

頭部 field echo 像の検討

加藤 勤¹, 山内 康雄², 澤田 敏³
黒川 弘晶¹, 北田 憲彦¹, 宮岡 由規¹
田中 敬正¹, 寒川 守⁴, 市来 孝康⁴
武藤 安弘⁴, 木村 徳典⁵, 畑中 雅彦⁵

¹関西医科大学放射線科
²関西医科大学脳神経外科
³鳥取大学医学部放射線科
⁴東芝メディカル
⁵東芝 (那須工場)

目 的

フィールドエコー (FE) 法は、従来用いられてきたスピネコー (SE) 法に比べて、エコー時間 (TE) の短縮が計れるために高速撮像に利用されるようになってきた。FE 法は、SE 法で用いられる 180 度パルスを用いないために、ケミカルシフトが明瞭に出、また磁場の不均一が画像に強く影響を与えるとされている。しかし、これらの現象について詳細な検討を行なったものは少ない^{1)~5)}。今回、われわれは頭部における FE 像と SE 像を比較し、FE 法を用いた場合に

現われる画像上の特徴を検討した。

対象及び方法

MR 装置は、東芝製 0.5 T 超伝導型 MRT-50 A を用いた。パルス系列は、フリップ角を 90 度に設定した FE (400/26.8 ms) と SE (400/26.8 ms) である。スライス面はいずれも AC-PC 線に平行に頭蓋底より頭側に 6 枚ずつ、スライス厚 10 mm, スライス幅 10 mm で撮像した。また、field of view, マトリックス数, エンコード数, 加算回数は、それぞれ 25 cm, 256×256, 256, 2 回で施行した。尚、参考のために SE (2500/

キーワード cranial MR image, field echo sequence, susceptibility, chemical shift

30, 120 ms) のマルチエコー像も同時に撮像した。

対象は、上記のパルス系列で撮像し得た 47~87 歳 (平均年齢 67.8 歳) の 63 例であり、性別の内訳は男性 32 例、女性 31 例である。

検討項目としては、ケミカルシフトや susceptibility を観察するために①-③、コントラストの違いを観察するために④、流れの効果をみるために⑤の以下の 5 項目であり、それぞれ FE 像と SE 像を比較検討した。

①スカウトビューとして撮像した FE (300/13.4 ms) 矢状断像で、歯牙の充填物によるいわゆる金属アーチファクトがみられるか否かにより 2 つの群に大別した (図 1)。2 群に分けた後、金属アーチファクトが生じた群において、FE 法及び SE 法でのアーチファクトの出現頻度やその出現の様式を検討した。次に、金属アーチファクトがみられない群に対して同様の検討を行っ

た。

②頭蓋骨板間層の信号強度を頭皮の脂肪層と比較検討した。

③基底核部の石灰沈着を CT で確認し得た 22 例について比較した。

④ FE 法と SE 法のコントラストの違いを見るために内包後脚部を分離描出しえるか否かについて検討した。

⑤流れの効果については、上矢状静脈洞で如何に信号が捉えられているかで判定した。

結 果

①金属アーチファクトが見られた 17 例について検討したところ、SE 像では 23.5 % に画像の歪みや低信号化が見られたが、FE 像では 100 % に低信号化が認められた。その低信号化した領域の広さも大きく歪みも強かった (図 2)。金属ア

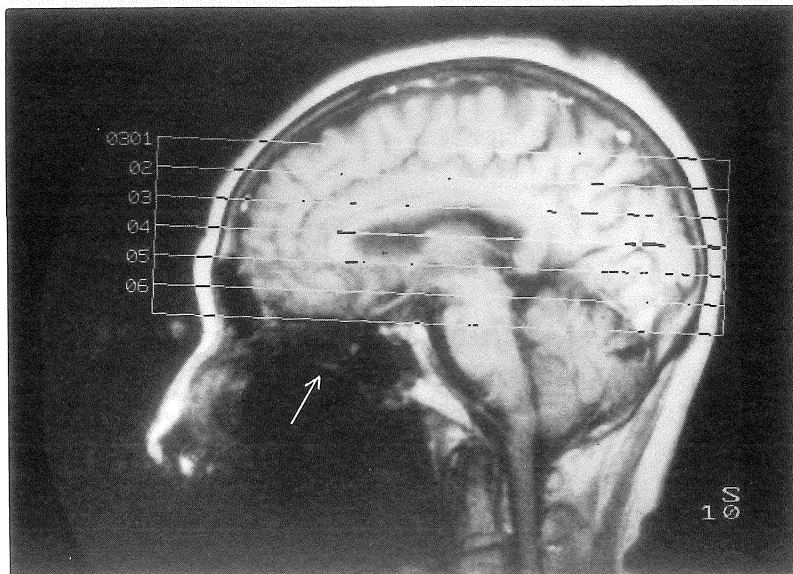
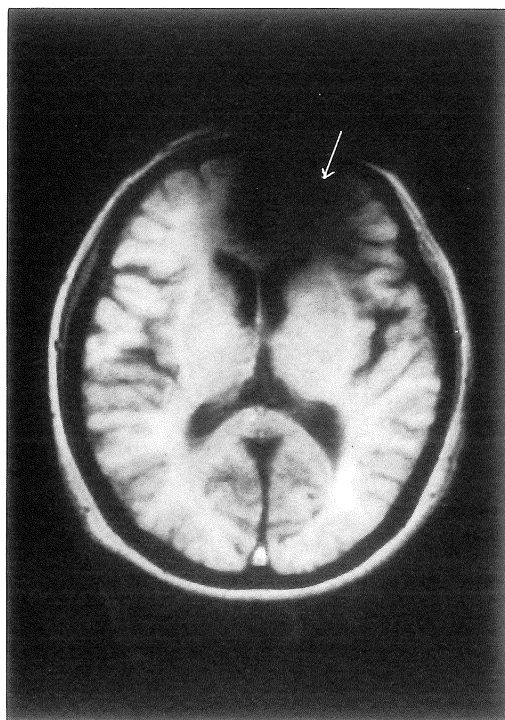


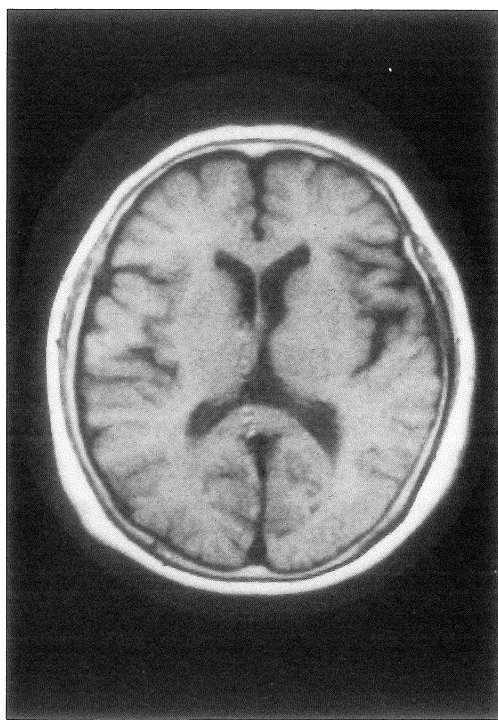
図 1 歯牙充填物による金属アーチファクト
口腔及び副鼻腔で信号低下と画像の歪みが見られる (矢印)。

受付年月日 1990年 2月16日

別刷請求先 (〒570) 守口市文園町 1 番地 関西医科大学放射線科 加藤 勤



(a)



(b)

図2 左上顎に歯牙充填物を有する74歳女性, 代表的な金属アーチファクト像
(a) FE (400/26.8 ms), (b) SE (400/26.8

ms). FE像で左前頭葉に広範囲な低信号域が認められる(矢印).

ーチファクトが見られなかった46例についても, FE像では69.6%に副鼻腔と接する面で画像の歪みや信号の低下が認められた(図3).

②板間層の信号を検討した結果, SE像ではほぼ頭皮の脂肪層と同じ信号強度を示したが, FE像では全例において板間層の信号低下とその範囲の縮小化が認められた(図4).

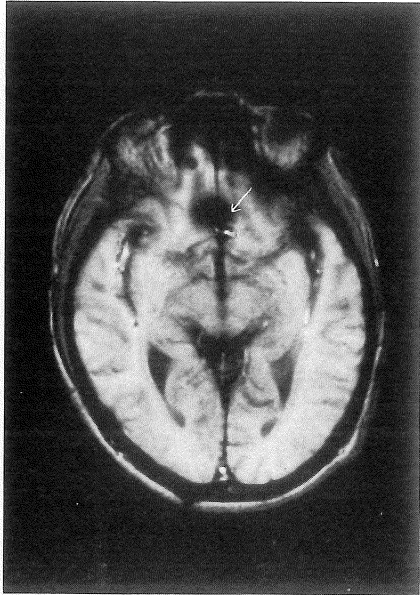
③石灰沈着については, SE像では石灰沈着部位に信号変化が見られなかったが, FE法では全例についてCTでみられた石灰沈着を示唆する高濃度領域よりもやや大きな範囲で無信号域が見られた(図5).

④視床と内包後脚部との信号強度比が1.4以上の場合を内包後脚描出陽性と定義する時, SE像

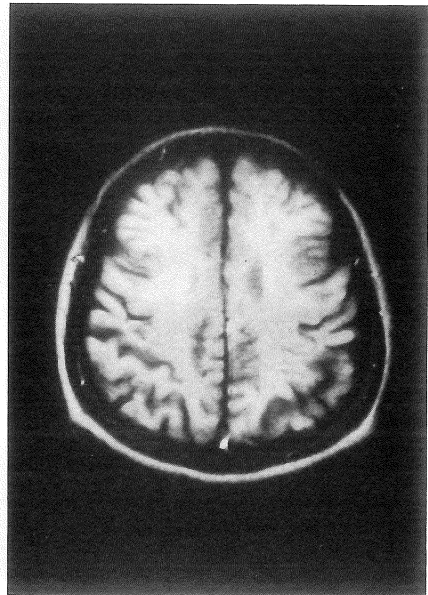
での陽性6.3%に対して, FE像では38.1%であった(図6).

⑤上矢状静脈洞内に信号が捉えられたのは, SE像では63例中3例のみであったのに対してFE像では全例であった(図7).

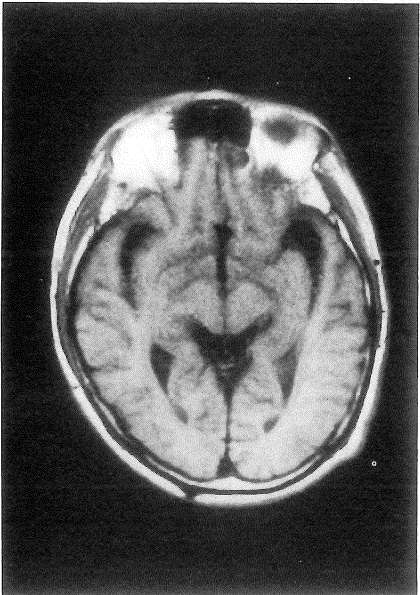
以上の5点について検討した結果を表1に示すが, それ以外にSE像では描出されずFE像でのみ基底核部に小さな低信号域が散在した症例が7例あった. この低信号域を別のパルス系列であるSE(2000/30, 120ms)像で見ると周囲の組織よりもやや低い信号域として描出されていた(図8). また, 脳出血後の陳旧性の空胞変性4例についても, 全例においてFE法ではSE法よりも大きな病変として描出された(図9).



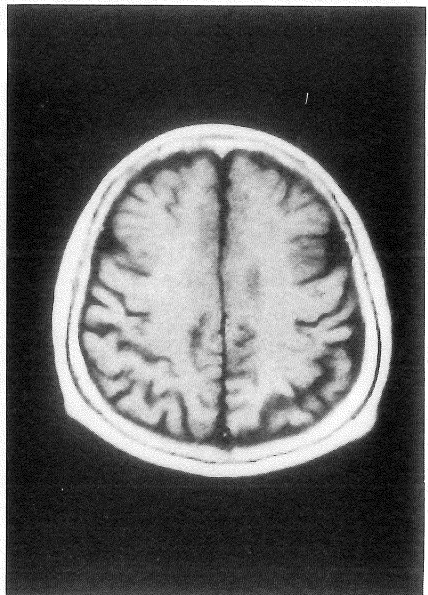
(a)



(a)



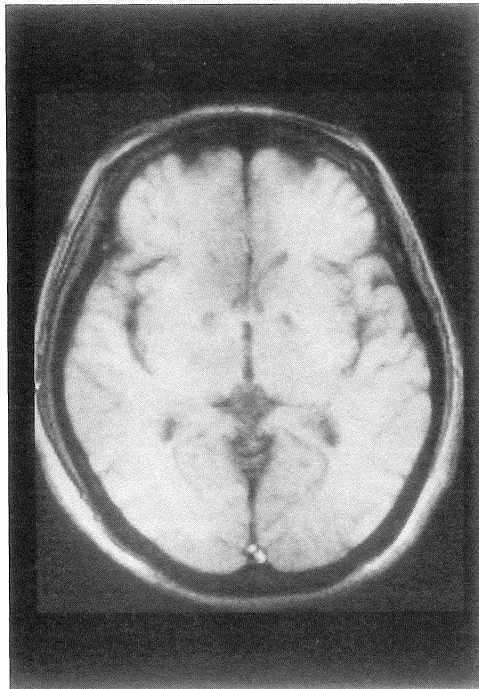
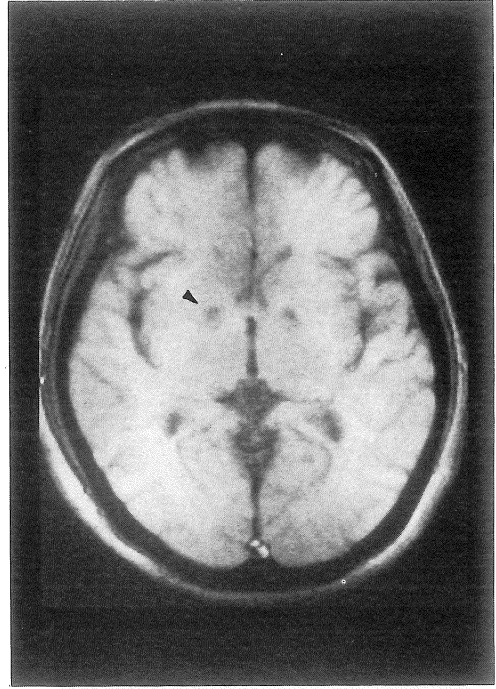
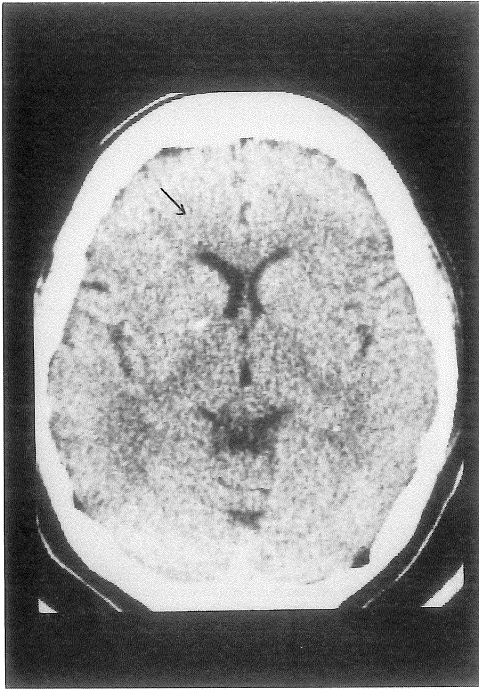
(b)



(b)

図3 75歳男性, 代表的な空気アーチファクト像 (a) FE (400/26.8 ms), (b) SE (400/26.8 ms). 前頭葉に周波数エンコード方向への画像の歪みと低信号化が見られる (矢印).

図4 73歳女性, 頭蓋骨板間層のFE法とSE法との差異 (a) FE (400/26.8 ms), (b) SE (400/26.8 ms). FE像で板間層が低信号域として描出されている.



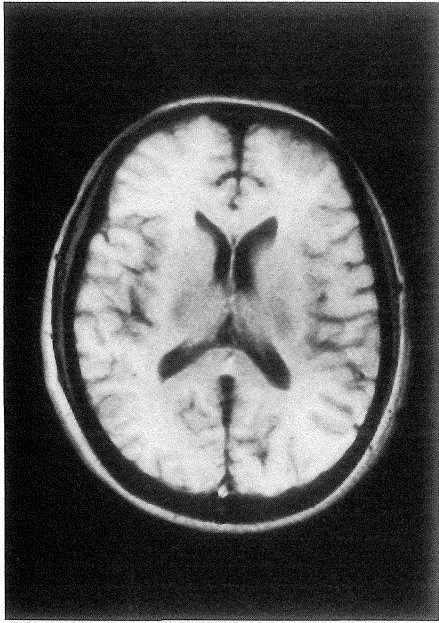
a | c
b |

図5 70歳女性
(a) CT像で両基底核に石灰沈着後(矢印)が認められ、この沈着領域に一致して、(b) FE (400/26.8 ms) 像で低信号域(矢頭)がみられるが、(c) SE (400/26.8 ms) 像では認められない。

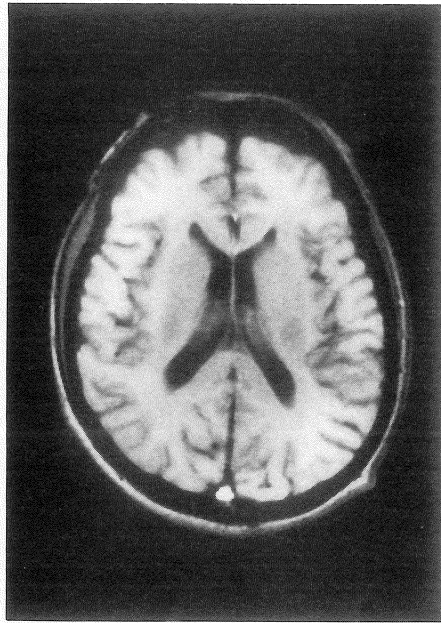
また、2例と小数であるがFE像で頭皮に無信号域が散在する症例を認めた(図10)。

考 察

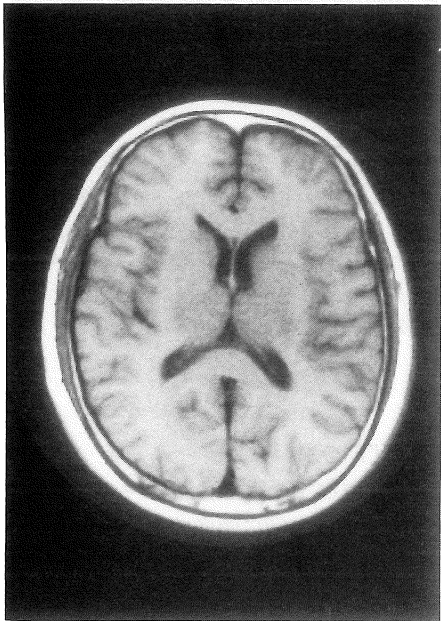
FE法とSE法を比較する上で、できるだけ同じ条件で検討するために、同じTR、TE、フリップ角で撮像した。特に、TEに関しては水と脂肪との位相ずれが理論上生じないいわゆる in



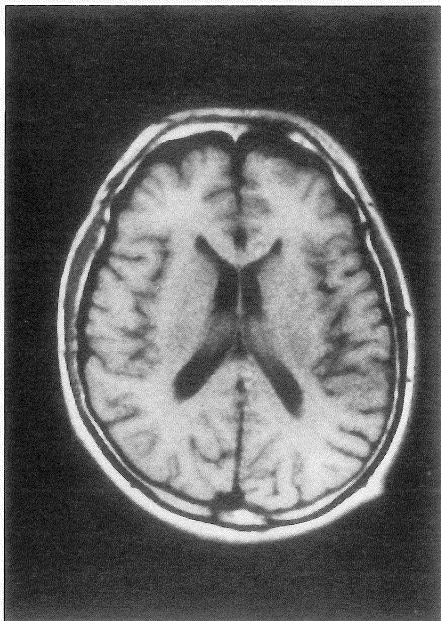
(a)



(a)



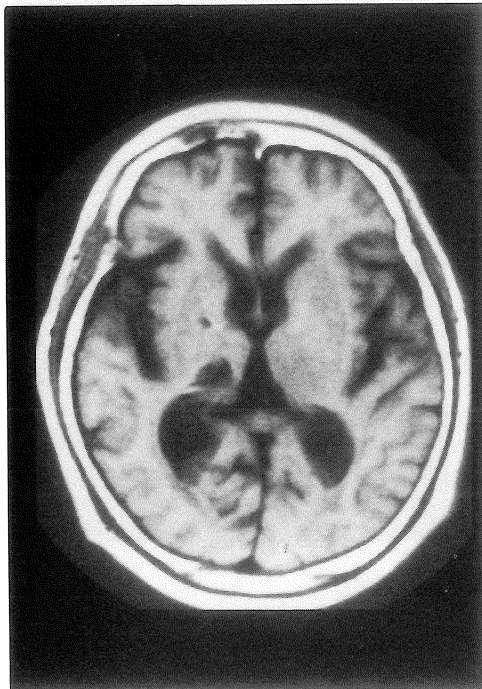
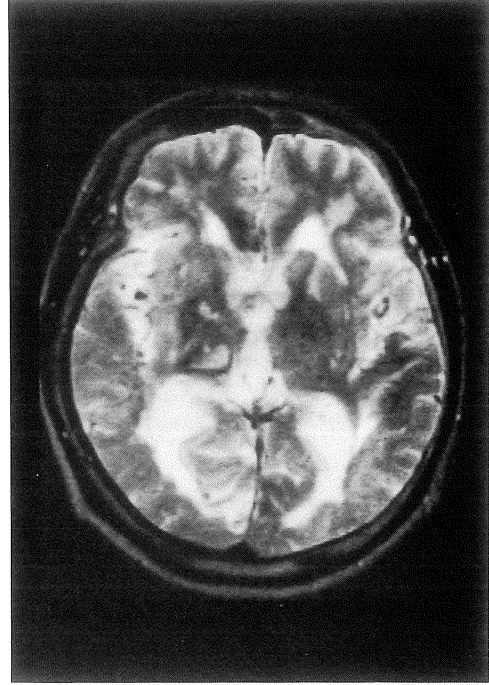
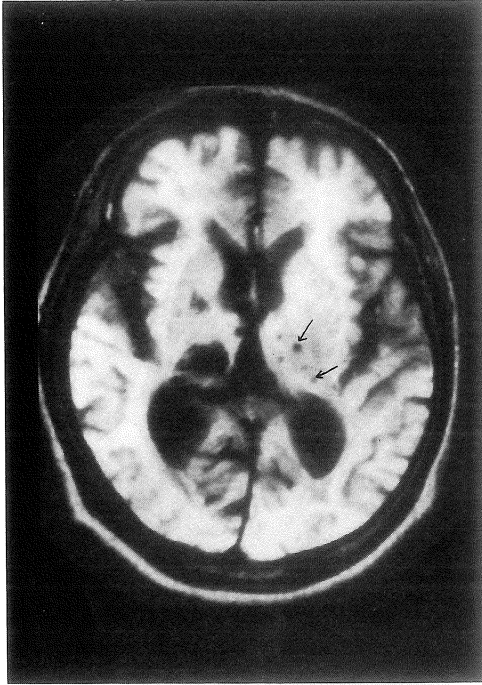
(b)



(b)

図6 52歳男性
(a) FE(400/26.8 ms)像の方が、(b) SE(400/26.8 ms)像よりも内包後脚部のコントラスト能が良好である。

図7 65歳男性
(a) FE (400/26.8 ms) 像で上矢状静脈洞内に高信号域を認められるが、(b) SE(400/26.8 ms) 像では無信号である。

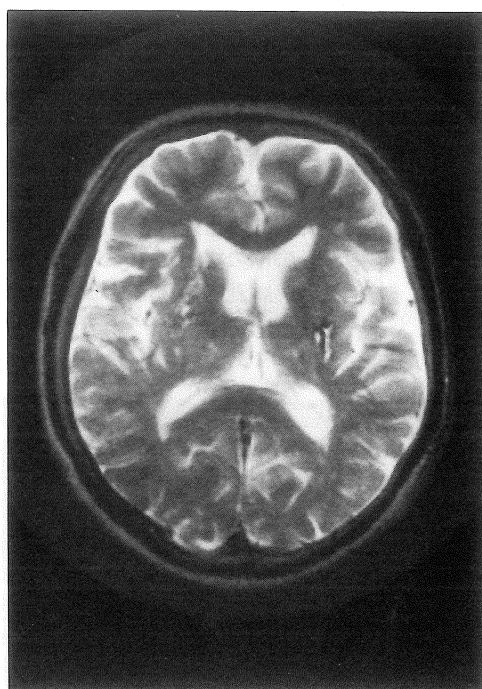
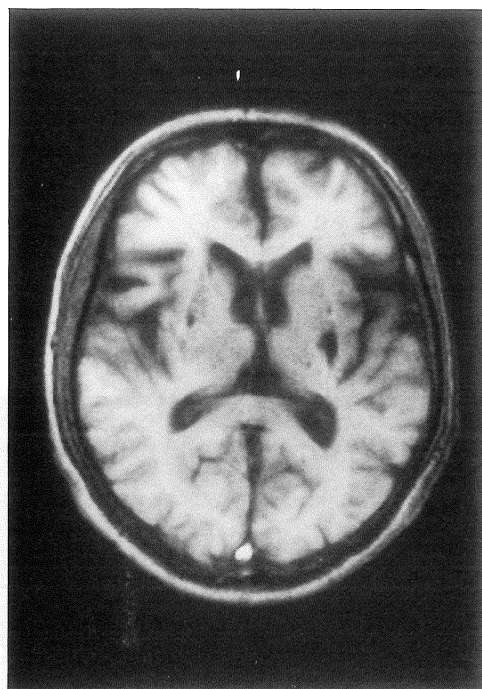


a	c
b	

図8 70歳女性
左視床に (a) FE (400/26.8 ms) 像で小さな低信号域 (矢印) が散在しているが, (b) SE (400/26.8 ms) 像では認められない. この変化は, (c) SE (2500/120 ms) 像では低信号域として描出されている.

phase の TE を用いた⁸⁾.

歯牙の玄填物すなわち金属アーチファクトのため, FE 法では全例に画像の歪みや信号低下がみられたが, この結果スカウトビュー画像で金属アーチファクトがみられた場合には FE 法を用いないようにすべきであろう. 空気と水との間には約 13 ppm 程度の磁化率の変化があることが示されているが, 従来の報告⁶⁾の如く今回の検討結果でも, 含気のある副鼻腔と境界面である頭



a/c
b

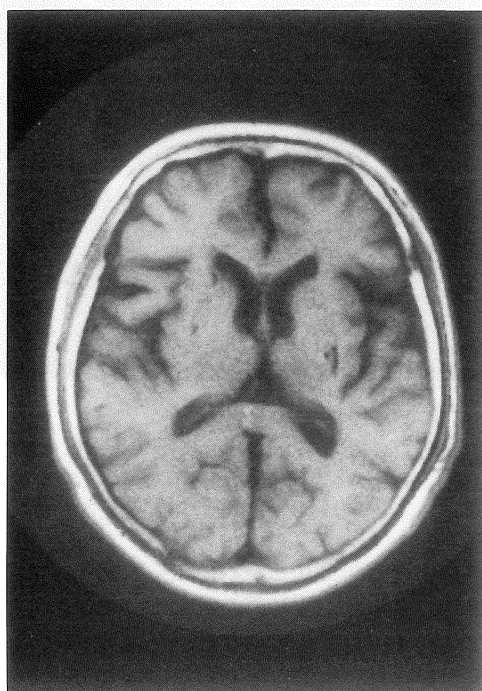


図9 68歳男性

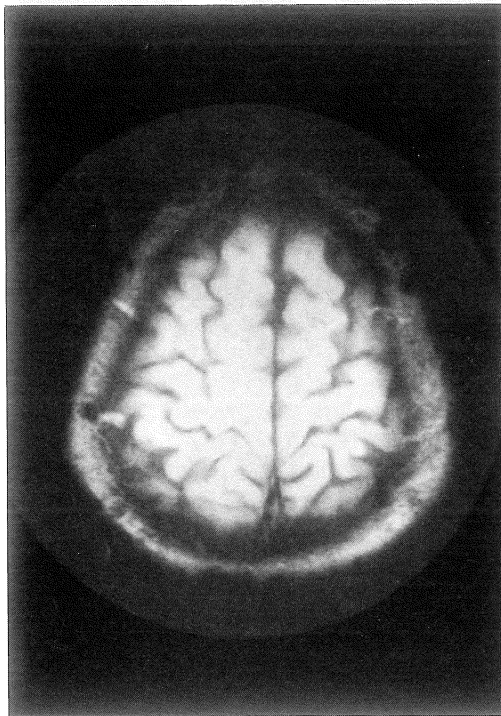
(c) SE (2500/120 ms) 像で左淡蒼球に出血による空胞変性がみられる。この空胞変性 (a) FE (400/26.8 ms) 像, (b) SE (400/26.8 ms) 像いずれにおいても低信号域として認められるが, (a) FE (400/26.8 ms) 像の方で大きく描出されている。

蓋底領域特に下垂体において FE 法で高頻度に画像の歪みが見られ, スライス厚が 10 mm の場合には FE 法を用いない方が良いと判断された。しかし, 静磁場方向に垂直な裁断面に関しては 5 mm の厚さで撮像すれば画像の歪みがほとんど出ないことが報告⁹⁾されており, 下垂体に関しては FE 法でも 5 mm 以下で撮像すれば問題無いであろう。

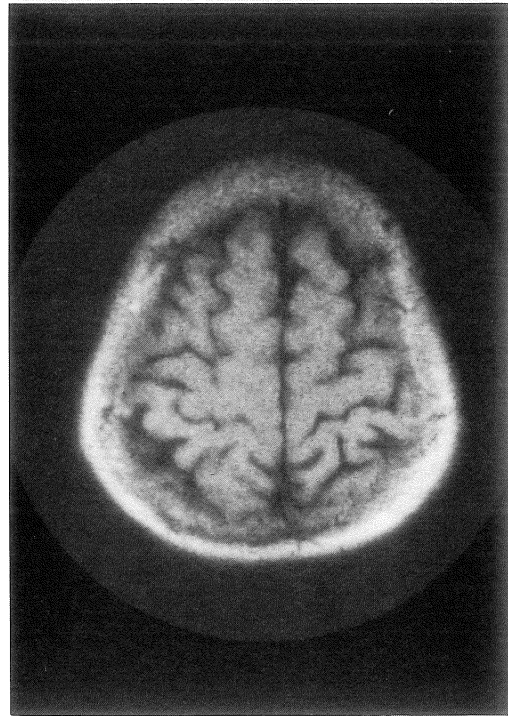
表1 比較表

	FE (400/26.8ms)	SE (400/26.8ms)
金属アーチファクト	17/17 (100%)	4/17 (23.5%)
空気アーチファクト (*)	32/46 (69.6%)	0/46 (0%)
板間層の低信号化	63/63 (100%)	0/63 (0%)
石灰沈着の描出能	22/22 (100%)	0/22 (0%)
内包後脚部の描出能	24/63 (38.1%)	4/63 (6.3%)
上矢状静脈洞内の高信号域	63/63 (100%)	3/63 (4.8%)

(註*) 頭蓋底における画像の歪み



(a)



(b)

図10 64歳男性

(b) SE (400/26.8 ms) 像で頭皮の脂肪織に円形の低信号域がみられるが、この低信号

域は(a) FE (400/26.8 ms) 像でさらに大きく強調されて描出されている。

FE法で頭蓋骨板間層に見られる信号低下も今回の検討により恒常的な現象と考えられた。その原因として、板間層の組織が板間静脈を除けばその多くが脂肪髄であるが、水のほとんどの

い骨皮質で囲まれていることを考慮すれば、磁化率の変化によるものと考えるべきであろう。

基底核の石灰沈着が、FE法で低信号域としてみられたが、石灰化病変の描出能が不良とされ

ていた MR 画像にとって興味深い知見といえる。最近、微細な金属が組織に沈着する病態を FE 法で検出する試みがなされつつある¹⁰⁾が、非磁性体であるカルシウム沈着を描出する可能性も示されている⁷⁾。特に、今回の検討結果で、ごく僅かな石灰沈着も比較的明瞭に描出しえることが証明され、今後の臨床応用が期待される。この理由としては、やはり石灰沈着による局所磁場の不均一と考えているが、現在基礎的検討を行っている。

FLASH タイプのスポラーパルスを用いた場合に長めの TR を用いフリップ角を 90 度にすれば理論式の上では SE 法と FE 法との間に組織間コントラストに差異がでにくいとされる¹¹⁾。しかし、今回の検討結果では内包後脚とその周囲の組織とのコントラスト能には違いが認められるように、FE 法の方がコントラスト能が良好な印象を与える。この原因のひとつに、FE 法では 180 度パルスを用いないために縦磁化の回復が速く SE 法よりも SN 比が良くなっていることが考えられる⁸⁾。しかし、血流などの生体流も関与する生体組織のコントラストを上記の理由のみで説明するには問題があるだろう。

同じ TE を用いた場合、SE 法では 180 度パルスを用いるために裁断面内を移動する核スピンの励起される確率が FE 法よりも低く、その結果 FE 法の方が流れの成分を信号化しやすいと考えられる。今回の検討結果でも、SE 法に比し FE 法で上矢状静脈洞内の血流が全例で捉えられたことは、FE 法で血流を捉え易いことを裏付けていると考えられる。

以上の点の他に、FE 法には基底核部の小低信号域、脳出血後の変化、頭皮での信号の抜けなど、SE 法では見られない画像上の変化がみられた。これらの現象が如何なるものに起因するのかについては今後さらに検討してゆく必要があるが、今回の検討により現在多用されつつある FE 法にみられる現象の一部が明らかになったと

考えられる。

ま と め

頭部の FE 像と SE 像とを比較検討し、以下の結果を得た。

- ① FE 法の方が金属アーチファクトがでやすく、副鼻腔と接する境界面で画像が歪みやすい傾向がみられた。
- ② FE 法では頭蓋骨板間層の信号低下がみられた。
- ③ 基底核部の石灰沈着については FE 法のみで描出できた。
- ④ 内包後脚部のコントラスト能については FE 法の方が良好であると考えられた。
- ⑤ 全例において FE 像で上矢状静脈洞内に信号が認められ、血流が捉え易かった。

文 献

- 1) K.M. Lüdeke, P. Röschmann, R. Tischler: Susceptibility artefacts in NMR imaging. *Magnetic Resonance Imaging* 3: 329-343, 1985
- 2) I.R. Young, S. Khenia, D.G.T. Thomas, et al.: Clinical magnetic susceptibility mapping of the brain. *Journal of Computer Assisted Tomography* 11: 2-6, 1987
- 3) R.E. Wendt, M.R. Wilcott, W. Nitz, et al.: MR imaging of susceptibility-induced magnetic field inhomogeneities. *Radiology* 168: 837-841, 1988
- 4) L.F. Czervionke, D.L. Daniels, F.W. Wehrls, et al.: Magnetic susceptibility artifacts in gradient-recalled echo MR imaging. *AJNR* 9: 1149-1155, 1988
- 5) 山田直明, 西村圭弘, 佐久間利治, 他: グラジエントの位相画像による Susceptibility Effect の検討. *日磁医誌* 9: 127-133, 1989
- 6) R.M. Schick, G.L. Wismer, K.R. Davis: Magnetic susceptibility effects secondary to out-of-plane air in fast MR scanning. *AJNR* 9: 439-442, 1988

- 7) S.W. Atlas, R.I. Grossman, D.B. Hackney, et al.: Calcified intracranial lesion: Detection with gradient-echo-acquisition rapid MR imaging. AJR 150 : 1383-1389, 1988
- 8) 畑中雅彦, 吉田忠候: 高速撮像法と Gradient Field Echo 法. 画像診断 9 : 877-883, 1989
- 9) 寒川 守, 武藤安弘, 市来孝康, 他: FE 法における不均一磁場の影響の検討. 日磁医誌 9 (supplement 1) : 150, 1989
- 10) 村上卓道, 丸川太朗, 黒田知純, 他: 肝硬変鉄沈着再生結節のグラディエントエコー (FLASH) 像の検討. 日本医放会誌 49 : 1427-1429, 1989
- 11) 加藤 勤, 澤田 敏, 田中敬正, 他: Spin echo 信号における Flip angle と Contrast との関係についての解析. 日磁医誌 8 : 52-61, 1988

Evaluation of Cranial MR Images with Field Echo Sequence

TSUTOMU KATO¹, YASUO YAMANOUC²
SATOSHI SAWADA,³ HIROAKI KUROKAWA¹
NORHIKO KITADA,¹ YUKI MIYAOKA¹
YOSHIMASA TANAKA,¹ MAMORU SOUKAWA⁴
YASUTAKA ICHIKI,⁴ YASUHIRO MUTOH⁴
TOKUNORI KIMUMA,⁵ MASAHIKO HATANAKA⁵

¹*Department of Radiology, Kansai Medical University
1 Fumizono-cho, Moriguchi-city, Osaka 570*

²*Department of Neurosurgery, Kansai Medical University*

³*Department of Radiology, Tottori University School of Medicine*

⁴*Toshiba Medical Co.*

⁵*Toshiba Co.*

Susceptibility and chemical shift were studied in cranial field echo (FE) images and the results were compared with spin echo (SE) images. Image parameters for FE and SE images were TR 400 ms, TE 26.8 ms and 90° flip angle. The differences in each images were as follows.

Metal artifacts were more prominent in FE images. The anatomical features were usually deformed in FE images by magnetic susceptibility in the area faced on air spaces (anterior cranial base, middle fossa). The calcification in basal ganglia were detected only by FE images. The intensity of the diploic space is usually low compared with that in SE images. The visualization of the posterior limb of internal capsule, low intensity in FE images, was better than that in SE images. FE images always showed high signal intensity in the superior sagittal sinus.