Tension-band 式頸椎椎弓拡大形成術

Key words : cervical spine, myelopathy, decompression surgery

都 築 暢 之 田 中 弘 美
岡 山 清 士*

1. はじめに

現在、頸部脊髓症除圧後の頸椎機能に関しては、神経機能回復と頸椎変形防止が達成されれば十分であるとの考え方が支配的であり、運動性を含む総合的な機能が軽視される傾向にある。しかし、良好な頸椎機能は人間の活動にとって重要なものである。我々は術後、頸椎の早期運動と拡大形成椎弓の安定性が両立し得る Tension-band 式頸椎椎弓拡大形成術を考案し²⁾、良好な術後の頸椎機能の獲得を目指してきた。その術式と現在までの成績を報告する。

2. 方法 : Tension-band 式頸椎椎弓拡大形成術

a. 原理

頸椎中間位で棘突起・靱帯 complex を保存した状態で椎弓を側方拡大すると、脊柱管前後径の拡大が 1.3~2.0 倍に達した時、拡大部~非拡大部間の棘突起結合靱帯は緊張し、その tension-band 効果により椎弓拡大部に閉塞力を及ぼす。この力を利用して椎弓拡大部 spacer を保持する。頸椎前屈時は、棘突起結合靱帯の tension-band 効果

の増大により、頸椎後屈時は、上位棘突起が下位棘突起を前下方に押すことにより、ともに spacer 圧縮力は増加する。すなわち、本法を用いれば、頸椎中間位での spacer 保持が良好になると同時に、頸椎前後屈時、spacer の安定性が増加する効果が得られる (Fig. 1)。

b. 術式

腹臥位で後方正中から進入する。頸椎位は、初めから中間位をとるか、あるいは初め前屈位を取り、椎弓拡大時に中間位に戻す。椎弓からは左右傍脊椎筋を剥離するのみで、棘突起・靱帯 complex を全て温存したまま椎弓を露出する。術後の C5, C6 神経根障害を予防するため、C4, C5, C6 椎弓は傍正中中部拡大、他椎弓は側方拡大を行う (側方・傍正中混合拡大法, Fig. 2)。

a) 椎弓側方拡大法 : C4, C5, C6 以外の椎弓に行う。両側椎間関節の内側 1/3 に縦溝を掘り蝶番側は縦溝底部で椎弓内板を残し、拡大側は縦溝底部で椎弓と黄色靱帯を縦溝に沿って離断する。その後、椎弓を側方へ回転し脊柱管を拡大する。回転時、蝶番側の椎弓内板に不全骨折を起こさせるが、tension-band 効果による圧縮力に対して不全骨折部がずれず、安定性が保持される椎弓内板の

埼玉医科大学総合医療センター整形外科〔連絡先 : 都築暢之 〒350 川越市鴨田辻道町 1981〕

Address reprint requests to : Nobuyuki Tsuzuki, M.D., Department of Orthopaedic Surgery, Saitama Medical Center, Saitama Medical School, 1981 Tsujido-cho, Kamoda, Kawagoe, Saitama 350

*都立駒込病院整形外科

Fig. 1 Principle of this tension-band expansive laminoplasty

When the lamina is opened as shown in (A), the spinous ligaments become stretched and exert closing force on the opened space in the lamina by their tension-band effect. This force is utilized to hold the spacer inserted in the opened space in the lamina.

Flexion (B) and extension (C) of the neck increases the compressing force on the spacer, because, on flexion, the tension-band effect augments and, on extension, the upper spinous process pushes the lower one in the anterocaudal direction.

Fig. 2 Operative procedure of the tension-band expansive laminoplasty

C4, C5, C6 laminae are opened para-medianly for prevention of the postoperative radiculopathy and other laminae are opened laterally. Spacers, bone or ceramics, are inserted in the opened spaces in the laminae and fixed by threads to the neighboring bones.

厚みが残されていることが必要である。spacer としては腸骨骨片、あるいは ceramics を用いる。椎間後方固定が必要な場合は、必要な長さの spacer を用いて複数椎間固定を行う。spacer は糸で周囲骨に縫着する。

b) 椎弓傍正中中部拡大法：C4, C5, C6 の椎弓に行う。椎弓の両側方に蝶番用の縦溝を掘った後、

棘突起の側方（傍正中）に縦溝を掘り、その底部で椎弓と黄色靱帯を離断、左右に椎弓を拡大した後、拡大部に spacer を挟む。

c) 神経根開放法：縦溝の底部を掘削し目的とする神経根背部を露出、次いで神経根に接触する椎弓～関節突起の骨性部分を切除する (laminofacetotomy)。椎間孔内部の拡大には undercut-

Fig. 3 Pre- and postoperative range of motion of the cervical spine in a case of spondylotic myelopathy (male, 51 yrs.), enlarged from C3 to C7.

A : neutral position, with CT of C4-5 level, **B** : flexion, **C** : extension. (X-Ps : the left, before operation : the right, 30 mos, after operation)

ting facetectomy を行う。切除部分が大きく、不安定性が生ずる恐れのある場合、切除部分に蓋をする形に植骨を行う。

C2 椎弓を拡大形成した場合、C2 椎弓はやや不安定となり、また C2 棘突起が回転側へ傾くため、棘突起間結合靱帯の tension-band 効果は多少弱くなるが、spacer 保持力は十分残されているのが通常である。

拡大椎弓～硬膜管間の剝離は、硬膜外静脈叢からの出血を少なくするため椎弓開窓部のみに止めている。

拡大椎弓形成後、棘突起に左右の傍脊椎筋を密に縫着する。

手術時間は、椎弓拡大操作 (C2 または C3～C7) に約 2 時間、腸骨片採取・植骨操作に約 2 時間を

要する。出血量はそれぞれの操作で 300 ml 前後である。

本術式で得られる C4～5 高位の頸椎管前後径の拡大率は、(a) C3～C7 拡大の場合、1.3～1.5 倍、(b) C2～C7 拡大で C2 を約 1.3 倍に拡大した場合、約 2 倍である (C2 の拡大度は、硬膜拍動の出現を目安とする)。

c. 術後管理

術直後より拡大椎弓の安定性は良好であるので、全身状態に特に問題のない場合、頸椎を Minerva jacket で固定するのみで、術翌日から起座・歩行を許可する。術後 1 週から装着を若干緩め、装具内で頸椎の前後屈運動を開始させる。Minerva jacket は術後 1 カ月間装具、次いで頸椎 collar を 2 カ月着用した後、外固定を除去する。

3. 対 象

46 例の年齢は 35～79 歳(平均 60 歳), 追跡期間 1～25 カ月(平均 14.5 カ月)である。

46 例中, 初めの 24 例は全て側方椎弓拡大を行い(側方拡大群), 次の 22 例には側方・傍正中混合椎弓拡大を行った(混合拡大群)。

4. 結 果

a. 神経症状改善度

日本整形外科学会頸椎症性脊髓症治療成績判定基準による評価点では術前平均点 8.4 が術後平均点 11.8 となり, 平均 3.4 点の改善を示した。これは他の後方拡大術とほぼ同程度の成績である¹⁾。

b. 脊柱安定性

a) 術直後安定性: 早期歩行許可例中, 脊椎症性頸髄症の 1 症例に術後 2 週目に頸椎に軽度の前屈変形が生じた。これは, 体の安定を得るため絶えず床を見ながら歩行したことが原因で, 矯正により変形は消失した。連続型後縦靱帯骨化(ossification of posterior longitudinal ligament, 以下 OPLL)例では早期に歩行を許可しても変形を生じなかった。この経験から, 脊椎症性頸髄症例では, 術後 3 週間は歩行を必要最小限に止め, 頸椎変形に注意を払う必要があると考えられた。

b) 術後長期安定性: 術後安定性は良好であり, 局所後弯が術前以上に増加した症例はなかった。移植骨片の骨性癒合は画像上術後 3 カ月で得られた。頸椎可動域は前後屈とも障害されていた。その程度は椎間後方固定の有無, 範囲などにより左右されるが, 椎間後方固定を行わず, 術後 1 年以上経過した症例では, 頸部脊椎症症例(5 例), 頸椎 OPLL 症例(4 例)とともに, 前屈は術前の 70%, 後屈は術前の 30%程度の可動域を示し(Fig. 3), 前屈障害より, 後屈障害のほうが著明であった。これらの症例で, 前屈に関し日常生活動作上, 障害を訴えた症例はなかった。頸～肩部の易疲労性を訴えた症例は他の術式に較べ少ない印象があったが, 正確な比較は困難であった。

c. 術後頸神経根障害

46 例中, 初めの 24 例は全て側方椎弓拡大を行い(側方拡大群), 次の 22 例には頸神経根障害発

Fig. 4 A case of postoperative C5 radiculopathy (male, 67 yrs.) CT scans of C4-5 level are shown :

A : preoperative CT myelogram at C4/5 level

B : postoperative CT myelogram at C4/5 level : the arrow indicates the side of radiculopathy. Note that a facetectomy had already been carried out in the first operation.

C : CT after the second operation : note that an undercutting facetectomy extending to the exit of the foramen was performed. C5 radiculopathy recovered after this procedure.

This case suggested that the root had been anchored by the tip of the superior articular process.

生を予防する目的で, 側方・傍正中混合椎弓拡大を行った(混合拡大群)。側方拡大群では, 術後,

Table 1 Position of the superior articular process relative to the vertebral body

Skelton study (Tsuzuki, 1991) ⁴⁾ n=30-31	Type	C3	C4	C5	C6	C7
	Type A-1	6%	13%	30%	6%	0%
	Type A-2	52%	74%	53%	52%	26%
	Type B	42%	13%	17%	42%	74%

The relative positions of the superior articular processes to the vertebral body are classified into two types, Type A and Type B. In Type A, a straight line between the tips of the bilateral superior articular processes passes through the posterior half of the vertebral body; and in Type B, the same line passes posterior to the vertebral body. The posterior half of the vertebral body is further divided into two zones of equal width, zone 1 and zone 2; and Type A is subdivided into Type A-1 and Type A-2. In Type A-1, the line passes through zone 1; and in Type A-2, the line passes through zone 2.

Fig. 5 Theory of postoperative radiculopathy following posterior decompression of the cervical spinal cord

The nerve root is stretched between the posteriorly shifted spinal cord and the tip of the superior articular process. If the degree of tension on the root exceeds the critical point, osseous impinging points on the root, in and around the foramen (arrows), begin to exert an injuring effect on the root.

C5 神経根の障害が 24 例中 4 例に発生した。2 例は術後 1 週以内に三角筋の筋力が〔1～0〕となり、他の 2 例では〔3-〕となった。C6 神経根の障害も 2 例に軽度のものが合併した。同群での術後 C5 神経根障害の特徴は次のごとくであった。
(1)術中、神経根に接触する椎間孔縁を切除し、神

経根圧迫を除去しておいたにもかかわらず発生した。(2)発生側は椎弓拡大側に多かった(4 例中 3 例)。(3)術後、1～3 日の無症状期間をおいて発生した。(4)三角筋筋力が〔3-〕に低下した例は 3 カ月以内に自然に回復した。(5)三角筋筋力が〔1～0〕の症例では 1 例に再手術を行った。その手術時所見 (Fig. 4) では、神経根は余裕を作っていた椎弓縁に再び接していた。この症例に対し椎間孔内全拡大を実施し、神経根障害は 6 カ月以内に回復した。再手術を行わなかった 1 例は、1 年後、〔4〕の筋力まで自然に回復した。

再手術例の検討により、神経根障害の発生には椎弓縁のみならず、C4/5 椎間の関節先端部が神経根の anchoring point として関与する可能性が示唆された。画像ならびに解剖学的検討から、上関節突起は C5 で最も前方に突出していること (Table 1)、C5 神経根の障害発生例は上関節突起の前方突出度が最も大きい A1 型に集中していることが判明した³⁾。これらの事実から、術後の神経根障害発生を予防するには、C4～C6 部の頸髓の過度の後方移動を抑制し、左右神経根に生ずる緊張を均等化する必要があると考え、C4、C5、C6 椎弓

は傍正中部拡大とする側方・傍正中混合拡大法を採用した(混合拡大群)。その結果、混合拡大群での C5 神経根の障害の発生例は、軽度のものが 22 例中 1 例(1 週間以内に回復)生じたのみで、C6 神経根の障害は発生しなかった。両群間において、下肢神経症状の改善度に有意差はなかった。

5. 考 察

本法では頸椎の後方組織を全て保存しつつ、十分な脊髓除圧、必要な神経根開放が可能である。本法の特徴は、解剖学的に正常に近い形で後方組織の保存が行われていること、および tension-band の原理の導入により、術後の脊柱安定性と頸椎の早期運動開始が両立したことであり、術直後の脊柱安定性向上の結果、術翌日から起座・歩行を許可することが可能となった。

術後神経根障害の成因に関し、我々は次のごとく考えている (Fig. 5)。頸髄後方除圧に伴い、神経根も後方移動するが、椎間関節先端部で anchor される結果、各神経根に固有の緊張度が発生する。その緊張度がある値以上になると、神経根に対する骨性圧迫点が神経障害作用を発揮しはじめる。術後 1～3 日の無症状期間において神経根障害が発生する理由は、術後、拡大椎弓～脊髓背側間に残存した空間に脊髓がさらに移動し、神経根の緊張度が術直後よりさらに高まることによる。椎弓拡大側に多く発生を見たのは、頸髄が椎弓回転に伴い蝶番側に偏位移動した結果、拡大側の神経根に反対側に比し、強い伸展力が作用したためである。

以上の推論から、術後の神経根障害の発生を防ぐ手段として、(1)過度の脊髓の後方への移動を抑制し、神経根に加わる伸展力を可及的に小さくするとともに、左右神経根に加わる伸展力を均衡したものとする。そのため、laminoplasty は左右側壁を残した傍正中拡大とし、脊髓側方～神経根部に smooth な骨性圧迫が加わるようにする、(2)必要ならば fenestrating lamino-facetectomy による神経根の圧迫部の開放を行う、の 2 方法が考えられる。われわれの側方・傍正中混合拡大法は(1)の

考えに基づくものである。神経根の開放手技は、脊柱安定性を障害する可能性もあり、二次的に行うことにしているが、側方・傍正中混合拡大法採用後は、二次的に神経根開放術を必要とする症例は生じていない。

本術式における問題点は、腸骨片を spacer として用いる場合、その採取、植骨などに長時間を要すること、およびこの間に出血も増大することである。現在 ceramics を用いてこの問題の解決を試みている。適当な spacer と固定法が確立されれば、本法は最も簡単で安定性の良い頸部脊柱管後方拡大術となるであろう。

6. まとめ

1) Tension-band 式頸椎椎弓拡大形成術の術式とその成績を報告した。

2) 本術式では、全ての頸椎後方組織を正常に近い形で保存しつつ、脊髓～神経根除圧が可能であり、また tension-band の原理を導入することにより、早期頸椎運動開始と拡大形成椎弓の安定性を両立させ得た。

3) 頸髄後方除圧術後の神経根障害の原因として、上関節突起の前方突出度が関与する可能性を指摘し、その対策を示した。

文 献

- 1) 鳴村 正, 山崎 健, 加藤貞文, 飯塚 仁: 頸髄症に対する棘突起縦割法脊柱管拡大術の臨床成績とその問題点. 整形外科 40: 269-275, 1989
- 2) 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
- 3) 都築暢之, 田中弘美, 岡井清士: 頸髄後方除圧術後の神経根障害成因に関する検討. 日本脊椎外科学会雑誌 1: 44, 1990
- 4) 都築暢之, 田中弘美, 阿部良二, 堀田芳彦, 岡井清士: 頸髄後方除圧術後の神経根障害成因に関する検討. 臨整外 26: 1991 (印刷中)

ABSTRACT

Tension-band Expansive Laminoplasty of the Cervical Spine

by

Nobuyuki Tsuzuki, Hiromi Tanaka, Kiyoshi Okai*

from

Department of Orthopaedic Surgery, Saitama Medical Center, Saitama Medical School

*Department of Orthopaedic Surgery, Komagome Tokyo Metropolitan Hospital

We have devised a new operative method for expansive laminoplasty of the cervical spine for posterior decompression of cervical myelopathy due to osseous stenotic conditions of the cervical spinal canal. The posterior elements of the spine are preserved completely in the procedure. The lamina is severed longitudinally on either side, laterally or para-medianly, and is opened to enlarge the spinal canal. The preserved spinous ligaments between the enlarged and the non-enlarged laminae become stretched and act as a tension-band, exerting a closing force on the opened space in the laminae. This force is utilized to hold spacers inserted in the opened spaces in the laminae. On neck flexion, this tension-band effect increases and, on neck extension, the upper spinous process pushes the lower one to the antero-caudal direction, thus the pressure on the spacers increases in both situations and the stability of the spacers is preserved. Because of this, early postoperative neck movement can be permitted. Patients are allowed to sit up and walk on the next day after the operation, wearing a Minerva jacket.

Forty six cases were operated on using this method and were followed-up for 14.7 months on average. On the average, neurological recovery was from 8.4 points to 11.8 points on the Japanese Orthopedic Association scoring scale. No kyphotic deformity has occurred postoperatively. Range of motion of the cervical spine was about 70% of preoperative flexion, and about 30% of preoperative extension in 9 cases who were not arthrodesed and had passed more than one year since the operation.