

Figure 2. Results of 3-point flexion bending tests for each specimen. These results indicate the fusion sites of EP4A + BMP7.5 group are stiffer than the sites in the other groups. \*\*Statistically significant difference from BMP3.75, EP4A + BMP0, and BMP0 groups. \*Statistically significant difference from EP4A + BMP0 and BMP0 groups.

### Discussion

One of the major challenges facing the broader adoption of BMP in the clinic is the significant amount of BMP required to elicit new bone formation in humans. In previous experimental studies of the rabbit posterolateral intertransverse process spine fusion model,  $>100 \mu\text{g}$  of rhBMP-2 was required to achieve the solid 1-level spine fusion in 5 or 6 weeks. This was accomplished by the use of either animal-derived collagen sheets, hydroxyapatite with collagen, an open cell polylactic acid polymer, or sintered bovine bone as the delivery system for rhBMP-

2.<sup>21-27</sup> On the other hand, our previous study had demonstrated that the minimal dose of rhBMP-2 to achieve posterolateral lumbar spinal fusion in a rabbit was  $15 \mu\text{g}$  per in each side when PLA-DX-PEG/ $\beta$ -TCP composite was used as a delivery system for rhBMP-2.<sup>17</sup> Interestingly, with the use of this carrier material, the dose of rhBMP-2 was significantly lower than previous studies. The work described in the present paper revealed that it was possible to further reduce the BMP-2 dose required for spinal fusion in the rabbit model by addition of a low dose of an EP4 receptor agonist to the local delivery system. Thus, we concluded that the EP4A compound enhances the bone forming action of rhBMP-2. These results suggest that the combination of an EP4 receptor agonist with rhBMP-2 is a viable approach for promoting solid spinal fusion.

EP1, EP2, EP3, and EP4 are the 4 PGE2 receptor subtypes. EP4 is thought to mediate the anabolic action of PGE2 on osteoblastic cells.<sup>28</sup> Some *in vitro* studies have revealed that PGE2 promotes osteoblastic differentiation *via* EP2 and EP4 receptors and several studies have reported that administration of either EP2 receptor agonist or EP4 receptor agonist stimulate bone formation.<sup>28-38</sup> However, Yoshida *et al* have reported that the anabolic effect of PGE2 was mediated exclusively through EP4 and local administration of a selective EP4 receptor agonist increased bone formation in a rat femur. They also noted that the general administration of an EP4 receptor agonist restored bone mass and strength lost in rat subjected to ovariectomy or immobilization.<sup>38</sup> The EP4 receptor mediates increases in intracellular cyclic nucleotides (cAMP) concentration. Thus, the action of an EP4 receptor agonist may be similar to that of parathyroid hormone (PTH), and a phosphodiesterase-4 (PDE-4)-

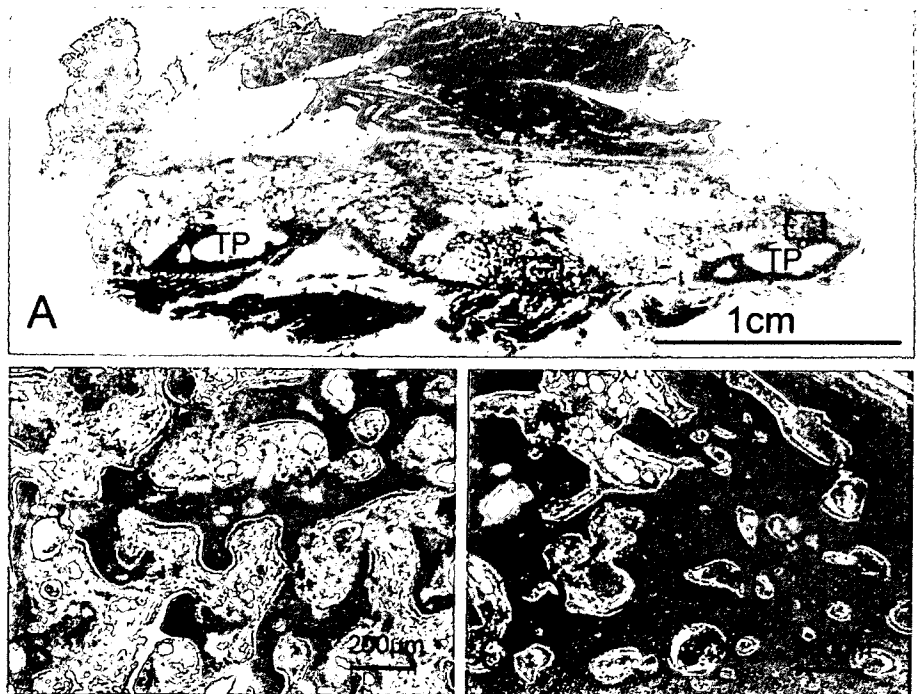


Figure 3. Hematoxylin and eosin-stained sagittal section of L5-L6 intertransverse region in EP4A + BMP7.5 group. New bone formation is located between the L5-L6 transverse process (TP); the cortical rim of the transverse processes connecting to fusion bone mass was seen (A, lower magnification; B, higher magnification of the newly formed bone; C, higher magnification of the junctional region between the newly formed bone and the transverse process).

selective inhibitor, which also cause intracellular cAMP accumulation to promote new bone formation in *in vivo* systems. Although daily injection of PTH or a PDE-4 inhibitor (Rolipram) is known to enhance systemic bone formation,<sup>39,40</sup> the precise mechanisms underpinning the anabolic effects remained to be answered.

The results presented here suggest that interplay between intracellular levels of cAMP and the BMP signaling pathway involving the intracellular signaling molecules (Smads) to enhance the BMP's anabolic action on osteoblastic differentiation and bone formation. Additional *in vitro* studies are required to elucidate the detailed mechanisms of cAMP signaling on bone formation. This line of inquiry, currently in progress in our laboratory, will be essential in order to elucidate the mechanism of action mechanism of the EP4 receptor agonist.

## Conclusion

Local release of an EP4 receptor agonist compound (ONO-4819) can enhance the bone-inducing activity of rhBMP-2 when used with a biodegradable polymer (PLA-DX-PEG) as a delivery system in rabbit model of posterolateral lumbar spinal fusion. Consequently, the use of this compound reduced the BMP-2 requirement by half, and this could ultimately reduce the costs associated with the use of BMP-2 therapeutics for spinal fusion in the clinic. Further preclinical studies including tests in nonhuman primates will be required to evaluate the efficacy and safety of this compound for spine fusion.

## Key Points

- The ability of an EP4 receptor agonist to enhance the bone induction potential of BMP-2 was evaluated in a rabbit posterolateral spinal fusion model.
- Rabbits that received 7.5  $\mu$ g of BMP-2 and EP4A consistently showed solid fusion; the presence of the EP4 agonist reduced by half the amount of BMP-2 required to achieve solid fusion in a rabbit model.
- The compound may be a useful adjunct therapeutic to help reduce the costs of spine fusion associated with the use of BMP-2 in the clinic.

## References

1. DePalma AF, Rothman RH. The nature of pseudarthrosis. *Clin Orthop* 1968;59:113-8.
2. Steinmann JC, Herkowitz HN. Pseudarthrosis of the spine. *Clin Orthop* 1992;80-90.
3. Arrington ED, Smith WJ, Chambers HG, et al. Complications of iliac crest bone graft harvesting. *Clin Orthop* 1996;300-9.
4. Kurz LT, Garfin SR, Booth RE Jr. Harvesting autogenous iliac bone grafts: a review of complications and techniques. *Spine* 1989;14:1324-31.
5. Boden SD, Zdeblick TA, Sandhu HS, et al. The use of rhBMP-2 in interbody fusion cages: definitive evidence of osteoinduction in humans: a preliminary report. *Spine* 2000;25:376-81.
6. Burkus JK, Gornet MF, Dickman CA, et al. Anterior lumbar interbody fusion using rhBMP-2 with tapered interbody cages. *J Spinal Disord Tech* 2002;15:337-49.
7. Butler D. Last chance to stop and think on risks of xenotransplants. *Nature* 1998;391:320-4.
8. DeLustro F, Dasch J, Keefe J, et al. Immune responses to allogeneic and xenogeneic implants of collagen and collagen derivatives. *Clin Orthop* 1990; 263-79.
9. Murakami N, Saito N, Horiuchi H, et al. Repair of segmental defects in rabbit humeri with titanium fiber mesh cylinders containing recombinant human bone morphogenetic protein-2 (rhBMP-2) and a synthetic polymer. *J Biomed Mater Res* 2002;62:169-74.
10. Murakami N, Saito N, Takahashi J, et al. Repair of a proximal femoral bone defect in dogs using a porous surfaced prosthesis in combination with recombinant BMP-2 and a synthetic polymer carrier. *Biomaterials* 2003;24: 2153-9.
11. Kato M, Namikawa T, Terai H, et al. Ectopic bone formation in mice associated with a lactic acid/dioxanone/ethylene glycol copolymer-tricalcium phosphate composite with added recombinant human bone morphogenetic protein-2. *Biomaterials* 2006;27:3927-33.
12. Kato M, Toyoda H, Namikawa T, et al. Optimized use of a biodegradable polymer as a carrier material for the local delivery of recombinant human bone morphogenetic protein-2 (rhBMP-2). *Biomaterials* 2006;27:2035-41.
13. Matsushita N, Terai H, Okada T, et al. A new bone-inducing biodegradable porous beta-tricalcium phosphate. *J Biomed Mater Res A* 2004;70:450-8.
14. Saito N, Okada T, Horiuchi H, et al. A biodegradable polymer as a cytokine delivery system for inducing bone formation. *Nat Biotechnol* 2001;19: 332-5.
15. Saito N, Takaoka K. New synthetic biodegradable polymers as BMP carriers for bone tissue engineering. *Biomaterials* 2003;24:2287-93.
16. Yoneda M, Terai H, Imai Y, et al. Repair of an intercalated long bone defect with a synthetic biodegradable bone-inducing implant. *Biomaterials* 2005; 26:5145-52.
17. Namikawa T, Terai H, Suzuki E, et al. Experimental spinal fusion with recombinant human bone morphogenetic protein-2 delivered by a synthetic polymer and beta-tricalcium phosphate in a rabbit model. *Spine* 2005;30: 1717-22.
18. Sasaoka R, Terai H, Toyoda H, et al. A prostanoid receptor EP4 agonist enhances ectopic bone formation induced by recombinant human bone morphogenetic protein-2. *Biochem Biophys Res Commun* 2004;318:704-9.
19. Toyoda H, Terai H, Sasaoka R, et al. Augmentation of bone morphogenetic protein-induced bone mass by local delivery of a prostaglandin EP4 receptor agonist. *Bone* 2005;37:555-62.
20. Boden SD, Schimandle JH, Hutton WC. An experimental lumbar intertransverse process spinal fusion model: radiographic, histologic, and biomechanical healing characteristics. *Spine* 1995;20:412-20.
21. Akamaru T, Suh D, Boden SD, et al. Simple carrier matrix modifications can enhance delivery of recombinant human bone morphogenetic protein-2 for posterolateral spine fusion. *Spine* 2003;28:429-34.
22. Itoh H, Ebara S, Kamimura M, et al. Experimental spinal fusion with use of recombinant human bone morphogenetic protein 2. *Spine* 1999;24:1402-5.
23. Konishi S, Nakamura H, Seki M, et al. Hydroxyapatite granule graft combined with recombinant human bone morphogenetic protein-2 for solid lumbar fusion. *J Spinal Disord Tech* 2002;15:237-44.
24. Minamide A, Kawakami M, Hashizume H, et al. Evaluation of carriers of bone morphogenetic protein for spinal fusion. *Spine* 2001;26:933-9.
25. Sandhu HS, Kanim LE, Kabo JM, et al. Effective doses of recombinant human bone morphogenetic protein-2 in experimental spinal fusion. *Spine* 1996;21:2115-22.
26. Schimandle JH, Boden SD, Hutton WC. Experimental spinal fusion with recombinant human bone morphogenetic protein-2. *Spine* 1995;20: 1326-37.
27. Suh DY, Boden SD, Louis-Ugbo J, et al. Delivery of recombinant human bone morphogenetic protein-2 using a compression-resistant matrix in posterolateral spine fusion in the rabbit and in the non-human primate. *Spine* 2002;27:353-60.
28. Suda M, Tanaka K, Natsui K, et al. Prostaglandin E receptor subtypes in mouse osteoblastic cell line. *Endocrinology* 1996;137:1698-705.
29. Kasugai S, Oida S, Imura T, et al. Expression of prostaglandin E receptor subtypes in bone: expression of EP2 in bone development. *Bone* 1995;17: 1-4.
30. Ke HZ, Crawford DT, Qi H, et al. A nonprostanoid EP4 receptor selective prostaglandin E2 agonist restores bone mass and strength in aged, ovariectomized rats. *J Bone Miner Res* 2006;21:565-75.
31. Li M, Ke HZ, Qi H, et al. A novel, non-prostanoid EP2 receptor-selective prostaglandin E2 agonist stimulates local bone formation and enhances fracture healing. *J Bone Miner Res* 2003;18:2033-42.
32. Li X, Pilbeam CC, Pan L, et al. Effects of prostaglandin E2 on gene expression in primary osteoblastic cells from prostaglandin receptor knockout mice. *Bone* 2002;30:567-73.

33. Machwate M, Harada S, Leu CT, et al. Prostaglandin receptor EP(4) mediates the bone anabolic effects of PGE(2). *Mol Pharmacol* 2001;60:36-41.
34. Paralkar VM, Borovecki F, Ke HZ, et al. An EP2 receptor-selective prostaglandin E2 agonist induces bone healing. *Proc Natl Acad Sci USA* 2003;100:6736-40.
35. Shamir D, Keila S, Weinreb M. A selective EP4 receptor antagonist abrogates the stimulation of osteoblast recruitment from bone marrow stromal cells by prostaglandin E2 in vivo and in vitro. *Bone* 2004;34:157-62.
36. Tanaka M, Sakai A, Uchida S, et al. Prostaglandin E2 receptor (EP4) selective agonist (ONO-4819.CD) accelerates bone repair of femoral cortex after drill-hole injury associated with local upregulation of bone turnover in mature rats. *Bone* 2004;34:940-8.
37. Weinreb M, Machwate M, Shir N, et al. Expression of the prostaglandin E(2) (PGE(2)) receptor subtype EP(4) and its regulation by PGE(2) in osteoblastic cell lines and adult rat bone tissue. *Bone* 2001;28:275-81.
38. Yoshida K, Oida H, Kobayashi T, et al. Stimulation of bone formation and prevention of bone loss by prostaglandin E EP4 receptor activation. *Proc Natl Acad Sci USA* 2002;99:4580-5.
39. Horiuchi H, Saito N, Kinoshita T, et al. Effect of phosphodiesterase inhibitor-4, rolipram, on new bone formations by recombinant human bone morphogenetic protein-2. *Bone* 2002;30:589-93.
40. Neer RM, Arnaud CD, Zanchetta JR, et al. Effect of parathyroid hormone (1-34) on fractures and bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis. *N Engl J Med* 2001;344:1434-41.

骨誘導能を有する rhBMP-2 含有ペーストマテリアル

加藤 相 勲    中 村 博 亮    並 川       崇  
星 野 雅 俊    寺 井 秀 富    高 岡 邦 夫

## 骨誘導能を有する rhBMP-2 含有ペーストマテリアル

加藤 相 勲\*      中村 博 亮\*      並 川   崇\*\*  
星野 雅 俊\*\*      寺井 秀 富\*\*      高岡 邦 夫\*\*

### rhBMP-2 含有ペーストマテリアルの開発

骨形成蛋白 (bone morphogenetic protein ; BMP) は、未分化間葉系細胞を軟骨細胞、骨芽細胞に分化誘導させるサイトカインであり、生体内で骨を新生する能力を有する。このため BMP は、整形外科治療で重要な骨欠損の修復、骨癒合の促進において、新しい治療法の担い手として期待がかけられている。特に、BMP と適当な担体と組み合わせる局所に埋植し骨形成を促進させるサイトカイン療法は、その有用性が証明されている。

これまでに BMP の担体として動物実験で良好な骨形成能が示されてきたのがウシ由来 I 型コラーゲンであり、欧米では臨床応用されている。しかし、コラーゲンは弱いながらも免疫反応が起きること、プリオンなど未知の病原体が存在する可能性があること、力学的強度に欠けるなど問題点も多く、優れた担体とは言い難い。したがって、①生体親和性が高い、②生体分解性がある、③病原性がない、④コラーゲンと同等かそれを超える骨形成能を有する、⑤安価である、⑥操作性がよいなどの特性を有するより優れた BMP 担体の開発が期待されている。

われわれは生体分解性ポリマーであるポリ乳酸パラジオキサノンポリエチレングリコール共重合体 (PLA-DX-PEG copolymer) を開発し、rhBMP-2 の担体としてすぐれた骨形成能を有していることを証明してきた<sup>1)</sup>。また、その骨形成効率を高めるために、BMP とポリマーの配合条件の検討を行い、ある一定の rhBMP-2 含有濃度以上であれば担体の大きさに伴い骨形成量が増加することを証明し、rhBMP-2 使用量の低減

化が可能であることを示唆してきた<sup>2)</sup>。しかし、本ポリマーの性状は粘着性ゲルであるため用手操作性に問題があった。これを克服するために、ポリマーに骨伝導能を有する  $\beta$ -リン酸三カルシウム ( $\beta$ -TCP) を追加混合したマテリアルを作製し、その成分配合条件を検討した。その結果、rhBMP-2 の骨誘導能を最大限発揮する  $\beta$ -TCP/ポリマー配合比は 1:1~2:1 であり、ポリマー単独使用よりも効率的に骨形成が得られること、当条件下において本材料は、粘着性がなく操作性の良いペースト状のマテリアルとなることを示した (図1)<sup>3)</sup>。さらに rhBMP-2 含有ペーストマテリアルの有用性をウサギ腰椎後側方固定モデルにおいて検討した結果、従来のコラーゲンスポンジを BMP 担体として用いた場合と比較して約 1/6 量の rhBMP-2 で、脊椎固定が可能であることを確認した (図2)<sup>4)</sup>。

### 臨床への応用

骨欠損の部位や形状により要求される修復方法は様々である。例えば、腫瘍切除後に生じた骨欠損の場合、早期の骨癒合と加重負荷が要求される。このような場合、本ペーストマテリアルと力学的強度を有するマテリアルを組み合わせることによって、早期力学的強度が得られる複合マテリアルを作製利用することが可能となる。また、欠損部の形状が複雑であっても本ペーストマテリアルはその形状にあわせての使用が可能であるので効率よく補填することができる。

しかし、今後クリアすべき問題点もある。この担体は吸収性素材として臨床的に使用されている素材の組み合わせであり、安全性は高いことが予想されるが、人での安全性をさらに確認する必要がある。また、従来の担体使用との比較において BMP 使用量の減量化が可能であると考えるが、

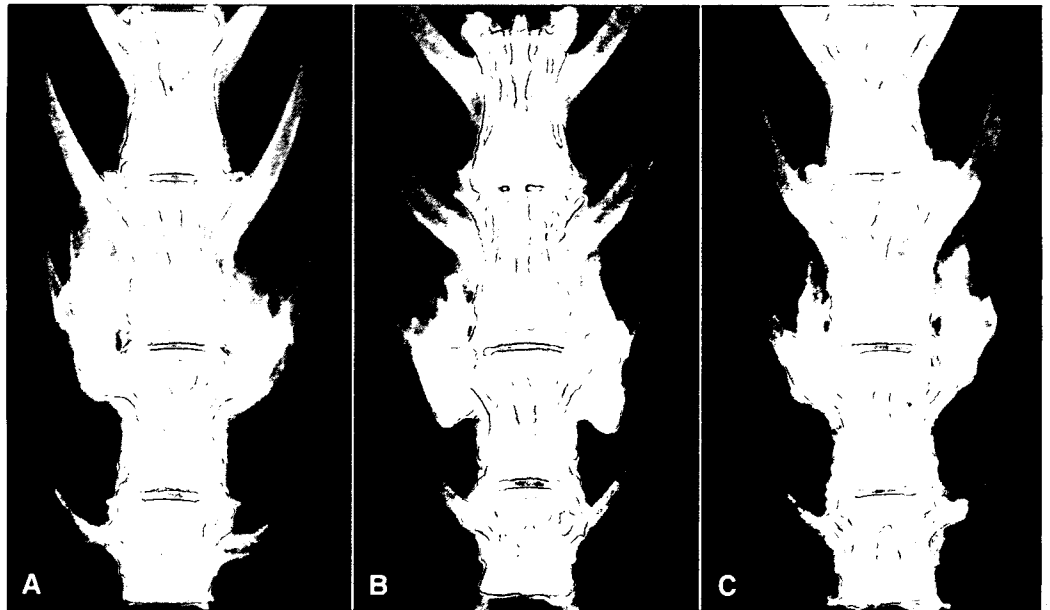
\* Minori KATO et al, 大阪市立総合医療センター, 整形外科

\*\* Kunio TAKAOKA et al, 大阪市立大学大学院医学系研究科, 整形外科

図1 rhBMP-2含有ペーストマテリアル<sup>3)</sup>  
粘着性がなくハンドメイドで形状を操作できる。



図2 rhBMP-2含有ペーストマテリアルによるウサギ腰椎後側方固定(腰椎単純X線像)<sup>4)</sup>  
rhBMP-2/polymer/ $\beta$ -TCP 配合比[A : 30/300/300, B : 15/300/300, C : 7.5/300/300 ( $\mu$ g/mg/mg)]  
のペーストマテリアルを用いて脊椎固定を実施した。埋植後6週においてA・B群において良好な脊椎固定  
が得られた。従来の報告と比較し、約1/6のBMP量で脊椎固定が可能となった。



費用の面で、より骨形成の効率化を進めていくことが必要である。今後の研究発展によって、本ペーストマテリアルが整形外科領域での骨再生修復促進に役立つことを確信している。

#### 文 献

- 1) Saito N et al : A biodegradable polymer as a cytokine delivery system for inducing bone formation. *Nat Biotechnol* 19 : 332-335, 2001
- 2) Kato M et al : Optimized use of a biodegradable polymer as a carrier material for the local delivery

of recombinant human bone morphogenetic protein-2(rhBMP-2). *Biomaterials* 27 : 2035-2041, 2006

- 3) Kato M et al : Ectopic bone formation in mice associated with a lactic acid/dioxanone/ethylene glycol copolymer-tricalcium phosphate composite with added recombinant human bone morphogenetic protein-2. *Biomaterials* 27 : 3927-3933, 2006
- 4) Namikawa et al : Experimental spinal fusion with recombinant human bone morphogenetic protein-2 delivered by a synthetic polymer and betatri-calcium phosphate in a rabbit model. *Spine* 30 : 1712-1716, 2005

特集：頸椎症性脊髄症治療の進歩

頸椎選択的椎弓形成術における  
C2, C7 棘突起付着筋群温存の意義

加藤 相 勲      中 村 博 亮      小 西 定 彦  
堂 園      将      福 島 若 葉      松 田 英 樹

## 頸椎選択的椎弓形成術における C2, C7 棘突起付着筋群温存の意義

加藤 相 勲\* 中村 博 亮 小西 定 彦  
堂 園 将 福 島 若 葉\*\* 松 田 英 樹\*\*\*

**要旨**：頸椎椎弓形成術は安定した長期成績が報告されているが、術後生じる頸椎前弯や可動域の減少、および軸性疼痛の発生等の問題もある。近年、これらの諸問題を改善すべく後方要素を温存したアプローチ、後療法の簡略化、拡大椎弓範囲の縮小などの新たな術式が開発され、特にC2およびC7棘突起付着筋群を温存した椎弓形成術が注目されている。今回、選択的に除圧範囲を縮小した例を含む椎弓形成術を実施した145例において、その臨床成績、アライメント、可動域、軸性疼痛についてC2およびC7棘突起付着筋群の温存に着目し検討した。その結果、C2棘突起付着筋群の温存は術後アライメントの維持と術後軸性疼痛発生の予防に有効であり、C7棘突起付着筋群の温存は両者の予防に関連しないことが判明した。同時に、C2およびC7棘突起付着筋群温存は術後頸椎可動域の維持には有効でないことが示された。

### はじめに

近年、頸椎椎弓形成術術後の頸椎前弯や可動域の減少、軸性疼痛の発生を予防するために棘突起付着筋群を温存または再建した椎弓形成術が考案され、特に第2頸椎（以下C2）または第7頸椎（以下C7）の棘突起付着筋群温存の有効性が報告されている<sup>1)~3)</sup>。しかし、その効果については未

だ結論が出ていない。

当科では、棘突起付着筋群の温存・再建を重要視し、除圧効果が得られる範囲で拡大椎弓を少なくして棘突起付着筋群を温存すると同時に、切離した筋群をすべて開大した棘突起に再縫着する椎弓形成術を行ってきた。今回、本術式の術後臨床成績、頸椎前弯や可動域、軸性疼痛に対するC2およびC7棘突起付着筋群温存の効果について検討したので報告する。

### I. 対象および方法

当科にて1996年1月から2004年12月までに棘突起縦割式椎弓形成術を施行した162例のうち、手術1年後における軸性疼痛を評価できた145例を対象とした（follow up rate 89.5%）。対象疾患は、頸椎症性脊髄症135例、頸椎後縦靱帯骨化症（分節型）10例であった。男性101例、女

\* Minori KATO et al, 大阪市立総合医療センター, 整形外科

\*\* Wakaba FUKUSHIMA, 大阪市立大学医学部, 公衆衛生学教室

\*\*\* Hideki MATSUDA, 石切生喜病院, 整形外科

Effect of preserving the posterior muscle from the spinous process of C2 or C7 in selective laminoplasty

**Key words** : Laminoplasty, Axial pain, Cervical spine



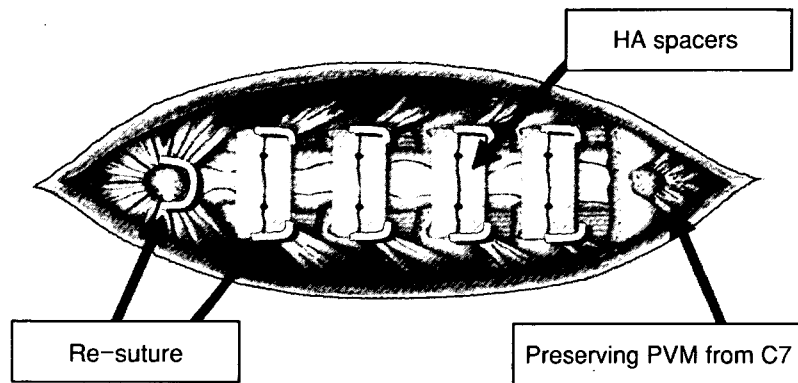


図 1 本研究で実施した椎弓形成術のシェーマ (C3-6 椎弓形成術モデル)

性 44 例，手術時年齢は 38～82 歳(平均 61 歳)で，手術までの平均罹病期間は 18.8 カ月であった。拡大椎弓の範囲を少なくするため，臨床所見，術前 MRI における脊髄圧迫高位を検討し選択的に椎弓形成術を実施した。拡大椎弓の上下では随時椎弓部分切除を行った。拡大椎弓とその上位 1 椎弓の棘突起付着筋群は切離し，それ以外の棘突起付着筋は温存した。すなわち，拡大椎弓範囲の上端が C4 の例では C2 棘突起付着筋群を，下端が C6 の例では C7 棘突起付着筋を切離せず温存した。切離した筋は椎弓拡大後にすべて元の棘突起に非吸収糸を用いて再縫着した。棘突起付着筋群の剥離は丁寧かつ愛護的に行い，可能な限り電気メスによる熱凝固はしないことに留意した。椎弓拡大部にはすべて台形のハイドロキシアパタイトスペーサーを挿入し非吸収糸にて締結固定した(図 1)。手術中の体位は軽度屈曲位にて行い，切離した筋群を縫着する際には軽度伸展位に変換した。拡大椎弓範囲は C3-5 が 3 例，C3-6 が 22 例，C3-7 が 88 例，C3-T1 が 5 例，C4-6 が 7 例，C4-7 が 22 例，C5-6 が 1 例，C5-7 が 2 例で，平均拡大椎弓数は 4.6 椎弓であった。後療法は術後 3 週間オルソカラーによる外固定を行い，以降可動域訓練を開始した。平均追跡調査期間は 33.2 カ月であった。

以上の症例に対し，C2 棘突起付着筋群を切離し再縫着した群 113 例(C2 PVM 再縫着[非温存]群)と C2 棘突起付着筋群を温存した 32 例(C2 PVM 温存群)間において，術前と最終診察時の

表 1 軸性疼痛の重症度分類

Grade	
0	疼痛なし。
I	疼痛があるも，特に治療を要しない。
II	鎮痛剤や湿布，理学療法を要する疼痛がある。
III	鎮痛剤や湿布，理学療法ではコントロールできない疼痛がある。

JOA スコアとその改善率，頸椎前弯角の変化，頸椎可動域の変化を検討した。また，C7 棘突起付着筋群を切離し再縫着した群 112 例(C7 PVM 再縫着[非温存]群)と C7 棘突起付着筋群を温存した 33 例(C7 PVM 温存群)間にて同様の検討を行った。なお，単純 X 線側面像から Cobb 法に準じて C2-7 の前弯角を測定し，中間位前弯角を頸椎前弯角，前屈位と後屈位の前弯角の差を頸椎可動域とした。統計学的処理は t 検定，Mann-Whitney 検定を用いた。有意水準 5%以下を有意差ありとした。

また，項部から肩甲帯部における疼痛を軸性疼痛とし，その程度を 4 段階にて評価した(表 1)。手術 1 年後における新たな発生またはその程度(4 段階にて 1 段階以上)の悪化例を術後軸性疼痛の発生と定義し調査した。術後軸性疼痛の発生に影響を与える因子についてロジスティック回帰モデルによる多変量解析を行った。説明変数は，年齢，性別，疾患，罹病期間，術前 JOA スコア，JOA 改善率，手術時間，術中出血量，術前可動

表 2 JOA スコア改善率, 頸椎前弯角の変化, 頸椎可動域維持率

	C2 PVM			C7 PVM		
	再縫着 (非温存)	温存	p 値	再縫着 (非温存)	温存	p 値
JOA スコア改善率 (%)	59.5 (25.9)	55.6 (22.4)	0.44	59.5 (25.8)	55.6 (22.8)	0.43
頸椎前弯角の変化 (度)	-2.0 ( 9.9)	3.5 ( 6.7)	0.04*	-0.3 ( 9.1)	-2.4 (10.8)	0.27
頸椎可動域維持率 (%)	59.8 (35.6)	63.8 (26.1)	0.56	58.3 (31.2)	69.1 (39.5)	0.96

平均値 (標準偏差), \* 有意差あり。C2 PVM=C2 棘突起付着筋群。C7 PVM=C7 棘突起付着筋群。

域, 可動域維持率, 術前アライメント (前弯, straight, 後弯), アライメントの変化 (前弯化, 変化なし, 後弯化), C2 または C7 棘突起付着筋群温存の有無とした。結果指標としての統計解析には Statistical Analysis System (SAS) を用い, 各因子のオッズ比を算出した。

II. 結 果

対照群の手術時間は平均 226 分, 術中出血量は 339 ml であった。JOA スコアは術前 9.7 点が最終診察時 13.7 점에改善し, 改善率は 58.6% であった。頸椎前弯角は術前 11.5°, 最終診察時 10.7° と前弯の減少は軽度であった。一方, 頸椎可動域は術前 38.7°, 最終診察時 21.6° と 60.8% に制限されていた。

JOA スコアにおいて, C2 PVM 再縫着群と C2 PVM 温存群との比較検討では, C2 PVM 再縫着群では, 術前 9.5 点, 最終診察時 13.9 点, 改善率は 59.5%, C2 PVM 温存群では術前 10.3 点, 最終診察時 14 点, 改善率は 55.6% であった。C7 PVM 再縫着群と C7 PVM 温存群との比較検討では, C7 PVM 再縫着群では, 術前 9.8 点, 最終診察時 13.9 点, 改善率は 59.5%, C7 PVM 温存群では, 術前 9.7 点, 最終診察時 13.8 点, 改善率は 55.6% であった。JOA スコア改善率において, C2 PVM 再縫着群と C2 PVM 温存群間, および C7 PVM 再縫着群と C7 PVM 温存群間に有意差はなかった (表 2)。すなわち, 拡大椎弓を制限することによる臨床成績の低下は認められなかった。

頸椎前弯角において, C2 PVM 再縫着群と C2 PVM 温存群との比較検討では, C2 PVM 再

		術後			
		0	I	II	III
術前	Grade 0	104	14	0	0
	I	6	13	1	2
	II and III	2	2	1	0

改善       変化なし       悪化

図 2 術後軸性疼痛の発生頻度

縫着群では術前 12.3°, 最終診察時 10.3° で, 減少角度は 2°, C2 PVM 温存群では術前 8.7°, 最終診察時 12.2° で 3.5° の増加を認めた。C7 PVM 再縫着群と C7 PVM 温存群との比較検討では, C7 PVM 再縫着群では術前 10.2°, 最終診察時 9.9° で減少角度は 0.3°, C7 PVM 温存群では術前 15.8°, 最終診察時 13.4° で減少角度は 2.4° であった。C2 PVM 再縫着群に対し C2 PVM 温存群間で有意に前弯の減少が少なかった (前弯は増加した)。一方, C7 PVM 再縫着群と C7 PVM 温存群間に有意差はなかった。

頸椎可動域において, C2 PVM 再縫着群と C2 PVM 温存群との比較検討では, C2 PVM 再縫着群では術前 34.5°, 最終診察時 20.6° で, 維持率は 59.8%, C2 PVM 温存群では術前 39.2°, 最終診察時 25° で維持率は 63.8% であった。C7 PVM 再縫着群と C7 PVM 温存群との比較検討では, C7 PVM 再縫着群では術前 36.5°, 最終診察時 21.3° で維持率は 58.3%, C7 PVM 温存群では術前 33°, 最終診察時 22.8° で維持率は 69.1% であった。C2 PVM 温存群, C7 PVM 温

表 3 術後軸性疼痛発生の危険因子分析

危険因子	オッズ比 (95%信頼区間)
年齢 (63 歳* <)	0.17 (0.04~0.72)**
性別 (女性 vs. 男性)	1.34 (0.61~9.74)
疾患 (OPLL vs. CSM)	1.07 (0.09~12.8)
罹病期間 (10 カ月* <)	1.14 (0.33~4)
術前 JOA (10 点* <)	0.47 (0.13~1.75)
改善率 (55.6%* <)	0.47 (0.13~1.68)
手術時間 (225 分* <)	0.35 (0.09~1.73)
術中出血量 (330 ml* <)	1.53 (0.46~5.13)
術前可動域 (38°* <)	1.64 (0.42~6.43)
可動域維持率 (42.3%* <)	0.69 (0.18~2.65)
術前アライメント	
後弯 vs. 前弯	2.89 (0.48~17.3)
straight vs. 前弯	0.73 (0.13~4.23)
アライメントの変化	
後弯化 vs. 変化なし	1.65 (0.33~8.35)
前弯化 vs. 変化なし	1.05 (0.16~6.79)
再縫着 (非温存) PVM of C2 (vs. 温存 PVM of C2)	7.69 (1.02~48.5)**
再縫着 (非温存) PVM of C7 (vs. 温存 PVM of C7)	1.42 (0.32~6.25)

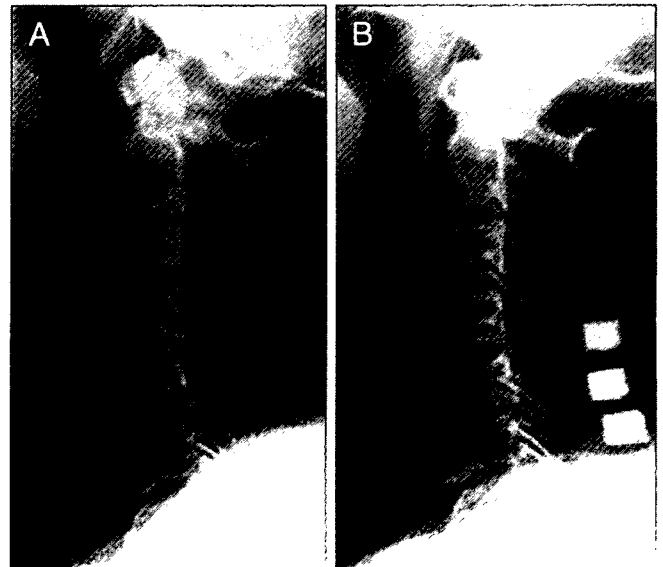
\* 中央値, \*\* 有意差あり (多変量ロジスティックモデル)。

存群ともに再縫着群に対し可動域が維持されている傾向にあったが有意差はなかった (表 2)。

術後軸性疼痛の発生は 17 例 (11.7%) であった (図 2)。C2 PVM 温存群での軸性疼痛の出現は 2 例 (6.3%), C7 PVM 温存群での軸性疼痛の出現は 4 例 (12.1%) であった。ロジスティック多変量解析による検討では, 術後軸性疼痛発生の危険因子は高齢者でないこと (63 歳未満例に対する 63 歳以上例のオッズ比: 0.17, 95%信頼区間 0.04~0.72) と C2 棘突起付着筋の非温存 (オッズ比: 7.69, 95%信頼区間 1.02~48.5) であった。C7 棘突起付着筋を温存することは軸性疼痛の出現には有意な影響因子ではなかった (表 3)。

### III. 症例呈示

53 歳男性, 主訴は手の巧緻性障害。頸椎症性脊髄症の診断にて C4-7 椎弓形成術を実施した。術後 3 年が経過, JOA スコアは術前 11.5 点が 16 点に改善した。術後の軸性疼痛の出現もない。頸椎前弯角は術前 21° が最終診察時 19° と頸椎ア



術前 術後 (3 年経過)  
図 3 単純 X 線側面像 (中間位)

ライメントは維持されている (図 3)。

#### IV. 考 察

頤椎症性脊髄症や頤椎後縦靱帯骨化症等に対する頤椎椎弓形成術は、安定した長期成績が得られることが報告されているが、術後生じる頤椎前弯や可動域の減少および軸性疼痛の発生が課題として挙げられている<sup>4)~7)</sup>。近年、これらの諸問題を改善すべく後方要素を温存したアプローチ、後療法 of 簡略化、拡大椎弓範囲の縮小等の新たな術式が開発されている<sup>8)~11)</sup>。特に、近年ではC2およびC7棘突起付着筋群の温存に着目した報告がされている。

C2棘突起付着筋群は大後頭直筋、後頭斜筋、頤半棘筋、多列筋等が含まれる。特にC2棘突起に付着する頤半棘筋は頤椎の dynamic stabilizer および伸展筋として重要であることが報告されている<sup>12)~14)</sup>。一方、C7棘突起付着筋群には頤半棘筋、多列筋とC7棘突起と肩甲骨とをつなぐ僧帽筋、小菱形筋等が含まれ、頤椎と上肢との連結における重要性を指摘した報告もある<sup>2)15)</sup>。しかし、これらの筋群の温存と椎弓形成術術後頤椎アライメントや項部痛との関連については未だ説明すべき点が多く、また、C2およびC7棘突起付着筋群温存の影響はどちらが有意であるかを検討した報告はない。今回の研究は症例に応じて選択的に拡大椎弓数を縮小することによってC2およびC7棘突起付着筋群を温存し、術後の頤椎前弯や可動域の減少および軸性疼痛の発生への影響を検討したものである。

椎弓形成術後の合併症で、特に軸性疼痛は術後早期から出現し長期間継続するため患者の大きな不満因子となる。本来の手術目的であった神経症状の改善が得られているにもかかわらず、手術の満足度が低い原因になるケースも少なくない。術後の軸性疼痛についてはHosonoら<sup>6)</sup>が椎弓形成術に伴う“Neck and shoulder pain”として紹介し、以降認知された病態である。しかし、その原因および克服方法について諸説の研究があるが未だ結論は得ていない。Shiraishiら<sup>16)17)</sup>は最大限の後頤部筋群温存を目的としたskip laminectomyが軸性疼痛の発生を軽減すると報告した。こ

の報告を機に、後頤部筋群の温存が術後軸性疼痛の予防に重要であるとされ、棘突起付着筋群を温存した椎弓形成術が考案されてきた。

今回の術後軸性疼痛発生成因における多変量解析の結果より、C2棘突起付着筋群の温存が術後軸性疼痛発生の予防に重要な因子であり、C7棘突起付着筋群の温存は影響を与えないことが示された。Takeuchiら<sup>1)</sup>はC2棘突起に付着する頤半棘筋を完全に温存しC3椎弓切除による頤椎拡大術を報告し、軸性疼痛の軽減を認めるとした。本研究結果はこれを支持するものである。しかし、筆者らはC7棘突起付着筋群温存による軸性疼痛の影響についても検討の余地があると考えている。今回の術式は、切離した棘突起付着筋群はすべて剝離切離した元の棘突起に再縫着している。これがC7棘突起付着筋群については温存と同様またはそれに近い効果がある可能性があるのではないかと考えている。切離した筋を再縫縮する意義は術後の筋退縮を予防することにある。当然、切離した筋、enthesesの再縫縮のみで解剖学的、力学的、動態制御的な再建は得られないが、scar tissueによる連続性はある程度は得ることができるのではないかと考えている。C2頤半棘筋を再縫着した場合の修復不全は18%であったとIizukaら<sup>3)</sup>は報告しているが、C7棘突起付着筋群の再縫着についての報告はない。本シリーズの術後MRI検討ではC7棘突起付着筋群の筋退縮を予防できている例も多く、今後の検討課題としたい。

術後アライメントについてはC2棘突起付着筋群温存が頤椎前弯の維持に有効であったとの結果を得た。Iizukaら<sup>3)</sup>の報告でも同様の結論を得ている。これは、C2棘突起に付着する頤半棘筋の頤椎 dynamic stabilizerとしての機能が温存されたことに起因するのではないかと考えている。椎弓形成術において術後頤椎アライメントの後弯化は臨床成績に影響を及ぼすとの報告もあり<sup>4)5)</sup>、特に、術前におけるアライメント不良例においては、アライメントの維持および改善は重要な課題である。局所後弯13°以上は成績不良因子との報告もあり<sup>18)</sup>、症例によっては、椎弓形成術ではな

く、前方法やインストゥルメンテーションを用いた後方矯正固定術を選択せざるを得ない症例もある。アライメント不良例に対しては、可能な限りC2棘突起付着筋群を温存することが重要ではないかと考える。また、本シリーズは、全症例における頸椎前弯角の減少は33.2カ月の経過で0.8°と軽度であった。これは、C2およびC7棘突起付着筋群の温存の効果だけではなく剝離切離した筋群をすべて元の棘突起に再縫着した効果や、再縫着や項靱帯の縫合時には頸椎アライメントを伸展位とするなど手術手技上の工夫も影響していると考えられる。

可動域の維持について、今回の検討ではC2およびC7棘突起付着筋群の温存の有意な効果は認められなかった。術後可動域については後療法の間与が指摘されており、Kawaguchiら<sup>11)</sup>は早期可動域訓練が術後可動域の維持に有効と報告している。本シリーズは後療法に3週間の外固定期間を設けている。その影響でC2およびC7棘突起付着筋群の温存の効果が少なくなっている可能性がある。また、今回の多変量解析の検討では可動域の維持・減少と軸性疼痛の発生についての関連は認めなかった。

今回の検討ではC2およびC7棘突起付着筋群の温存のための選択的除圧は臨床成績に有意な影響を与えないことが示された。選択的除圧は臨床成績に影響を与えないとする報告もあるが<sup>15)19)20)</sup>、経過観察期間が短く中長期的な成績については不明である。本シリーズの追跡調査期間は33.2カ月であり、JOAスコア平林改善率はC2およびC7棘突起付着筋群温存群でそれぞれ55.6%、55.6%と非温存群の改善率(59.5%)よりも低い傾向にあった。今回の統計学的検討では有意差はなかったが、今後の追跡調査では選択的除圧が臨床成績に影響を与える可能性がある。また“どの椎弓を選択的に除圧するのか”は依然コンセンサスを得られた基準はない。今後、除圧範囲の基準を決めた前向き研究に基づく中長期成績の検討が必要と考える。

## 文 献

- 1) Takeuchi K et al : Axial symptoms after cervical laminoplasty with C3 laminectomy compared with conventional C3-C7 laminoplasty ; a modified laminoplasty preserving the semispinalis cervicis inserted into axis. *Spine* **30** : 2544—2549, 2005
- 2) 細野 昇ほか : 圧迫性頸髄症に対する4椎弓形成術の試み. *臨整外* **39** : 659—665, 2004
- 3) Iizuka H et al : Extensor musculature of the cervical spine after laminoplasty ; morphologic evaluation by coronal view of the magnetic resonance image. *Spine* **26** : 2220—2226, 2001
- 4) Kimura I et al : Long-term follow-up of cervical spondylotic myelopathy treated by canal-expansive laminoplasty. *J Bone Joint Surg* **77-B** : 956—961, 1995
- 5) Satomi K et al : Long-term follow-up studies of open-door expansive laminoplasty for cervical stenotic myelopathy. *Spine* **19** : 507—510, 1994
- 6) Hosono N et al : Neck and shoulder pain after laminoplasty ; a noticeable complication. *Spine* **21** : 1969—1973, 1996
- 7) Fujimura Y et al : Atrophy of the nuchal muscle and change in cervical curvature after expansive open-door laminoplasty. *Arch Orthop Trauma Surg* **115** : 203—205, 1996
- 8) Yoshida M et al : Expansive laminoplasty with reattachment of spinous process and extensor musculature for cervical myelopathy. *Spine* **17** : 491—497, 1992
- 9) 谷 諭ほか : 頸椎後方要素温存型椎弓形成術—Maximally reconstructive surgery をめざして. *脊椎脊髄* **15** : 599—604, 2002
- 10) 金 彪ほか : 筋層構築的棘突起椎弓形成術 myoarchitectonic spinolaminoplasty 手術技法と長期的効果の検証. *脊椎脊髄* **19** : 1139—1149, 2006
- 11) Kawaguchi Y et al : Preventive measures for axial symptoms following cervical laminoplasty. *J Spinal Disord Tech* **16** : 497—501, 2003
- 12) Nolan JP Jr et al : Biomechanical evaluation of the extensor musculature of the cervical spine. *Spine* **13** : 9—11, 1988
- 13) Conley MS et al : Noninvasive analysis of human neck muscle function. *Spine* **20** : 2505—2512, 1995

- 14) Vasavada AN et al : Influence of muscle morphometry and moment arms on the moment-generating capacity of human neck muscles. *Spine* **23** : 412—422, 1998
- 15) 東野恒作ほか：頸椎症性脊髄症に対する頸椎椎弓形成術における C7 棘突起温存は，神経学的長期成績の不良因子にならない. *骨・関節・靱帯* **18** : 325—330, 2005
- 16) Shiraishi T : A new technique for exposure of the cervical spine laminae ; technical note. *J Neurosurg* **96** : 122—126, 2002
- 17) Shiraishi T et al : Results of skip laminectomy ; minimum 2-year follow-up study compared with open-door laminoplasty. *Spine* **28** : 2667—2672, 2003
- 18) Suda K et al : Local kyphosis reduces surgical outcome of expansive open-door laminoplasty for cervical spondylotic myelopathy. *Spine* **28** : 1258—1262, 2003
- 19) 辻 崇ほか：頸椎症性脊髄症に対する選択的椎弓形成術—局所除圧の根拠. *別冊整形外科* No. 50 : 79—83, 2006
- 20) 谷戸祥之ほか：頸椎症性脊髄症に対する選択的椎弓形成術—175 例の術後成績. *脊椎脊髄* **19** : 1133—1138, 2006

●別冊整形外科 No.51

〈整形外科 office-based surgery —1人でできるテクニック〉

## 神経根性疼痛に対するブロック療法

寺井秀富 高岡邦夫

南 江 堂

2007 年

# 神経根性疼痛に対するブロック療法\*

寺井 秀富  
高岡 邦夫\*\*

[別冊整形外科 51 : 7~12, 2007]

## はじめに

脊椎疾患における疼痛発生にはさまざまなメカニズムが関与しているとされるが、頸椎症性神経根症や腰椎椎間板ヘルニア、腰部脊柱管狭窄症など明らかに神経根の圧排が疼痛発生に関与している場合には、整形外科で一般的に使用される非ステロイド性抗炎症薬 (NSAIDs) などの鎮痛薬では十分な除痛効果が得られないことも多い。整形外科医にとっては疼痛発生の原因となる病態を診断することが最重要である一方、患者は治療 (= 除痛) を期待して来院するのであるから、患者の要望に応えるためには的確な診断とともに効果的な除痛を提供しなければならない。

本稿で紹介するブロック療法 (星状神経節ブロック、硬膜外ブロック、神経根ブロック) は外来ベースで施行でき除痛効果の高い手技であるので、ぜひ治療手技としてマスターして日常診療に役立てていただきたい。

## I. 適応疾患および施行前の準備

適応疾患やブロックの試行回数については、最初に厳密に決め患者に説明しておくべきである。診断が正確に行われないままにブロックを行うと、除痛効果が得られないのみならず、患者との信頼関係が構築できずにその後の治療方針の策定に難渋することとなる。診断が正確に行われた場合には、たとえブロック効果が一時的であっても、その後の治療法としてスムーズに、手術などの次のフェーズの治療方法を提案することが可能となる。

星状神経節ブロックは多岐にわたる疾患に対し有効であ

ると報告されているが、適応を拡大すると漫然とした維持療法となってしまう危険性がある。われわれは頸椎症性神経根症や頸椎椎間板ヘルニアのうち、明らかな片側上肢症状を有し、Jackson テストや Spurling テストで陽性所見を呈し、かつ鎮痛薬で除痛効果が得られない症例に対してのみ上限の回数を定めて施行している。神経根性の疼痛が明らかでない頸部痛や手指のしびれのみを症状とする症例に対しては適応としていない。

腰部硬膜外ブロックは腰椎椎間板ヘルニアまたは腰部脊柱管狭窄症のうち片側下肢症状があり、MRI にて神経根圧排病変が明らかである症例にのみ施行している。硬膜外ブロックの施行回数は 2~3 回を上限と決め、効果が得られない場合には神経根ブロックへ移行する。馬尾性間欠跛行を呈する腰部脊柱管狭窄症患者に対しては、硬膜外ブロックによる治療よりもプロスタグランジン製剤内服による治療を優先し、それで効果が得られない場合には手術的治療をすすめている。馬尾症状を呈する腰椎椎間板ヘルニアに対しては、症状の悪化をきたすおそれがあるので禁忌としている。

神経根ブロックは治療効果の高い手技であると同時に、罹患神経根の同定や責任椎間の確認といった診断的価値がある (選択的神経根造影またはブロックと呼ばれる)。適応は腰椎椎間板ヘルニア、腰部脊柱管狭窄症で片側下肢の神経症状が著明であるものとしている。神経根性腰痛の存在も示唆されているが現時点では鑑別が困難であり、腰痛のみの患者には神経根ブロックは施行していない<sup>1)</sup>。施行回数は 1 ヶ月間で合計 3 回ほどを上限とする。来院初期には非常に強い疼痛の訴えがあっても神経根ブロックにより除痛が得られ、鎮痛薬で疼痛コントロールが可能となり手術

### Key words

satellite ganglion block, epidural block, nerve root block

\*Therapeutic blocks for radicular pain

\*\*H. Terai (講師), K. Takaoka (教授) : 大阪市立大学大学院整形外科 (Dept. of Orthop. Surg., Osaka City University Graduate School of Medicine, Osaka).





図1. 星状神経節ブロックの刺入位置. 左手示指, 中指にて組織を圧排しつつ指間にC6横突起をしっかりと固定する. 針先は指間を垂直にすすめ, 皮膚から最短距離で横突起に到達させる.

を回避できることが多い. よしんば持続的な効果が得られない場合でも, 一時的な除痛効果が確認できれば手術的治療による効果も説明しやすく, スムーズに患者へ手術的治療を提案できるという利点もある. 経過観察中に症状が進行する場合や著明な筋力低下が認められた場合には, 躊躇せず手術的治療などの検討を行う.

いずれの手技も侵襲を伴うものであり, 施行前に合併症を含めた十分なインフォームド・コンセントが必要である. 患者の服薬状況についてブロック施行前に必ず確認する. 最近では抗凝固薬を服用している高齢の患者が多いので注意を要する. そのような場合には血腫形成による合併症が危惧されるので投薬している医師に休薬可能かどうか確認し, 可能ならば凝固能が回復するのを待ってからブロックを実施すべきである. コントロール不良の糖尿病も感染リスクを上昇させるので事前に確認し, 血糖コントロールを優先されたい. 消毒薬や塩酸リドカインなどへのアレルギーの有無についても必ず確認しておく. 穿刺部位に感染が疑われる場合は禁忌である. 転移性腫瘍などによって神経根が圧排され疼痛を生じている場合があるので, 施行前にMRIを撮像すべきである. そのような場合でもブロックにより一次的な除痛効果は得られるが, 効果の持続は期待できないので腫瘍に対する治療を優先しなければいけない.

とくに星状神経節ブロックでは生命にかかわる重篤な合併症の報告も多く, 緊急時に備え救命蘇生装置の準備や急変時の対応などをあらかじめ医療スタッフに周知・訓練しておく必要がある.

## II. 星状神経節ブロック

[用意するもの] 25 G 注射針, 10 ml シリンジ, 1%塩酸リドカイン 5~10 ml.

仰臥位で行う. 枕は低くするか, 使用せずに頸部がやや伸展するように体位をとる. 頸部の伸展位をとるために肩の下にタオルを折り重ねて敷くとよい. 術者は施行する側に立って行う. 施行前に示指と中指の先端にて総頸動脈を触知し外側によけ, C6横突起を2本の指の先端で挟み込むようにして確認する. 輪状軟骨がC6のメルクマールである(図1). 実際の星状神経節(下頸交感神経節)はC7~Th1レベルに位置しているが, 直接星状神経節をねらって刺入することは非常に困難である. より星状神経節に近いC7横突起での注入をすすめる術者もいるが, C7横突起は触知がむずかしいことが多く, 椎骨動脈穿刺の危険性も高まるためすすめられない. C6横突起部で正しく薬液が注入されれば, 浸潤により十分な効果が得られるはずである.

頸部を消毒したのちに, 右利きであれば左手にのみ清潔手袋を装着し左手示指と中指にて再びC6横突起を確認する. 皮膚と横突起のあいだに余分な組織が入り込まないようにしっかり圧排することがこつであり, 合併症回避のためにも必要である. そうしながら右手でシリンジを保持し, 指間に存在するC6横突起を目標に刺入する. このさい針先は指間を垂直にすすめ, 最短距離で横突起上に到達するように最大限の注意を払う. このときに決してシリンジを傾けないようにする. 針先が横突起に到達したのを確認したのちにシリンジを左手に持ち替えて固定し, 右手で血液の逆流がないかを確認する. 安全に行うためには針先が横突起に達した感触を覚えなければいけない. 横突起に触れた感触に自信がないときはあせって薬液の注入をせず, 再度刺入を試みる. 血液の逆流がなければゆっくりと薬液を注入していく. 注入途中でも数回, 血液の逆流がないかを確認する. このとき, 患者が咳き込まないか, 意識が保たれているかなどを注意深く観察しながら行うことが重要である. 注入し終われば, 反対側の患者自身の手で刺入部位を圧迫止血させる(図2). 注入する1%塩酸リドカインの量は1回につき5~10 mlとしている. C6横突起を刺入点とした場合, 10 mlで完全なブロック効果が期待できる. ブロック後数分~10分以内程度でHomer徴候(縮瞳, 眼瞼下垂, 結膜充血)が現れるはずであるので必ず確

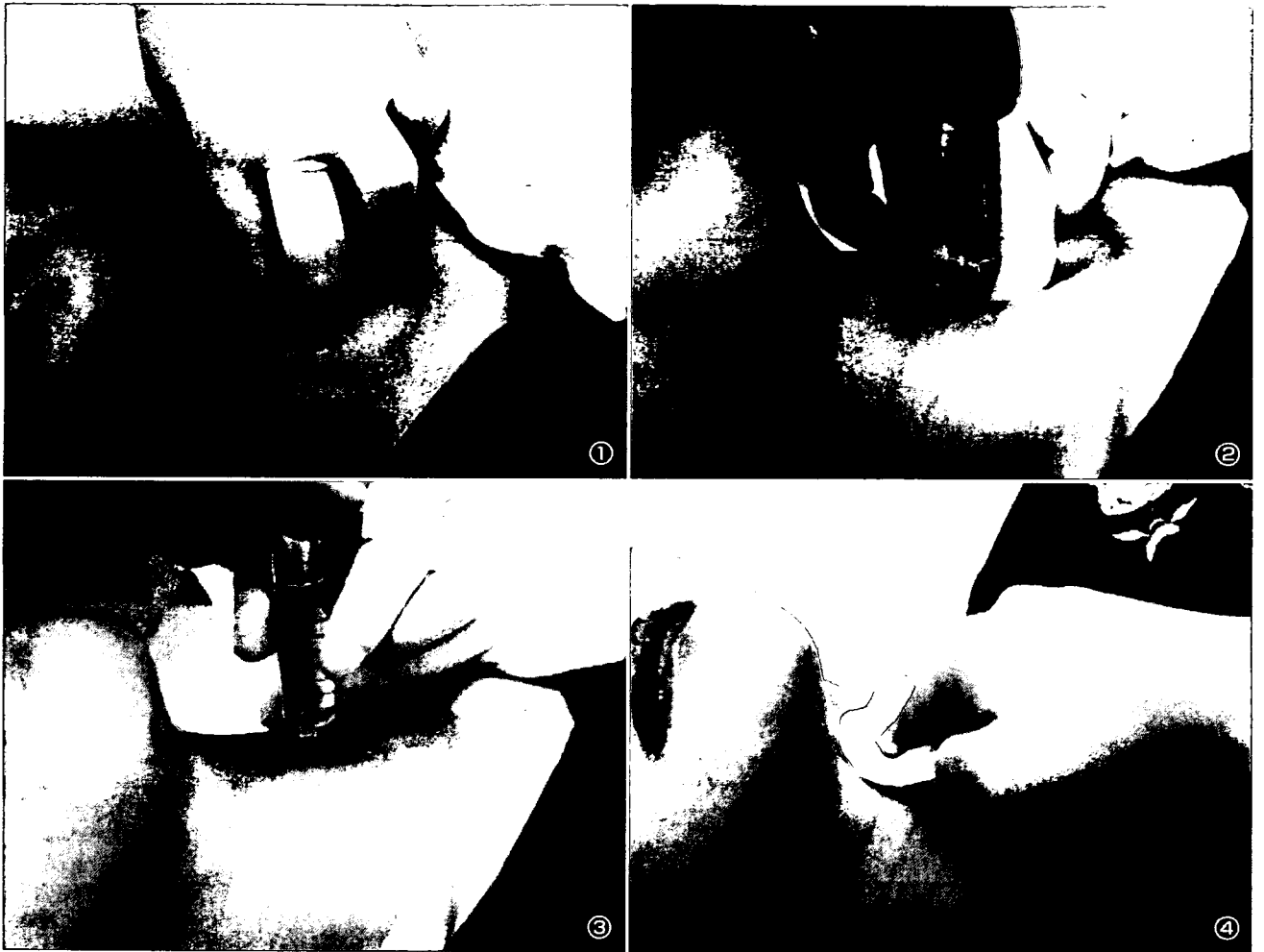


図2. 星状神経節ブロックの実際

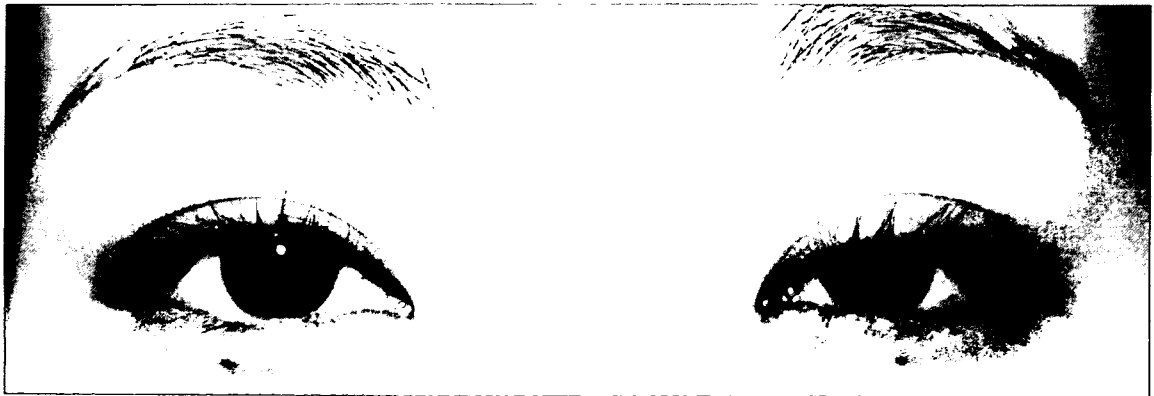
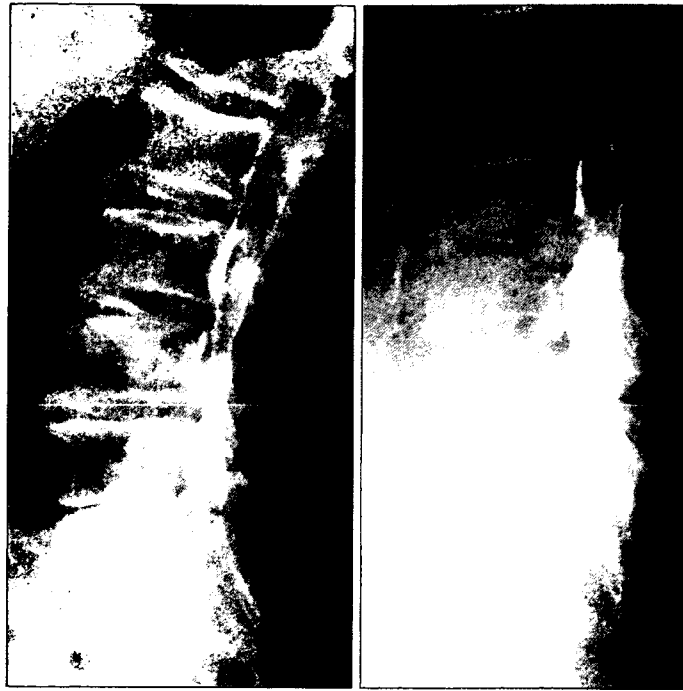


図3. 星状神経節ブロック後に認められる Horner 徴候. 縮瞳・眼瞼下垂・眼球陥凹の3徴候のほか眼瞼結膜の充血が認められ、ほかに同側の顔面のほてり、無汗などを生じる。

認しておく(図3)。ブロック後は30分程度仰臥、安静とさせ、安全を確認したあとに帰宅させる。

合併症としては局所麻酔薬(局麻薬)の血管内注入による意識消失や局麻薬中毒、嘔吐などがあるが、局麻薬による一過性のものであり、あせらずに対処することができ

ば大きな問題にはならない。しかし、対処法を誤ると重大な後遺症をきたしかねないので、緊急時の対処法については全スタッフに周知・訓練しておく必要がある。合併症のうち血腫形成は遅発性に起りうるので、術前の出血傾向の確認と患者への説明は十分に行い、帰宅後の観察を怠らな



- a. 針先が正中に達した場合. 均一に広い範囲で造影剤の広がり認められる.
- b. 針先が正中の外側に達した場合. 造影剤の広がりもわるく, ブロック効果も弱い.

図4. 硬膜外ブロックにおける針先の位置と造影剤 (イオトロラン 3 ml) の広がり

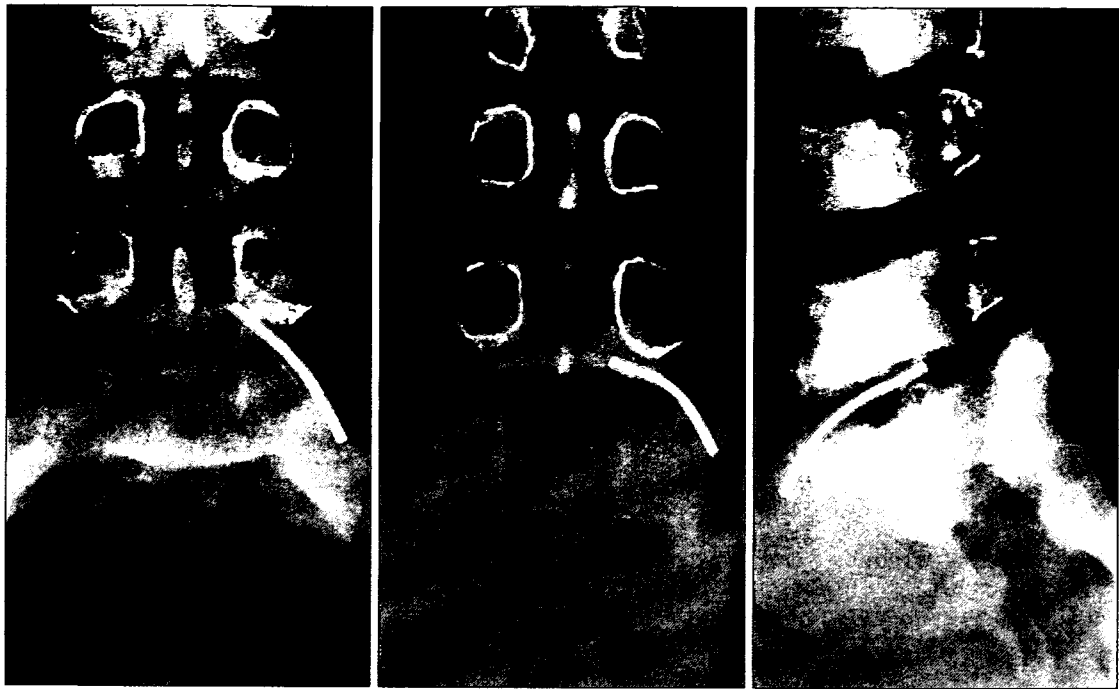
いことや緊急時の対処なども本人に伝えておく。正しく刺入できれば C6 横突起への刺入では気胸の危険性はない。

### Ⅲ. 硬膜外ブロック

〔用意するもの〕 22 G 硬膜外針 (Tuohy 針), ガラスシリンジ, 生理食塩水 (20 ml), 1%塩酸リドカイン (局所麻酔用), デキサメタゾン 2~4 mg.

硬膜外ブロックには正中法と傍正中法の 2 つのアプローチがあるが, 腰椎部の硬膜外ブロックはほぼ正中法で施行できる。以下, 正中法に関して説明する。側臥位で行い, 薬液の広がりを考慮して患側を下側にするようにしているが, 患側の上下と実際のブロック効果に関する明確なエビデンスはないので患者に無理強いせず, 体位をとりやすく施術しやすい方向で行ってかまわない。穿刺部位はもっとも神経根圧排の強い椎間で行うと効果がありそうに思えるが, 最狭窄部では硬膜穿破や神経損傷の危険が高まるのでブロック施行前に MRI で硬膜外腔の有無を確認し, 無理をせずに安全に行えるレベルで行えばよい。レベルの確認には Jacoby ラインを利用する。棘突起間の確認は必ず示指と中指の 2 本の指先で棘突起を挟み込むようにし

て行い, 2 本の指の中間点を刺入ポイントとする。よく示指のみで棘突起間を探す光景をみかけるが, 体表面での棘突起は思いのほか幅があるので, その方法では左右方向に正確な刺入点を決定することができない。左右方向での刺入点が不正確で針先が正中以外で硬膜外に到達した場合には, 針先が正中に刺入され最短で硬膜外に達した場合よりも, ブロック効果が弱いことがわかっている (図 4)。硬膜外ブロックにおける手技上の最大のこっは体位のとり方にある。可能な限り患者に膝を抱えるように命じ, 胸膝位をとらせ, 施行中体位を維持させることが最大限必要である。皮下に局麻薬を浸潤させたあとに, 改めて胸膝位の徹底と体幹の倒れ込みがないかを確認する。覆布をかけてしまうと全体的な体の傾きが確認しにくくなるので, 1 m ほど離れてみるとわかりやすい。硬膜外になかなか到達できない場合, あせらずに一度患者をリラックスさせ, 改めて体位をしっかりとらせることによって容易に刺入が行えることも多い。硬膜外腔への針先の到達は, 生理食塩水で満たしたガラスシリンジを用いた抵抗消失法がもっともわかりやすい。この場合, 施行前にガラスシリンジの内筒と外筒にひっかかりがないかよく確認しておく。右手でガラスシリンジに軽く注入圧を持続的に加えながら, 左手で硬膜



a. ガントリーを真上に位置させた場合  
 b. L5/S1 椎間板レベルが平行にみえるようにガントリー角度を調整した場合  
 c. 斜位

図5. 椎弓根、横突起と神経根の位置関係。ガントリーの向き、体位によって神経根の走行イメージは大きく異なってくることに注意する。椎間関節の肥厚や変形を考慮に入れて、それらを避けて最短距離で神経根に到達できる刺入点を求める。

外針をもってゆっくりと押しすすめる。この方法であれば黄色靭帯内ではまったく注入できない生理食塩水が、針先が硬膜外腔に入ったとたんに圧が下がり注入できるようになるので、針先のすすみ具合がわかりやすい。この抵抗消失感が大事なので、ディスボシリンジを使わずに内筒のすすみ具合がより滑らかなガラスシリンジを使うようにしている。慣れてくるとガラスシリンジは大きいもののほうが使いやすい。同じ抵抗消失法でも針先を両手で少しずつすすめて注入圧を確かめる方法もあるが、注入圧を持続的にかけながら針先をすすめていく本法のほうが注入圧の変化がわかりやすく安全である。ただし、針先はゆっくりとすすめていくことが重要である。当科では硬膜外に生理食塩水 10~20 ml とデキサメタゾン 4 mg を注入している。イオトロランを用いた硬膜外造影では 3 ml の造影剤が平均 3.5 椎体に広がっており、あまり多くの生理食塩水注入は必要ないと思われる。施行直後に起りうる重大な合併症は局麻薬によるくも膜下ブロックによる低血圧性のショックや呼吸循環不全であり、外来患者に施行する場合は局麻薬の硬膜外注入は行わないようにすることで、それらの合併症の発生を回避できる。また施行後の安静時間も 5 分程度と短くてよく、効率よく治療を行うことができる。もっと

も多くみられる合併症は硬膜穿破による低髄圧症候（起立性頭痛、気分不良など）であり、起ったときの症状と対処法（臥位安静、水分補給、酒石酸エルゴタミン製剤の投与など）を前もって十分に説明しておく必要がある。

#### IV. 神経根ブロック

【用意するもの】 22 G カテラン針、ディスボシリンジ、1%塩酸リドカイン、デキサメタゾン 2 mg、非イオン性水溶性造影剤（イオトロラン）。

神経根ブロックは透視下に行う。ガントリー角度の調節できる透視装置のほうが施行しやすい。基本的には腹臥位で施行し、腰椎の前弯を減少させるため腹部に枕を入れておく。斜位で行う場合も側腹部に枕を入れる。どのようなブロックにおいても刺入前に体位の工夫をし、皮膚から目標到達までの距離を最短にすることが重要である。体位が決まれば、皮膚の消毒を行う前にまずは透視下に刺入点をマーキングする。解剖学的な椎弓根、横突起、神経根の走行の関係を考え、最短で神経根に到達できるような位置を刺入点とする。刺入後に針先で神経根を探るような手技は避けなければいけない。ガントリーの角度や体位のとり方