側弯症手術中の脊髄モニタリングの電位変化について

山 田 圭* 朴 珍 守* 佐 藤 公 昭* 脇 田 瞳*
 神 保 幸太郎* 横須賀 公 章* 吉 田 龍 弘* 井 上 英 豪*
 永 田 見 生* 田 中 寿 人**

Amplitude Changes of CMAP during Reductive Idiopathic Scoliosis Surgery at Anatomical Displacement of the Spinal Cord

Kei Yamada*, Jin Soo Park*, Kimiaki Sato*, Hitomi Wakita*,
 Kotaro Jinbo*, Kimiaki Yokosuka*, Tatsuhiro Yoshida*,
 Hidetake Inoue*, Kensei Nagata*, and Hisato Tanaka**

【はじめに】特発性側弯症の術中矯正操作による経頭蓋電気刺激による筋誘発電位(CMAP)の変化と術前の脊髄の偏位との関連を検討した。【対象と方法】特発性側弯症7例に対し1例は胸腔鏡視下前方解離術および後方矯正固定術(ISOLA法)を、6例にISOLA法を施行した。脊髄モニタリングはCMAPを使用し、術前の脊髄の偏位の評価は鈴木法とMarutaの分類を使用した。【結果】derotation操作で3例が片側性に、Compression操作で3例が片側性にCMAPの振幅が低下した。術後5例に大腿の知覚障害を認めたがCMAPの変化との相関はなかった。Maruta分類のreverse rotation type 3例でderotation操作後、片側性にCMAPが低下し術後大腿の知覚障害を認めた。【考察】reverse rotation typeではderotation操作で脊髄の血流障害を生じた可能性がある。

During spinal scoliosis surgery, compound muscle action potentials (CMAP) were recorded from distal upper and lower limb muscles following multipulse transcranial stimulation of the cortex. Seven patients, who were idiopathic scoliosis, were anaesthetized with propofol. One patient underwent anterior release of the thoracic spine and fusion by ISOLA method. The remaining six were reducted and fused by ISOLA method. The anatomical displacement of the spinal cord was classified into three groups according to Maruta's classification. Two cases were classified as over rotation type, the other two as under rotation type, and the remaining three as reverse rotation type. Three cases showed the decrease of amplitude of CMAP unilaterally after rod rotation maneuver. Three cases showed the decrease of amplitude of CMAP unilaterally after compression of spine. Five patients sustained sensory disturbance of the thigh after the operation. There was no relationship between the change of amplitude of CMAP and sensory disturbance after surgery. Three patients classified as reverse rotation type by Maruta's classification showed decreased CMAP amplitude after rod rotation maneuver and sustained thigh paresthesia after surgery. Rod rotation maneuver may possibly have caused blood flow insufficiency of the spinal cord.

Key words : idiopathic scoliosis (特発性側弯症), compound muscle action potential (誘発筋電図), surgical treatment (手術治療)

はじめに

特発性側弯症の矯正固定術では脊髄モニタリングが多用されている¹⁾⁵⁾¹²⁾。矯正直後にモニタリング波形の変化を生じた場合は矯正操作の解除ないし緩和を行う必要がある¹¹⁾。本研究の目的は術前の脊髄の解剖学

的位置を評価し、特発性側弯症の矯正操作による経頭蓋電気刺激による筋誘発電位(CMAP)の変化、術後の神経症状との関連性を調査することである。

対象および方法

症例と術式、脊髄の解剖学的評価：2005年7月から

* 久留米大学整形外科 Department of Orthopaedic Surgery, Kurume University, Fukuoka, Japan

** 田中病院 Tanaka's Hospital, Saga, Japan

図1：a) 15歳 男性 King分類 typeIV. 術前Cobb角66度
b) 胸腔鏡視下前方解離術およびISOLA法を施行した. 術後Cobb角は33度で矯正率は50%であった.
c) 術前の脊椎の偏位の状態は鈴木法でGradeⅢ, Marutaの分類でReverse rotation typeであった.

2006年3月まで当科で手術を施行した7例(男1例, 女6例)であった. 年齢は平均14歳でKingの分類のⅠ型が3例, Ⅱ型が2例, Ⅳ型が1例, Ⅴ型が1例であった. 術前Cobb角は平均59度であった. 治療は胸腔鏡視下胸椎前方解離術および後方矯正固定術(ISOLA法)を1例, ISOLA法⁵⁾のみを6例に施行した. 手術時間は平均299.5分, 出血量は平均774.2gであった. 矯正率は平均53.1%で矯正操作は主にDerotationとCompressionであった. 脊椎の解剖学的偏位の評価には鈴木法³⁾およびMaruta⁶⁾の分類を使用した.

術中モニタリング: 脊椎モニタリングにはCMAPを使用した. CMAPモニターには日本光電社製ニューロパックMEB-2200を使用した. 電気刺激装置はDegitimer社製Multipulse stimulator D185ないし日本光電社製SEN-4100を, 刺激電極は径15mm銀/塩化銀皿電極, 導出電極は径6mmの皿電極を使用した. 頭蓋刺激部位はCzより前方2cm側方3cmの大

脳運動野とした. CMAPは, 上肢は短母指外転筋, 下肢は前脛骨筋から導出した. 矯正操作前の最初のCMAPの振幅を100%とし経時的に振幅の変化をパーセンテージで記録した. CMAPの振幅がコントロールの50%以上の低下ないし波形の多相化が認められた場合, 術者にアラームを発信した. 麻酔はpropofolによる全身麻酔を行った. 刺激条件はTrain回数が5回, 刺激間隔は3.2~3.5msec, 刺激電圧は250~500V, Filteringは100~1000Hzとした.

これら7例の特発性側弯症について, 術前の脊椎の偏位と矯正率, 術中のCMAPの振幅変化, 術後神経症状との関連性を検討した.

結 果

矯正操作後のCMAPの変化と術後神経症状: Derotation後に1例が両側性にCMAPの振幅が低下, 3例が片側性に振幅が低下していた. Compression操作後に3例が片側性に振幅が低下していた. 手

術終了時には4例で振幅が増大しており、2例で振幅が低下していた。術後大腿の感覚障害（paresthesia）を5例に認めたがCMAPの振幅の変化との関連性は不明であった。

術前脊髓の解剖学的評価と術後神経症状：Marutaら⁶⁾は頂椎レベルでの脊柱管内での脊髓の回旋の状態をOver-rotation type, Under-rotation type, Reverse-rotation typeの3つに分類している。Over-rotation typeは2例、Under-rotation typeは2例そして、Reverse-rotation typeは3例であった。MarutaのOver-rotation type 2例中1例で左大腿部痛を認めた。Under-rotation type 2例中1例に両側大腿殿部知覚鈍麻、左下肢脱力感を生じていた。Reverse-rotation type 3例中3例に両側大腿痛ないししびれを生じていた。鈴木³⁾は頂椎の脊柱管の凹側を3分割しそこに位置する脊髓の中心によってGrade分類している。GradeⅡが6例で、GradeⅢが1例であった。GradeⅢ1例では両側大腿痛、GradeⅡの6例中4例に大腿部のしびれないし疼痛を認めていた。

矯正率および術前脊髓の偏位と矯正操作後のCMAP

の変化：矯正率によるCMAPの変化との関連はなかった。鈴木法では明らかなgrade別でCMAPの振幅の変化の差は認められなかった。Marutaの分類のReverse rotation type 3例では3例ともderotation後に片側のCMAPの振幅が低下しており、Under rotation type 2例では2例ともderotation後に両側のCMAPの振幅が増大していた。

症 例

症例1：15歳 男 King分類⁴⁾type 4である(図1a)。術前の脊髓状態は鈴木³⁾でgradeⅢ、Marutaの分類でreverse rotation typeであった(図1c)。術前Cobb角66度に対して胸腔鏡視下前方解離術およびISOLA法を施行した(図1b)。術後Cobb角は33度、矯正率は50%であった。derotation操作後CMAPの低下はなかった(図2、3)。Derotation後20分で左のCMAPがほぼ消失。5分間経過を見たが改善せずWake up testを施行した。覚醒前にCMAPは改善した。最終時は振幅が増大していた(図2、3)。術後両側の大腿痛を認めた。

図2：derotation操作直後は有意なCMAPの振幅の低下は認めていなかった。Derotation後20分で左側の前脛骨筋（TA）のCMAPが低下した。改善しないためWake up testを施行した。矯正操作を解除することなく振幅は改善した。

図3：術中のCMAPの振幅の経時的変化。実線は右のTAから導出したCMAPの振幅の変化、点線は左のTAから導出したCMAPの振幅の変化を示す。Wake up test開始後に振幅は改善している。

考 察

CMAPの術中モニタリングでの有用性：辻ら¹³⁾は脊柱側弯症102例にCMAPを施行し電位の消失した4例中3例に一過性神経脱落症状を認め、側弯症手術での有用性を述べている。Nakagawaら⁷⁾は、CMAPは脊髄の虚血や圧迫障害に他のモニタリング法に比してsensitiveなので運動機能のモニターに好ましいと述べている。しかしCMAPの減少や消失は必ずしも術後の運動機能を反映してなかったと報告している。CMAPのcritical pointについて四宮¹⁰⁾は潜時の10%の遅延、あるいはCMAPの消失が適当と述べている。また伊藤ら²⁾は脊髄髄内腫瘍摘出術でAmplitude 50%以上の低下ないしlatencyの10%遅延をcritical pointとしている。本研究では術後の運動障害を避けるべくAmplitude 50%以上の低下をcritical pointとして採用した。

術前脊髄の偏位とCMAPの変化：脊柱管内の脊髄の偏位とモニタリングの電位変化の関係について鎌田ら³⁾は鈴木¹⁾の分類のgradeが高いほど電位の変化が多かったと報告している。Marutaら⁶⁾は脊髄の回旋は血流や神経活動に障害を与える可能性を指摘している。またrod rotation manoeuvreでは頂椎の回旋が悪化することがあり、特にover rotation typeは虚血などの障害の危険性が高いと警告している。本研究

の症例1は鈴木¹⁾の分類gradeⅢ、Maruta⁶⁾の分類のreverse rotation typeであったが、derotation後20分でCMAPが低下し術後両側大腿痛を認めていた。他のreverse rotation type 2例でもderotation後にCMAPの振幅が片側性に低下し術後に大腿の知覚障害を認めている。Reverse rotation typeではderotationにて脊髄の回旋が生じて血流障害をきたした可能性が考えられる。しかし何の矯正操作の緩和操作なく改善しており、何らかの機序で血流の再開通が起こったのかもしれない。さらに片側性にCMAPが低下したことも疑問である。PatederとKostuik⁹⁾は成人の脊柱変形矯正手術407例中2.9%に腰神経根障害が生じたと報告している。従って片側のみのCMAPの振幅の低下は神経根障害の可能性も否定できない。

術中CMAP変化と術中の対応について：本研究ではCMAPの変化と術後神経障害の関連は不明であった。しかし今後CMAP振幅50%以上の低下をきたした場合は術後神経障害を回避すべく対応を考えるべきである。対応としてまずは直前の矯正操作の解除ないし緩和が必要である。それでも改善しなければWake up testを麻酔科に依頼することも躊躇すべきではない。鎌田ら³⁾は椎弓切除や椎弓根切除を提唱しているが手術侵襲の問題もありWake up test後の結果で考慮すべきである。

結 語

- ① 特発性側弯症 7 例に対して CMAP を利用した脊髄モニタリングを行った。
- ② Derotation で 1 例は両側性に、3 例は片側性に振幅が低下した。Compression で 3 例が片側性に低下した。
- ③ 矯正操作による脊髄の血流障害を反映した可能性がある。
- ④ 振幅の 50% 以上の低下が続くときは Wake up test の施行は躊躇すべきではない。

参 考 文 献

- 1) 今井克己：側弯症手術における脊髄誘発電位を用いた術中脊髄モニタリング法の臨床的研究。日整会誌，62：511-521，1988。
- 2) 伊藤全哉ら：脊髄内腫瘍摘出術への運動路モニタリング (Compound Muscle Action Potential) の有用性。日本脊椎脊髄病学会雑誌，17：233，2006。
- 3) 鎌田修博ら：脊柱側弯症手術における術中脊髄モニタリングの検討一波形の変化と術中の対応について。整形外科，50：249-254，1999。
- 4) King, H. A., et al. : The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. J. Bone Joint Surg., 65-A : 1302-1313, 1983。
- 5) 村上正純ら：脊柱側弯症手術における術中脊髄モニタリング。脊椎脊髄，2：421-427，1989。
- 6) Murata, T., et al. : Rotation of the spinal cord in idiopathic scoliosis. J. Bone Joint Surg. Br., 86 : 220-224, 2004。
- 7) Nakagawa, Y., et al. : Discrepancy between decrease in the amplitude of compound muscle action potential and loss of motor function caused by ischemic and compressive insults to the spinal cord. J. Orthop. Sci., 7 : 102-110, 2002。
- 8) 野原 裕：ISOLA 法と肋骨切除術。新 OS NOW No.7 第 1 版 最新の脊椎外科，pp.87-93。岩本幸英，東京，メジカルビュー社，2000。
- 9) Pateder, B. P., Kostuik, J. P. : Lumbar nerve root palsy after adult spinal deformity surgery. Spine, 30 : 1632-1636, 2005。
- 10) 四宮謙一：術中脊髄モニタリング 各種誘発電位検査法の比較。臨床脳波，42：353-359，2000。
- 11) 飛田俊幸：側弯症手術中の脊髄機能モニタリング。Lisa，10：320-324，2003。
- 12) 辻 太一ら：脊柱変形手術における MEPs 利用の試み。脊柱変形，17：29-33，2002。
- 13) 辻 太一ら：脊柱変形矯正手術における CMAP モニタリングー当院の現状よりー。日本脊椎脊髄病学会雑誌，17：426，2006。