

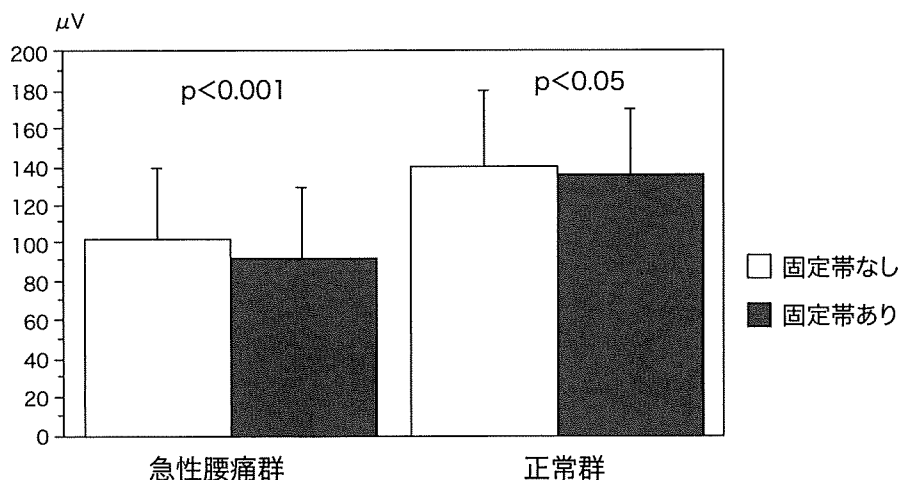


図4 前屈位から中間位に戻る際の積分筋電図における最大筋活動量
一定時間あたりの筋放電を積分して得られる筋活動量は、腰部固定帯で減少する。

過とともに低周波化することが知られている。この性質を利用して、理学治療の効果を客観的に評価しようとする試みもなされている。

Ⅱ. 腰椎装具の有効性

1. 腰椎装具の使用目的

腰椎装具の目的は、臨床的には、急性腰痛あるいは慢性腰痛の疼痛軽減、腰椎手術後の外固定、作業場における腰痛発生防止などである。効果発現のメカニズムとして、

①腰椎の分節運動あるいは特定の方向の運動を制限する

②腹腔内圧の上昇によって、腰背筋への負担を軽減する

③心理的效果

などが想定されている。しかし、骨盤牽引治療、温熱治療など他の理学療法と同様に、厳密な意味での有効性は必ずしも明らかにされていない。

2. 有効性の他覚的評価

腰部固定帯の効果を調べる目的で、われわれは急性腰痛症患者の腰背筋筋電図を検討し

た⁹⁾。腰痛の程度に相関して前屈時の最大筋活動量が増大し、中間位に戻る際の筋活動量は逆に減少していた。さらに、固定帯装着により有意に最大筋活動量が減少する現象がみられた(図4)。また、前屈維持時の筋疲労度も減少したことなどから、腰部固定帯は急激な腰背筋筋活動を防止し、筋疲労を減少させることにより、臨床的な効果をもたらしている可能性が示唆された。ただし、固定帯装着による皮膚インピーダンスの変化を考慮する必要がある。

Ⅲ. 考 察

腰椎装具の臨床的效果に関して、腰椎運動を制限する目的には少なくとも硬性装具が必要であることは感覚的に理解できる。腰椎の大きな運動に関するレントゲン計測では、FidlerとPlasmans (1983)がキャンバスジャケットで30%低下するとした⁴⁾が、LantzとSchultz (1986)はダーメンコルセットでは平均で20%、chair-back装具は45%、TLSOは48%減少すると報告している⁷⁾。しかし、上下2椎体の相対的な動き(分節運動)の制御に

関しては、単純レントゲン写真の精度では不十分で、stereophotogrammetryによる評価が必要とされた。Axelssonら(1992)は分離すべり症に対する後側方固定手術の術後1カ月の骨癒合完成前に計測し、ダーメンコルセットとTLSOにはすべりおよび垂直方向での圧縮を制限する効果はないと結論した¹⁾。結局、腰椎装具では大きな動きをある程度規制することは可能であるが、分節運動をゼロにすることはできないと考えられる。

一方、現象論的には装具装着により腰背筋の活動量が低下することが表面筋電図において確認されている。上述のように急性腰痛症患者では腰部固定帯の装着により運動時の筋活動量、前屈維持時の筋疲労度が減少した。また、慢性腰痛患者に対しても、伊藤と白土(1996)により腰部固定帯装着により腰背筋のみならず腹筋についても筋活動量が減少することを示された⁶⁾。腰椎装具によって筋電量の低下が起きるメカニズムは、腹腔内圧の上昇によるスプリント効果やわずかな動きの制限による腰背筋活動の低下が影響していると考えられるものの、装具による腹腔内圧の上昇そのものもいまだ証明されていない。また、軸圧のストレスシールド効果も想定されるが、椎間板内圧減少の証拠もないとされている。

臨床的な介入研究では、腰椎装具の有効性について明確にされていない。アメリカのガイドラインでも、コルセットの装用は骨盤牽引と同様に急性期に試みられる治療のひとつとして掲載されているにすぎない。AAOS編集のOrthopaedic Knowledge Updateの脊椎版(2002)でも治療効果の検証はいまだ不十分という見解である⁵⁾。さらに、その役割が単に症状を軽減するだけで生体力学的に脊椎

を保護できるものではないとして、使用を日常生活動作を可能にする目的のみに限局すべきと述べている。

長期的な装用継続により身体的な脆弱化や心理的な依存を招く可能性も指摘されている。Danielssonらは、思春期側弯症の長期経過例において、装具治療により筋疲労を起こしやすく、腰痛頻度も高かったことを示した²⁾。一方、Fayolle-Minonらは健常人に対する21日間の装具装用では、筋力低下は起きなかったとしている³⁾。

腰椎装具は労作業中の腰痛の発生を予防する目的でもダーメンコルセットよりも高さの低い骨盤ベルトが用いられることが多いが、Smithら(1996)によれば、女性の持ち上げ作業においてはわずかしき持てる重量が増大しなかった¹⁰⁾。その後の報告でも、持ち上げ作業時の腰背筋の疲労度についてベルトの有効性は認められないとされている⁸⁾。

まとめ

表面筋電図からは一定の有効性が推定できるものの、腰痛症の治療目的や予防的な場面での固定帯の装着は、エヴィデンスが乏しいために現時点では急性期にのみ使用することがよさそうである。特に、慢性腰痛の治療を目的とした場合には、運動療法が基本的な治療と位置づけられていることから、運動を制御するために腰部固定帯を長期に使用する意味は低いと考えられる。

文 献

- 1) Axelsson P, Johnsson R, Stromqvist B. Effect of lumbar orthosis on intervertebral mobility. Spine. 1992; 17: 678-681.
- 2) Danielsson AJ, Romberg K, Nachemson AL. Spinal range of motion, muscle endurance, and

- back pain and function at least 20 years after fusion or brace treatment for adolescent idiopathic scoliosis: a case-control study. *Spine*. 2006; 31: 275-283.
- 3) Fayolle-Minon I, Calmels P. Effect of wearing a lumbar orthosis on trunk muscles: study of the muscle strength after 21days of use on healthy subjects. *Joint Bone Spine*. 2008; 75: 58-63.
- 4) Fidler MW, Plasmans CMT. The effect of four types of support on the segmental mobility of the lumbosacral spine. *JBJs*. 1983; 65A: 943-947.
- 5) Hall H. Acute care: Nontraumatic low back pain. In Farden DF, Garfin SR, Abitbol JJ et al. ed. *Orthopaedic Knowledge Update Spine 2*. AAOS. 2002: 153-166.
- 6) 伊藤俊一, 白土 修. 腰椎コルセットの効果に関する検討. *北海道理学療法士会誌*. 1996; 13: 838-842.
- 7) Lantz SA, Schultz AB. Lumbar spine orthosis wearing. I. Restriction of gross body motions. *Spine*. 1986; 11: 834-837.
- 8) Majkowski GR, Jovag BW, Taylor BT et al. The effect of back belt use on isometric lifting force and fatigue of the lumbar paraspinal muscles. *Spine*. 1998; 23: 2104-2109.
- 9) 大川 淳, 四宮謙一, 小森博達ほか. 急性腰痛症における腰部固定帯の効果－表面筋電図による検討. *臨整外*. 1997; 32: 925-930.
- 10) Smith EB, Ramussen AA, Lechner DE et al. The effects of lumbosacral support belts and abdominal muscle strength on functional lifting ability in healthy women. *Spine*. 1996; 21: 356-366.

*

*

*

OPLL による脊髄障害への 電気生理学的アプローチ

川端 茂徳^{*1)} 大川 淳^{*2)} 富澤 将司^{*3)} 四宮 謙一^{*4)}

連続型や混合型の骨化を有する後縦靱帯骨化症 (ossification of posterior longitudinal ligament : OPLL) では、MRI など各種画像診断のみでは障害責任高位を正確に診断することは困難である。術前に脊髄機能を知ることは重要であり、このような場合、電気生理学的な脊髄機能診断が有用である。

また、脊椎靱帯骨化症の症例ではほかの疾患に比して手術中に脊髄障害をきたす危険性が高く、安全に手術をおこなうには脊髄モニタリングが必須である。

Updates of Ossification of Posterior Longitudinal Ligament.

Electrophysiological diagnosis of spinal cord dysfunction in ossification of posterior longitudinal ligament.

Department of Orthopaedic Surgery, Tokyo Medical and Dental University.

Shigenori Kawabata, Atsushi Okawa, Shoji Tomizawa, Kenichi Shinomiya

It is extremely difficult to make a correct diagnosis of the responsible lesion in multilevel continuous and mixed-type ossification of the posterior longitudinal ligament (OPLL) even after magnetic resonance imaging (MRI). Understanding the function of the preoperative spinal cord is crucial for surgical planning and electrophysiological diagnosis of spinal cord function is useful in such cases. Also, intraoperative spinal cord monitoring is required for cervical OPLL surgery because OPLL patients show postoperative neurological deterioration more frequently than any other pathogenesis.

はじめに

後縦靱帯骨化症 (ossification of posterior longitudinal ligament : OPLL) は重篤な脊髄障

害の原因となることが多く、適切な診断に基づいた治療方法が求められる。脊髄圧迫があるが機能障害をきたしていない症例や、骨化巣が多椎間に

*東京医科歯科大学整形外科 ¹⁾ (かわばた・しげのり) ²⁾ 准教授 (おおかわ・あつし) ³⁾ (とみざわ・しょうじ)
⁴⁾ 教授 (しのみや・けんいち)

及ぶ場合は、各種画像診断や神経学的所見のみでは診断が困難であることも多く、電気生理学的検査が確定診断の助けとなる。

また脊椎靱帯骨化症例では、ほかの疾患に比して手術中に脊髓障害をきたす危険性が高く、安全に手術をおこなうには術中脊髓モニタリングが有用である。

■ 頸椎 OPLL 症例における電気生理学的診断^{1) 2)}

脊髓の電気生理学的機能診断法としては、体性感覚誘発電位（SEP）、末梢神経伝導検査（M波、F波）、経頭蓋磁気刺激－筋誘発電位、針筋電図検

査などが一般的におこなわれている。これらの検査法でうまくに脊髓機能障害の有無が診断でき、OPLLによる脊髓圧迫により脊髓機能障害が起きているかの診断に有用である。

多椎間におよぶOPLLで詳細に脊髓機能障害高位を診断する必要がある場合は、これらの検査では高位診断は困難であり、脊髓誘発電位測定が必要となる。脊髓誘発電位は体表からでは測定が困難であるため、脊髓近傍のくも膜下腔・硬膜外腔、椎間板内、黄色靱帯内などに電極を設置する必要がある（図1）。胸髄刺激後の脊髓刺激誘発電位（SP-SCEP）では後索・後側索を上行する

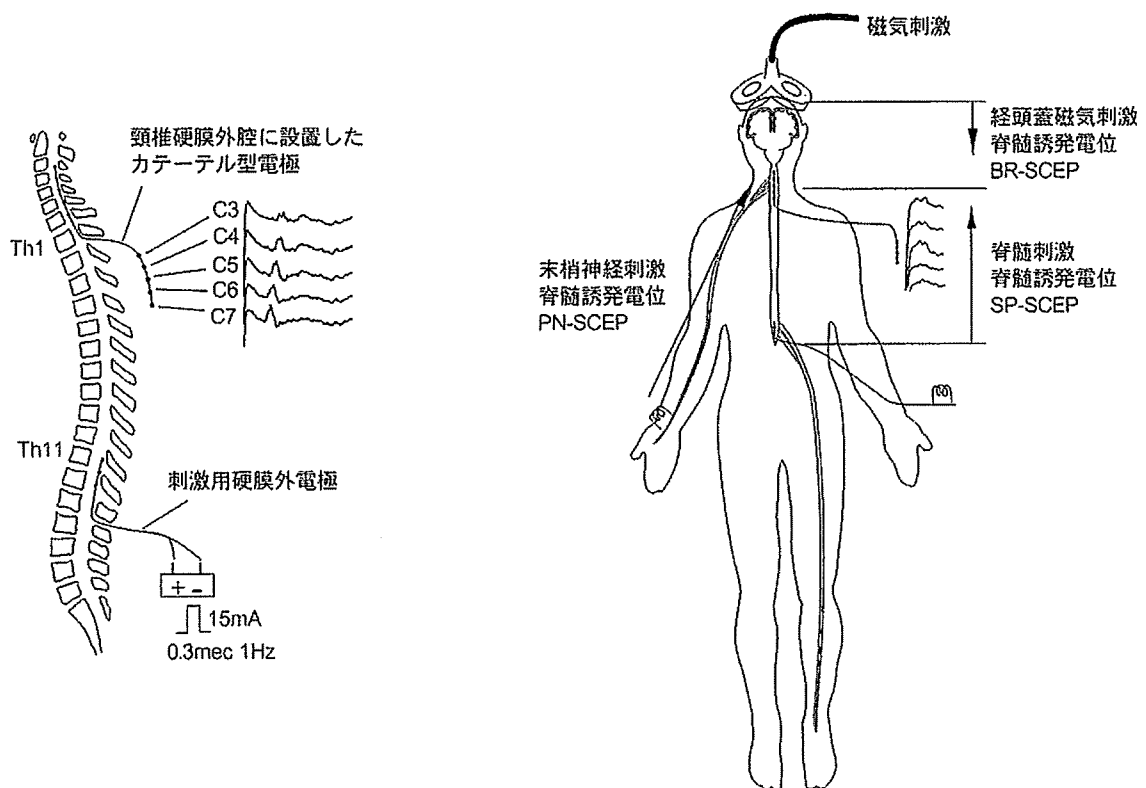


図1 各種脊髓誘発電位の模式図

記録電極は、硬膜外腔・くも膜下腔・黄色靱帯・椎間板内など脊髓近傍に設置する。脊髓・脳・末梢神経を刺激し、脊髓誘発電位を記録する。

（筆者ら作成）

OPLL：ossification of posterior longitudinal ligament（後縦靱帯骨化症），SEP：体性感覚誘発電位

電位、脳を電気または磁気で刺激することで索路を下行する経頭蓋刺激脊髄誘発電位 (BR-SCEP) を記録できる。上肢末梢神経幹刺激後の脊髄誘発

電位 (PN-SCEP) では髄節性電位 (神経根枝の電位、シナプス電位、索路の電位の混合電位) を記録することができる。これらの電位の振幅の変化や

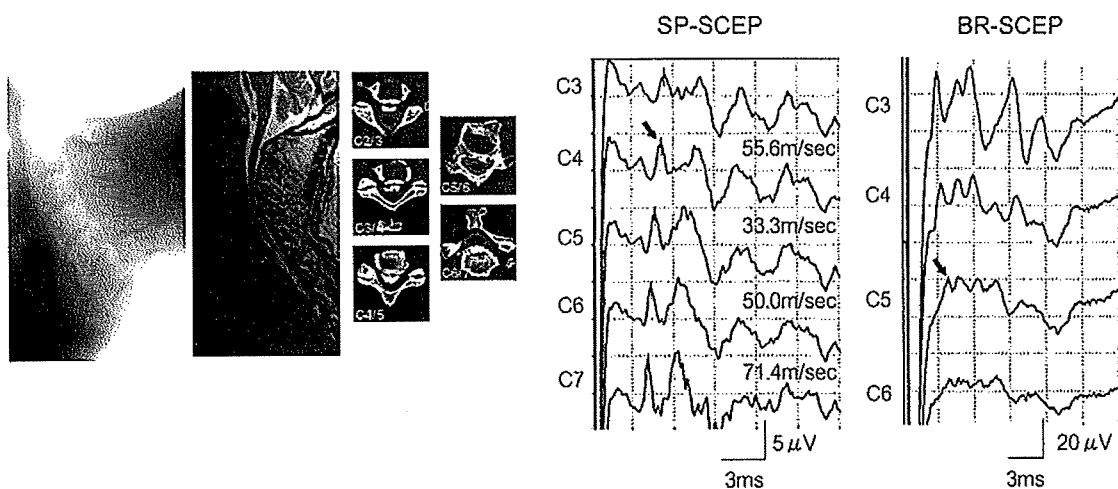


図2 症例1 72歳男性 C2-6, 6-7 OPLL

主訴：四肢しびれ、歩行障害、膀胱直腸障害

上行性の SP-SCEP、下行性の BR-SCEP とともに最狭窄部の C4/5 で電位変化があり、機能障害部位と診断される。

(筆者ら作成)

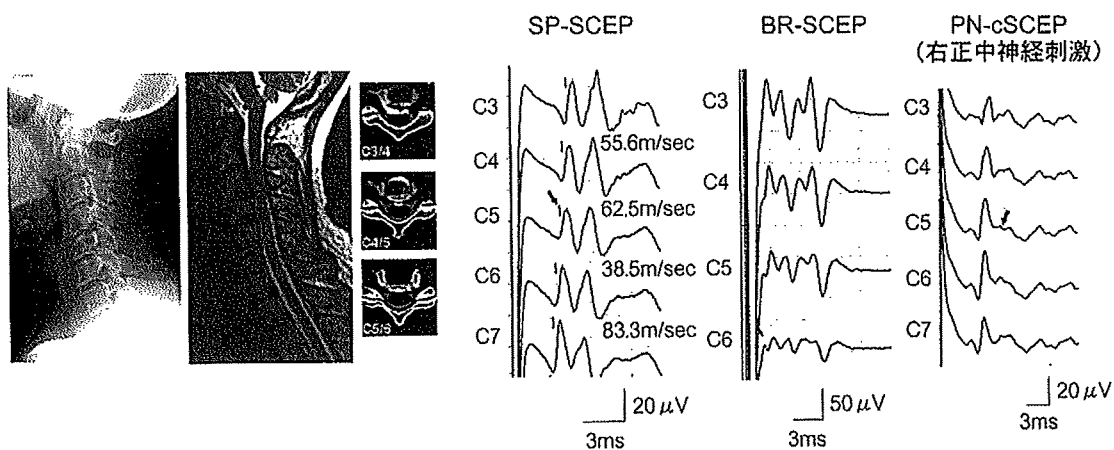


図3 症例2 56歳女性 混合型 OPLL C2-4, 5-6

主訴：頸部痛、四肢しびれ

最狭窄部は C3/4 であるが、電位測定では C5/6 障害の診断であった。

(筆者ら作成)

BR-SCEP：経頭蓋刺激脊髄誘発電位，PN-SCEP：脊髄誘発電位，SP-SCEP：脊髄刺激脊髄誘発電位

潜時遅延をみることで、多椎間におよぶ OPLL においても、詳細に脊髄機能障害部位を診断することができる（図2,3）。

OPLL の形態と脊髄障害高位の関係^{3) 4)}

当院の頸椎 OPLL 患者について、脊髄誘発電位による脊髄障害高位診断結果と骨化形態の関係について検討した。骨化形態が限局型の症例はすべて骨化に一致した最狭窄高位で障害を認めた。連続型骨化の症例では障害タイプは多様で、骨化の切れ目や骨化の上下端など動的因子が関与する部位で機能障害をきたす例、最狭窄部で機能障害をきたす例、両者が混合し多髄節で障害されている例があった。分節型・混合型でも同様に多様な障害タイプを呈したが、特に多髄節障害は混合型 OPLL に多かった（図4）。このように、頸椎 OPLL による脊髄障害の原因は動的因子と静的因

子の両因子がともに関与し複雑な症状を呈していることが少なくない。

OPLL 症例における術中脊髄モニタリング（図5, 6）^{5) 6)}

広範囲の骨化や骨化占拠率の大きい靱帯骨化症では除圧手術中の神経障害の危険も高い。当院で1997～2003年に頸椎 OPLL の手術を行った73例中5例（6.4%）に術後神経症状の悪化を認めている。内訳は脊髄障害3例、C5麻痺が1例、遅発性 C5 麻痺1例であった。これはそのほかの脊髄症手術例の神経合併症（1.5%）に比べ明らかに多かった。

術中障害の回避には術中脊髄モニタリングが有用である。我々は BR-SCEP、経頭蓋電気刺激筋誘発電位（BR-MSEP）、SEP を組み合わせてモニタリングをおこなっている。術中のモニタリング

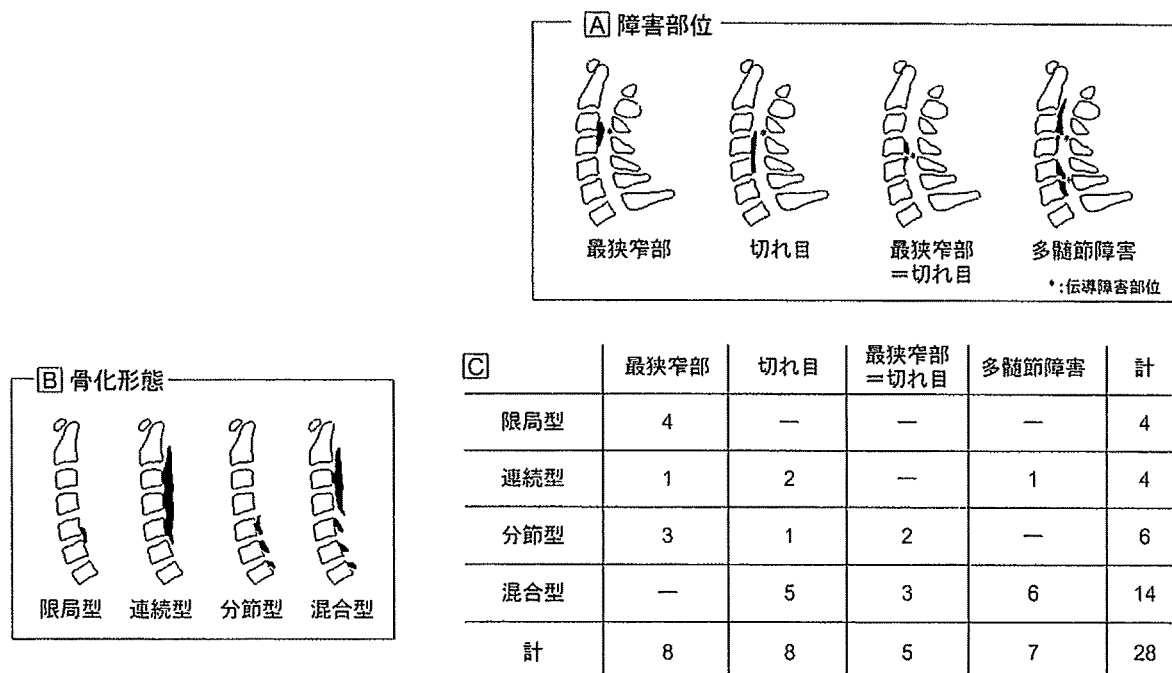


図4 骨化形態と障害高位の関係

伝導障害部位を骨化との関係から上記図の4つのタイプに分類し、骨化形態との相関を検討した。

（筆者ら作成）

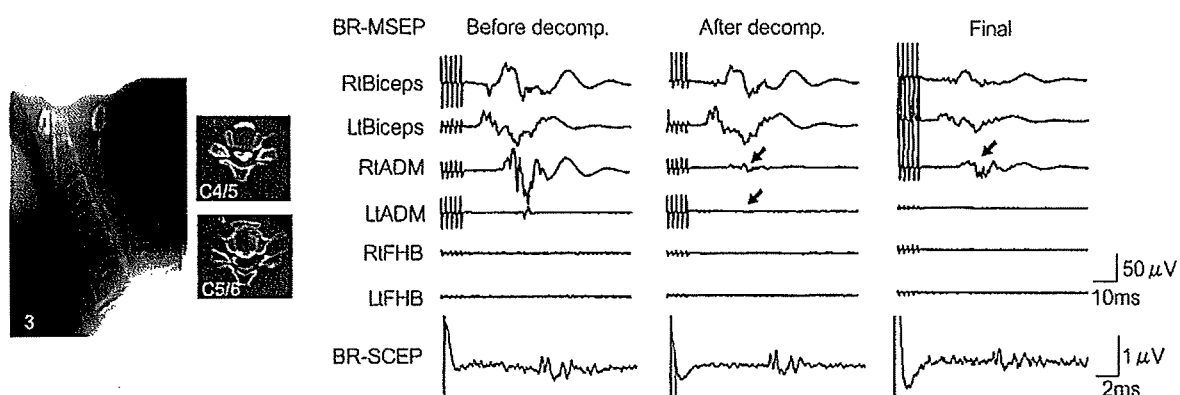


図5 症例3 58歳男性 C4-6連続型OPLL C3-7前方除圧固定施行

骨化除圧直後に左ADM波形の消失。最狭窄部であるC5椎体の除圧が不十分と考え除圧を追加したが、手術終了時も振幅の改善は認められなかった。両FHBは手術開始時より導出が不良であったが、終了時左はほとんど消失している。術後、左上肢筋力低下と歩行障害が出現した。

(筆者ら作成)

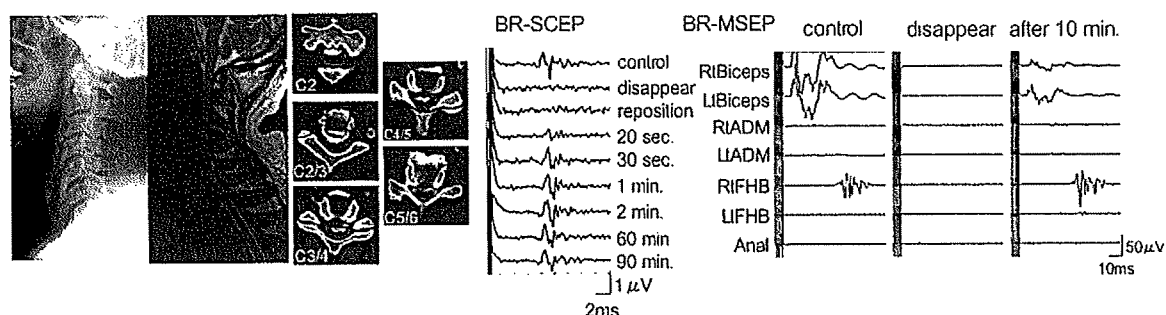


図6 症例4 64歳男性 C2-6混合型OPLL 後方除圧術施行

椎弓展開時に脊髄誘発電位が消失。手術操作を休止し待機したが電位回復せず、8分後頸椎の屈曲姿勢が原因である可能性を考えて、屈曲位から中間位へと矯正を行ったところ、直後から電位の回復を認めた。筋誘発電位も同様に、すべての筋電位が消失したが頸椎姿勢矯正後電位の回復を認めた。術後に、脊髄障害を認めなかった。

(筆者ら作成)

により術者にアラームをだすことで、術後神経障害を回避したと思われる症例は5例あり、神経障害の原因は除圧操作2例、移植骨による頸椎伸長1例、頸椎姿勢2例であった。アラームにより手術操作を休止し原因に対処することで術後神経障

害は起こらなかった。術中モニタリングにより神経障害の原因が明らかになることは、手術手技の向上にもつながる。2004年以降、当施設でOPLL手術後の神経障害悪化は頸髄の片側の髄節障害1例のみであり、モニタリングにより手術の

BR-MSEP：経頭蓋電気刺激筋誘発電位

安全性が向上したことを特筆したい。

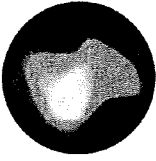
■ おわりに

OPLL は診断・手術ともに他疾患に比べ困難であることが多い。電気生理学的手法を駆使することで、OPLL 診療の質を向上させることができる。

文 献

- 1) Shinomiya K, Furuya K, Yamaura I, et al : Spinal cord monitoring of spinal cord function using evoked spinal cord potentials, Fundamentals and clinical applications of spinal cord monitoring, ed by Homma S and Tamaki I, Saikon Publishing, Tokyo. p161-173, 1984.
- 2) Shinomiya K, Mochida K, Komori H, et al : Monitoring of Anterior Cervical Spinal Cord Function, Journal of Spinal Disorders 9 (3) : 187-194, 1996.
- 3) K Shinomiya, K Furuya, R Satoh, et al : Electrophysiologic diagnosis of cervical OPLL myelopathy using evoked spinal cord potentials. Spine 13 : 1225-1233, 1988.
- 4) 富澤将司, 川端茂徳, 新井嘉容ほか : 脊髄誘発電位測定による頸椎後縦靱帯骨化症患者の脊髄障害高位診断 : 日本整形外科学会雑誌 (0021-5325) 81 巻 3 号 : S130, 2007.
- 5) 川端茂徳, 富澤将司, 四宮謙一ほか : 術中脊髄モニタリングの有効性. 臨床脳波 (0485-1447) 51 巻 5 号 : 263-269, 2009.
- 6) 富澤将司, 川端茂徳, 新井嘉容ほか : 頸椎後縦靱帯骨化症の術中脊髄モニタリング : 日本整形外科学会雑誌 (0021-5325) 81 巻 3 号 : S130, 2007.

今月のテーマ 脊髄モニタリング



術中脊髄モニタリングの有効性

Effectiveness of intraoperative spinal cord monitoring

川端 茂徳 富澤 將司
KAWABATA Shigenori TOMIZAWA Shoji

四宮 謙一** 大川 淳*
SHINOMIYA Kenichi OKAWA Atsushi

術中に脊髄モニタリングを行うことで、ほとんどの脊髄障害の原因を特定することが可能である。そして、すみやかにその原因に対処することで、脊髄の不可逆的な障害を回避できる可能性が高い。脊髄障害は、術中操作以外でも頸椎の姿勢、術後の血腫など、術前後の時期にも起こる可能性があり、広くモニタリングを行うことは神経障害のあらゆるリスクを回避する効果がある。また、術中モニタリングによる脊髄障害因子の特定が、手術手技へ Feed Back され、脊椎手術の安全に貢献している。

KEY WORDS

脊髄モニタリング Intraoperative Spinal Cord Monitoring, 脊髄誘発電位 Spinal Cord Evoked Potential, 筋誘発電位 Muscle Evoked Potential

はじめに

術中脊髄モニタリングの目的は、脊椎・脊髄疾患の手術時において神経への圧迫や牽引、虚血などによる神経障害を早期に予見し、不可逆的な障害の発生を最小限にとどめること、また、安全性を確認することで最大限の成果を得て手術を完遂させることである。また、術中脊髄モニタリングによる安全な手術を行うことは、術者に対してのフィードバック効果もあり、安全性のみならず手術手技の向上にも貢献する。本稿では当施設での術中脊髄モニタリング手技の実際を紹介するとともに、神経障害を回避しえたと思われる症例をあげモニタリングの有用性について報告する。

当施設での術中脊髄モニタリングの実際¹⁾

脊髄・馬尾・神経根の障害が危惧される手術すべてが術中モニタリングの適応である。術中脊髄モニタリングに望まれる条件は、①再現性が高い、②鋭敏である、③知覚・運動機能、白質・灰白質機能など各種機能を評価できることである。しかし、現在これらすべてを満たすモニタリング法はないため、実際はいくつかのモニタリング法を組み合わせて用いている。

麻痺の軽い脊髄症（胸髄・頸髄）の手術では、経頭蓋刺激脊髄誘発電位（Spinal Cord Evoked Potentials after stimulation to the brain ;BR-SCEP）と、経頭蓋刺激筋誘発電位（Muscles Evoked Potentials after stimulation to the

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科先端医療開発学系先端外科治療学整形外科学分野 *准教授 **教授
Address/KAWABATA S : Dept. of Orthopaedic Surgery, Tokyo Medical and Dental University, TOKYO 113-8519

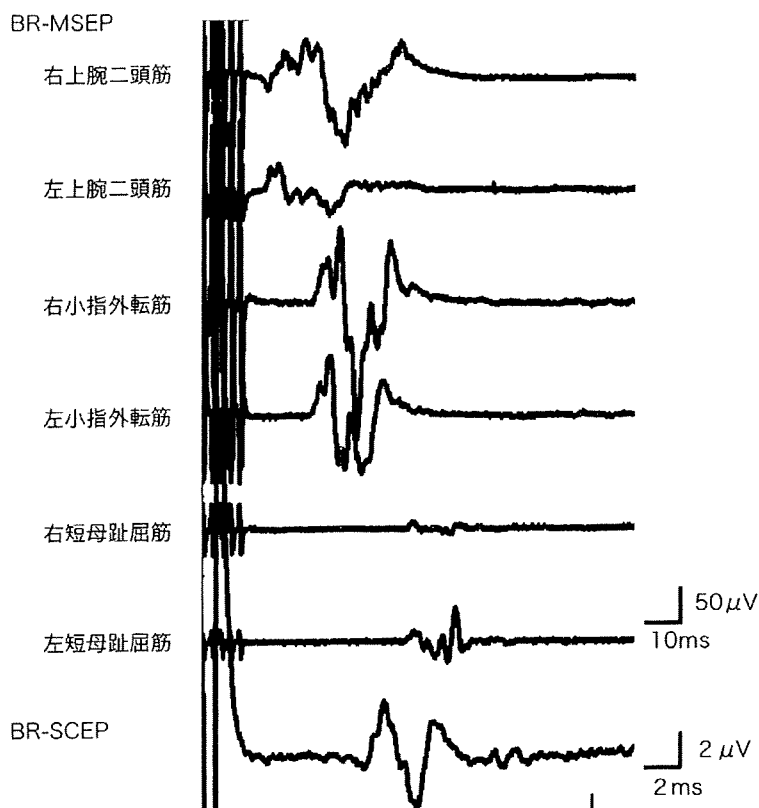


図1 手術時の術中モニタリング波形

上段6波形は下肢筋から導出した経頭蓋気刺激筋誘発電位。最下段は、下位胸椎より導出した経頭蓋刺激脊髄誘発電位。

brain: BR-MSEP) の組み合わせで、再現性よく鋭敏なモニタリングが可能である(図1)。麻痺の強い症例では、誘発電位が導出できないことがあるため、手術部位より頭側の硬膜外腔に刺激電極を設置し脊髄刺激を行う。

下位胸椎以下の手術では記録用の硬膜外電極の設置が困難なこと、脊髄円錐部から馬尾では髄節性の神経障害が出ることから、筋誘発電位でのモニタリングを行っている。麻痺の軽い症例では経頭蓋刺激で導出可能であるが、麻痺の強い例や確実なモニタが必要な場合には上位胸椎に硬膜外電極を設置し脊髄刺激を行う。

神経麻痺がない側弯症症例では、BR-MSEPとSEPの組み合わせで非侵襲的にモニタリングを行うことが可能であるが、矯正角が大きい症例などではBR-SCEPを併用している。

脊髄腫瘍、脊髄係留症候群など脊髄・馬尾に直接触れる手術では、脊髄モニタリングは必須であ

る。術野刺激も含め、できるかぎり多くの誘発電位でMulti modalityなモニタリングをすることで、false negativeを極力減らさなくてはならない。

■ ■ 麻酔条件

麻酔条件は脊髄モニタリングにとって非常に重要である。特に筋誘発電位を測定する場合には、少量の吸入麻酔薬でもシナプス抑制作用があるため完全静脈麻酔(total intravenous anesthesia: TIVA)を行う。麻酔条件はO₂+air, Propofol 4-6mg/kg/hr, fentanyl 1.3 μ g/ml (血中濃度), Vecuronium bromide 0.02-0.04 mg/kg/hrである。筋弛緩薬とfentanylの血中濃度変化で電位が大きく変化するため、シリンジポンプを用いて持続注入する。近年fentanylに代わり作用時間の短いRemifentanylを用いているが、特に支障

はない。

■ ■ 電極の設置

経頭蓋電気刺激の刺激電極は、L字状もしくはコルクスクリュー状の電極を頭皮から刺入し頭蓋骨に接するように設置する。部位は、頭頂部(Cz)の外側5cm前方2cmで、左右対称の位置とする。陽極側の脳が刺激されやすいため、左右のどちらを陽極にするかで記録波形に違いが見られる。このため、われわれは極性を入れ替えながら2つの条件で刺激を行っている。

BR-SCEPの記録電極は術前に下部胸椎(Th11)に経皮的にカテーテル型硬膜外電極を設置し、双極導出する。BR-MSEPでの記録部位は、頸椎手術においては、上肢では両側の上腕二頭筋、小指外転筋からの電位を測定し髄節性の障害を、また下肢の短母趾屈筋や肛門括約筋の電位も導出することにより長索路の障害のモニタを行っている。脊髄円錐から馬尾の手術では、解剖学的に複雑であり、多くの筋からの導出が必要である。われわれは、両側大腿四頭筋、両側前脛骨筋、短母趾屈筋、肛門括約筋、尿道括約筋などから記録している。

■ ■ 測 定

BR-SCEPでは刺激強度200mA、持続時間0.5msの矩形波を3Hzで刺激し、20~100回加算平均している。われわれの施設では日本光電社製筋電計MEB2200の定電流刺激を用いているが、Digitimer社製低インピーダンス高電圧刺激装置を用いている施設も多い。脊髄障害の少ない症例では、刺激の4ms後に下部胸椎硬膜外電極より数 μ Vの2相性の波形が導出される。麻痺が強い例では波形は多相化し振幅が小さくなるためより多くの加算平均が必要になる。

BR-MSEPでは、刺激強度200mA、持続時間0.5msの矩形波の5連続train刺激(2ms間隔)を1Hzで行い、1~10回加算平均している。BR-

MSEPを安定して測定するために筋弛緩薬の量は極力減らしているため、刺激による体動は避けられない。このため、BR-MSEPの測定は術者の了解を得てから行う。

BR-MSEPは麻酔や体温の変化で大きく電位が変化するので、術中も定期的に測定し、経時的変化を観察することが重要である。また、手術により障害を受けないレベルの筋(胸椎レベルの手術であれば上肢を、頸椎レベルであれば胸鎖乳突筋など)をコントロールとして比較することも重要である。

■ ■ アラームの基準

BR-SCEPでは、10%以上の潜時の遅延もしくは30%以上の振幅の減弱で術者にアラームを出している。BR-MSEPでは50%以上の振幅の低下を有意な変化と考えているが、50%の低下でアラームを出すとfalse positiveが頻発する。当施設での調査では、脊髄を直接操作する髄内腫瘍の手術以外で、かつ長索路のモニタ(頸椎・胸椎レベルの手術の下肢筋のMSEP)の場合は、BR-MSEP波形が消失しなければ術後に麻痺が起こることはなかった。髄節のモニタ(頸椎手術の上肢MSEP)や馬尾・神経根のモニタの場合は、神経障害時のMSEPやSCEPの変化は多様で、障害部位を特定することも術後神経所見を予見することも現在のところ困難である。

■ ■ 術中モニタリングで神経障害を回避できた症例

われわれは1997年以降上記の方法に従って500例以上に術中モニタリングを行った。これらのうち、約5%の症例で術中もしくは術前後に何らかの波形変化が起こり、適切な対応をとることで神経障害を予防しえたと考えている(表1)。

症例1(図2)

32歳男性、胸髄髄膜腫のため腫瘍摘出術を行った。腫瘍摘出操作中、脊髄刺激脊髄誘発電位

表1 モニタリングにより神経障害を回避しえたと考えられた症例
(2003年3月～2006年12月, 279例中)

術中の頸椎の姿勢による麻痺の回避		頸髄症	4例
術中操作による麻痺の回避	腫瘍切除操作	腫瘍	4例
	除圧操作中	頸髄症	1例
	移植骨挿入による脊椎伸長	頸髄症	1例
	インプラントによる脊椎伸長	胸髄症	1例
術野組織刺激による神経同定		腫瘍	2例
		脊髄稽留症候群	1例
術後血腫の早期発見による麻痺の回避		胸椎腫瘍	1例
		合計	15例 (5.4%)

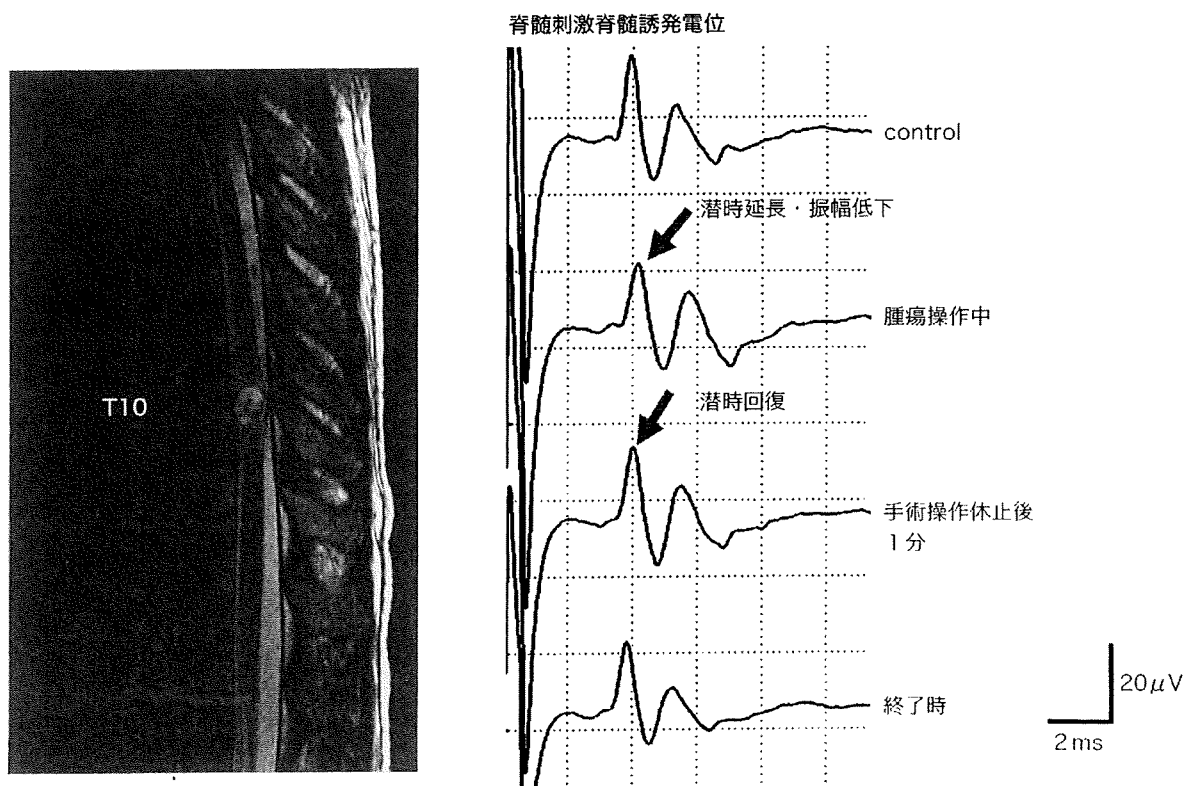


図2 胸髄腫膜腫摘出術症例

の潜時が延長し振幅が低下した。術者にアラームを出し、手術操作をいったん休止した。すみやかに電位が回復したので愛護的に手術を続行した。術後神経症状の悪化はなかった。

症例2 (図3)

57歳男性、頸椎後縦靱帯骨化症のためC3-6前方除圧固定術を行った。除圧終了時までは、波形

の変化を認めなかったが、頭部を牽引しながら長目の腓骨を移植したところ左上肢筋電図のBR-MSEP波形が消失した。移植骨挿入による脊椎伸長が電位変化の原因と考え、移植骨を短縮し再挿入した。手術終了時にはMSEP波形は回復に向かい、術後麻痺は起こらなかった。

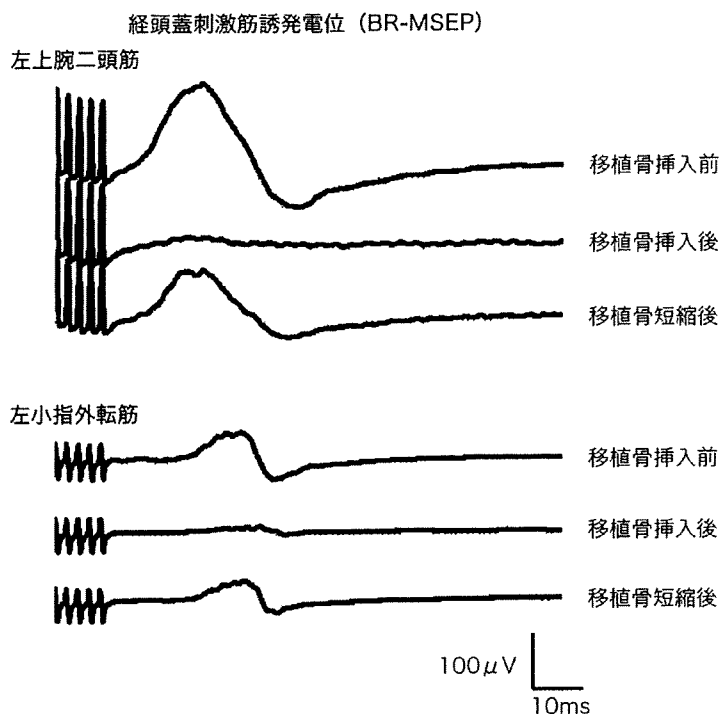


図3 頸椎後縦靱帯骨化症、C3-6前方除圧固定術症例

症例3 (図4)

64歳男性。頸椎後縦靱帯骨化症に対して椎弓形成術を施行。椎弓までの展開操作中にBR-SCEPとBR-MSEP波形が消失。過度の頸椎屈曲姿勢が原因と考えて中間位にしたところ直後から電位が回復し、術後神経症状の悪化を認めなかった。

症例4

54歳男性、転移性胸椎腫瘍のため椎弓切除と脊椎固定術を行った。手術開始から終了時までBR-SCEPとBR-MSEP波形にまったく変化はなかったが、術後麻酔覚醒後に両下肢麻痺が発生していた。術中モニタリング波形に異常がなかったことから、術後に生じた障害(血腫)と判断し、ただちに再開創した。再手術開始時にはBR-MSEPは消失していたが、血腫除去後はBR-MSEPが出現するようになり、術後は下肢麻痺が回復していた。

■ ■ ■ モニタリングの有効性

脊髄モニタリングを行っていれば、電位変化が起きた時期、どの電位が変化したかを考えることで、脊髄障害の原因を特定することが可能である。そしてすみやかにその原因に対処することで、脊髄の不可逆的な障害をほとんど回避することができる。当施設の経験から、腫瘍操作や牽引など術中操作以外でも、頸椎の姿勢、術後の血腫など、術前・術後のあらゆる時期においても脊髄障害の危険があることがわかった³⁾。一般的な術中脊髄モニタリングの適応として側弯症矯正手術、脊髄腫瘍、靱帯骨化症、脊髄稽留症候群等があげられているが、それ以外の疾患であっても、広くモニタリングを行うことは手術による神経障害のあらゆるリスクを回避する意味で重要である。1997年から2003年の6年間に当院で脊髄モニタリングを行った症例中、術後神経症状の悪化した症例は1.9%であったが、2003年からの3年間では0.5%にとどまっている。術中モニタリングによる脊髄障害因子の特定が、手術手技へFeed

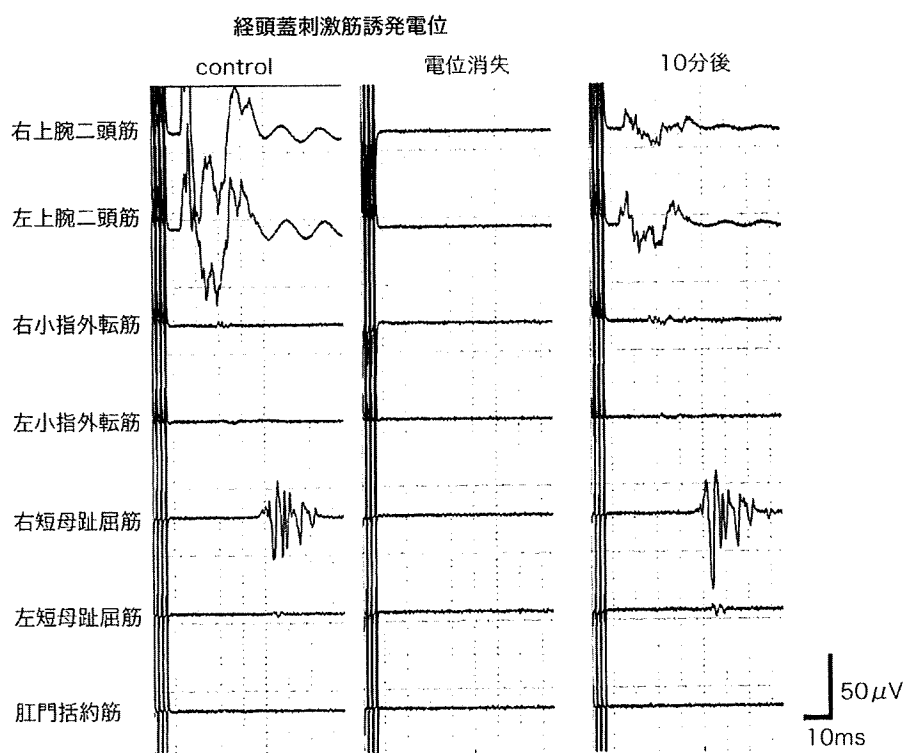
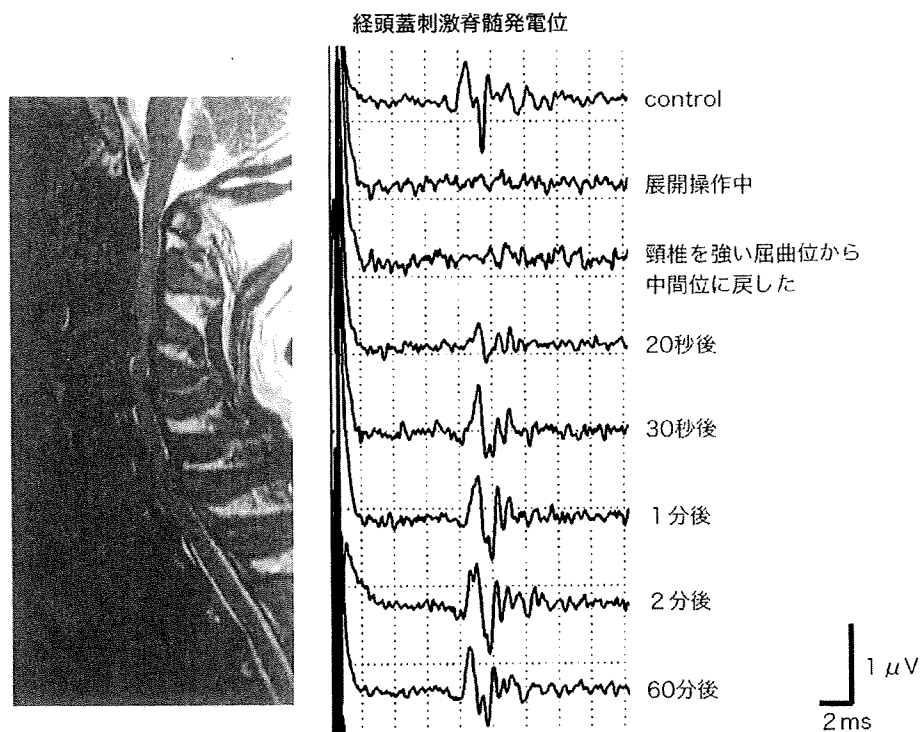


図4 頸椎後縦靱帯骨化症. 椎弓形成術症例

Back され、術中のリスクを回避する安全な手術へとつながったと考えられる。

以上のように、術中脊髄モニタリングは安全な脊椎手術のために大変有効である。安定した完全

静脈麻酔と人手さえあればモニタリングはけっして難しいものではない。脊椎手術の安全性向上のために広く普及することが望まれる。

文 献

- 1) 川端茂徳, 小森博達: 脊髄モニタリング, 日本脊椎脊髄病学会雑誌 17: 786-790, 2006.
- 2) 富澤將司, 川端茂徳, 四宮謙一, ほか: 術中脊髄モニ

タリングにより神経障害を回避し得たと思われる症例について, 脊髄機能診断学 28: 117-123, 2006.

後弯を伴う頸椎症性脊髄症に対する 前方除圧固定術*

大川 淳**

はじめに

頸椎症性脊髄症（以下、CSM）に対する後方手術では、局所後弯が術後成績に影響するとされている¹⁰⁾。特に、脊髄に対して前方からの圧迫が強い場合には、後縦靱帯骨化症（以下、OPLL）と同じように、後方に逃げ道を作っても十分な除圧にならないことがある。その場合、脊髄への除圧と同時に、alignmentの前弯化が必要になる。

頸椎 alignment の矯正は、後方からの instrumentation surgery か¹⁾、前方除圧固定術によって行われる。われわれは後弯を伴う CSM に対しても OPLL 同様、前方法を主として選択してきた。その術式は、椎体亜全摘による除圧固定術から腓骨を用いた分節固定、あるいは椎体亜全摘と分節固定の組み合わせ（ハイブリッド固定）を経て、現在では人工骨を用いた分節固定に変遷している。本稿では、CSM に対する前方除圧固定術について、術後成績への頸椎 alignment の影響に関する検討結果を示し、手術方法の留意点について

解説する。

手術方法決定の背景

① 前方除圧固定術の長期経過

10 年以上経過観察可能であった 46 例（平均観察期間 13 年）の CSM の術後成績を JOA スコアで評価した⁵⁾。前方除圧固定術群（17 例）が術前 9.7 点から評価時 14.1 点、改善率 58.7% に対して、後方からの桐田-宮崎式椎弓形成術群（29 例）では 10.3 点から 13.3 点、改善率 39.2% であった。

このシリーズの術式選択は術者に任されており、図 1 のように術前の C2-7 前弯角が前方群で小さく、後方群は大きい。術後、後方群では後弯傾向を強めたが、前方群では矯正された前弯位を保っていた。また、局所後弯が 3 度以上の前方群・後方群それぞれ 7 例を比較すると、前方群では成績が比較的安定していたが、後方群ではばらつきが大きかった。

② 前方除圧固定術の中期経過

1996 年から 2001 年にかけて、CSM の手術を前方法と後方法に振り分けて行い、平均 5 年の術後成績を比較した。前方法（26 例）の平均年齢は 57.5 歳、後方法（35 例）は 63.0 歳で、JOA スコ

Key words

頸椎症性脊髄症 (cervical spondylotic myelopathy)
前方除圧固定術
(anterior cervical decompression and fusion)
頸椎後弯症 (cervical kyphosis)

* Anterior Cervical Decompression and Fusion for Myelopathy with Kyphosis

** 東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科整形外科学（〒113-8519 文京区湯島 1-5-45） Atsushi OKAWA : Department of Orthopaedic Surgery, Tokyo Medical and Dental University

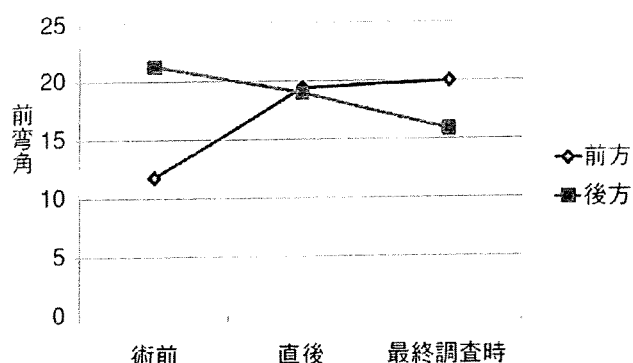


図 1 CSM 術後の C2-7 前弯角の変化

前方群：前方除圧固定術群

後方群：桐田-宮崎式椎弓形成術群

10 年以上経過観察可能であった前方除圧固定術群 (17 例) と桐田-宮崎式椎弓形成術群 (29 例) を比較した。術前の C2-7 前弯角は、前方群で小さく、後方群は大きかったが、術後、後方群では後弯傾向を強めたのに対し、前方群では矯正された前弯位を保っていた。術後の改善率も前方群がよかった。

ア改善率には有意差がなかった。しかし、頸椎前弯は前方法で維持され、軸性疼痛も少なかった¹²⁾。

以上の検討から、局所後弯を伴う CSM では前方法の術後成績が安定していると考え、症例ごとに後方法と使い分けている。ただし、現在のところ、厳密な適応基準を決定するまでに至っていない。

手術方法の実際¹⁾

① 準備

OPLL の前方除圧固定術に準じて、術前の *posterolateral surgery* や術中脊髄モニタリングの準備を行う。

術中体位は仰臥位で、後頭部に円座を置いて頭部を安定させたうえで、頸椎を軽度後屈する。頸椎基部にタオルを丸めて挿入すると、軽度の前弯が得られる。この時点で、脊髄モニタリングにより運動路障害の悪化がないことを確認する。

② 手術

1. 展開

皮切は 2 椎間までは横切開、3 椎間以上は左胸鎖乳突筋前縁に沿った斜切開とする。椎体前面に至り、各椎間板を郭清に移る。幅は Luschka 関

節の立ち上がりが見えるまでとするが、OPLL の前方除圧固定術のように外側までみる必要はない。通常、20 mm の横幅があれば十分である。

2. 除圧

分節固定では、椎間板ごとに郭清し、顕微鏡下に骨棘切除を行う。椎体亜全摘では OPLL に対する除圧と同じように、椎間板高位を目安にしながら各椎体後壁を菲薄化し、最終的に浮上させる。

椎間板郭清時には固定椎の軟骨終板は可及的に温存する。CSM の病態は基本的に椎間板に局限しており、最終的に各椎間板の膨隆と骨棘を切除すれば十分だからである。ただし、後方の骨棘切除のときに十分な視野と除圧が得られない場合には、終板を掘削せざるをえないこともある。

後方の椎間板郭清と骨棘切除は顕微鏡下に行い、最終的に線維輪・後縦靱帯を持ち上げる。椎間板ヘルニアの存在が疑われる場合には、これらを横切してヘルニアを摘出する。最後に骨棘がすべて除去されていること、除圧幅が十分クリアされていること、軟部組織の浮動性も良好であることを確認して除圧終了とする。

3. 骨移植

頭部を正面位とし、手術台の頭部を落として、頸椎をさらに後屈する。この操作が、頸椎前弯を形成するうえで重要である。椎間関節の動きが悪いと十分に前弯がとれないこともあるが、首下がりの手術とは異なり、後弯矯正だけが目的ではないので、ある程度で満足してよい。

次に終板軟骨を削って軟骨下骨を露出し、母床とする。当初、腸骨や腓骨を移植していたが、現在は楔状のハイドロキシアパタイトの人工骨 (ボーンセラム) を用いている¹⁾。この人工骨は、横幅 12 mm、奥行き 12 mm で、高さは前方を高く、後方を低くした楔状で、挿入した椎間板腔が前弯を形成するような形状となっている。除圧した椎間板腔に人工骨を設置したのち、腸骨から骨髓生検針で骨髓液とボーンスティックを採取し、人工骨周囲におく¹³⁾。

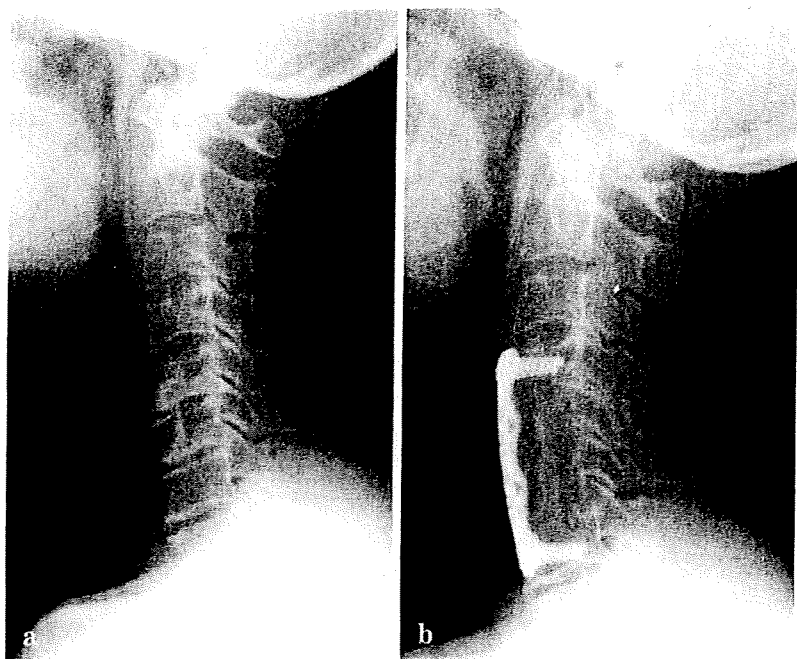


図 2 症例 1, C4-7 椎体亜全摘除圧固定術
a: 術前 X 線像, b: 術後 X 線像
頸椎はほぼストレートであったが, C5/6 の骨棘が大きく, C4-7 椎体亜全摘手術を行った。

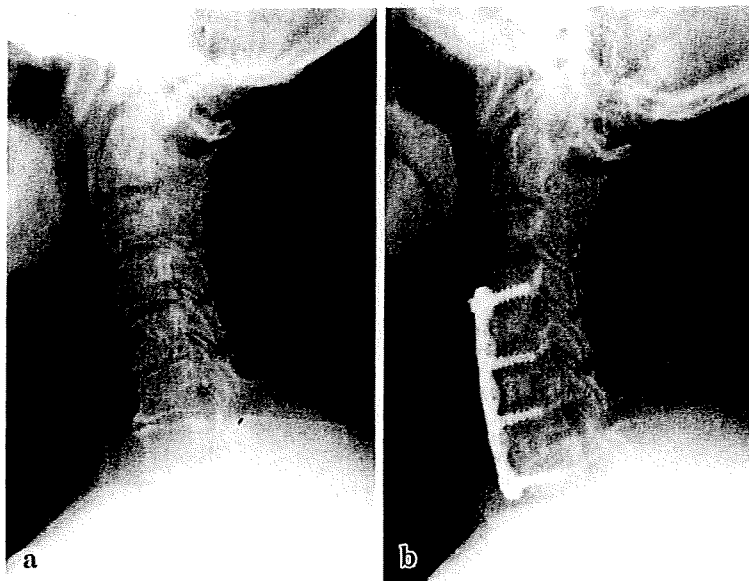


図 3 症例 2, C4-7 分節性除圧固定術
a: 術前 X 線像
b: 術後 X 線像
下位頸椎が局所後弯を呈しているため, 腓骨を用いた C4-7 の分節固定術を行った。

4. プレート固定

頸椎前方プレートを併用して, 術直後からの体位交換を容易にする。より前弯位を求めるときには, プレートをあらかじめ軽度ベンディングしておく。また, 中間の椎体にもスクリューを刺入し, 固定性を高めている。

③ 後療法

あご受け付頸椎カラー（オルソカラー）を装着して, 術後 2 日で離床するのが原則である。3 椎間以上の多椎間前方手術では軟部組織の腫脹によ

り呼吸不全を起こすことがあり, その場合には離床を遅らせる。カラー固定の期間は, 多椎間固定の場合, 3 カ月間が目安である。

④ 症例提示

【症例 1】

患者: 63 歳, 男性

術前 JOA スコアは 10.5 点。頸椎はほぼストレートであったが, C5/6 の骨棘が大きく関与していると判断して, 2001 年に C4-7 椎体亜全摘手術を行った (図 2)。術後 3 年で JOA スコアは 14.5



図 4 症例 3, MRI T2 強調像

a: 矢状断像
b~d: 横断像 (b: C3/4 高位, c: C4/5 高位,
d: C5/6 高位)
C4/5 高位で著しい脊髓圧迫と髄内輝度変化,
C3/4 および C5/6 で軽度の脊髓圧迫を認め
た。

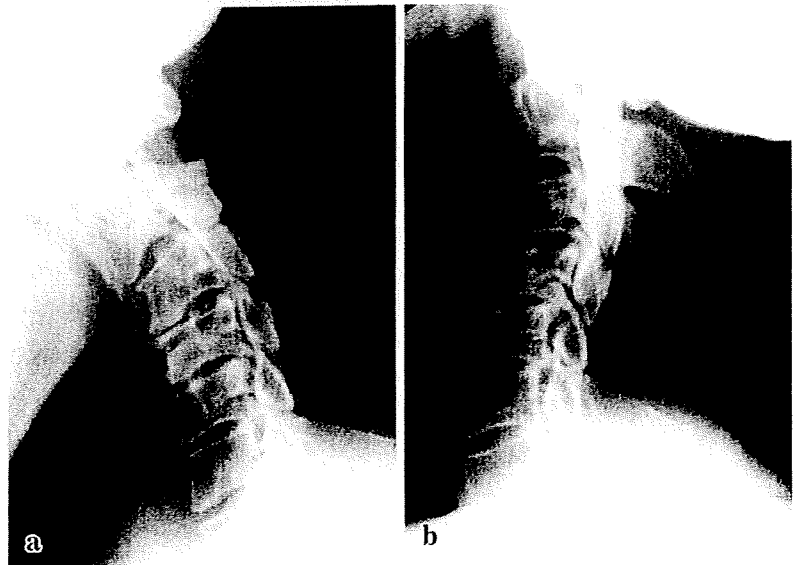


図 5 症例 3, 脊髓造影の前屈・後屈

a: 前屈, b: 後屈
脊髓造影では, 前屈位でも前方から骨棘により
圧迫されており, 後方からの除圧には限界
があると思われた。

点に改善した。

【症例 2】

患 者: 48 歳, 男性

術前 JOA スコアは 10 点, 下位頸椎が局所後
弯を呈しており, 2003 年に腓骨を用いた C4-7 の
分節固定術を行った (図 3)。術前各椎間が著し
く狭小化して後弯を呈しているが, 術後は椎間腔
の前方が拡大して, 前弯位を獲得できている。術

後 JOA スコアは 14 点となった。

【症例 3】

患 者: 48 歳, 男性

術前 JOA スコアは 8.5 点, 2008 年に C3-6 の
分節固定術を, 人工骨を用いて行った。前方法
を選択すべき典型的症例であり, 画像を詳細に提示
する。

単純 X 線側面像では C4 は後方にすべり, 脊柱