 原 著

脊髄係留を伴った外傷性脊髄空洞症に対する くも膜下腔再形成術について

今栄 信治, 宮本 達也, 西村 泰彦,
西岡 和哉, 板倉 徹

Subarachnoid Reconstruction for Traumatic Syringomyelia with a Tethered Spinal Cord

by

Shinji Imae, Tatsuya Miyamoto, Yasuhiko Nishimura

Kazuya Nishioka, Toru Itakura

from

Department of Neurological Surgery,
Wakayama Medical University

The etiology of syringomyelia associated with trauma remains unknown. Moreover, no single procedure for the treatment of this entity has been consistently successful, leading to the publication of many alternative procedures. As our surgical procedure of choice, we have selected subarachnoid reconstruction in those cases of traumatic syringomyelia with a tethered spinal cord, in which MRI shows the posterior shift of spinal cord and its attachment to the dura mater. The surgical procedure involves an osteoplastic laminotomy with beads and microsurgical lysis between the dura and the adhesive arachnoid membrane associated with posttraumatic inflammation (i.e., untethering). Then we perform fenestration in the normal arachnoid membrane at the rostral and caudal sites of adhesive arachnoid membrane. An expanded polytetrafluoroethylene sheet (Gore-Tex sheet®) is inserted and fixed to the inner part of the dura mater to maintain CSF flow between the two fenestrations. We have to date performed this subarachnoid reconstruction procedure in two cases of traumatic syringomyelia with a tethered spinal cord. Postoperative neurological deterioration did not occur in either case, and postoperative MRI in both cases demonstrated the collapse of the syrinx. These results suggest that subarachnoid reconstruction should be the procedure of choice for traumatic syringomyelia with a tethered spinal cord.

Key word: syringomyelia, spinal cord injury, subarachnoid reconstruction

Spinal Surgery 17 (3) : 219~224, 2003

はじめに

脊髄空洞症の原因疾患として、外傷はキアリ1型奇形に次いで多く、その発生頻度は対麻痺患者の1-3%といわれている[8, 11]。従来、手術療法として、多くのシャント手術が試みられてきたが、近年、再手術例の増加が大きく問題視されてきている[2]。また、シャント手術後空洞が縮小したにもかかわらず、脊髄係留

が残存したため、術後に症状が進行増悪したことも報告されている[6, 10]。我々は、脊髄係留合併症例に対して、根治療法として人工(expanded polytetrafluoroethylene <ePTFE> sheet; Gore-Tex sheet®)によるくも膜下腔再形成術を施行し、良好な結果を得ているのでその手術方法と症例について考察を加え報告する。

(Received : June 6, 2003, Accepted : October 18, 2003)

和歌山県立医科大学 脳神経外科(連絡先: 今栄信治, 〒641-0012 和歌山市紀三井寺811-1) Address reprint request to: Shinji Imae, M.D., Department of Neurological Surgery, Wakayama Medical University, 811-1 Kimiidera, Wakayama 641-0012, Japan

くも膜下腔再形成手術方法

患者を腹臥位とし、正中皮膚切開をおき、片側進入で損傷部位の上下2椎間の合計5椎間を露出する。bone sawで損傷部位とその上下1つずつを含む棘突起基部を切離して、対側に進入する。両外側を1ミリのdiamond burrで削ったのち、椎弓を上方に一塊として翻転する。硬膜を損傷後の癒着ない部位正中で切開後、少しずつ癒着部を展開する。この時、癒着くも膜と硬膜は可及的に剥離するが、癒着くも膜と軟膜は剥離しない。外傷性脊髓空洞症の場合のくも膜癒着は、脊髓前面まで及ぶことは少なく、係留解除は十分可能である。その後、癒着くも膜頭尾側の正常くも膜を髄液の流出が確認し得るまで、少なくとも1椎体分は切離、開窓する (Fig.1a)。この時点で頭側開窓部外側の軟膜が薄い部分でsyringostomyを行い、癒着のない前方へ向けて空洞くも膜シャントを挿入する (Fig.1b)。続いて新たな髄液流が保たれる様人工硬膜で再形成する (Fig.1c, 1d)。この時の留意点として、人工硬膜を開窓くも膜下腔に挿入した上で、その人工硬膜中央部を、硬膜縫合部に3ないし4カ所程度固定することである (Fig.1e)。この結果、髄液は頭側の開窓くも膜から流出し、癒着くも膜と剥離した硬膜 (人工硬膜) の間を通過し、再び尾側開窓部からくも膜下腔へ流入することが期待できる。最後に硬膜外癒着形成を少なくするため、人工骨などで椎弓形成し、硬膜外 (皮下) ドレーンは必ず挿入する。

症例報告

<症例1>

43歳 男性

主訴 四肢筋力低下

17歳の時、第7頸椎損傷にて前方固定術を施行されるが、経過は順調で社会生活を送っていた。30歳を過ぎた頃より、四肢のしびれを自覚していた。半年前より四肢しびれ感の増悪と伴に、四肢脱力が進行してきた。神経学的には4-5程度の四肢麻痺と、両上肢から体幹に及ぶ触覚低下が認められた。頸髄MRIにて、第7頸椎より延髄に及ぶ脊髓空洞と、同レベルで脊髓の背側への変位が認められた (Fig.2a)。この所見から脊髓背側と背側硬膜との癒着による脊髓係留が示唆された。第4頸椎から第1胸椎の椎弓形成的椎弓切離にて、くも膜下腔再形成術および空洞-くも膜下腔シャント術を同時に施行した。四肢麻痺は徐々に改善を示し、術後1年のMRIでも空洞は縮小した状態である (Fig.2b)。

Fig.1

Surgical procedures of subarachnoid reconstruction

a: Fenestration in normal arachnoid membrane

b: Syringo-Subarachnoid shunt at rostral site of adhesive arachnoid membrane

c: Fenestration in normal arachnoid membrane at rostral and caudal sides of adhesive arachnoid membrane

d: Insertion of Gore-Tex sheet between two fenestrations

e: Fixation of Gore-Tex sheet to inner part of dura mater

<症例2>

62歳 男性

主訴 上肢筋力低下

55歳時、転落事故にて第1腰椎粉碎骨折にて、後方固定術を施行されるが、杖歩行が可能であった。半年前より上肢しびれ感の増悪と伴に、上肢脱力が進行してきた。神経学的には4-5程度の両上肢麻痺と、両上肢から体

Fig.2

Case1: 43-year-old man with traumatic syringomyelia

a : Preoperative T1 and T2 weighted sagittal MRI showing large syrinx from medulla to C6 level with posterior shift of spinal cord at traumatic site

b: Postoperative T1 and T2 weighted sagittal MRI demonstrating collapse of syrinx and enough space to maintain CSF flow in posterior part of spinal cord at traumatic site

Fig.3

Case2: 69-year-old man with traumatic syringomyelia

a: Preoperative T1 and T2 weighted sagittal MRI showing large syrinx from T10 level to conus medullaris with posterior shift of spinal cord at traumatic site

b: Postoperative T1 and T2 weighted sagittal MRI demonstrating collapse of syrinx and enough space to maintain CSF flow in posterior part of spinal cord at traumatic site

幹に及ぶ温痛覚低下が認められた。以前よりの対麻痺は不変であった。全脊髄MRIにて、第1腰椎より延髄に及ぶ脊髄空洞と、同レベルでの脊髄の背側変位が認められた (Fig.3a)。この所見から脊髄背側と背側硬膜との癒着による脊髄係留が示唆された。第11胸椎から第3腰椎の椎弓形成的椎弓切離にて、くも膜下腔再形成術および空洞-くも膜下腔シャント術を同時に施行した。上肢麻痺は徐々に改善を示し、術後1年のMRIでも空洞は縮小した状態である (Fig.3b)。

考 察

外傷性脊髄空洞症の定義については、手術操作後も含む何らかの外力が脊髄に働いて、後天的に形成された2椎体以上の長さを持った脊髄内水腫とされている [5, 10]。重要なことは、脊髄損傷後の脊髄実質壊死性変化と考えられる、いわゆる1次性嚢胞と鑑別することである。1次性嚢胞は脊髄損傷の約50%にMRI上観察されたとの報告 [9] もあり、長さは1椎体以下であることが多く、実質壊死に関与しているため、治療の適応はない。したがって、外傷性脊髄空洞症の手術適応は、1)

外傷の種類（手術後なども含む）にかかわらず、脊髄損傷の既往があること、2）外傷によるもの以外の神経症状が存在し、しかもそれが進行性であること、3）脊髄MRI検査で2椎体以上の脊髄空洞が証明されること、の3点に集約される。

外傷性脊髄空洞形成のメカニズムについては未だに一定の見解に達していない。諸説の中で最も理論的であるのが、Williamsの提唱したいわゆる"Sucking theory" [12] であろう。一般的には、息を堪えたり、大きな咳をすると、胸腔内圧上昇続いて静脈弁の無い脊椎椎体周囲静脈叢の怒張が起こり、脊髄硬膜が圧迫され、脊柱管内の脳脊髄液は頭蓋内方向へ向かう上昇流が発生する。そして、胸腔内圧低下に伴って、瞬間的に元に戻ろうとする下降性の髄液の流れへと変わる。この下降性の髄液の流れは、くも膜下腔が正常であれば脊柱管全体に均一に圧が分配される。外傷後、脊髄くも膜に出血などにより炎症が生じ、くも膜炎を呈するようになると、その部位に線維化性癒着がおこる。その癒着によって脳脊髄液の下降性の流れが障害され、癒着部位を境に頭側と尾側で脊柱管内くも膜下腔に常に圧格差がみられるようになる。さらにこの癒着に一方弁の要素が存在し、上昇流の方が下降流より効率よく流れた場合、その圧較差は一層大きくなることも考えられ、ここで脊髄実質へ向かう流れが生じる可能性がある。これが"Sucking theory"である。脊髄実質内への流入経路については、外傷部位より吻側の血管外壁に沿った間隙（Virchow-Robin血管外腔）からというBallとDayanが唱えた説[1]がある。脊髄空洞の拡大メカニズムについては、Williamsの"Slosh mechanism" [12] が考えやすい。脊髄くも膜下腔の脳脊髄液は歯状靱帯や神経根、静脈叢、くも膜柱などの存在のため、大きく動きが制限されているが、一方、脊髄空洞内では動きを制限する構成要素は全くなく、脳脊髄液が自由に移動することができ、空洞実質を破壊しながらあらゆる方向へ拡大していくというものである。外傷癒着部位より吻側に形成された初期の脊髄空洞が拡大していく際、その尾側にあたる外傷癒着部ではくも膜の癒着が脊髄の動きを大きく制限しており、この部位では空洞拡大が抑制されると推定される。外傷性空洞症のMR画像にても外傷部より尾側方向への空洞形成が少ないのは、このことによる可能性がある。

外傷性脊髄空洞の画像診断はMRIにより、他の疾患による脊髄空洞と大きな差はない。T1強調では低信号、T2強調では高信号の脊髄髄内嚢胞が、2椎体以上の長さをもって、外傷部位の頭側もしくは頭尾側両方に伸展

し、時には延髄空洞を形成することもある（Fig.2a）。空洞の形態はキアリ奇形によるものに比して、中隔形成の頻度が少し多い印象はあるが（Fig.3a）、この中隔は原因疾患の判断材料にはなり得ない。また頸椎部MRIで小脳扁桃の下垂の有無や造影MRIで髄内腫瘍を鑑別しておくことも肝要である。さらに、本2例でも示したように外傷部位で脊髄が後方へ偏位して脊柱管後面の硬膜と接触した所見は、脊髄係留の可能性を示唆するものとして認識しておく必要がある。多くは脊髄前面のくも膜下腔が拡大して、そこで脊髄が屈折しているように見える。脊髄係留の存在は、シャントによる空洞縮小後も症状が進行増悪した原因の最大の要因と考えられ、手術方法選択に十分配慮が必要である。

外傷性空洞症に対する外科治療の中で空洞シャント手術に関しては、Batzdorfら[2]が過去20年間に施行した42症例で、半数の21例で再手術を必要としたと報告し、シャント手術そのものの適応に疑問を投げかけている。その理由として、シャントチューブ内にグリア組織が生じて閉塞したり、シャントチューブによって新たな脊髄係留が生じたことまた、外傷性脊髄空洞には中隔形成が多く、シャント手術後も空洞が残存してしまう症例も少なくはないとしている。よって、近年ではくも膜下腔再形成術が見直されるようになってきた。Levi[6]は外傷部の椎弓切除後、脊髄後面の癒着を脊髄表面の血管が見えるまで、十分剥離した上で、代用硬膜にて形成したところ、脊髄空洞も消失し、症状の改善も得られたと報告した。また、Sgourosら[10]は、人工偽性髄膜瘤形成術を提唱した。まず外傷部位を1椎体以上超える椎弓切除したうえで、くも膜の癒着を上下から髄液の流れが確認し得るまで十分行う。剥離したくも膜を硬膜に縫合し、その硬膜は開放したままで、皮膚を閉じる。それによって、傍脊柱筋下に脳脊髄液腔が大きく形成され、いわゆる人工の偽性髄膜瘤を作成し、外傷部位での髄液流を維持しようとするものである。さらに、Sgourosらはドレナージ手術群と偽性髄膜瘤を形成した群で術後4年の時点で有効性を比較したところ、ドレナージ群の有効性が53%であったのに対して、後者が83%と明らかに高い結果を示したことから、外傷性空洞症の外科治療第1選択として考慮すべきと提唱している。我々が、今回報告した人工硬膜を用いたくも膜下腔再形成も、本質的にはLeviやSgourosの理論と同じである。人工硬膜については、我々はキアリ奇形に伴う脊髄空洞症に対する大孔部減圧術で頻用し、組織親和性が極めて乏しく、髄液漏の合併症こそあるものの、2次性癒着などみられず、有効

であると報告してきた [3, 4]. Parkらは [7] ラットで人工的に脊髄損傷を作成し、いくつかの代用硬膜にて硬膜修復を行った実験の結果、ePTFE sheet (Gore-Tex sheet®) が癒着性変化など最も少なく、現時点では最高の材料と報告している。しかし、その考察のなかで、人工硬膜周囲に非常に薄いながらも新生膜が形成され、このためくも膜下腔の維持が困難であったとも述べている。この原因として移植した人工硬膜が硬膜外瘢痕組織で脊髄側に圧迫移動した結果、脊髄実質とその人工硬膜が接触したことによるとし、硬膜の椎弓への tenting が有効との見解も示している。今回の我々が行った硬膜に人工硬膜を固定することと、切離した椎弓を形成したことによって脊髄との接触は防げているように思われる。一方、今回報告した我々のくも膜炎の剥離手術そのものについては、脊髄損傷を増悪させる可能性があるなど異論の多いところであろう。MRI上くも膜癒着の程度や範囲を決定することは困難であることから、一層手術施行について躊躇するところである。しかし、脊髄が背側へ移動していることから、くも膜の癒着は脊髄背側にのみ存在すると推定でき、また他の炎症性疾患後のくも膜炎と異なり、外傷性の場合は本2例の手術結果や他の報告 [6, 10] からその脊髄損傷レベル2～3椎体内に局限している事が多いと考えられる。従って、損傷レベルの頭尾側にそれぞれ2椎体レベルの椎弓切離を行い損傷部頭尾側の正常部分を十分に露出した上で、顕微鏡視下で慎重に硬膜と脊髄背側のくも膜の剥離を行えば、神経症状を増悪させることなく脊髄係留を解除できると考えられる。特に留意することは、癒着くも膜背側と人工硬膜間に新たな髄液の流通路を形成することから、癒着くも膜とその腹側の軟膜との剥離は全く必要ないということである。

本術式は1年とまだ短い追跡期間であること、症例数が少ないことより、今後のさらなる追加追跡検討が必要である。最後に、症状の改善率については、過去の報告 [5, 10] でも、60～70%で、特に膀胱直腸障害や自律神経系の症状の改善は悪いとしている。本外科治療は症状改善に加えて進行停止が大きな目的であり、その意味から早期発見、早期治療が重要であることは明らかである。脊髄損傷を扱う医師は、この病態の出現を認識し、積極的に早期発見に努める義務があることを強調したい。

結 語

脊髄係留を伴った外傷性脊髄空洞症に対するGore-Tex sheetによるくも膜下腔再形成術について、その方法と症例を報告した。現時点では 本手術方法は空洞縮小、症状進行防止に有用であると考えられるが、さらなる追跡と症例数を増加した上での検討が必要である。

文 献

1. Ball, MJ, Dayan, AD: Pathogenesis of syringomyelia. *Lancet* 2: 799-801, 1972
2. Batzdorf U, Klekamp J, Johnson JP: A critical appraisal of syrinx cavity shunting procedures. *J Neurosurg* 89: 382-388, 1998
3. Imae S, Nakai K, Itakura T: Surgical results of two types of foramen magnum decompression for syringomyelia in Tamaki N, Batzdorf U *Syringomyelia : Current concepts in pathogenesis and management.* Tokyo Springer 2001, 169-174
4. Imae S, Ozaki F, Itakura T: Clinical evaluation of the outcome and the method of surgical decompression for syringomyelia associated with Chiari type 1 malformation 11th International Congress of Neurological Surgery 1375-1379, 1997
5. Lee TT, Alameda GJ, Gromelski EB et al: Outcome after surgical treatment of progressive posttraumatic cystic myelopathy. *J Neurosurg* 92: 149-154, 2000
6. Levi AD, Sonntag VK et al: Management of Posttraumatic Syringomyelia Using an Expansile Duroplasty. *Spine* 23: 128-132, 1998
7. Park YK, Tator CH: Prevention of arachnoiditis and postoperative tethering of the spinal cord with Gore-Tex surgical membrane: An experimental study with rats. *Neurosurgery*: 42(4): 813-823, 1998
8. Ragnarsson TS, Durward QJ, Nordgren RE: Spinal cord tethering after traumatic paraplegia with late neurological deterioration. *J Neurosurg* 64: 379-401, 1986
9. Sett P, Crockard HA: The value of magnetic resonance imaging(MRI) in the follow-up management of spinal injury. *Paraplegia* 29 : 396-410, 1991

10. Sgouros S, Williams B et al: Management and outcome of posttraumatic syringomyelia. J Neurosurg 85: 197-205, 1996
11. Stevens JM, Olney JS, Kendall BE: Post-traumatic cystic and non-cystic myelopathy. Neuroradiology 27: 48-56, 1985
12. Williams B: On the pathogenesis of syringomyelia : A review. J Roy Soc Med 73: 798-806, 1980

Reviewer's comment : 坂本 博昭 (大阪市立総合医療センター小児脳外科脳神経外科)

外傷性脊髄空洞症の治療にはその簡便さから空洞シャントがよく用いられる。しかし、シャントを用いる限りは、シャントの閉塞が発生しやすいため長期の開存は望めない。外傷性の脊髄空洞症では外傷後の脊髄と硬膜の癒着がその発生要因とされているので、この癒着を剥離し、脊髄背側に髄液が流通する髄液腔を作成することは、単に空洞シャントを行うよりもより根治的と考えられる。本稿では人工硬膜を用いて髄液腔の確保を試みている。この報告のように、空洞発生の要因を改善させるように、できるだけ安全で根治的な治療に向けた治療を行う努力が必要であろう。症例数や観察期間が短いため、この方法が他の方法よりも安全で有効かどうか、今後長期の観察結果を再度報告して頂きたい。

Reviewer's comment : 白根 礼造 (東北大学医学部 脳神経外科)

本論文では治療困難な外傷性脊髄空洞症に対して、シャント手術に人工硬膜によるクモ膜下腔再形成術を併せて行うという新しい治療を試みている。良好な成績が得られており、実際の手術手技に関しても必要十分な説明がなされており、今後の治療の参考になると考えられる。考察でも外傷性脊髄空洞症の病態について詳しい解説がなされており優れた論文と思われる。