例の選択が重要であり、一側の神経根症状のみを有し、画像上も同側の神経根起始部の圧迫のみを認める場合が最適です。脊髄症状や両側の神経根症状を有し左右に広い減圧が必要な場合や椎体間の不安定性が存在する場合には、頸椎前方除圧固定術の適応としています。本法では術後頸部の運動制限や頸椎カラーの装着は不要であり、最も低侵襲な頸椎前方アプローチとなり得ます。椎間板を温存することの利点は、固定が不要となり椎間可動性が維持されることですが、逆にこのために椎間板ヘルニアの再発や骨棘の再形成による神経根症の再発のリスクは残ります。しかし、実際には再発例は意外と少なく、われわれのシリーズでは3%以下です。

④ 頸椎椎弓形成術用スペーサーの開発

頸椎の後方手術では拡大椎弓形成術が最も多く行われる手術です。最近では術後の創部痛や軸性疼痛の軽減、頸椎の不安定性や後弯変形の予防のためには後頸部の靱帯や筋肉をいかに温存するかが重要であることが認識されてきています。当時は椎弓形成術用のスペーサーの形状やその固定法におもな関心が払われさまざまなスペーサーが考案されました。しかし、拡大椎弓形成術におい

て最も基本的で重要な操作は脊柱管の安全で確実な拡大であることには変わりありません。この操作に集中するためにはスペーサーの固定はできるだけ簡便でスピーディに行いたいと考えていました。そこでベンタックス社と協同でスペーサーとその固定のシステムの開発を行いました。当時はスペーサーの固定にはおもに糸やワイヤーが用いられ、これらを通す穴の作成や締結などの操作が煩雑でした。われわれは両開き式 (double-door) 椎弓形成術を行っていたので、開大した左右の椎弓の間にスペーサーを挿入し、スクリューを用いて椎弓に固定するシステムを考案しました (Fig. 5)⁸⁾。スペーサーはhydroxyapatite製でありスクリューはチタン製であるため、スクリューを強く締めすぎるとスペーサーが破損する問題がありますが、強度試験を行うとスペーサーを糸で固定するよりはるかに強度が強いことがわかりました。操作を簡便にするためスペーサーを専用のホルダーで把持し、スペーサーに設けたスクリューホールに沿ってドリルで椎弓に下穴を開け、スクリューにて固定するという手順で行います (Fig. 5b)。この方法によりスピーディな操作が可能となり、1椎弓の固定が1~2分で可能となりました。術直後より安定した固定力が得られるため頸椎カラーは全く装着せず、頸部の運動制限も必要ありません。まれにスクリューが後方に抜けてくる例がありますが、ヒンジ部の骨癒合が早期に得られるため臨床問題になりません。この方法はわれわれの施設を含め現在も多くの施設で用いられています。

⑤ 椎体切除, 部分椎体切除

当時、多椎間にわたる頸椎OPLLに対する前方アプローチは一般的には多椎間の椎体切除 (corpectomy) 後に腸骨や腓骨を移植するといった手技が行われ、移植骨の脱転や骨折などのトラブルも多い状況でした。そこで除圧操作よりも難度の高い固定操作に注意が払われていました。しかし、安全確実な除圧操作こそが手術の最も重要なステップです。こういった時期に当時の八尾徳洲

Fig. 5 椎弓形成術におけるスクリューを用いたスペーサー固定システム

- a : イラスト.
b : ホルダーにて把持したスぺーサーの screw hole に沿ってドリルで下穴を開け, スクリューを挿入して固定.
c : 術後 CT.

Fig. 6 骨形成的部分椎体切除 (partial corpectomy)

- a, b: イラスト. 約 3 mm 幅の縦長の骨窓の内側から Williams surgical saw を用いて幅 7 mm の椎体椎間板片を切り出し, 10 mm 幅のスペースから病変を切除する. 切除後は椎体・椎間板片を戻し糸で固定する.
c: 術前 CT. 後縦靱帯骨化がみられる.
d, e: 術後 CT. 骨化靱帯が切除され, 椎体椎間板片が戻されている.

会病院の小原⁹⁾は骨移植を行わない前側方椎体切除術（部分椎体切除：partial corpectomy）を報告しています。これは椎体の前外側に幅約 5 mm の縦長の多椎間にわたる骨窓を設け、ここから病変を切除する方法です。骨移植や固定は行わないため、脊柱の alignment や安定性を確保するためには骨窓の幅は狭くしなければなりません。この細い骨窓から大きな骨化靱帯を切除することは熟練した脊椎外科医にとっても非常に困難と思われました。そこでわれわれは Willimas-Isu 法のところで紹介した Williams surgical saw を用いることにより、脊柱の外側にドリルで設けた 3 mm の骨窓の内側に 6~7 mm 幅で椎体椎間板片を縦長にいったん切り出し、計約 10 mm 幅のスペースから病変を切除した後、切り出しておいた椎体椎間板片を戻す骨形成的な方法を開発しました（Fig. 6）¹⁰⁾。5 mm 幅に比べ 10 mm 幅からはある程度大きな骨化巣の摘出も可能であり、椎体椎間板片を戻すことで術後に脊柱変形をきたすこともありません。ただし、

椎間不安定性のある例や後弯変形のある例では適応にはなりません。また、最近では椎体全摘術 (corpectomy) においても、得られた局所骨をメッシュケージに充填して固定に用いる方法により腸骨などの採骨なしで安定した固定が得られるようになりました (Fig. 7)。そのため大きな病変や後弯変形を伴った例では広い術野からの安全・確実な除圧や後弯変形の矯正が可能な椎体全摘術を用い、本法は比較的限局した小さな多椎間病変を適応としています。

6 各種手術法の選択

頸椎前方，後方アプローチの選択基準は基本的にはどの施設でも概ね同様であると思われます．一般的に発達性脊柱管狭窄の合併例や 3 椎間以上の頸椎病変で後弯変形を伴わない例では後方アプローチが考慮されます．また，最近では K-line などとも参考になります．一方，前方アプローチにおいては手術の低侵襲性と有効性に基づいて作成した術式選択のアルゴリズムを **Fig. 8** に示し

Fig. 7 著明な後弯変形を伴う頸椎症性脊髓症に対する
椎体切除術 (corpectomy : C3-5)

- a : 頸椎 X 線側面, 著明な後弯変形と頸椎症性変化を認める.
- b : 術中写真. メッシュケージ内に局所骨を充填し椎体切除腔に挿入.
- c : 術後頸椎 X 線側面, C2-6 固定, 後弯変形が矯正されている.

Fig. 8 頸椎前方アプローチにおける手術法選択のアルゴリズム

ます。一側の神経根症状がおもで画像検査においても症状側の圧迫のみがみられ、椎間不安定性や後弯変形がない場合には、最も低侵襲度と考えられる key-hole foraminotomy の適応を考慮します。これに該当しない場合、つまり両側神経根症状や脊髓症状を有し、画像上脊柱管自体の狭窄や椎間不安定性がみられる場合には椎体間固定 (Smith-Robinson 法) の適応となります。ただし、椎間板スペースが狭小化していたり、病変が椎体後面の上下に広く進展している場合で、かつ椎間不安定性や後弯変形がみられない場合には Williams-Isu 法のよい適応となります。一方、OPLL にみられるような椎体後面の全体を占める大きな病変や、高度の後弯変形の矯正を必要とする場合には corpectomy の適応となります。ただし、比較的小さな病変が偏在し、椎間不安定性や後弯変形がみられない場合には partial corpectomy も考慮されます。このように低侵襲性と有効性に基づいて手術法を

選択することにより、患者さんの満足度を高めることが可能と考えています。

■ おわりに

私自身の脊椎脊髓外科医としての歩みを、頸椎手術への取り組みを通して紹介させていただきました。脊椎脊髓の手術は、その適応や手技の選択においてかなりの多様性を許容するものであり、これはほかの脳神経外科手術との違いでもあります。はじめに保存治療を行うか、手術を選択するか判断が必要です。また、手術法に関しては頸椎症を例にとっても、多くの場合、前方法でも後方法でも可能です。さらに前方法においては今回紹介したようにさまざまな手技があり、それぞれの手技には利点・欠点があります。それらを十分に理解したうえで選択することは脊椎脊髓外科医に与えられた裁量です。

が、同時にその結果に対しては責任を伴います。最終的に手術を行うべきか、その際にはどの手技を用いるかは患者さんやご家族と十分相談し決定しなければなりません。短期的な結果はいうに及ばず、長期的な予後についても十分に考慮しなければなりません。こういった判断を行えることも脊椎脊髄外科診療の醍醐味ではないでしょうか。

文 献

- 1) Takayasu M, Shibuya M, Suzuki Y, et al : A new table-fixed soft tissue retractor for the anterior cervical spinal surgery. *Acta Neurochir (Wien)* **139** : 235-237, 1997
- 2) Isu T, Kamada K, Kobayashi N, et al : The surgical technique of anterior cervical fusion using bone grafts obtained from cervical vertebral bodies. *J Neurosurg* **80** : 16-19, 1994
- 3) Takayasu M, Hara M, Suzuki Y, et al : Anterior cervical decompression and fusion for cervical spondylosis using vertebral grafts obtained from the fusion site. Technical advantages and follow-up results. *Acta Neurochir (Wien)* **140** : 1249-1255, 1998
- 4) Jho H : Microsurgical anterior cervical foraminotomy for radiculopathy : A new approach to cervical disc herniation. *J Neurosurg* **84** : 155-160, 1996
- 5) 山田博是, 山本英輝, 中島克昌, 他 : 経椎体アプローチによる頸椎椎間板切除術. 脊髄外科 **10** : 54-59, 1996
- 6) 高安正和, 高木輝秀, 有馬 徹, 他 : 頸椎に対する前方アプローチ. 本郷一博 (編) : 顕微鏡下手術のための脳神経外科解剖Ⅷ—頭蓋底・脳室内病変へのアプローチと微小外科解剖. 東京, サイメッド・パブリケーションズ, 2006, pp19-28
- 7) Takeuchi M, Takayasu M, Yasuda M, et al : Transvertebral anterior key hole foraminotomy without fusion for the cervico-thoracic junction. *Acta Neurochir (Wien)* **154** : 1797-1802, 2012
- 8) Takayasu M, Takagi T, Nishizawa T, et al : Bilateral open-door cervical expansive laminoplasty with hydroxyapatite spacers and titanium screws. *J Neurosurg* **96** (1 Suppl) : 22-28, 2002
- 9) 小原 進, 門間文行, 大山隆城, 他 : 頸椎後縦靱帯骨化症に対する antero-lateral partial vertebrectomy. 脊髄外科 **8** : 125-130, 1994
- 10) Takayasu M, Hara M, Takagi T, et al : Osteoplastic antero-lateral vertebrotomy without fusion for multilevel cervical ossification of the posterior longitudinal ligament. *Neurosurgery* **45** : 500-507, 1999