

①

主論文

頸髄症のシネ MRI

浮田 泰孝¹⁾

中部日本整形外科災害外科学会雑誌 第36巻 第5号 別冊

平成5年9月1日発行

原 著

頸髄症のシネ MRI

浮 田 泰 孝¹⁾

(受付:平成5年5月27日, 受理:平成5年6月29日)

要 約

シネ MRI を用いた新しい動的画像診断法により頸髄症46例の術前術後を評価し, 脳脊髄液流無信号領域(以下 CSF flow void) を5つのタイプに分類した。

頸髄症の術前46例全例に, 正常の CSF flow void が認められなかったが, 脊髄除圧後全例に CSF flow void が認められ, 全例心電図上の R 波から150~300 msec の心収縮期であった。

術後の CSF flow void のタイプは, 手術方法, 疾患および術後の頸椎アライメントとの関連が認められた。また, 術後の CSF flow void のタイプと術後成績との関係では, posterior type が最も良く, anteroposterior type が最も悪く, それらの間に有意差を認めた。

本法は脊髄への圧迫の程度をよりの確にかつ動的に表現した新しい方法であり, また非侵襲的な検査であるので術後の除圧効果の評価法として有用である。

緒 言

脊髄クモ膜下腔の脳脊髄液(以下 CSF)には, 心拍動に同期した拍動流が存在することが諸家により報告されており^{1)5)~8)10)12)}, その定量化も最近なされている。その拍動流のため頸部 MRI においてさまざまなアーチファクトが生じるが, 拍動流の影響で CSF の信号強度が無信号となる CSF flow void 現象は脊髄クモ膜下腔の通過性について有用な情報を提供する。

本研究では, シネ MRI により CSF の流れを画像化し, これを用いて慢性頸髄圧迫病変における術前,

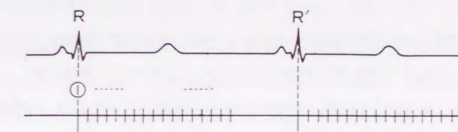
術後の CSF flow void (以下 flow void) をタイプ分類し, 新しい動的画像診断法としての本法の有用性を検討した。

表 1 対 象

頸髄症および頸椎症 (n=98)	男性75例 女性23例	年齢 平均 53.7歳
健 常 人 (n=10)	男性 8 例 女性 2 例	年齢 平均 26.3歳

表 2 手術施行例 (n=46)

性 別	男性 37例	女性 9例
年 齢	42~77歳	平均58.9歳
疾 患	頸椎症性脊髄症	31例
	頸椎後縦靭帯骨化症	15例
手術方法	脊柱管拡大術	35例
	前方固定術	11例



心電図同期を行い, R 波をトリガーとする R-R 間隔を13-17等分し, マルチスキャンを施行 この13-17画像をコマ送りしてシネ画像を作成

図 1 心電図同期法によるシネ MRI

Cine MRI of patients with cervical myelopathy: Yasutaka UKITA (Department of Orthopaedic Surgery, Okayama University Medical School)

1) 岡山大学医学部整形外科学教室

Key words: Cervical myelopathy, Magnetic resonance imaging, Cerebrospinal fluid

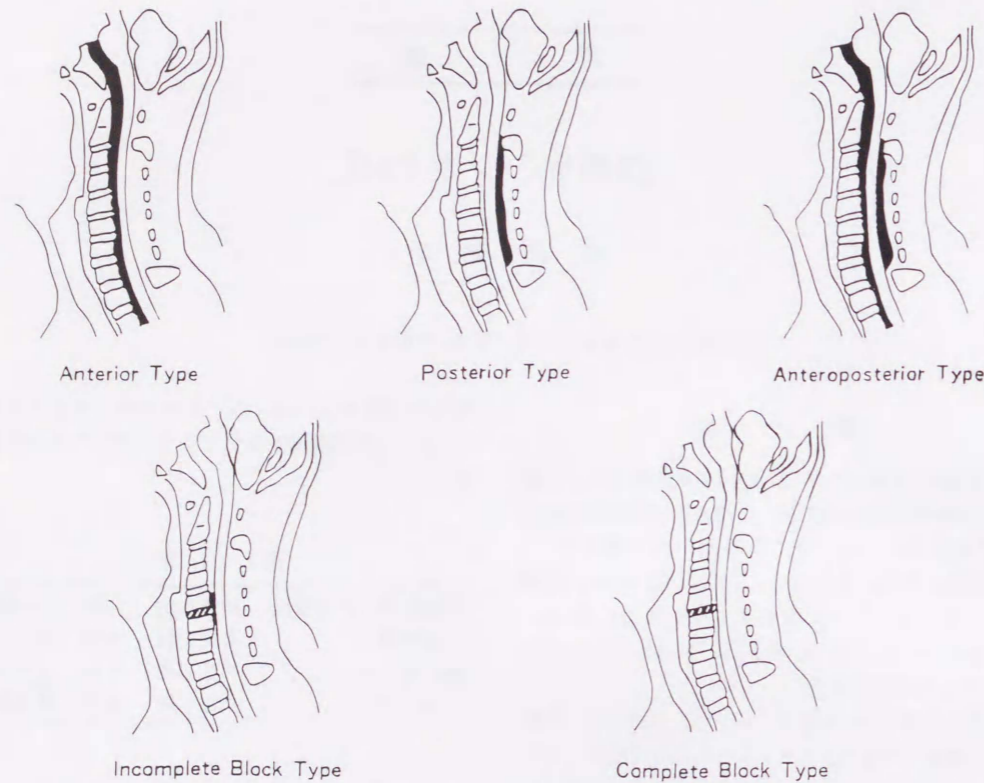


図 2 CSF flow void のタイプ分類

対象および方法

対象は平成 2 年 2 月以降当科および関連病院を受診した頸髄症および頸椎症の 98 例 (男 75 例, 女 23 例, 年齢 17 歳~83 歳, 平均 53.7 歳) と健康人 10 例 (男 8 例, 女 2 例, 年齢 21 歳~39 歳, 平均 26.3 歳) である (表 1).

頸髄症のうち手術を施行したのは 46 例 (頸椎症性脊髄症 31 例, 頸椎後縦靭帯骨化症 15 例) で, 男 37 例, 女 9 例, 年齢は 42 歳~77 歳 (平均 58.9 歳) である. 手術方法は脊柱管拡大術 (平林法) 35 例, 前方固定術 (Smith-Robinson 法) 11 例である (表 2).

使用した MRI 装置は YMS 社製, RESONA (0.5 T) 超伝導型装置で, 撮像断面は頸椎の正中矢状断面とした. 被検者の頸椎を専用器具にて中間位に固定して, SE 法による T1 強調画像 (TE25 msec, TR400 msec), および gradient field echo 法 (GRASS 法) による T2* 強調画像のシネ MRI (TE 20 msec, TR 50~60 msec, flip angle 20°, matrix 128×256, FOV 25

cm, NEX 4~6) を撮像した.

シネ MRI は心電図に同期させ, R 波をトリガーとして R-R 間隔を 13~17 等分して, マルチスキャンを施行し, これらをコマ送りしてシネ画像を作成した (図 1).

また, flow void を出現部位, 程度により 5 つのタイプに分類し, anterior type (flow void が主として前方クモ膜下腔に認められるもの), posterior type (flow void が主として後方クモ膜下腔に認められるもの), anteroposterior type (flow void が前方および後方クモ膜下腔に認められるもの), incomplete block type (flow void がブロックの上下に限局的に出現するもの), complete block type (flow void が認められないもの) とした (図 2).

主に, 手術を施行した 46 例について, 術前, 術後の flow void のタイプと手術方法, 疾患, 術後の頸椎アライメントおよび日本整形外科学会頸部脊椎症性脊髄症治療成績判定基準 (以下 JOA score) との関係について検討した.

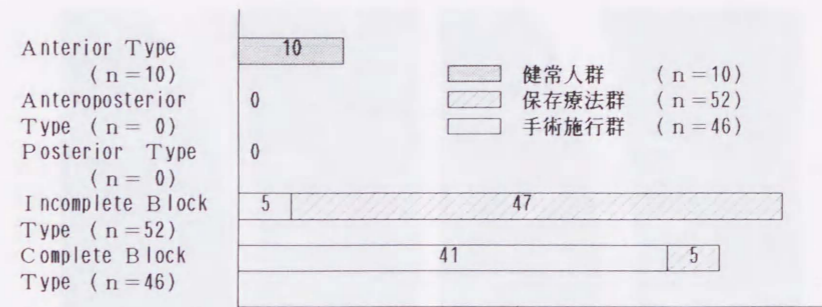


図 3 健康人群, 保存療法群および手術施行群の術前の CSF flow void のタイプ分類

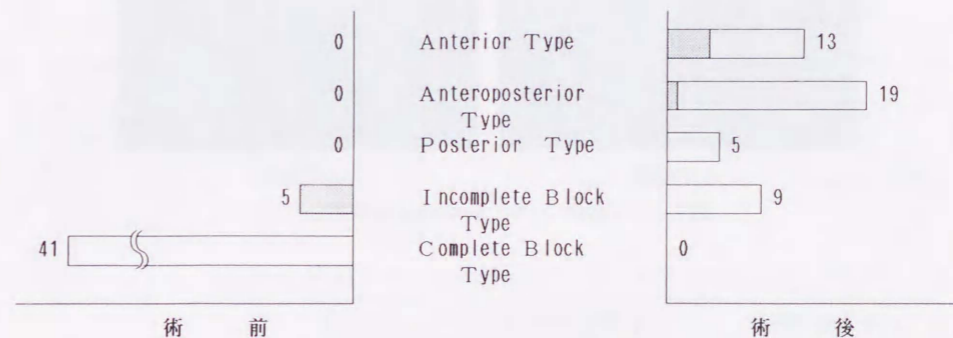


図 4 手術施行群の術前, 術後の CSF flow void のタイプ分類

結 果

健康人群 10 例はすべて anterior type であった. 保存療法群 52 例中, 47 例が incomplete block type, 5 例が complete block type であった. 手術療法群 46 例の術前の flow void のタイプは, 5 例が incomplete block type, 41 例が complete block type であった (図 3).

手術療法群 46 例の術後の flow void のタイプは, anterior type 13 例, anteroposterior type 19 例, posterior type 5 例, incomplete block type 9 例であった (図 4).

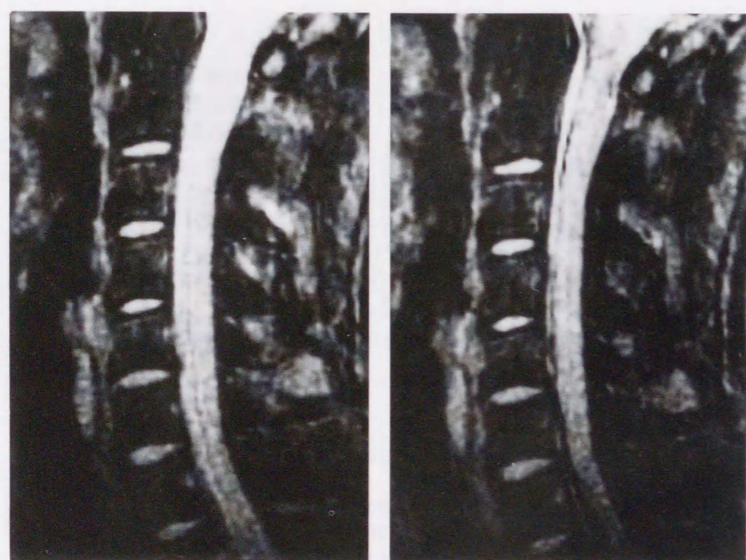
また, flow void はすべて心電図上の R 波から 150~300 msec の心収縮期であった (図 5).

手術方法別の術後の flow void のタイプは, 脊柱管拡大術 35 例では anterior type 8 例, anteroposterior type 18 例, posterior type 5 例, incomplete block type 4 例であった. 一方, 前方固定術 11 例では anterior type 5 例, anteroposterior type 1 例, incomplete block type 5 例であった (図 6).

疾患別の術後の flow void のタイプは, 頸椎症性脊髄症 31 例では anterior type 11 例, anteroposterior type 11 例, incomplete block type 9 例であった. 一方, 頸椎後縦靭帯骨化症 15 例では anterior type 2 例, anteroposterior type 8 例, posterior type 5 例であった (図 7).

術後の頸椎アライメントを前弯型と直線型あるいは後弯型の 2 群に分けて術後の flow void のタイプをみると, 前弯型 28 例では anterior type 10 例, anteroposterior type 12 例, posterior type 1 例, incomplete block type 5 例であった. 一方, 直線型あるいは後弯型 18 例では, anterior type 3 例, anteroposterior type 7 例, posterior type 4 例, incomplete block type 4 例であった (図 8).

術前の flow void のタイプと術前, 術後の JOA score および平林法による改善率との関係を見ると, incomplete block type の術前点数は平均 10.2±3.0 点, 術後点数は平均 14.4±1.7 点, 平林法による改善率は平均 65.6±20.2% であった. 一方, complete block type の術前点数は平均 10.0±2.8 点, 術後点数は平均



心拡張期 心収縮期
図5 心収縮期にCSF flow voidが認められる

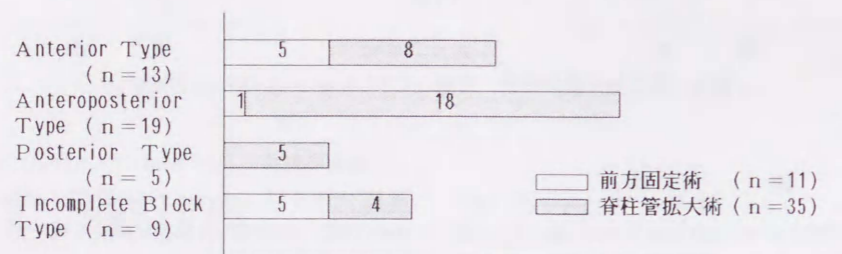


図6 手術方法と術後のCSF flow voidのタイプ

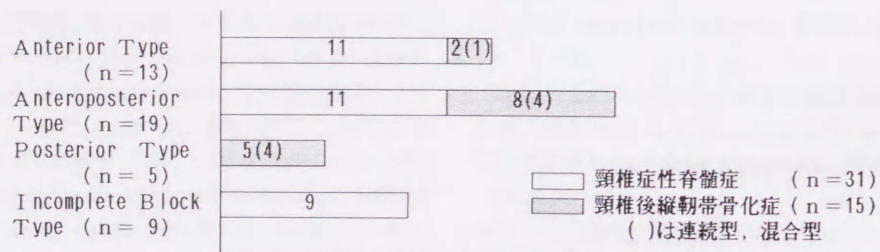


図7 疾患と術後のCSF flow voidのタイプ

14.0±2.5点, 平林法による改善率は平均60.5±23.2%であり, すべてにおいて incomplete block typeが complete block typeよりやや良かったが, 有意差を認めなかった(表3).

術後の flow voidのタイプと術前, 術後の JOA score および平林法による改善率との関係を見ると, anterior typeの術前点数は平均10.2±3.3点, 術後点数は平均14.3±2.1点, 平林法による改善率は平均

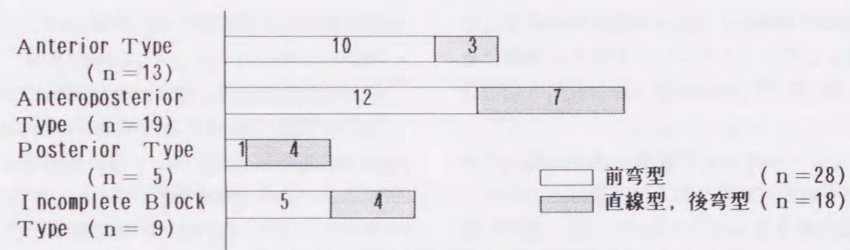


図8 術後の頸椎アライメントと術後のCSF flow voidのタイプ

表3 術前のCSF flow voidのタイプとJOA score

Flow Void Type (n)	術前点数 (点)	術後点数 (点)	改善率(平林法) (%)
Incomplete Block Type (n=5)	10.2±3.0	14.4±1.7	65.6±20.2
Complete Block Type (n=41)	10.0±2.8	14.0±2.5	60.5±23.2

mean±S. D.

表4 術後のCSF flow voidのタイプとJOA score

Flow Void Type (n)	術前点数 (点)	術後点数 (点)	改善率(平林法) (%)
Anterior Type (n=13)	10.2±3.3	14.3±2.1	64.0±21.7
Anteroposterior Type (n=19)	9.6±3.0	13.2±2.5	51.0±22.7
Posterior Type (n=5)	11.0±2.0	15.4±1.3	75.8±16.1
Incomplete Block Type (n=9)	10.1±2.5	14.6±2.9	69.7±21.3

*p<0.02 **p<0.03 mean±S. D.

64.0±21.7%であり, anteroposterior typeの術前点数は平均9.6±3.0点, 術後点数は平均13.2±2.5点, 平林法による改善率は平均51.0±22.7%であり, posterior typeの術前点数は平均11.0±2.0点, 術後点数は平均15.4±1.3点, 平林法による改善率は平均75.8±16.1%であり, incomplete block typeの術前点数は平均10.1±2.5点, 術後点数は平均14.6±2.9点, 平林法による改善率は平均69.7±21.3%であった。したがって, 術後点数および平林法による改善率において, 最も良かった posterior typeと最も悪かった anteroposterior typeとの間に有意差を認めたが, 他のタイプの間には有意差を認めなかった(表4)。

考 察

1. CSF flow voidの成因について

人のCSFは総量約150mlで, 脳室系に約120ml, クモ膜下腔に約30ml分布し, 1日の生産量は約450~500mlといわれている。この産生から吸収までのCSFの流れは緩慢であり, MRI画像への影響は少ないと考えられる⁸⁾⁹⁾。一方, CSFには心電図と同期した比較的急速な拍動流があり, 人の頸椎前方クモ膜下腔では, 心収縮期には尾側方向へ, 心拡張期には緩やかに頭側方向へ移動している¹⁾⁵⁾⁻⁸⁾¹⁰⁾¹²⁾。これは主として, 心収縮期に脳全体の体積の増加と脳自身の上下動により, 脳室系にあるCSFが圧出されたために起

こると考えられている⁷⁾。これは頸髄自体の動きとともに頸部 MRI でのアーチファクトの主たる原因である^{12)~15)}が、本法ではこの拍動流を逆に利用し画像化している。

MRI は流れに対して極めて敏感であり、流れのあるところは信号強度が増強されたり減弱されたりする。一般に、位相回復を行ったシネ MRI では、速度勾配が大きな部分および非定常的な流れの部分は、無信号 (signal void) として描出される。Flow void の主な成因は、ボクセル内の速度勾配の差によって引き起こされる位相分散 (phase dispersion) あるいは乱流による位相分散 (turbulent phase dispersion) によると考えられる^{2)~4)}。ただ、flow void のうち anterior type, anteroposterior type および posterior type は CSF が障害なくある程度の速度でクモ膜下腔という不規則な空間を拍動性に流れることによる位相分散の影響が大きいと考えられ、一方、incomplete block type は前方圧迫部付近に生じる CSF の乱流による位相分散の影響が大きいと考えられる。

2. CSF flow void の意義について

本研究において、健常人では全例に CSF の主な流路とされている前方クモ膜下腔に広範囲に flow void が観察されたが、頸髄症および頸椎症の患者ではその正常の flow void が観察されず、手術療法の 89% が flow void が全く認められない complete block type であった。これは、頸髄症および頸椎症の患者ではクモ膜下腔のブロックにより CSF の流れが減弱あるいは消失していることを意味していると考えられ、CSF の流れの停滞が脊髄症発症に関与していることを示唆している¹⁷⁾。また、flow void の有無が脊髄への圧迫の程度をより正確に表現していると考えられる¹⁹⁾。

3. シネ MRI の特徴について

本法を用いたシネ MRI の特徴として、1) 脊髄への圧迫を CSF の流れで動的に評価できる、すなわち通常の MRI の静止画像で同程度の圧迫に見えても CSF の流れに差があることがあり、その差がはっきりと画像上で確認できる、2) 非侵襲的な検査のためミエログラフィーと比較して適応が広く、術後の除圧効果の評価にも有用である、3) ミエログラフィーや CT ミエログラフィーよりもより細かな情報を得られる可能性があるなどの点があげられる。以上の点で、本法は術後のミエログラフィーの代用となる可能性があると考えている。実際には、後方除圧術後に前方圧迫要素を残した症状遺残例で、前方除圧術を追加する

か否かを判断する場合などに非常に有用であると考えられる¹⁹⁾。

4. 症状の重症度と flow void のタイプについて

症状が軽度であった保存療法群の 90% が incomplete block type であり、一方、手術療法群術前の 89% が complete block type であり、症状の重症度と flow void のタイプがかなりの相関を示していると考えられた。

5. 手術方法と術後の flow void のタイプについて

Flow void が後方クモ膜下腔に認められたものは、脊柱管拡大術 35 例中 23 例 (66%) で、前方固定術 11 例中 1 例 (9%) であり、後方除圧例の方が flow void が後方クモ膜下腔に出現しやすい傾向があった。これは、後方除圧により CSF の流路が変わったためと考えられた。

6. 疾患と術後の flow void のタイプについて

頸椎症性脊髄症 31 例全例に flow void が前方クモ膜下腔に認められた。一方、頸椎後縦帯骨化症 15 例中 13 例 (87%) に flow void が後方クモ膜下腔に認められ、その 13 例中 8 例が連続型あるいは混合型であった。このことは、術後の flow void のタイプが前方圧迫要素の大きさに関係があることを示唆している。

7. 術後の頸椎アライメントと術後の flow void のタイプについて

清水ら¹⁶⁾は頸椎脊柱管拡大術後の MRI の検討において、術後の脊髄の動態および髄液パターンが単に術後の頸椎アライメントに依存すると述べている。本研究の結果においても、前弯型 28 例中 27 例 (96%) に flow void が前方クモ膜下腔に認められ、一方、直線型あるいは後弯型 18 例中 11 例 (61%) に flow void が後方クモ膜下腔に認められた。このことは、術後の flow void のタイプが術後の頸椎アライメントにも関係があることを示唆している。

8. Flow void のタイプと JOA score について

術前の flow void のタイプ別の JOA score 改善率には有意差を認めず、術前の flow void のタイプで術後成績を予測することは困難であると考えられた。

中小路ら¹¹⁾は頸髄症に対して行った主に前方法の術後 MRI の検討において、クモ膜下腔が十分に膨らんだ症例の成績が良好であると述べている。本研究の結果において、flow void が主として後方クモ膜下腔に認められる posterior type の術後成績が最も良好であったことより、良好な術後成績のためには前方クモ膜下腔が十分に膨らむことが必ずしも重要ではないと

考えられた。したがって、前方に脊髄圧迫要素を持つ症例に対しても後方除圧による後方クモ膜下腔の膨らみにより良好な術後成績を期待できると考えられた。

一方、flow void が前方および後方クモ膜下腔に認められる anteroposterior type の術後成績が最も悪かったのは、後方除圧により硬膜管は拡大したものの、脊髄実質の変性のためその膨隆が起らず、クモ膜下腔だけが膨らんだのではないかと推察された。

結 語

1. シネ MRI を用いた新しい動的画像診断法により頸髄症 46 例の術前術後を評価し、CSF flow void を 5 つのタイプに分類した。

2. 頸髄症の術前 46 例全例に、正常の CSF flow void が認められなかった。

3. 脊髄除圧後全例に CSF flow void が認められ、全例心電図上の R 波から 150~300 msec の心収縮期であった。

4. 術後の CSF flow void のタイプでは、手術方法、疾患および術後の頸椎アライメントとの関連が認められた。

5. 術後の CSF flow void のタイプと術後成績との関係では、posterior type が最も良く、anteroposterior type が最も悪く、それらの間に有意差を認めた。

6. 本法は脊髄への圧迫の程度をよりの確にかつ動的に表現した新しい方法であり、また非侵襲的な検査であるので術後の除圧効果の評価法として有用である。

稿を終えるにあたり、御指導、御高閲を賜りました岡山大学医学部整形外科学教室、井上一教授に深謝いたします。また、直接御指導、御教示を賜りました中原進之助教授に感謝いたします。さらに本研究にご協力いただきました光生病院放射線科の皆様にお礼申し上げます。

文 献

- 1) Bering, E. A.: Choroid plexus and arterial pulsation of cerebral fluid. *Arch. Neurol. Psychiat.*, **73**: 165~172, 1955.
- 2) Bradley, W. G., Waluch, V., Lai, K. S. et al.: The appearance of rapidly flowing blood on magnetic resonance images. *Am. J. Roentgenol.*, **143**: 1167~1174, 1984.
- 3) Bradley, W. G., Waluch, V.: Blood flow: Magne-

tic resonance imaging. *Radiol.*, **154**: 443~450, 1985.

4) Bradley, W. G., Kortman, K. E., Burgoyne, B.: Flowing cerebrospinal fluid in normal and hydrocephalic states: Appearance on MR images. *Radiol.*, **159**: 611~616, 1986.

5) Du Boulay, G. H.: Pulsatile movement of CSF pathways. *Br. J. Radiol.*, **39**: 255~262, 1966.

6) Du Boulay, G. H.: Specialization broadens the view. The significance of a CSF pulse. *Clin. Radiol.*, **23**: 401~409, 1972.

7) Feinberg, D. A., Mark, A. S.: Human brain motion and cerebrospinal fluid circulation demonstrated with MR velocity imaging. *Radiol.*, **163**: 793~799, 1987.

8) 原田貢士: MR velocity imaging による脳脊髄液の動態観察. *医学のあゆみ*, **148**: 295~298, 1989.

9) 井田正博, 畑 雄一, 多田信平, 他: 脳脊髄液 (CSF) の MRI 画像診断. **8**: 81~88, 1988.

10) Itabashi, T.: Quantitative analysis of cervical CSF and syrinx fluid pulsations. *J. Jpn. Orthop. Assoc.*, **64**: 523~533, 1990.

11) 中小路拓, 大塚訓喜, 木下久敏, 他: 頸髄症における MRI 所見の術前、術後検討. *中部整災誌*, **35**: 357~358, 1992.

12) Rubin, J. B., Enzmann, D. R.: Imaging of spinal CSF pulsation by 2DFT MR: Significance during clinical imaging. *Am. J. Roentgenol.*, **148**: 973~982, 1987.

13) Rubin, J. B., Enzmann, D. R.: Optimizing conventional MR imaging of the spine. *Radiol.*, **163**: 777~783, 1987.

14) Rubin, J. B., Enzmann, D. R., Wright, A.: CSF F-gated MR imaging of the spine. *Radiol.*, **163**: 784~792, 1987.

15) Sherman, J. L., Citrin, C. M.: Magnetic resonance demonstration of normal CSF flow. *Am. J. Neuro. Radiol.*, **7**: 3~6, 1986.

16) 清水敬親, 宇田川英一, 石井秀幸, 他: 頸椎脊柱管拡大術後の脊髄動態について. *中部整災誌*, **35**: 367~368, 1992.

17) 袖山知典, 後藤澄雄, 望月真人, 他: シネ MRI による頸髄症の検討 (第一報). *日本パラプレジア会誌*, **5**: 276~277, 1992.

18) 田中雅人, 中原進之介, 小西 均, 他: 頸髄症のシネ MRI. 日整会誌, 65: S643, 1991.

19) 田中雅人, 中原進之介, 住居広士, 他: 頸髄症のシネ MRI. 中部整災誌, 34: 925~927, 1991.