

# 外傷後脳脊髄液減少症の髄液漏出経路に関する解剖学的考察

—MR ミエログラフィーによる観察を中心にして—

高橋明弘<sup>1</sup> 三浦真弘<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東札幌脳神経クリニック脳神経外科

<sup>2</sup>大分大学医学部医学系研究科生体構造医学講座

## 緒 言

近年、頭頸部外傷後に生ずる慢性的な頭頸部痛などの多彩な愁訴に対して外傷後 (PT) 脳脊髄液減少症 (CSFH) の概念が導入され、同症の発症と治療法については社会的に大きく注目されている。従来から認識されている CSFH は、脊髄硬膜の裂孔から髄液 (CSF) が異常に漏出する病態を示し、画像診断では脂肪抑制 T2 強調脊髄 MRI (FST2MRI) で硬膜外に明らかな水信号の逸脱が認められる。しかし、PT-CSFH では FST2MRI で硬膜外に水信号を検出することができないため、CSFH の一般的な発生機序とは別の CSF 側副漏出路の存在も検討しなければならない。今回、PT-CSFH 患者から得られたさまざまな CSF 漏出を呈する MR ミエログラフィー (MRM) 画像を解剖学的観点から整理することで異常髄液漏出路の本態について検討を試みた。

## 対象と方法と結果

PT-CSFH107例 (男性36例, 女性71例, 平均年齢35歳) を対象として、脳槽シンチグラフィー前とブラッドパッチ (epidural blood patch: EBP) の3ヵ月後に撮影した MRM (3D-FSE, MIP) を比較検討した。頸椎部・胸椎部・腰椎部では硬膜嚢 (dural sac) に連続した明確な高信号は認められなかったが、仙椎部では35例 (33%) で硬膜外終糸

(extradural filum terminale: EFT) または仙骨・尾骨神経根に相当する部位に高信号が認められた。しかしそれは EBP 後に消失した<sup>1)</sup> (Fig. 1)。

## 材料と方法と結果

1) 色素注入検索: 大分大学医学部所有の実習解剖体3体の髄膜を用いた。センチネルリンパ節検索用色素 (インジゴカルミン: IC) 5 mL を Th10 からクモ膜下腔内に留置した硬膜外カテーテルを用いて注入し、硬膜-神経根移行部における色素の浸潤・進展様式を経時的に観察した。IC 注入直後から硬膜-神経根移行部には色素進展が顕著に認められたが、同部では硬膜外への色素逸脱は注入後1時間経過後も認められなかった。一方、EFT では IC 色素の進展ならびに微小浸潤ともに観察できなかった (Fig. 2)。

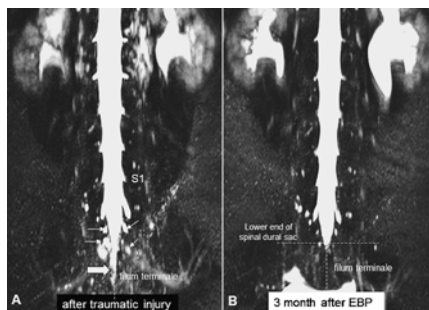
2) リンパ管検索: 成熟日本ザル2匹の髄膜から作成した OCT 連続凍結切片に酵素二重染色 (5'-Nase-ALPase) を施すことで硬膜外リンパ管網 (ELN) と血管の微細分布様式をそれぞれ検索した。硬膜背側には ELN の発達ならびにその起始部は観察されなかった。腰仙髄硬膜から神経根に移行する髄膜において 5'-Nase 陽性リンパ管の起始部は観察されたが、全例分布数ならびに管径とも発達は不十分であった (Fig. 3)。

## 考 察

従来、EFT は髄膜下端の支持組織から形成されており、そこにはクモ膜下腔や脊髄中心管は存在しないと解釈されている<sup>2)</sup>。解剖体 IC 検索において、EFT 内へ色素逸脱が全く認められなかったことから、MRM にて EFT に相当する部位に出現した高信号は明らかに異常所見と考えられる。

日本ザル髄膜の所見であるが、頸・上位胸髄領域に発達した硬膜外リンパ管系 (EDLS) は神経根部で一旦収束したのち椎間孔から体性リンパ系へ向う流路として確認されている。また、EDLS 発達髄節の硬膜-神経根部の構成線維束に蛇行性や疎配列の出現、さらに同部線維板領域には pre-lymphatic channel (PLC) 関連構造である MC 様構造も局在することから、同領域では外傷時に生じた過剰応力によって構成線維束が異常拡張または破綻 (CSF 側副吸収の異常亢進: CSFH) などが起こりやすい解剖学的脆弱性を有した髄膜部であることも示唆されている<sup>3)</sup>。

終糸 (FT) の硬膜貫通部は、硬膜線維が非薄になるとともに神経根部と類似した構造的特徴を有する。したがっ



A MRM shows hyperintensities along multiple nerve root sleeves (small arrows) and extradural portion of filum terminale (large arrow).

B On MRM 3 months after epidural blood patch (EBP), the hyperintensities disappeared.

Fig. 1 MRM images of a 15-year-old man with post-traumatic CSF hypovolemia

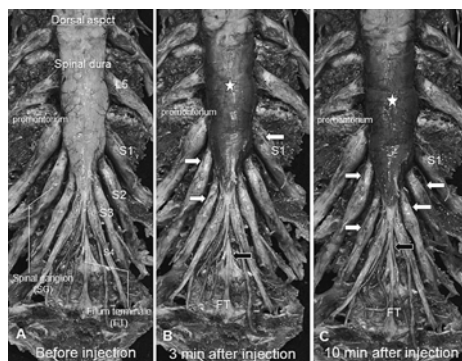


Fig. 2 Anatomical findings of the intrathecal injection of indigocarmine using a cadaveric specimen. Indigocarmine infiltrated into both spinal dura mater and meninges of spinal nerve roots (white arrows), but could not infiltrate into the extradural portion of filum terminale (FT) (black arrows).

て、外傷による機械的応力は各神経根のみならず FT の貫通部硬膜においても構成線維束が異常拡張して二次的な通液路が新たに形成される可能性は高い。一方、EDLS は頸髄部で特に発達を呈するが仙髄膜部では著しく発達が悪いため、CSF が EFT 関連通液路を介して大量に逸脱した場合、EFT では仙髄所属 EDLS への生理的吸収能が本来低いことに起因して同部において逸脱した CSF が比較的長期に貯留・滞留する原因となる。

### 結 語

臨床で仙椎部 MRM で観察される画像変化は、PLC を介した積極的な EDLS への CSF 側副吸収を示した現象とは判断できなかった。仙髄部 MRM で観察された異常な CSF 検出像は、側副吸収の遅延に起因した CSF 貯留像と考えられた。

## Anatomical consideration of the cerebrospinal fluid (CSF) leak pathways of post-traumatic CSF hypovolemia with special reference to observation of MR myelographic findings

Akihiro TAKAHASHI<sup>1</sup>, Masahiro MIURA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Neurosurgery, Higashi-Sapporo Neurology and Neurosurgery Clinic

<sup>2</sup>Department of Human Anatomy, Faculty of Medicine, Oita University

We performed MR myelography (MRM) in a patient with post-traumatic cerebrospinal fluid (CSF) hypovolemia before lumbar puncture for RI cisternography and 3 months after autologous epidural blood patch (EBP) administration. In 33% of patients, MRM after EBP showed disappearance of hyperintensities along the extradural portion of the filum terminale and/or spinal nerve root sleeves in the sacral meninges. CSF flow channel was investigated by injecting indigocarmine solution into the subarachnoid space in three cadavers. Indigocarmine infiltrated into both spinal dura mater and meninges of spinal nerve roots, but did not infiltrate into the extradural portion of filum terminale. The epidural lymphatic system (EDLS) was analyzed in the lumbo-sacral nerve roots using an enzyme-histochemical method (5-nucleotidase-alkalinphosphatase double staining). The EDLS in the lumbo-sacral spinal region are poorly developed compared with those in the cervico-thoracic region.

These findings and our previous studies suggest the following: 1) Mechanical stress due to trauma extends the collagen fibers of spinal dura mater beyond physiological range, where spinal nerves and the filum terminale transit from the intradural to the limited epidural portion; 2) As a result CSF seeps; 3) The CSF is absorbed well in the cervico-thoracic region by EDLS, but poorly in the lumbo-sacral region; 4) Hyperintensities on MRM may reflect the remaining CSF which are not absorbed by the EDLS.

**Key words:** cerebrospinal leaks, cerebrospinal hypovolemia, filum terminale, MR myelography, epidural lymphatic system

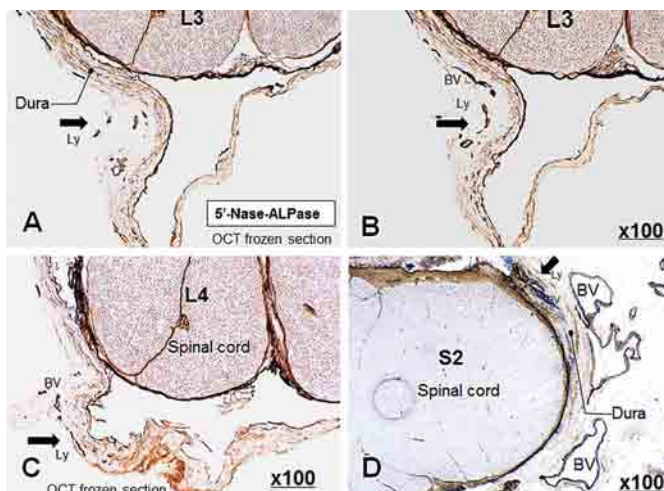


Fig. 3 Light micrograph of cryostat sections (A, B, C) of the spinal nerve roots (L3, L4, S2) stained with 5'-Nase (Ly)-AL-Pase (BV) double staining. Arrows indicate 5'-Nase-positive lymphatic vessels (Ly), which are poorly developed compared with those at the cervical spinal region.

### 文 献

- 1) 高橋明弘. 2013. 外傷後脳脊髄液減少症の MR ミエログラフィー. 日本頭痛学会誌 40: 97-102
- 2) Tarlov IM. 1938. Structure of filum terminale. Arch Neurol Psychiatry 40: 1-17
- 3) 三浦真弘, 米村 豊. 2010. 脳脊髄液減少症にともなう髄液漏出の発生機序と脊髄硬膜外リンパ管系との形態学的関係について—Epidural Blood Patch 療法の有効性検証も含めて. リンパ学 33: 2-11