《短 報》

頸髄除圧術前・後の脊髄形態の変化と臨床成績の解析 —脊髄の柔軟性と術後臨床成績について—

前沢 靖久* 馬場 久敏* 和田 真*
大森 弘則* 内田 研造* 古沢 修章*

Analysis of the Relationship between Neurological Improvement and Magnetic Resonance Imaging Findings in the Cervical Spinal Cord Morphology before and after Surgical Decompression

Yasuhisa MAEZAWA,* Hisatoshi BABA,* Makoto WADA,*
Hironori OMORI,* Kenzo UCHIDA,* Nobuaki FURUSAWA*

Abstract: To investigate the relationship between morphological plasticity of the spinal cord and neurological outcome after surgery for compressive lesions, we correlated the transverse area of the cervical spinal cord measured by transaxial magnetic resonance imaging (MRI) obtained during the early postoperative period (6 months) with neurological function. Measurements on MRI in 56 patients (35 men and 21 women; 32 cervical spondylosis, 14 ossification of the posterior longitudinal ligament and 10 herniated intervertebral disc) included evaluation of the cross-sectional area of the cervical cord at the level of decompression. In the patients whom the transverse area of the cord was equal to or less than 40 mm² on preoperative MR images, expansion of the cervical cord during the early postoperative period correlated significantly with postoperative neurological status ($p=0.009$). Our results suggest that an increase in the cross-sectional area of the cervical cord, representing spinal cord morphological plasticity, is a significant factor in determining the neurological improvement following decompressive surgery. (*Jpn J Rehabil Med* 1999; 36: 59-62)

要 旨: 除圧術前後の脊髄横断面積の変化と術後臨床成績を解析することで、脊髄の形態学的な柔軟性と術後臨床症状について検討した。対象は、手術を施行し術後2年以上経過観察が可能であった頸椎症性脊髄症 32 例、頸椎後縦靱帯骨化症 14 例、頸椎椎間板ヘルニア 10 例である。脊髄形態は MRI T1 強調画像で最大圧迫部の脊髄横断面積を算出した。原疾患にかかわらず、術前脊髄横断面積 40 mm² 以下の中等度以下の症例において、術後6ヵ月時の脊髄横断面積増大率は経過観察時の JOA スコアと相関した。脊髄横断面積 40 mm² 以下の症例の除圧後の脊髄横断面積回復率、すなわち形態学的な柔らかさは、残された脊髄の可逆的な病理変化と脊髄機能の可塑性を反映するものと考えた。(リハ医学 1999; 36: 59-62)

Key words: MRI (magnetic resonance imaging), 頸髄 (cervical spinal cord), 脊髄症 (myelopathy), 形態計測 (morphometry)

はじめに

頸椎症性脊髄症や頸椎後縦靱帯骨化症など脊髄の慢性圧迫疾患において、術後の臨床症状の改善度を予測

することは、手術に対するインフォームドコンセントや術後リハビリテーションのゴール設定に最も重要であり必要なことである。近年、MRI (magnetic resonance imaging) を用いた形態学的計測や T2 強調画

1998 年 7 月 3 日受付, 1998 年 11 月 27 日受理

* 福井医科大学整形外科/〒 910-1193 福井県吉田郡松岡町下合月 23

Department of Orthopaedic Surgery, Fukui Medical University

像での高輝度病変など質的な検討がなされてきた。しかし、術前・後の臨床症状の改善度を反映する MRI のパラメーターについては、未だ詳細な検討はなされていない。今回、術前・後の MRI 横断画像から得られる脊髓面積と臨床症状の推移を検討し、術前・後の臨床症状が何に影響されるかを明らかにすることを目的とし、術後の脊髓の形態学的変化と臨床症状について検討したので報告する。

対象および方法

対象は、1991～1994 年に、当科で頸髄症に対し手術を施行し、術後 2 年以上経過観察できた 56 例（男性 35 例、女性 21 例）である。年齢は、38～79 歳、平均年齢 57.4±11.3 歳であり、経過観察期間は、24～54 カ月、平均 32.5 カ月であった。疾患は、頸椎症性脊髓症 (CSM) 32 例、頸椎後縦靱帯骨化症 (OPLL) 14 例、頸椎椎間板ヘルニア (CDH) 10 例である。手術方法は、3 椎間以上の多椎間圧迫例や脊柱管狭窄例に対しては片開き式脊柱管拡大術を第 2 頸椎から第 7 頸椎まで施行し、2 椎間までの前方圧迫要素の場合、脊柱管狭窄のない症例に対して前方除圧固定術を行った。

MRI は、1.5 Tesla Signa system (General Electric, Milwaukee, Wisc) を使用し、術前と術後 6 カ月に測定した。脊髓形態は T1 強調画像 (TR, 350 ms, TE, 19 ms) で最大圧迫部の脊髓をビデオ入力により NIH image (version 1.54; Ohlandorf Research, Ottawa, Ont) にて算出した。術後 6 カ月目の [(術後－術前)/術前] の脊髓横断面積を脊髓横断面積回復率として算出し、経過観察時の臨床症状との相関を求めた。

統計解析には SPSS (version 6.1, SPSS Inc., Chicago) を使用し、疾患別に術前・後の各種パラメーターを一元配置分散分析法により有意差検定を行い、Scheffé による群間比較を行った。また、術前と経過観察時の JOA スコアを目的変数、術前・後の脊髓横断面積および脊髓横断面積回復率を説明変数とし、手術時年齢と罹病期間を制約因子とした偏相関分析を行った。いずれも危険率 5% 以下を有意差ありと判定した。

結 果

1. JOA スコア

JOA スコアは、術前 11.2±3.4 点から術後 13.5±4.9 点と改善し改善率（平林法）は 44.7±30.3%であった。CDH 群は、82.2±21.0%と他の 2 群に比して有意に高値であったが ($p<0.05$)、CSM 群 27.2±58.6%と OPLL 群 46.7±23.7%との間には有意な差はなかった。

2. 脊髓横断面積

脊髓横断面積は、術後 CDH 群 62.3±12.7 mm²で、CSM 群 48.5±12.6 mm²と OPLL 群 46.1±8.5 mm²に比して有意に大きかった ($p<0.05$)。脊髓横断面積回復率は CDH 群 62.1±37.8%、CSM 群 29.5±42.5%、OPLL 群 50.2±62.2%と CSM 群が少ない傾向にあったが各群間に有意な差はなかった。

3. 術前後の JOA スコアと脊髓横断面積

術前の脊髓横断面積からは、術前のみならず術後長期成績も予見できなかった。しかし、除圧術術後 6 カ月の脊髓横断面積と経過観察時の JOA スコアには正の相関を認めた (図 1)。さらに、術前脊髓横断面積 40 mm² 以下の中等度以下の症例において、脊髓横断面積回復率は経過観察時の JOA スコアと相関した (図 2)。たとえ術前に強く脊髓が圧迫されていても術後に脊髓面積が増大する症例においては、脊髓横断面積回復率に比例し臨床症状が改善することを示した。

図 1 術後 6 カ月時の脊髓横断面積と経過観察時の JOA スコア

術後 6 カ月時の脊髓横断面積 (X) と経過観察時 JOA スコア (Y) との間には、 $Y=8.4+0.12X$, $r=0.44$ の相関を認めた ($p=0.001$)。

図2 術後6カ月時の脊髓横断面積回復率と経過観察時のJOAスコア

術後6カ月時の脊髓横断面積回復率(X)と経過観察時JOAスコア(Y)の間には、 $Y=11.5+2.4X$, $r=0.49$ の相関を認めた($p=0.009$)。

考 察

近年、術前のCTMやMRI画像から得られる脊髓横断面積と予後(術後臨床症状)との関係について報告されている。Fujiwaraら¹⁾は、ホルマリン固定標本で脊髓横断面積が40 mm²以下で不可逆性の組織学的変化を示し、30 mm²以下では術後臨床成績が不良であると報告し、また、Fukushimaら²⁾は、脊髓横断面積45 mm²以下の症例は、術後臨床症状が不良であると報告している。術後の神経症状の改善度に影響を与える因子として、術前の脊髓横断面積に一定の値を設け脊髓萎縮など不可逆性変化の存在を示唆するものである。

一方、術前の脊髓面積が、術後成績の指標になるか否かはこれまで、各種因子(年齢、罹病期間、脊髓面積など)を用いた重回帰分析が行われているが、結果は報告者により異なる。これは、慢性圧迫であるが故に急激な画像上の形態変化は起こらず、症状発現には脊髓神経細胞の機能変化が重要な因子であると考えられる。現在の画像診断では、これらを予見することは困難であり、術前より術後成績を論ずることは難しい。

我々は、慢性圧迫状態における脊髓の柔らかさを、two マウスを用いた前角細胞の3次元的な分布の変化や細胞構築学的観察などから証明してきた^{3,4)}。これによると、脊髓が圧迫を受けると前角細胞は、あたかも圧迫により吻尾側に押し出されたかのように偏位分

布し(Toothpaste phenomenon)、圧迫部の吻尾側1髄節を含めた前角細胞数は、脊髓横断面積が、30%以下で減少し始め50%でプラトーに達した。以上より、慢性圧迫状態における脊髓の柔軟性が、脊髓機能の可逆性、除圧術後の神経症状の改善に関与するものと考えている。

脊髓の柔軟性が予後因子として重要であること示すものとして、術前の脊髓形態と術後の脊髓横断面積回復率が検討されている。術前の脊髓横断面積の形態からみた予後については、Luら⁵⁾やFujiwaraら⁶⁾はCTMやMRIを用い脊髓の圧迫形態を分類している。いずれもTriangle型は、術前脊髓面積も小さく改善率が悪く、Boomerang型は改善率が良好であるとしている。両者の病理組織学的差異についてKameyamaら⁷⁾は、9例の剖検例からBoomerang型は横断面積が60%以上に保たれるのに対し、Triangle型は複数髄節にわたり横断面積が60%以下に萎縮し、不可逆性の病理変化を呈すると報告している。

次に、除圧術後の脊髓面積の回復による臨床症状の改善率について報告されている^{8,9)}。Matsuyamaら⁸⁾が椎弓形成術術後の脊髓を、除圧直後にエコーを用い7 mm²以上増大したimmediate expansion群と1カ月後画像上脊髓横断面積が7 mm²以上増大するgradual expansion群の2群に分類し、前者が後者に比し有意にJOA改善率が良いことを報告し、脊髓面積の回復に注目している。Hendersonら¹⁰⁾は、immediate expansionは除圧後の脊髓実質や前後索の浮腫を意味し、gradual expansionは側索の軸索流の改善を意味するとし、脊髓面積の回復度が臨床症状の改善の指標になりうることを示している。

しかし、これら研究では、脊髓面積測定法や測定時期、対象疾患などが異なり問題となる。従来、術後1カ月以内の早期と2年以上の長期における経過観察時の臨床症状と画像による研究が行われている。今回、我々が術後の脊髓横断面積測定時期として術後6カ月目を選択した理由は、椎弓形成術において十分骨癒合が得られ安定した脊柱管が得られる時期¹¹⁾であることと、一般に術後成績を論ずる際には最低2年の経過が必要であり、術後6カ月は未だ神経症状の改善がプラトーに達していない時期と考えられ、術後6カ月の脊髓横断面積を用いて、術後2年以降の臨床症状の改善を推測することは、臨床的意義があると考えられるからである。また、対象疾患を頸椎症、頸椎椎間板へ

ルニア、頸椎後縦靱帯骨化症による頸髄症をひとまとめに扱っているが、我々は、各疾患による差は罹病期間、年齢、脊髄内の病理学的変化などと同様、回復率の変化として表されると考えている。すなわち、経過の短いヘルニアは除圧術後の横断面積の回復率がよく、慢性的な経過をとり minor trauma の影響も考えられる頸椎症では、回復率が低いなど回復率の差と表されると考えている。

我々が示した脊髄横断面積 40 mm^2 以下の症例は、Yu ら⁵⁾ の CT-Myelogram による正常脊髄横断面積が $84.4 \sim 86.5 \text{ mm}^2$ であることから、前述の twy マウスの前角細胞の検討により^{3,4)}、70%以上の軽度圧迫群、50~70%の中等度圧迫群、50%以下の高度圧迫群に分類すると、高度圧迫群に相当する。これら症例は、除圧術後の神経症状の著しい改善が望めないとされている^{2,6)} が、除圧後の高い脊髄横断面積回復率、すなわち形態学的な柔らかさを示す症例は、原疾患に関わらず残された脊髄の可逆的な病理変化と脊髄機能の可塑性を反映しするものと考えられた。

我々は、 ^{18}F -2-fluoro-deoxy-D-glucose を用いた Positron emission CT 検査により真の脊髄機能評価を行っている¹²⁾ が、除圧術後の脊髄機能を間接的に評価する方法として、術後6カ月の脊髄横断面積回復率が重要なパラメーターとなるものと結論した。

結 語

脊髄は、完全に除圧術がなされた場合、

1) 術後6カ月の脊髄横断面積が術後2年以上臨床症状と相関した。

2) 術前脊髄横断面積が 40 mm^2 以下の症例においても、術後6カ月の脊髄横断面積回復率が臨床症状の改善と相関し、予後予測因子と考えられた。

3) 除圧後の脊髄機能は、残されている脊髄の柔軟性が重要であると推察した。

本論文の要旨は第35回日本リハビリテーション医学会学術集会において発表した。

文 献

- 1) Fujiwara K, Yonenobu K, Hiroshima K, Ebara S, Yamashita K, Ono K: Morphometry of the cervical

spinal cord and its relation to pathology in cases with compression myelopathy. *Spine* 1988; **13**: 1212-1216

- 2) Fukushima T, Ikata T, Taoka Y, Tanaka S: Magnetic resonance imaging study on spinal cord plasticity in patients with cervical compressive myelopathy. *Spine* 1991; **16**: S 534-S 538
- 3) Baba H, Maezawa Y, Imura S, Kawahara N, Nakahashi K, Tomita K: Quantitative analysis of the spinal cord motoneuron under chronic compression: an experimental observation in the mouse. *J Neurol* 1996; **243**: 109-116
- 4) Baba H, Maezawa Y, Uchida K, Imura S, Kawahara N, Tomita K, Kudou H: Three-dimensional topographic analysis of spinal accessory motoneurons under chronic mechanical compression: an experimental study in the mouse. *J Neurol* 1997; **244**: 222-229
- 5) Lu YL, Stevens JM, Kendall B, du Boulay GH: Cord shape and measurements in cervical spondylotic myelopathy and radiculopathy. *AJNR* 1983; **4**: 839-842
- 6) Fujiwara K, Yonenobu K, Ebara S, Yamashita K, Ono K: The prognosis of surgery for cervical compression myelopathy: an analysis of the factor involved. *J Bone Joint Surg* 1989; **71-Br**: 393-398
- 7) Kameyama T, Hashizume Y, Ando T, Takahashi A, Yanagi T, Mizuno J: Spinal cord morphology and pathology in ossification of the posterior longitudinal ligament. *Brain* 1995; **118**: 263-278
- 8) Matsuyama Y, Kawakami N, Mimatsu K: Spinal cord expansion after decompression in cervical myelopathy: investigation by computed tomography myelography and ultrasonography. *Spine* 1995; **20**: 1657-1663
- 9) Aita I, Hayashi K, Wadano Y, Yabuki T: Posterior movement and enlargement of the spinal cord after cervical laminoplasty. *J Bone Joint Surg[Am]* 1998; **80**: 33-37
- 10) Henderson FC, Crockard HA, Stevens TM: Spinal cord oedema due to venous stasis. *Neuroradiology* 1993; **35**: 312-315
- 11) Baba H, Uchida K, Maezawa Y, Furusawa N, Wada M, Imura S: Three-dimensional computed tomography for evaluation of cervical spinal canal enlargement after en bloc open-door laminoplasty. *Spinal Cord* 1997; **35**: 674-679
- 12) Baba H, Uchida K, Sadato N, Yonekura Y, Kamoto Y, Maezawa Y, Furusawa N, Abe S: Potential usefulness of ^{18}F -2-fluoro-deoxy-D-glucose-positron emission tomography in cervical compressive myelopathy. *Spine* (in press)