

原著

脊髓空洞症のMRI

Magnetic Resonance Imaging of syringomyelia

板橋 孝 (千葉大学放射線医学教室)

清水 耕 (同上)

湯山 琢夫 (同上)

有水 昇 (同上)

磯辺啓二郎 (千葉大学整形外科学教室)

新井貞男 (国立療養所千葉東病院)

守田文範 (千葉大学中央放射線部)

植松貞夫 (同上)

鈴木宏和 (東芝那須工場CT技術部)

朝比奈清敬 (同上)

Takashi ITABASHI

(Dep. of Radiology, Chiba Univ. School of Med.)

Kou SHIMIZU

(same as above)

Takuo YUYAMA

(same as above)

Noboru ARIMIZU

(same as above)

Keijirou ISOBE

(Dep. of Orthopaedics, Chiba Univ. School of Med.)

Sadao ARAI

(Dep. of Orthopaedics, Chiba-Higashi Hosp.)

Humio MORITA

(Dep. of Radiology, Chiba Univ. Hosp.)

Sadao UEMATSU

(same as above)

Hirokazu SUZUKI

(TOSHIBA Co. Ltd. CT Systems Eng. NASU Works)

Kiyotaka ASAHINA

(same as above)

キーワード

MRI, syringomyelia, CSF flow-void sign, delayed CTM, cine mode display, field echo signal

要旨

Forty-five patients with syringomyelia were studied with MR imaging. They were classified into four groups. Twenty-one patients were associated with Chiari malformation, and eight with intramedullary tumors. Nine patients had idiopathic syringomyelia, and seven had posttraumatic syringomyelia. Thirty-three of them were also studied with delayed CT myelography (DCTM). The results of DCTM had a good correlation with those of MR imaging except for five cases who did not show positive contrast accumula-

tion in the cord.

Fluid pulsation in the syrinx was shown with long-TR, long-TE pulse sequences as an area of signal void within the cord. These signs of signal void were visualized on sixteen out of twenty-one Chiari malformation associated cases, on four of nine idiopathic cases, on two of seven posttraumatic cases, and on none of eight tumor-associated cases.

Cardiac gated multi-phase imaging was applied and reviewed on the cinemode display, and effects of CSF pulsatile motion were discussed. This technique clearly showed the fine changes of signal intensities from systolic phase to diastolic phase, and was expected to play a significant role on the investigation of CSF motion in syringomyelia.

I はじめに

脊髄空洞症は脊髄内に空洞性病変をきたす慢性疾患であり、臨床神経学的には解離性知覚障害、宙吊り型知覚障害、上肢の髄節性運動麻痺・筋萎縮、あるいは四肢腱反射の異常などが特徴的所見とされている。症状の進行は一般に緩慢であり、数年にわたり増悪をみないこともある。しかし中には短期間に急速な症状の進行をみる症例も存在する。また、症状が出現してから長期間を経過した例では治療の効果も多くは期待できない。こうしたことから、可及的早期に正確な診断を下し的確な治療を行うことが重要である。

従来用いられてきた検査法はその多くが侵襲的手技によるものであるため、前述のような特徴的とされる症状の幾つかを備えた症例に対してのみ検査が行われてきた。しかし、近年の MRI をはじめとする画像診断技術の向上に伴い、非侵襲的に外来レベルでの診断も可能となってきた。また他疾患の検査中偶然に発見される症例もみられ、これまで特徴的とされてきた所見を欠く症例も少なくないことが明らかとなってきた。

我々は脊髄空洞症の MRI 所見について検討を加え、一部の症例については、現在広く用いら

れている delayed CT myelography (以下 DCTM) による診断との比較を行った。また、心拍同期による多相相撮像をおこない得られた画像をシネ表示することにより、クモ膜下腔の CSF および空洞内容液の動きを描出することを試みた。

II 対象と方法

1. 対象症例

昭和 59 年 6 月より昭和 62 年 10 月までに千葉大学整形外科を受診し脊髄病変を疑われ、DCTM あるいは MRI にて画像診断上脊髄空洞症と診断された 45 例を検討した。このうち 4 例については手術前後の MRI の比較が可能であった。45 例中 DCTM が施行されたのは 33 例である。性別は男性 25 例、女性 20 例で、年齢は 7 歳から 73 歳まで平均 33.9 歳であった。症例の内訳は Chiari 奇形合併 21 例、特発性 9 例、脊髄腫瘍合併 8 例、外傷後 7 例である。分類に際しては、MRI にて大孔線を越えて小脳扁桃が下垂している症例を Chiari 奇形とした¹⁾。また、頭頸移行部の解剖学的異常や外傷の既往がなく、脊髄腫瘍の合併が証明されない症例を特発性としてまとめた。脊髄腫瘍は全例髄内腫瘍であり、7 例は手術によって組織型の確認が得られている。1 例は臨床症状が軽微なため外科的治療を

受付年月日 昭和63年1月7日

別刷請求先 (〒280)千葉市玄鼻1-8-1 千葉大学医学部附属病院放射線科 板橋 孝

表 1

	症例	脊柱側彎 Cobb角		神経学的異常		空洞症の診断能		CSF flow-void sign	
		≥15°	<15°	自覚的に明らかな障害	他覚所見にて軽い障害	MRI	delayed-CTM	陽性	陰性
Chiari 奇形合併	21	13	8	13	8	21/21	13/16	16	0
特発性	9	5	4	6	3	8/9	7/7	4	2
脊髄腫瘍合併	8	0	8	8	0	8/8	6/8	0	8
外傷後	7	0	7	7	0	7/7	2/2	2	5

見合わせており、他の画像診断も併せて髄内腫瘍と診断した。

症例の臨床所見についてみると、Chiari 奇形合併と特発性を合わせた 30 例中 18 例に Cobb 角で 15°以上の脊柱側彎がみられた。これらのなかには、いわゆる神経疾患に伴う側彎症のカーブパターンをとらず、単純 X 線像からは特発性側彎症との鑑別が困難な症例も少なくない。また神経学的にも自覚的にはほとんど異常を認めない症例が 11 例あり、これらは注意深い検査によって身体のごく一部に軽度の知覚障害がみられたり、四肢深部腱反射に異常が見い出されるといった軽度の障害を有するにすぎなかった(表 1)。

49 例中空洞病変の比較的大きな 11 例(外傷後 1 例, Chiari 奇形合併 10 例)と、対照として健康成人 5 例に対して cine MRI による髄液動態の観察を試みた。

2. 方法

通常 MRI 撮像に用いた機種は、静磁場強度 0.5 Tesla 超電導型 Picker 社製 Vista MR である。撮像にはスピンエコー法を用い T 1 強調画像として繰り返し時間(TR), エコー時間(TE)の共に短いパルス系列 (TR=300~500 msec, TE=24~40 msec, 以下 300~500/24~40 と略す) を、T 2 強調画像として両者が共に長い (1500~3000/60~80) パルス系列を使用した。スライス厚は 10 mm, 画像収集マトリクスは T

1 強調 SE 法で 256×256, T 2 強調 SE 法で 128×128 とし、画像加算はそれぞれ 4 回及び 2 回とした。なお一部の症例を除いては表面コイルを使用せず、全身用コイルにて撮像を行った。MRI による脊髄空洞症の診断には、T 1 強調 SE 法の正中位矢状断像にて、脊髄内に長軸方向に広がる低輝度領域の存在を基準とした。

心拍同期による多時相撮像に際しては東芝 MRI センターの協力を頂き、静磁場強度 1.5 Tesla 超電導型東芝製 MRT-200 を使用した。撮像にはフィールドエコー法 (50~70/14) を用い、頭頸部用コイルにて頭頸移行部から頸部部にかけての観察を行った。スライス厚は 10 mm, 画像収集マトリクスは 128×128, 画像加算は 4 回とした。心拍同期には心電図上の R 波を trigger としてデータ収集を行った。

DCTM に用いた X 線 CT は GE 社製 CT-T 9800, 及び CT-T 8800 である。造影剤のクモ膜下腔注入から 24 時間後までに複数回、原則として注入直後と 6 時間後, 24 時間後の 3 回撮影を行い、そのいずれかで脊髄内への造影剤集積のあるものを脊髄空洞症と診断した。

III 結果

1. 脊髄腫瘍非合併例の脊髄空洞症

Chiari 奇形合併, 特発性, 外傷後の症例における T 1 強調 SE 像では、空洞内は低輝度に描

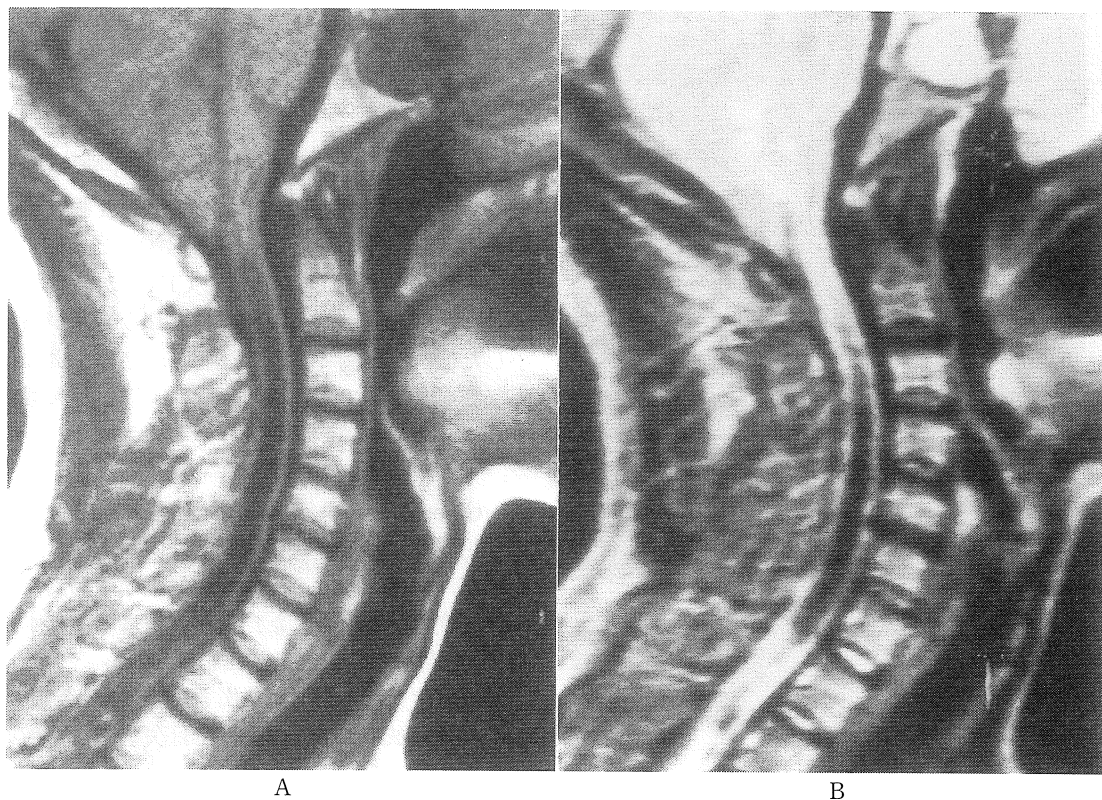


図1 Chiari type I 奇形合併例

- A. SE(400/40) 下垂した小脳扁桃と境界明瞭な空洞病変を認める。
- B. SE(2000/80) 空洞内は低輝度を呈しCFVS陽性である。

出され脊髄組織とのコントラストは良好であり、その境界も明瞭であった(図1)。矢状断像にて空洞の長軸方向への広がり容易に診断可能であったが、側彎症を有する症例においては横断像の追加が必要であった。このうち空洞と第4脳室の連続性が示されたのは Chiari 奇形を合併した1例のみであった(図2)。Chiari 奇形を合併する症例では病変が脊髄のほぼ全長にわたる例が多くみられ、その上端が第2頸椎歯状突起基部付近に存在する症例が14例と過半数を占めた。これに対し特発性の症例では比較的限局した高位に病変を認めた。外傷後の症例では損傷

高位を越えて空洞が広い範囲に存在した症例が2例みられたが、他の5例は1~2髄節に限局した低輝度領域として描出された。また中心性頸髄損傷と診断された2例では、C3/4椎間板高位に脊髄腫大を伴わない低輝度領域が認められた。

2. 脊髄腫瘍合併例の脊髄空洞症

脊髄腫瘍を合併した症例のT1強調SE像では周囲の脊髄組織との境界が明瞭であったのは2例のみで、他の6例は腫大した脊髄内の斑状の低輝度領域として描出され、その境界は不明瞭であった。また8例中4例に延髄空洞症がみ



図2 Chiari type I 奇形合併例。

SE(400/40)拡大した第IV脳室，下垂した小脳扁桃および第IV脳室に連続する空洞病変を認める。

られ，これらはいずれも延髄部が棍棒状に第4脳室を突き上げるような形態を呈していた。

3. 脳脊髄液拍動が及ぼす影響

T 2 強調 SE 像では，空洞内容液が動くことによる信号減弱(CSF flow-void sign 以下 CFVS)を生じるため，矢状断像にて，T 1 強調 SE 像で認められた低輝度領域より狭い範囲での低輝度領域として描出される症例が多い。こうした所見は，脊髄腫瘍合併例を除き，T 1 強調 SE 像で確認された空洞の存在高位が多髄節に及び，その横径が広い症例の全例に認められた。しかし空洞病変が比較的小さい症例ではこのような所見は認められず，T 2 強調 SE 像では脊髄組織と病変との鑑別は困難であった。これに対し脊髄腫瘍合併例では，T 1 強調 SE 像でみられる低輝

度領域が広い範囲に及んでいる症例においても，腫大した脊髄全体が高輝度に描出され，腫瘍組織，あるいは脊髄と空洞病変との鑑別は不可能であった(表1)。

手術前後の MRI 像の比較が可能であった4例をみると，T 1 強調 SE では，術後低輝度領域が縮小し空洞が萎縮したことが確認された。T 2 強調 SE 像では，術前みられた CFVS が術後消失した症例が2例，CFVS のみられる範囲が縮小した症例が1例であった(図3)。他の1例は脊髄腫瘍合併例であり，術前より CFVS が観察されず，術後も同様に CFVS は観察されなかった。

4. Cine MRI による脳脊髄液拍動の描出

心拍同期による多時相撮像では中脳水道，第4脳室，大槽，頸髄クモ膜下腔および空洞内の輝度の変化が観察された。矢状断像にて中脳水道は，心電図上の R 波より 200~400 msec の時点で低輝度となり，これに引き続いて第4脳室内の輝度が低下する。頸髄部では矢状断像と横断像を観察した。いずれの断面においても，上位頸髄部においては脊髄に接した部位の前方・後方クモ膜下腔の，下位頸髄部においては前方クモ膜下腔の輝度変化が著明であり，R 波より 200~400 msec の時点で低輝度となることが観察された。これに対し空洞内の輝度変化は矢状断，冠状断では明らかではないが，空洞を囲む脊髄が拍動性に収縮を繰り返しているのが観察された。横断像の観察では，空洞内の輝度変化はクモ膜下腔とほぼ同時に出現し，TR=50 msec の撮像では時相の差を示し得なかった(図4)。

IV 考按

脊椎・脊髄領域における MRI の応用については多くの報告があり，脊髄空洞症に関しても高い有用性が認められている²⁾³⁾。特に頭頸移行部の解剖学的異常や空洞の長軸方向への広がり

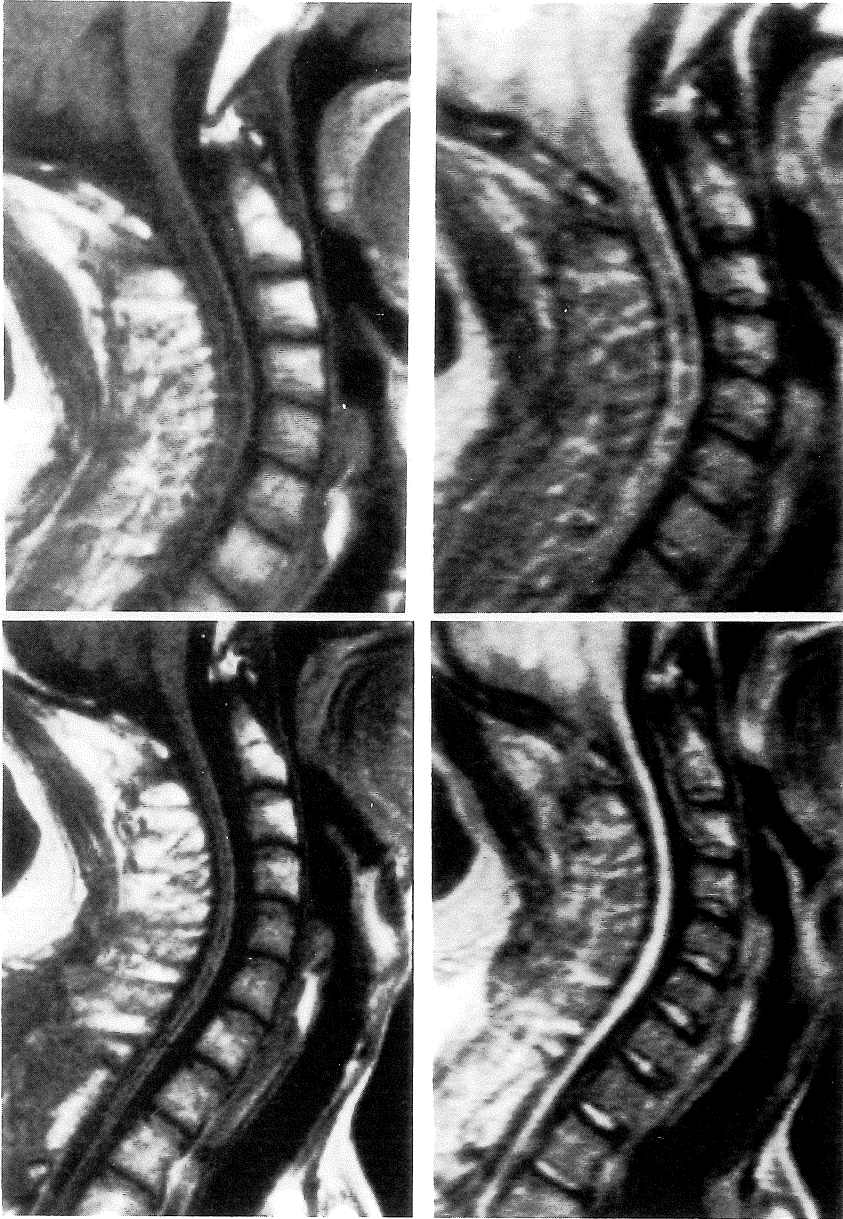
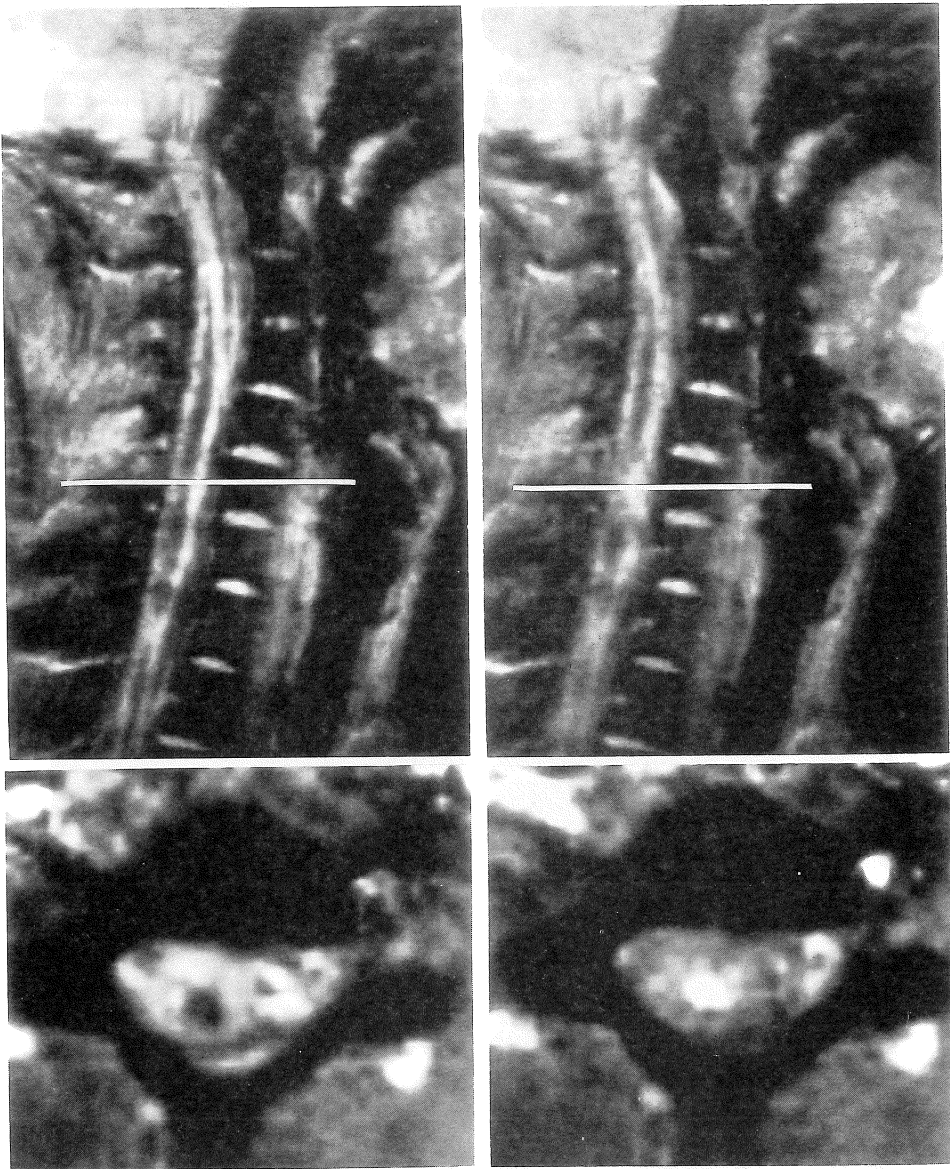


図3 特発性例

A	B
C	D

- A. SE(400/40)術前, 小脳扁桃は正常位にありC 2以下の空洞病変がみられる。
- B. SE(1500/80)術前, CFVS陽性である。
- C. SE(400/40)術後, 空洞の萎縮縮小が明らかである。
- D. SE(1500/80)術後, 脊髄は高輝度に描出されCFVSは陰性である。



A	B
C	D

図4 Chiari type I 奇形合併例

FE(60/14) flip angle 30°

A.C. R波より254msec. C 6 高位横断像にて空洞内、クモ膜下腔は低輝度を呈する。

B.D. R波より794msec. C 6 高位にて空洞は不連続に描出され、同高位の横断像では空洞内は高輝度を呈する。

容易に診断可能である利点は大きい。今回の検討においても MRI による脊髄空洞症の診断能は高く、現在まで多用されてきた DCTM にて診断可能であった症例は、1 例を除き全例 MRI によっても診断可能であった。MRI で診断不能であった 1 例は、脊髄に萎縮があり、DCTM にて扁平な小さい空洞があると診断された症例である。我々の施設では 10 mm のスライス厚で撮像を行っていることから、partial volume effect の影響が大きいことがその原因として考えられた。また矢状断像では単一の空洞として描出されたものが、横断像の観察にて複数の空洞が同一高位に存在することが示された症例もあり、正確な診断、特に手術治療の決定に当たっては横断像の撮像も併せて必要であると思われた。

一方 MRI により空洞症と診断され、DCTM では空洞を指摘されなかった症例は 33 例中 5 例である。これに関しては用いた造影剤の量、濃度およびクモ膜下腔への造影剤注入から撮影までの時間等様々な条件が関与しているため、診断率向上のための単純な方策は立てがたい。特に脊髄腫瘍合併例では、腫瘍の上下に存在した空洞をそれぞれ 1 個とすると 14 個の空洞があり、造影されたのはこのうち 9 個のみとなり、その診断能は MRI に比べ低いと言わざるを得ない。また腫瘍と空洞との境界の判断も DCTM では困難である。これに対して我々の経験では、MRI に Gd-DTPA による造影を併用することにより腫瘍部分を明瞭に区別することが可能であった⁴⁾。

画像診断により脊髄空洞症と診断された 45 例中、外科的治療がなされたのは 20 例で、このうち術中に空洞に対する処置が行われた 19 例全例に空洞の存在が確認された。以上の結果より判断すると MRI、DCTM の脊髄空洞症に対する診断特異性は高いと言える。しかし我々の施設では、画像上示された空洞病変が比較的大きく、臨床症状の明らかな症例にのみ外科的治療を選択しており、小さな空洞病変の診断特異性に関

しては不明と言わざるを得ない。

脊髄空洞症において脊髄腫瘍の合併を示唆する MRI 所見としては、T 1 強調 SE 像における延髄部の膨大を伴う延髄空洞症、腫大した脊髄内の境界不明瞭な斑状の低輝度領域の存在、および T 2 強調 SE 像にて CFVS がみられないことなどが挙げられる。以上のような所見が得られた場合には、積極的に腫瘍の合併を疑い検査を進める必要がある。しかしこのような所見を示さない症例においても、腫瘍の合併を否定することはできない。延髄空洞症の所見は空洞内の圧がクモ膜下腔の圧よりも高く、クモ膜下腔との交通性を持たないことを示していると考えられた。また髄内腫瘍においては腫瘍自体が液体を産生している可能性があり⁵⁾、腫瘍により静脈還流が障害されることから脊髄内に浮腫状態をきたし、そのため空洞の境界が不明瞭となり CFVS もみられないと考えられる。つまり T 1 強調 SE 像でみられる斑状の低輝度領域は空洞以外の浮腫等の病変をとにも描出している可能性がある。現段階において、CFVS がみられない原因としては他に、空洞内の圧が高く緊満している、あるいは腫瘍によるクモ膜下腔のブロックが高度なため脳脊髄液の pulsation が伝わらないことなどが推察される。

空洞内の CFVS は、脊髄腫瘍合併例を除き、T 2 強調 SE 像の検討が可能であった 29 例中 22 例に認められた。CFVS が陰性であった 7 例はいずれも空洞の長軸方向への広がり、あるいは横径が小さい症例であった。我々の施設のように 2 DFT を用いたスピンエコー法における、flow-void をはじめとする motion artifact の原因としては 1) temporal phase shift effect (以下 TPSE)、2) spatial phase shift effect (以下 SPSE)、3) time-of-flight effect (以下 TOFE) 等が指摘されている⁶⁾。スライス面内におけるスピンの動きは TPSE、SPSE の影響を受けるが、スライス面に直交するスピンの動きは 1) ~ 3)

のすべての影響を受ける。我々は矢状断面における T 2 強調 SE 像で、TPSE による影響を減弱する目的で心拍同期による撮像を試みた。その結果、心電図上の R 波から 250 msec の収縮期同期の像では空洞内はより低輝度となり、CFVS のみられる範囲は心拍同期を用いない像よりも広く描出された。これは boundary layer phase dispersion の影響を強く受けているものと考えられた。しかし R 波から 600-700 msec の拡張期に同期させた像では画像上の変化はみられなかった。そこで、心拍同期にさらに symmetric echo trains (TE : 30, 60, 90 msec) によるマルチエコーを組み合わせ、SPSE による影響、および呼吸に同期した動きによる影響の軽減を試みたが、空洞内においては even echo rephasing の効果は充分には認められなかった。以上より、脊髄空洞症の空洞内容液の動きには、クモ膜下腔の CSF の動きに比べ turbulence の要素が多いことが推察された。

クモ膜下腔の CSF および空洞内容液の心拍に同期した動きをさらに詳しく解析する目的で、フィールドエコー法による cine MRI を撮像した。フィールドエコー法においても、スピンエコー法を用いた場合と同様 TPSE, SPSE による影響を受ける。しかし、スピンエコー法と異なり refocusing RF pulse を必要としないため、TOFE のうち high-velocity signal loss は生じない。得られた画像における心拍に同期した信号強度の変化は、用いた TE が 14 msec と短いこと、およびスライス厚が 10 mm であることから、TPSE による影響よりもむしろ SPSE による影響を強く受けた像と判断した。空洞内の輝度変化は空洞の全体に生じるものと一部に生じるものが存在したが、このように輝度変化が空洞内の一部にみられた症例は、現状の MRI では描出困難な薄い隔壁が存在する可能性も否定できない。Cine MRI にて示されたこうした内容液の動きの左右差と、症状の左右差との相関に関

しては、未だ症例が少ないので明確な結論には至らなかった。

脊髄空洞症における空洞病変の発生原因に関しては、CSF、空洞内容液の動きに関係があることが推察されているが、未だ定説はない⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。また症状の発現に関しては、空洞の横径や長軸方向の広がり大きさとも無関係であり、空洞内の液体の動きが影響している可能性も考えられる。しかしこうした液体の動きに関しての情報は手術侵襲下、あるいは動物実験によるものがほとんどで、生理的条件下での情報を得ることは困難であった。今後 cine MRI をはじめとする各種撮像法の応用により、心拍に同期した液体の動きの解析が生理的条件下で可能になることが予想され、脊髄空洞症の研究に重要な情報をもたらすことが期待される。

結語

脊髄空洞症 45 例の MRI, DCTM を検討した。その結果、本症の診断における MRI の有用性は高く、特に脊髄腫瘍を合併した症例においては DCTM による診断を凌駕し、第一選択の検査といえる。また、フィールドエコー法による cine MRI を撮像し CSF、空洞内容液の動きを観察した。これにより空洞内の液体が心拍に同期して、クモ膜下腔の CSF とほぼ同時に速い動きを形成していることが示された。今後 cine MRI の応用により、脊髄空洞症の病態解明が進むものと思われる。

文 献

- 1) 畑 雄一, 他: 磁気共鳴画像による Chiari 奇形の検討, NMR 医学, 5, No. 1 : 40-46, 1985.
- 2) K. Pojunas, et al.: Syringomyelia and hydromyelia, Radiology, 153 : 679-683, 1984.
- 3) B.C. Lee, et al.: MR imaging of syringomyelia and hydromyelia, AJR, 144 : 1149-1156, 1985.
- 4) 湯山琢夫, 板橋 孝, 他: 脊髄腫瘍の MRI 診断

- Gd-DTPA の造影効果について, 日本医放会誌, (印刷中).
- 5) P.R.Cooper, et al.: Radical resection of intramedullary cord tumors in adults, *J. Neurosurg*, 63 : 492-499, 1985.
 - 6) D.R.Enzmann, et al.: CSF-gated MR imaging of the spine: Theory and clinical implementation, *Radiology*, 163 : 784-792, 1987.
 - 7) W.J.Gardner, et al.: Hydrodynamic mechanism of syringomyelia, *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* 28 : 247-259, 1965.
 - 8) B. Williams, et al.: Current concepts in syringomyelia, *Br.J. Hosp. Med.* 4 : 331-342, 1970.
 - 9) B. Williams, et al.: The distending force in the production of "communicating syringomyelia", *Lancet* 2 : 189-193, 1969.
 - 10) M.J.Ball, et al.: Pathogenesis of syringomyelia, *Lancet* 2 : 799-801, 1972.