

■第11回日本神経心理学会教育講演

大脳における血管性病変のMRI診断

吉川宏起* 飯尾正宏*

I はじめに

MRI (magnetic resonance imaging; 磁気共鳴映像法) は近年、めざましい発展を遂げている新しい非侵襲的な画像診断法である。わが国においても設置予定のものを含めて300台を超えていると言われている。

MRIはX線CT同様、脳における有用性は高く、その特徴を挙げると、一つには軟部組織のコントラスト分解能が高いことである。そのためX線CTが比較的、苦手とする灰白質と白質の識別が容易となり、白質変性疾患や早期の梗塞、炎症などの検出能が高くなった。二つにはX線CTのように周囲の骨や空気のアーチファクトによる画質の低下が少ないことである。これによって骨に接する部位、すなわち中頭蓋窩や後頭蓋窩、下垂体窩などに対するMRIの有用性は非常に高く評価されている。三つには任意の断層像が容易に得られることで、これはX線CTでは直接撮像が困難であった矢状断像を可能にするもので、特に脳では解剖学的に正中線上に存在する脳幹や下垂体、松果体、脳梁の病巣の検出とその上下方向の進展範囲の決定に有用である。これらの特徴によって、病巣の正確な存在診断と周囲の解剖構造との関係に関する情報が得られるようになった。しかし反面、病巣の質的診断は困難な場合が少なくなく、そうした場合には臨床症状や年齢、性、病巣部位などを参考にすることが大切である。

本稿では主として大脳における血管性病変、すなわち出血、梗塞、出血性梗塞などに焦点を絞って、代表的な症例を呈示しながらこれらのMRI診断について述べることにする。

II 検査法ならびに対象

MRIの主な撮像法にはスピネコー (spin echo; SE) 法と反転回復 (inversion recovery; IR) 法がある。現在、われわれの施設も含めてSE法が臨床的に多く使用されているのは、SE法がIR法と比べて高いSN (signal to noise) 比が得られることと、同時多層撮像枚数が多いことに依っている。中枢神経系の検査で、われわれが使用しているSE法の撮像パラメータを表1に示す。T₁強調像として、繰り返し時間 (repetition time; TR) を500msecとし、エコー時間 (echo time; TE) を14-34msecとしている。またT₂強調像としてTRを3000msec、TEを75-90msecと設定している。スライス厚は4-5 mm、スライス間隙は0-5 mmである。同時撮像スライス枚数と撮像時間に関しては表1に示すとおりである。実際の検査に際しては、病巣部のT₁強調像とT₂強調像の両者を得るのを理想としているが、検査時間に余裕がない時には、脳では多くの場合、T₂強調像のみによるスクリーニング検査を行なっている。

使用している装置は静磁場強度が1.5T (プロトンの共鳴周波数にして約64MHz) の超電導型MRI (Magnetom; Siemens A. G.) である。

MRI in the Cerebral Vascular Disorders.

* 東京大学医学部放射線科, Kohki Yoshikawa, Masahiro Iio: Department of Radiology, Faculty of Medicine, University of Tokyo.

表1 MRIの撮像法

		繰り返し時間(TR)	反転時間(TI)	エコー時間(TE)	同時撮像スライス画数	撮像時間(アベレージ数)
T ₁ 強調像	SE法	500msec	—	14-34msec	5-10	4.3min (2)
	IR法	1500-3000msec	400-600msec	28msec	2-6	6.4-12.8min (1)
T ₂ 強調像	SE法	3000msec	—	75-90msec	20	12.8min (1)

表2 対象

静磁場強度	中枢神経系疾患		その他	計
	脳	脊髄		
0.35T (S59.3~9)	202	76	298	576
1.5 T (S60.3~S62.12)	1379	741	1507	3627

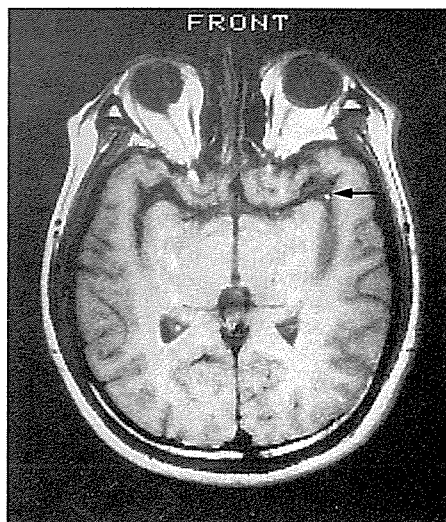
一部の症例は静磁場強度が0.35Tと0.5Tの装置(Magnetom; Siemens)を使用している。

われわれの施設では昭和59年3月から9月の間、0.35Tの装置で、昭和60年3月から現在に至るまで1.5Tの装置による臨床応用を行なっている。表2にその内訳を示すが、うち中枢神経系の疾患が疑われて検査が行なわれた症例数は4203例中2398例(57.1%)で、脳疾患が疑われて検査が行なわれたのは1581例(37.6%)であった。

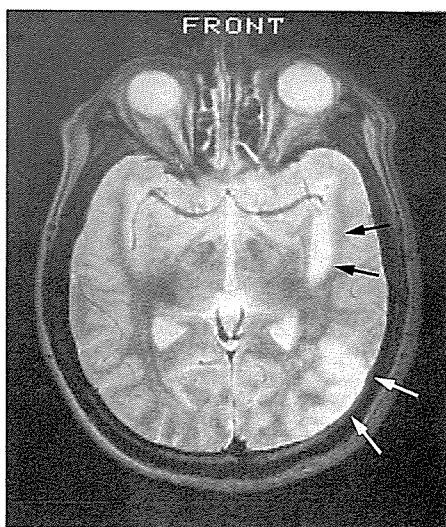
III 血管性病変のMRI診断

1. 梗塞

MRIによる急性脳梗塞の検出力はX線CTより高く、実験的には発症してから数時間、すなわちcytotoxic edemaの時期に病巣の検出が可能であることが報告されている(Mano, et al., 1983)。病巣はT₁強調像で低信号強度を呈し、T₂強調像で高信号強度を呈する。比較的、径の大きな血管が閉塞した場合には、閉塞部の同定も可能である(図1)。X線CTでは発症後2週間から1カ月の間に多くの病巣は造影剤によって、luxury perfusionのための増強効果が見られるが、MRIではプロトンの動きのために血管腔からの信号が正確に描出されないため、造影剤を用いてもその評価は困難である。急性期あるいは亜急性期で、浮腫による周囲への圧排を認める場合には腫瘍性疾患との鑑別が問題となる。任意の方向の断層像が可能なMRIは脳梁の病変や後頭葉、側頭葉の病変の精査に有



a



b

図1：左中大脳動脈領域の梗塞(急性期)(42歳、男性)

言語障害と右片麻痺、意識障害で発症した。発症後36時間のMRIであるが、T₁強調像で左中大脳動脈に閉塞が見られ、その部に一致して点状の高信号強度領域を認める(図1-a矢印)。T₂強調像で高信号強度を呈する梗塞巣が明瞭に認められる(図1-b矢印)。

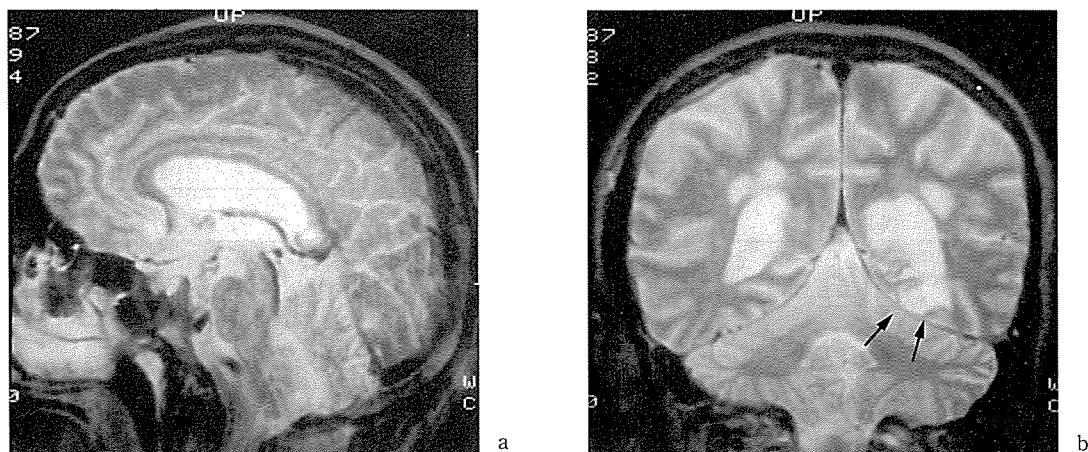


図2：多発性脳梗塞（58歳，女性）

右同名性半盲と失明，健忘で発症した。発症2カ月後のMRIであるが， T_2 強調像で高信号強度を呈する多発性梗塞巣が左後頭葉と両側後頭頂葉の深部白質，脳梁膨大部に認められている。脳梁と左側脳室後角下内側の病巣（図2-b矢印）の描出にMRIは有用であった。

用である（図2）。

deep hemispheric infarction, すなわち側脳室周囲の白質に見られる虚血による変化の検出能はMRIの方がX線CTより高い (Zimmerman, et al., 1986 b)。後者では periventricular lucency と呼ばれ，病巣は低吸収値を呈しているのに対し，MRIではこの変化は T_2 強調像で高信号強度領域として最も明瞭に描出される。加齢と相関関係があると言われ，65歳以上では30%にこの変化が見られると言われている。画像診断上，鑑別すべき疾患には，高血圧症，放射線血管障害，SLE，Behçets病，多発性硬化症 (MS)，結節性動脈周囲炎 (PN)，Sarcoidosis，急性播種性脳脊髄炎 (ADEM) などが挙げられる。

2. 出血性梗塞

虚血性梗塞の43%は4週以内（多くは2週以内）に2次的出血を起こすとされている (Hornig, et al., 1986)。

しかし症状の変化はそのうち10%ほどである。MRI所見の詳細については3.の項で述べるが，亜急性期にはメトヘモグロビンの存在のため T_1 強調像および T_2 強調像で高信号強度を呈する。慢性期にはヘモジデリンをうちに入れた貪食細胞の存在のために T_2 強調像で低信号強度を呈する (図3)。このヘモジデリンによる

T_2 緩和時間の短縮効果を preferential T_2 proton relaxation enhancement (PT_2 -PRE) と呼んでいて，これは静磁場強度の高い装置でより顕著に現われる (Gomori, et al., 1985a)。

3. 出血

発症後1日以内の血腫は T_1 強調像で灰白質より高信号強度を呈することが報告されている。

MRIは急性期（発症後1-7日）の脳出血の検出力は低い。しかし静磁場強度が0.02Tの低磁場MRIや1T以上の高磁場MRIでは上記の時間より早い時期に検出可能であると報告されている (Gomori, et al., 1985 a; Sipponen, et al., 1985)。このうち高磁場によるものは血腫が T_2 強調像で低信号強度を呈する (図4)。これは常磁性体である還元型ヘモグロビンが赤血球の中に存在するため，前項で述べた PT_2 -PREの効果による T_2 の短縮のためと説明されている (Gomori, et al., 1985 a)。

血腫が T_1 強調像で高信号強度を示すのは亜急性期（発症後1週-1カ月）で，これはヘモグロビンが変性して常磁性体のメトヘモグロビンが生成されるためとされている (図5)。このメトヘモグロビンが赤血球外に均一に存在する場合にはプロトンの T_1 と T_2 の両者を短縮する効果を示す (Gomori, et al., 1985 a; Bradley

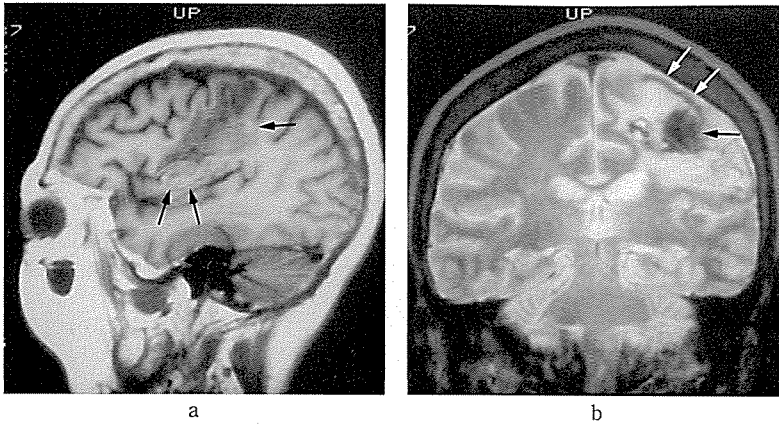


図3：左前頭葉出血性梗塞（62歳，女性）

右片麻痺と Broca 失語で発症した。発症 2 カ月後の MRI であるが、T₁強調矢状断像で左前中心回にはほぼ一致する領域に低信号強度で、一部高信号強度（図3-a 矢印）を呈する病巣が認められる。T₂強調像でこの病巣は低信号強度領域（図3-b 矢印）を伴う高信号強度を呈している。出血性梗塞であることが示唆されている。

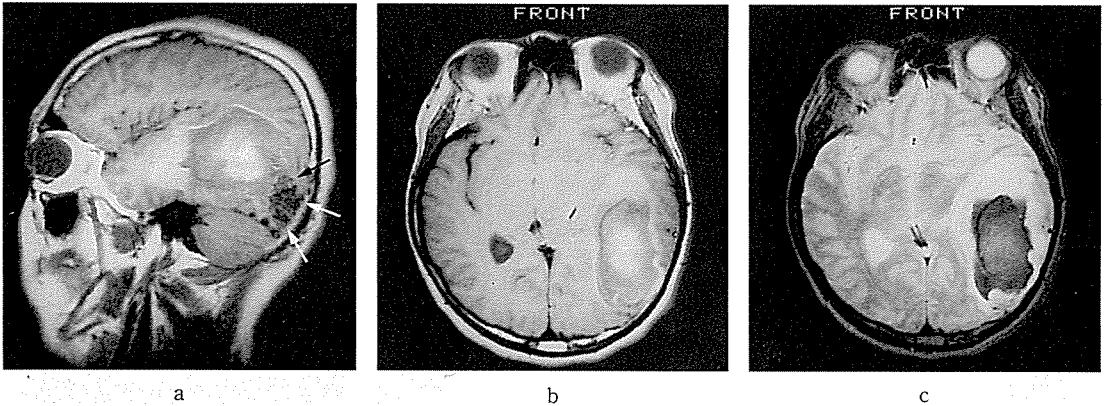


図4：動静脈奇形による出血（急性期）（31歳，男性）

頭痛と失語で発症した。発症 5 日後の MRI である。T₁強調像で内部が高信号強度、周囲が低信号強度を呈する血腫が左側頭・後頭葉に認められる。血腫後方の無あるいは低信号強度領域は動静脈奇形が存在を示唆する所見である（図4-a 矢印）。T₂強調像では血腫は低信号強度を呈し、周囲の浮腫は高信号強度を呈している。赤血球の細胞膜内のデオキシヘモグロビンの存在が示唆されている。血腫中央の T₁強調像で等あるいは高信号強度を呈する領域は赤血球膜内のメトヘモグロビンの存在が示唆されている。

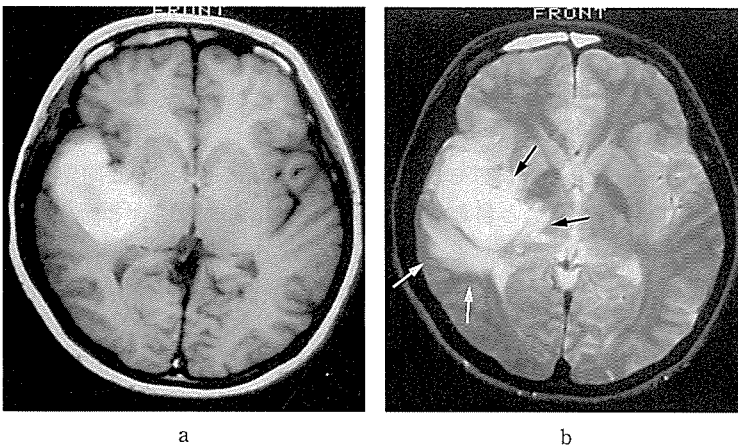


図5：右大脳基底核から側頭葉にかけての血腫（亜急性期）（33歳，女性）

発症 18 日後の MRI である。T₁強調像と T₂強調像でともに高信号強度を呈する血腫が、右大脳基底核から側頭葉にかけて認められる。周囲の浮腫は T₂強調像で高信号強度領域に描出されている（図5-b 矢印）。



図6：左視床出血（亜急性期）（20歳，女性）

左視床から内包後脚にかけてT₁強調像とT₂強調像で周囲が低信号強度で内部が高信号強度領域を呈する血腫が認められる。血腫周囲の高信号強度領域の範囲はT₂強調像で広い。これはヘモジデリンを入れた貪食細胞の存在によるPT₂-PREの効果でT₂強調像で大きいためである。

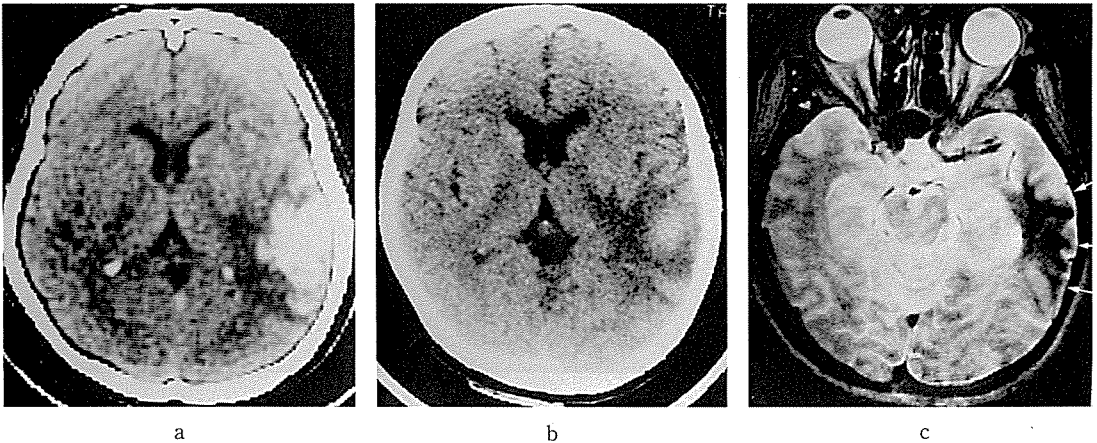


図7：左側頭葉血腫（慢性期）（58歳，女性）

1年4カ月前に発症した左側頭葉の血腫の症例である。発症2日後と19日後の造影前CTでは左側頭葉に高吸収値を呈する血腫が認められ、周囲に低吸収値を呈する浮腫を伴っていることがわかる。1年4カ月後のMRIでこの血腫はT₂強調像で低信号強度領域として同定可能である（図7-c 矢印）。これは血腫の存在した領域にヘモジデリンを入れた貪食細胞がまだ存在し、これによるPT₂-PREの効果に依っていると考えられる。

& Schmidt, 1985)。これをT₁強調像で撮像すると短縮したT₁を反映して血腫は高信号強度を呈するのである。血腫の被膜は1週ぐらいで形成されるが、T₁強調像で低信号強度、T₂強調像で強度の低信号強度を呈する（図6）。これは被膜部の hemosiderin を入れた貪食細胞の存在による、PT₂-PRE の効果のためと説明されている（Gomori, et al., 1985 a）。

慢性期の出血はT₂強調像で低信号強度を呈する（図7）（Okada, et al., 1986）。これは貪食細胞内に存在するヘモジデリンによる効果（PT₂-PRE）で、T₂が極端に短縮するためと説明されている（Gomori, et al., 1985 a）。前項

で述べたように、慢性期の出血性梗塞は慢性期の脳出血と同様の所見を呈することが多いので注意が必要である。

クモ膜下出血の急性期はMRIでは同定困難と言われている。しかし血腫の場合と同様にメトヘモグロビンが生成される亜急性期には、T₁およびT₂強調像で高信号強度を呈する（Bradley & Schmidt, 1985）。慢性期には脳の周囲にヘモジデリンが存在している場合には superficial siderosis の所見が認められる。これはT₂強調像で脳の周囲に線状の低吸収値域が見られると報告されている（Gomori, et al., 1985 b）。

4. 動脈瘤



図8：右内頸動脈の巨大な動脈瘤（58歳，女性）

右傍トルコ鞍領域に同心円模様で最外層は T_1 強調像で高信号強度を呈する腫瘤が認められ、この腫瘤はトルコ鞍内に進展している。これは内頸動脈の巨大な動脈瘤の存在を示唆する MRI 所見であるが、壁在血栓と動脈瘤内腔との識別はこの T_1 強調像と T_2 強調像両者によっても困難であった。この T_1 強調像のもととなる生データから位相の情報を取り出し、位相画像を得ることによって両者の識別は容易に行なえた（図8-b 矢印は動脈瘤内腔を示している）。

MRI に空間分解能の問題もあって、小さな動脈瘤の検出は困難と言わざるを得ない。しかしある程度以上の大きさ（5-10mm）になると高頻度で動脈瘤の検出が可能である。血流の存在する部位は flow void phenomenon や jet flow によって、無あるいは低信号強度を呈し、壁在血栓は内部にメトヘモグロビンが存在する場合には T_1 および T_2 強調像で高信号強度を呈する。また血栓が古くなって、内部にヘモジデリンが存在する場合には T_2 強調像で低信号強度を呈する。

動脈瘤内部の内腔と血栓の識別は血流が遅いばあいには比較的困難である。このときには第1エコー像と第2エコー像の信号強度を対比する、二つの異なるパラメータによる画像を対比する、 T_2 値の計測を行なう（Kucharczyk, et al., 1985）、位相画像（von Schulthess, 1987）を得る（図8）、造影剤を使用するなどの方法がある。

5. 動静脈奇形

MRI では血流が信号強度を決定するパラメータのひとつであるため、脳動静脈奇形や動脈瘤も比較的大きい場合には造影剤を用いることなく検出することができる。動静脈奇形の典型的な MRI 所見は拡張、蛇行した流入動脈や流

出静脈が無あるいは低信号強度領域として認められることである。これは速い血流による flow void による効果である。

6. その他

いわゆる Cryptic Vascular Malformation には、動静脈奇形や Venous Malformation, Teleangiectasia, 海綿状血管腫が含まれる。これらの中で Venous Malformation の MRI 所見は CT 所見と同様、異常な流出静脈が脳実質内に認められることである。MRI では造影剤なしに診断することができる点が特徴である（Norman, 1986）。

海綿状血管腫の CT 所見は特徴的でないが、多くの場合造影前 CT で周囲に圧排所見を伴わない高吸収値を呈する腫瘤として捉えられ、造影剤による弱い増強効果を呈している。一方 MRI 所見は相対的に特徴的であって、メトヘモグロビンの存在による T_1 短縮部 T_2 延長部とから構成されているため信号強度は複雑である。しかし強度の低信号強度を示す周囲の rim が特徴的である（Gomori, et al., 1986）。これはヘモジデリンを入れた貪食細胞の存在による T_2 短縮効果によるものと考えられている（図9）。

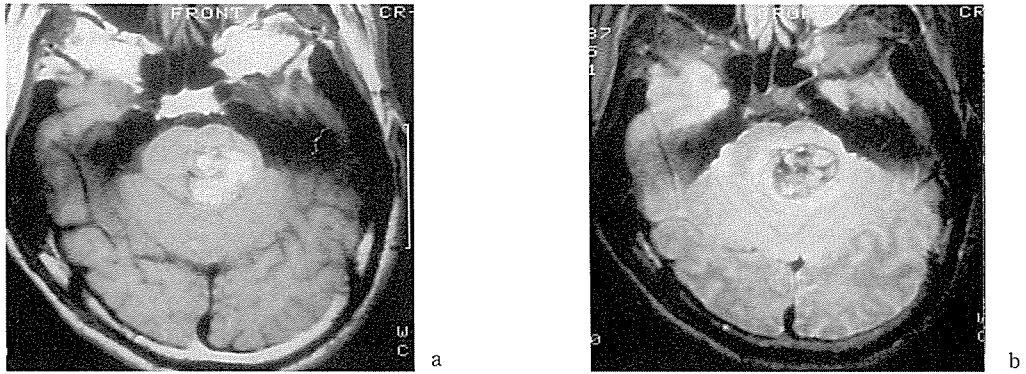


図9：橋海綿状血管腫（34歳，男性）

橋左背側に T_1 強調像で高信号強度を呈し、 T_2 強調像で高信号と低信号の混在した信号強度を呈し、腫瘤の周囲は線状の低信号強度を呈する腫瘤が見られる。腫瘤の周囲には T_2 強調像で高信号強度を呈する浮腫を伴っている。この信号強度の変化はヘモグロビンの変性によって生じたメトヘモグロビンとヘモジデリンによる効果と考えられる。海綿状血管腫に特徴的なMRI所見とされている。鑑別すべき疾患は血腫と血腫を伴う腫瘍である。

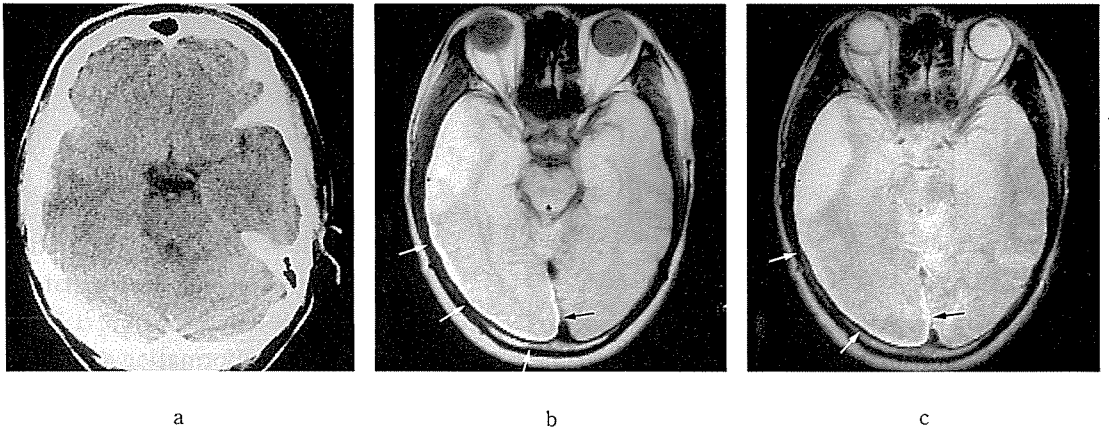


図10 右側頭葉脳挫傷（41歳，男性）

外傷直後の造影前のCTであるが、右側頭葉に軽度の低吸収値領域の存在が疑われるが、明らかな所見と判定し難い。5日後のMRIであるが、プロトン密度強調像と T_2 強調像で高信号強度を呈する側頭葉の脳挫傷が鮮明に描出されている。さらに側頭葉と後頭葉の周囲に高信号強度を呈する硬膜下血腫の合併もこのMRIで診断可能である（図10-b, c 矢印）。

外傷による脳挫傷や頭蓋内血腫の描出能におけるMRIの診断的有用性は高い。とくに骨内板に接した領域や後頭蓋窩においては、アーチファクトがなくしかもコントラスト分解能の高いMRIの検出能はCTに比べて非常に高い（Zimmerman, et al., 1986 a）（図10）。

IV おわりに

大脳血管性病変のMRI所見について、代表

的疾患を呈示しながら述べてきたが、表3にこれらをまとめる。またMRI装置がまだまだ確立されたものではなく、ソフトウェアとハードウェアの両面から、現在なお開発段階であることを考えると、将来的にはここで述べてきたことが必ずしもふさわしい内容ではなくなるのが十分に予測できるのである。その例として補償勾配磁場を応用した脳脊髄液の拍動によるアーチファクトへの対処法（Axel & Morton,

表3 現時点における大脳血管性病変における MRI の利点と問題点

利点	1) 病巣の正確な部位診断が可能 2) 急性期の梗塞の検出力は高い 3) 亜急性期から慢性期の血腫の経過観察に有用 4) 出血性梗塞の検出力は高い 5) クモ膜下出血 (亜急性期) の検出力は高い 6) Cryptic Vascular Malformation の質的診断に有用 7) AVM や Sinus Thrombosis の検出力は高い 8) Deep Hemispheric Infaction の検出力は高い 9) 硬膜下あるいは硬膜外出血の検出力は高い
問題点	1) 急性期出血と梗塞の鑑別が問題となる 2) 急性期クモ膜下出血の検出力は低い 3) 梗塞巣の可逆性と非可逆性かの鑑別はできない 4) 造影剤を使用しても luxury perfusion の同定は困難

1987), また逆にこの脳脊髄液の拍動を応用した動態撮影とシネモードによる観察 (Bergstrard, et al., 1985), MR アンギオグラフィ (Gullberg, 1987) などの技術を挙げる事ができる。

文 献

- 1) Axel, L. and Morton, D.: MR flow imaging by velocity-compensated/uncompensated difference images. J. Comput. Assist. Tomogr., 11; 31-34, 1987.
- 2) Bergstrard, G. et al.: Cardiac gated MR imaging of cerebrospinal fluid flow. J. Comput. Assist. Tomogr., 9; 1003-1006, 1985.
- 3) Bradley, W. G. Jr. and Schmidt, P. G.: Effect of methemoglobin formation on the MR appearance of subarachnoid hemorrhage. Radiology, 156; 99-103, 1985.
- 4) Gomori, J. M. et al.: Intracranial hematomas: Imaging by high field MR. Radiology, 157; 87-98, 1985 a.
- 5) Gomori, J. M. et al.: High-field MR image of superficial siderosis of the central nervous system. J. Comput. Assist. Tomogr., 9; 972-973, 1985 b.
- 6) Gomori, J. M. et al.: Ocentt cerebral vascular malformations; high-field MR imaging. Radiology, 158; 707-713, 1986.
- 7) Gullberg, G. T. et al.: MR vascular imaging with a fast gradient refocusing. Radiology, 165; 241-246, 1987.
- 8) Hornig, C. R. et al.: Hemorrhagic cerebral infarction: A prospective study. Stroke, 17; 179-185, 1986.
- 9) Kucharczyk, W. et al.: MR technology: Effect of even-echo rephasing on calculated T₂ values and T₂ images. Radiology, 157; 95-101, 1985.
- 10) Mano, I. et al.: Proton nuclear magnetic resonance imaging of experimental acute cerebral ischemia. Invest. Radiol., 18; 545-551, 1983.
- 11) Norman, D.: Vascular disease: hemorrhage. Magnetic Resonance Image of the Central Nervous System. (ed. by Brant-Zawdzki, M. & Norman, D.) Raven Press, pp. 209-220, 1986.
- 12) Okada, Y. et al.: MRI of old intracranial hematomas at 1.5T. Fifth Annual Meeting of SMRM at Montreal, Canada, p. 758, 1986.
- 13) Sipponen, J. M. et al.: Intracranial hematomas studied by MR imaging at 0.17

- and 0.02T. J. Comput. Assist. Tomogr., 9; 698-704, 1985.
- 14) von Schulthess, G. K. et al.: Calculation of T_2 values versus phase imaging for the distinction between flow and thrombus in MR imaging. Radiology, 164; 549-554, 1987.
- 15) Zimmerman, R. A., et al.: Head injury : Early results of comparing CT and high field MR. AJNR, 7; 757-764, 1986a.
- 16) Zimmerman, R. A., et al.: Periventricular hyperintensity as seen by magnetic resonance : Presence and significant. AJR, 146; 443-450, 1986b.