

Title	肝のMRI
Author(s)	兼松, 雅之; 近藤, 浩史; 松尾, 政之 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 2001, 61(14), p. 781-789
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/17834">https://hdl.handle.net/11094/17834</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

# 肝のMRI

兼松 雅之<sup>1)</sup> 近藤 浩史<sup>2)</sup> 松尾 政之<sup>2)</sup> 星 博昭<sup>2)</sup>

1) 岐阜大学医学部附属病院中央放射線部 2) 岐阜大学医学部放射線科

## Current Practice in MR Imaging of the Liver

Masayuki Kanematsu<sup>1)</sup>, Hiroshi Kondo<sup>2)</sup>,  
Masayuki Matsuo<sup>2)</sup>, and Hiroaki Hoshi<sup>2)</sup>

MR imaging, which is able to evaluate T1- and T2-relaxation time, fat, hemorrhage, metal deposition, blood flow, perfusion, diffusion, and so on, has offered more information for the diagnosis of diffuse and focal hepatic diseases than CT. The spoiled-GRE sequence with high contrast resolution and ease of the aimed contrast capture derived from the k-space property, with the use of a phased-array multicoil, have remarkably increased the value of gadolinium-enhanced dynamic MR diagnosis of the liver. In recent years, the clinical use of ferumoxide has begun, and issues concerning the superiority or inferiority and combination of contrast media are being debated. This paper describes the value, role, and clinical practice of unenhanced, gadolinium-enhanced, and ferumoxide-enhanced MR imaging of the liver based on knowledge obtained in our institution, with some reference to the literature.

Research Code No.: 514.9

**Key words:** Liver, Hepatocellular carcinoma, Cirrhotic, MRI, Diagnosis

Received Nov. 13, 2001

- 1) Department of Radiology, Gifu University Hospital  
2) Department of Radiology, Gifu University School of Medicine

本論文は、第37回日本医学放射線学会秋季臨床大会(2001年11月)の教育講演において、「肝のMRI」の演題で発表されたもので、日本医学放射線学会誌編集委員会より執筆依頼した。

別刷請求先  
〒500-8705 岐阜市司町40  
岐阜大学医学部附属病院中央放射線部  
兼松 雅之

## はじめに

T1/T2緩和、脂肪、出血、金属沈着、血流、流れ、拡散等の評価が可能なMRIはび慢性および限局性肝疾患の診断においてCTに比べ、より多くの病態情報を提供してきた。特に、高いコントラスト分解能と、k-space特性から招来する目的コントラスト捕捉の容易性を兼ね備えるspoiled-GRE法とガドリニウム造影の組み合わせは、表面コイルの使用もあいまって、肝MRI診断の価値を著しく高めた。また、近年、フェルモキシデスの臨床使用も始まり、造影剤の優劣や使い分けが議論されている。

本稿では、肝のMRI診断における非造影MRI、ガドリニウム造影MRI、フェルモキシデス造影MRIについて、その価値、役割、実際について、われわれの施設での知見に若干の文献的考察を加え解説する。

## 肝MRIにおける評価項目

本邦のようにウイルス性肝炎を中心とする慢性肝障害が多いという条件下の肝画像診断を念頭に置いた場合、肝病態診断に必要な画像評価項目には肝形態、再生結節、肝動脈血流、門脈・肝静脈血流、細胞密度、脂肪沈着、金属沈着、網内系機能、側副血行路、腫瘍栄養血管、リンパ節、腹水等が含まれる。近年、普及が始まった多検出器型CTとの優劣をTable 1に示す。この比較は高磁場高性能MRI装置の使用を前提としたものであるが、MRIが優れている項目として、再生結節、動脈血流、細胞密度、脂肪沈着、金属沈着、網内系機能、リンパ節・腹水の診断が挙がる。

## 非造影MRI

Damadianが1971年に悪性腫瘍ではT1、T2緩和時間が延長することを報告し30年経った<sup>1)</sup>。彼は「悪性組織における細胞内水の秩序低下」が原因と考察した。しかし、近年では組織構造的な要因として、細胞間質の水分量や細胞密度も影響すると考えられている。

限局的なT1短縮(高信号)の鑑別には、肝硬変症でみられ

る限局性脂肪沈着や異形成性結節，高分化型肝細胞癌，局所療法後(エタノール注入，ラジオ波焼灼等)，腫瘍内出血，出血性嚢胞，悪性黒色腫転移(melanotic type)などが挙がる。これらの病態におけるT1短縮は，脂肪沈着，高細胞密度，銅，鉄などの金属沈着，凝固壊死，メラニン沈着等が関係するが，これらのうちの幾つかが，複合して関与する場合もある。

T1強調像は今日，呼吸停止下にGRE法を用いて撮像されることが多いが，多くの施設でphase-shift GRE studyがルーチン化されている。最近ではin- およびopposed-phase T1強調GRE像を同時に撮像するシーケンスも開発，実用化されている。in-phaseで高信号の結節がopposed-phaseで暗転すれば，脂肪沈着結節であることが分かる(Fig. 1)。多血性の脂肪沈着(含有)腫瘍をopposed-phase GRE法により撮像し

た場合，肝動脈相における腫瘍への造影剤の流入にもかかわらず信号が上昇しない，または逆に信号が低下するparadoxical suppressionと呼ばれる現象が報告されている<sup>2)</sup>。肝細胞癌では，血管筋脂肪腫や椎体血管腫ほど豊富な脂肪を含有することが少ないため，信号が低下することは稀であるが，動脈性血流が正しく評価されないことがあり，注意を要する。phase-shift GRE studyでは，in- およびopposed-phaseのエコー時間の違いによる磁化率効果への感度の差異を利用して，肝の鉄沈着再生結節や脾のヘモジデリン沈着Gamma-Gandy体を診断するのにも役立つ(Fig. 2)。

限局的なT2短縮(低信号)の鑑別には，肝硬変症における再生結節や異形成性結節，内部に線維化を含む肉芽腫や腺癌肝転移，凝固壊死，石灰化，ヘモジデリン沈着，ガス，脂肪沈着(脂肪抑制併用時)などが挙がる。

周波数選択性脂肪抑制(CHESS)法は肝のT2強調像には欠かせない。肝には生理的に5%重量ほどの脂肪が存在し，脂肪抑制は正常肝の信号を低下させ，悪性腫瘍とのコントラストを明瞭にする<sup>3)</sup>。さらに，コイルのnear-field効果による腹壁脂肪の高信号によるゴーストアーチファクトを軽減する(Fig. 3)。さらに，上腹部リンパ節診断においては高コントラスト・高空間分解能を生かした精細な診断が可能になる。

最近ではT2強調像に造影MRIの補助診断的な役割を持たせるという考えもある。即ち，造影MRIにおける異常所見について，T2強調像を参照し，真病変か偽病変かを推し量するという「タイプレイカー」的な役割である。しかし，早期濃染型偽病変のなかには，淡いT2高信号を示し，一見腫瘍様の所見を呈するものがあり，注意を要する<sup>4)</sup>。

Table 1 肝画像診断における必要評価項目。

1. 肝形態	同等
2. 再生結節	MRI > MDCT
3. 動脈血流	MRI ≥ MDCT
4. 門脈・肝静脈血流	同等
5. 細胞密度	MRI > MDCT
6. 脂肪沈着	MRI > MDCT
7. 金属沈着	MRI > MDCT
8. 網内系機能	MRIのみ
9. 側副血行路	同等
10. 腫瘍栄養血管	MRI < MDCT
11. リンパ節, 腹水	MRI ≥ MDCT

MRI = 高磁場高性能MRI, MDCT = 多検出器型CT.

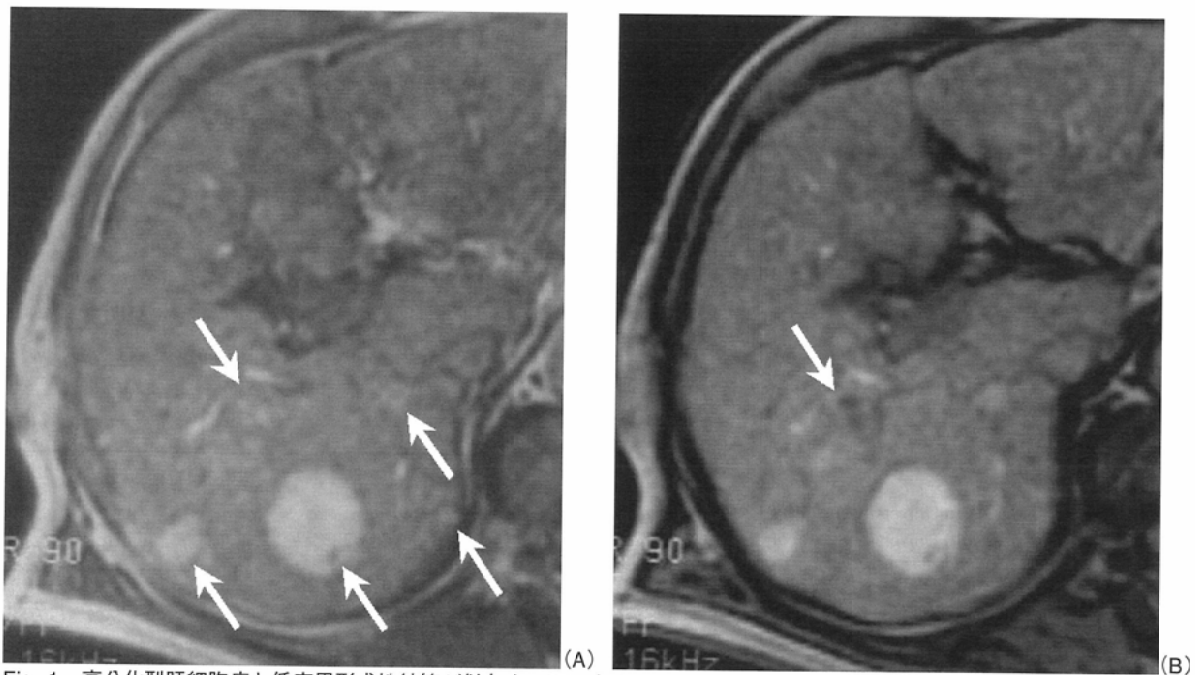


Fig. 1 高分化型肝細胞癌と低度異形成性結節が併存する肝硬変症。in-phase T1強調spoiled-GRE像(A)にて多発する高信号結節を認める(矢印)。opposed-phase像(B)では，このうち1結節のみ暗転する(矢印)。生検により，この結節は脂肪沈着を有する高分化型肝癌，他は低度異形成と診断された。

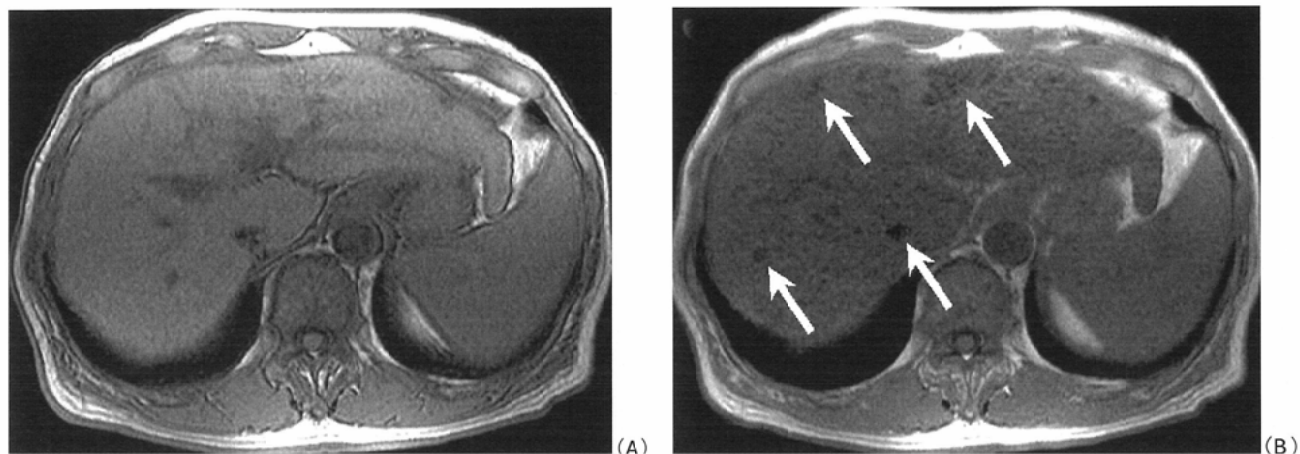


Fig. 2 鉄沈着再生結節を伴う肝硬変症のT1強調spoiled-GRE像。エコー時間1.6 msec(opposed-phase)(A)では、肝左葉、尾状葉腫大、脾腫を認めるが、肝実質の信号はほぼ正常である。エコー時間4.2 msec(in-phase)(B)では、肝実質信号が全体に低下し、局部的に強い信号低下域(矢印)を認め、肝に不均一な鉄沈着があることが分かる。

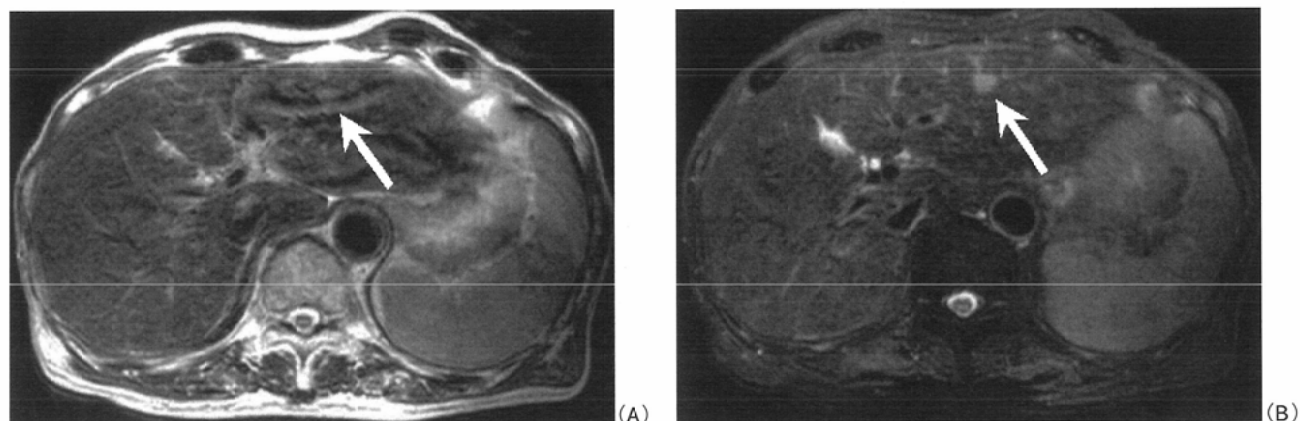


Fig. 3 多血性肝細胞癌の呼吸トリガーT2強調高速SE像。非脂肪抑制像(A)では腹壁脂肪の高信号によるゴーストが重畳し、肝癌(矢印)は不明瞭であるが、脂肪抑制像(B)ではゴーストもなく、肝癌(矢印)のコントラストは明瞭である。

### ガドリニウム造影MRI

ガドリニウム造影ダイナミックMRIにはCTと比べて幾つかの利点があることが知られている。第一に造影剤に対する高いコントラスト分解能、第二にk-space特性による全スライスにおけるコントラスト統一性、第三に中央k-spaceにデータ充填が行われる数秒の時間帯でコントラストが決定されること、第四に造影剤の投与量が少なく、副作用も低頻度であることである。逆に欠点は、動きに弱い、MRI禁忌に制限される、脂肪以外の原因によりT1高信号を示す異形成性結節での血流評価が困難な点、ゴースト、磁化率、paradoxical suppression等、MRI特有のアーチファクトがあることである。

肝動脈相像は特に肝細胞癌を代表とする多血性病巣の診断において重要な役割を果たすが、これが適切に撮像されているか否かの目安は、強い脾、脾、腎皮質の濃染、脾のモアレ(ゼブラ)濃染、肝実質は濃染せず中枢門脈枝は弱く濃染することなどである(Fig. 4)。肝動脈相開始から門脈相開始まではおよそ12秒と考えられており、中央k-spaceを

この時間帯内に納めれば良好な肝動脈相が得られる。しかし、0.1mmol/kgのGd-DTPAと15mLの生食を毎秒3 mLで上肢から静注した場合、腹部大動脈へ造影剤が到達する時間は9~29秒(平均16.0 ± 3.8秒)と幅が広く<sup>5)</sup>、固定ディレイでは肝動脈相を外す可能性がある。われわれは100例の慢性肝障害患者のランダムスタディにより、腹部大動脈への造影剤到達後、10~15秒および50秒以降に中央k-spaceを位置させることで、適切な二相撮像が可能になることを明らかにした。テストポラスやトリガリングソフトウェアを用いる際は、この結果が参考になる。固定ディレイでは静注開始後、中央k-spaceを28~34秒および68秒以降に位置させることで、適切な二相撮像の可能性が高まると結論した(unpublished our data)。

われわれは高めのイメージマトリックスを用いた高空間分解能ダイナミックMRIの有用性を提唱してきた(Fig. 5)。高空間分解能化により、感度が上昇、特異度が低下、ROC解析による正診度が上昇した<sup>6)</sup>。高空間分解能化により腫瘍検出率は向上する一方、早期濃染偽病変の頻度が上昇するため、偽病変の診断学向上を目指すことにより、高

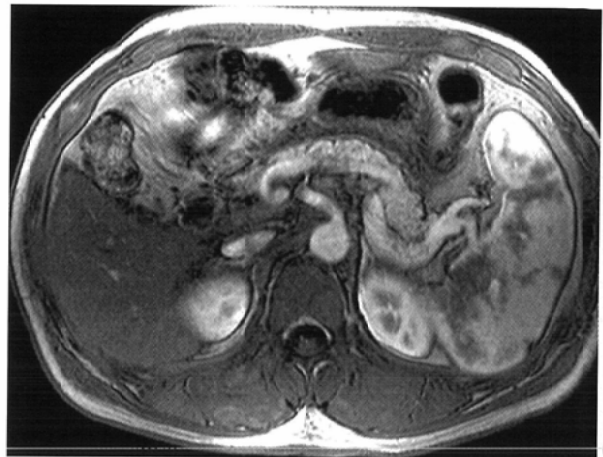
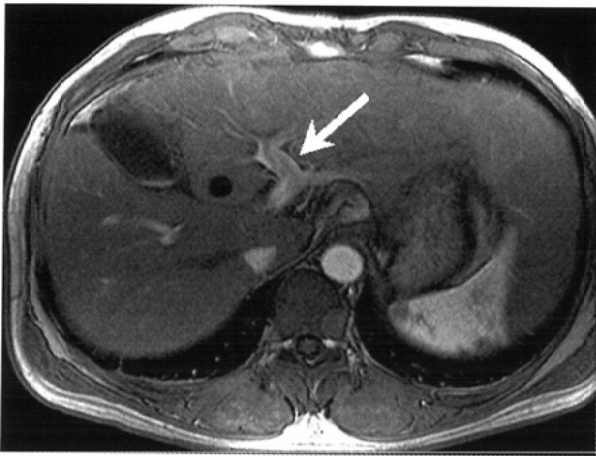


Fig. 4 理想的な肝動脈相像の目安。肝実質は濃染せず、中枢門脈枝(矢印)は弱く濃染する(A)。強い脾、膵、腎皮質の濃染、脾のモアレ(ゼブラ)濃染を認める(B)。

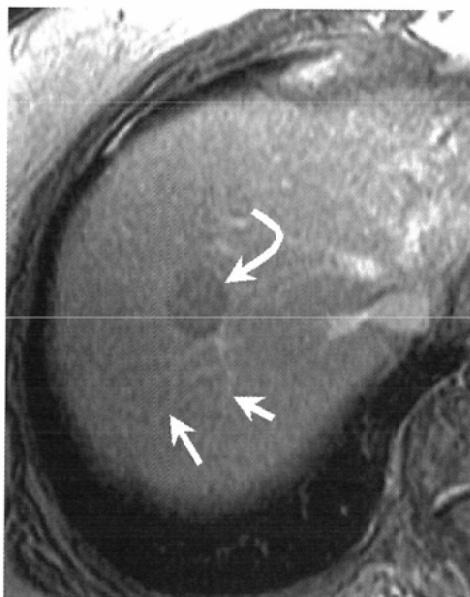
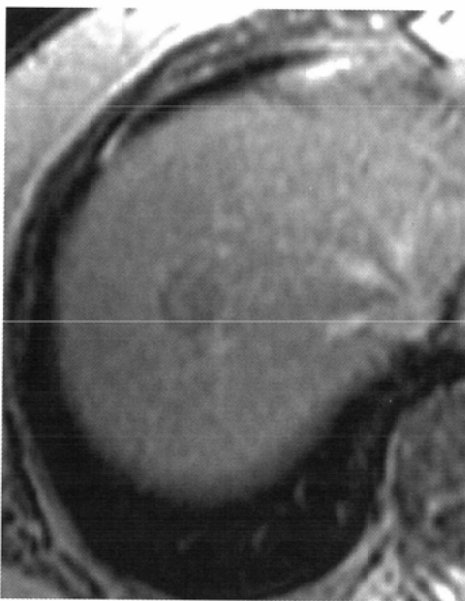


Fig. 5 多血性肝細胞癌の低および高空間分解能造影MRI平衡相像。腫瘍の辺縁(曲矢)および末梢門脈枝(矢印)の描出は低空間分解能像(256 × 128) (A)に比べ、高空間分解能像(512 × 224) (B)において優れている。(AJR<sup>®</sup>より許可を得て転載)

空間分解能MRIの有用性が高まると考えられる。

最近のわれわれの検討では、早期濃染偽病変は29%の症例に認められ(4~50 mm, 平均12.2 mm), 形態は円形54%, 卵円形18%, 不整形15%, 芋虫状形9%, 楔状形4%であり, 17%がT2強調像で淡い高信号を呈した(Fig. 6)。10%で悪性腫瘍との鑑別が容易ではなかった(Fig. 7)。原因はA-P shuntが62%, cystic venous drainageが5%, rib compressionが5%, pancreatico-pyolo-duodenal venous drainageが3% (Fig. 8), 不明が25%であった。多くはMRI所見から診断可能であると考えられる (Fig. 9, 10)。

ごく最近では, sensitivity-encoding (SENSE)法を用いた二相動脈相撮像により, 早期および後期動脈相の二相撮像が可能になり, 固定ディレイでも動脈相タイミングを外す頻度が減るほか, 肝細胞癌の染み出し像(コロナ濃染)を捕捉し, 偽病変との鑑別がさらに容易になる可能性がある

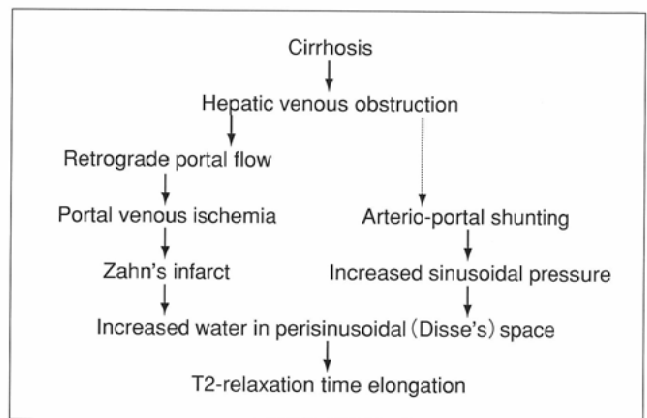


Fig. 6 早期濃染型偽病変がT2強調像において淡い高信号を呈する機序(仮説)。門脈虚血によるZahn硬塞やA-P shuntによる類洞圧上昇が, 局所の傍類洞腔(Disse腔)の浮腫を招来することが一因と推察される。

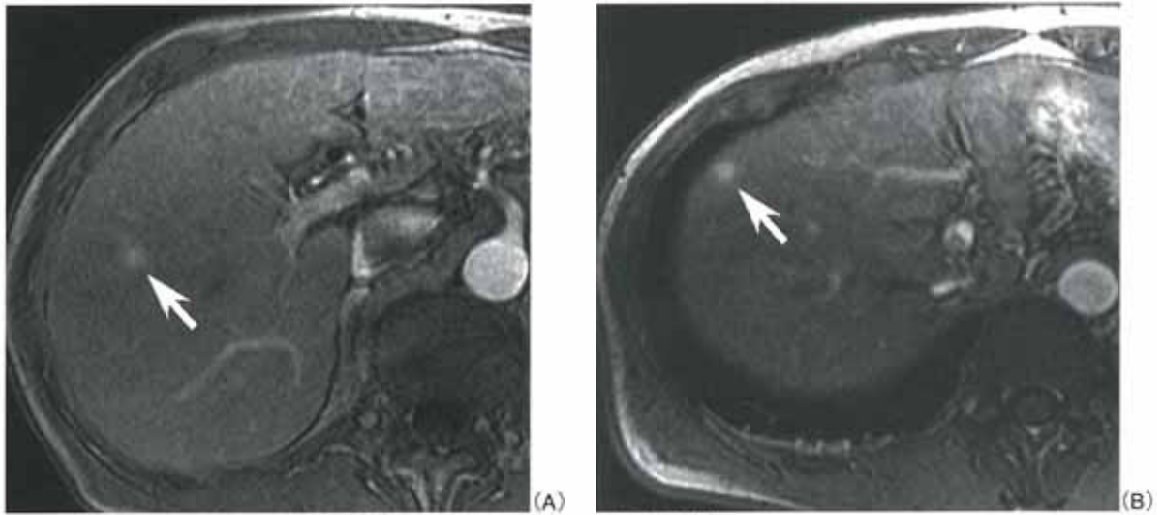


Fig. 7 多血性肝細胞癌と早期濃染型偽病変のダイナミックMRI肝動脈相像。  
肝癌(A: 矢印)も偽病変(B: 矢印)も同様の濃染所見を示す。両者はT2強調像、造影門脈相および平衡相像でも無所見であった。両者の鑑別の唯一の手がかりは、その位置が肝辺縁か内部かのみである。診断には経過観察が唯一の手段であることも多い。

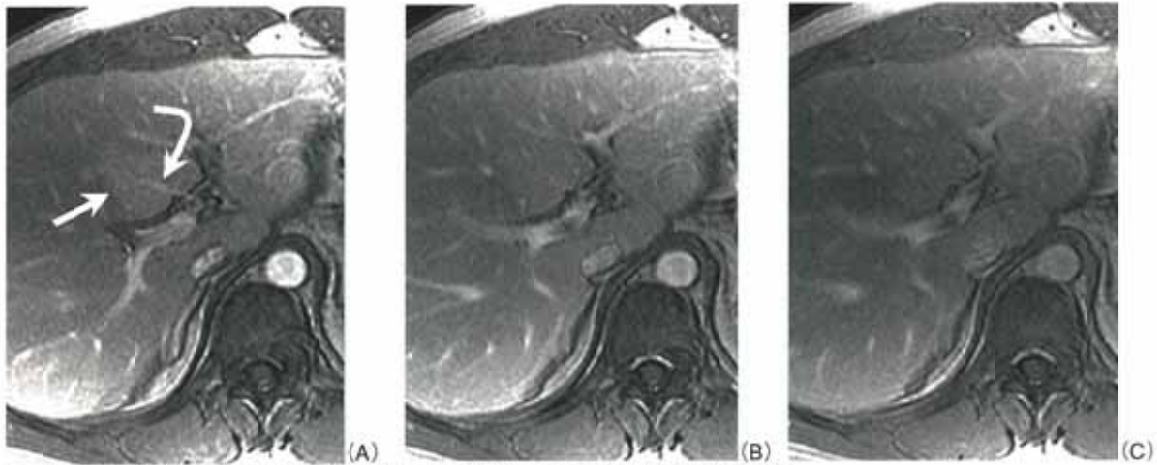


Fig. 8 pancreatico-pyruolo-duodenal venous drainageによる早期濃染型偽病変。  
やや遅めの肝動脈相像(A)では方形葉後部が淡く濃染し(矢印)、内部に還流静脈(曲矢)が描出される。門脈相(B)から平衡相(C)にかけて不明瞭化する。

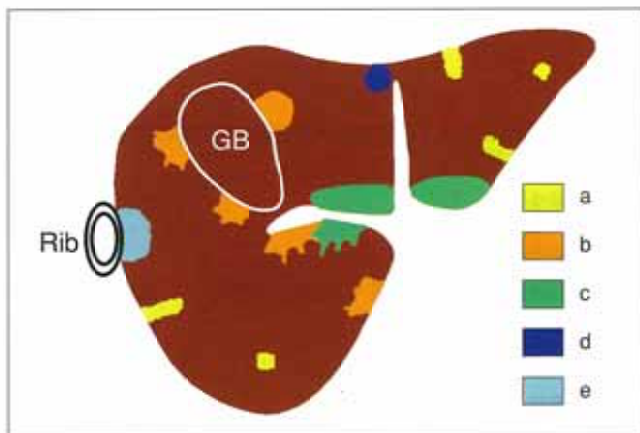


Fig. 9 各種造影検査で見られる偽病変の位置と形態の概念図。  
原因としてA-P shuntや末梢門脈閉塞(a)、直接的な胆嚢静脈還流や胆管周囲静脈叢を介した間接的な胆嚢静脈還流(b)、右胃・脾・十二指腸静脈還流(c)、Sappey静脈の還流(d)、肋骨の圧迫(e)などが存在する。

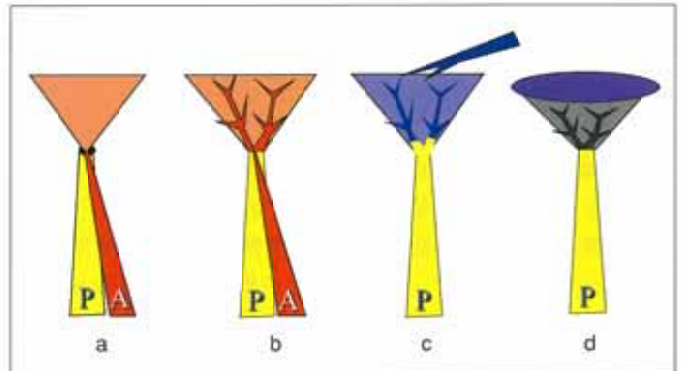


Fig. 10 機序別にみた偽病変の概念図。  
偽病変を生じる機序には、門脈閉塞(a)、A-P shunt(b)、右胃・脾・十二指腸静脈、胆嚢静脈、Sappey静脈など門脈以外の静脈還流(c)、肋骨等による圧迫(d)などがある。

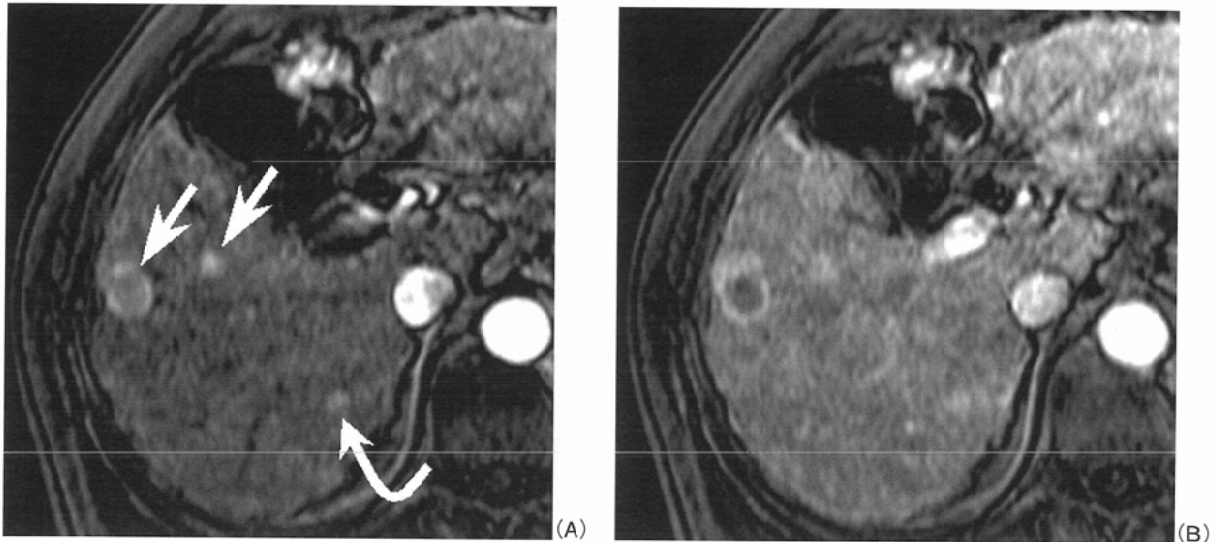


Fig. 11 SENSE (sensitivity-encoding)法を用いた多血性肝細胞癌と早期濃染型偽病変のdouble arterial-phase GRE像(神戸大学, 鶴崎正勝先生のご厚意による).  
 早期肝動脈相像(A)では肝細胞癌(矢印)と早期濃染型偽病変(曲矢)の濃染像を認める. 後期肝動脈相(B)では肝細胞癌は染み出し像(コロナ濃染)を呈するが, 偽病変は明らかな染み出し像を呈さない.

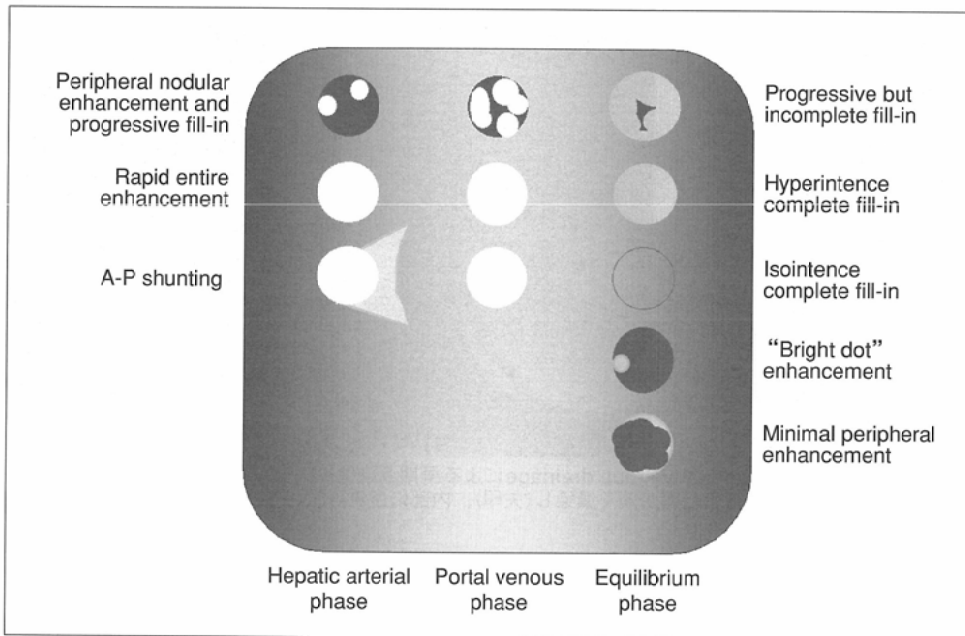


Fig. 12 肝海綿状血管腫の各種濃染パターンの概念図.

(Fig. 11).

肝海綿状血管腫は最も頻度が高い良性肝腫瘍であり, その多くが典型的造影所見により診断が容易であるが, 一部の血管腫は, 内部の嚢胞状, 瘢痕状変性により, 非典型的な造影パターンを示し<sup>7)</sup>, 悪性腫瘍との鑑別が問題となることがある (Fig. 12, Table 2)<sup>8)</sup>. 特に, 軽微辺縁濃染を示す血管腫は, 内部変性の状態によっては中等度T2高信号を示し, 転移性肝癌と見まがうことがある.

Table 2 当施設における肝海綿状血管腫142結節の造影MRI所見とその頻度<sup>8)</sup>.

画像所見	頻度
肝動脈相および門脈相	
辺縁結節状濃染の内部への急速な広がり	72%
早期全体濃染	17%
A-Pシャント	14%
平衡相	
高信号完全濃染	59%
等信号完全濃染	2%
"Bright dot" 状濃染	6%
軽微辺縁濃染	6%

フェルモキシデス造影MRI

1999年秋より, 臨床の場に登場した超常磁性酸化鉄造影剤(フェルモキシデス)は, 特に転移性肝癌の検出において

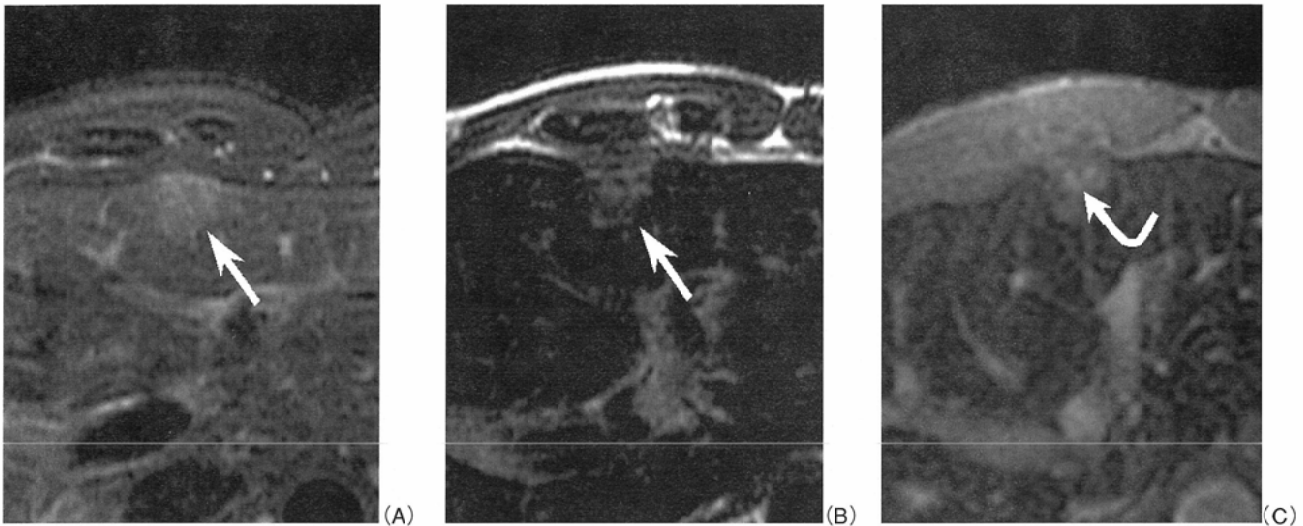


Fig. 13 限局性結節性過形成(FNH)のMRI像.  
非造影T2強調高速SE像(A)で中等度高信号を示すFNH(矢印)は、フェルモキシデス造影T2強調高速SE像(B)では信号低下を示す。T2\*  
強調GRE像(C)では中心瘢痕部(曲矢)がやや高い信号領域として描出されている。

門脈造影下CT(CTAP)に代わる低侵襲検査法として期待された。従来、プロトン密度強調およびT2強調SE法やT2\*強調spoiled-GRE法を用いての撮像が行われたが、最近では2 msec以下の短いエコー時間(TE)を用いたT1強調GRE法、呼吸トリガー法や呼吸停止によるファーストリカバリー高速SE法、シングルショット高速SE法の有用性も報告されている。エコープラナー法の有用性に関しては現在までのところ否定的である<sup>9)</sup>。

Wardら<sup>10)</sup>は1テスラMR装置とボディコイルを用い、dual-phase SE法、FLASH法(TE = 10 msec)の診断能が高く、高速SE法は有用でないと結論しているが、われわれの1.5テスラ装置および表面コイルにより得られたMR画像のROC解析ではプロトン強調SEが最も優れ、呼吸トリガー高速SE法、T2\*強調GRE法(TE = 10 msec)はこれに次いで同等であった。しかし、高速SE法は他に比して、肝嚢胞の診断能が格段に優れるため<sup>9)</sup>、現在われわれはT2強調高速SE法、T2\*強調GRE法の併用をベースとして、これにシングルショット高速SE法、短いTE(1.6 msec)によるT1強調spoiled-GRE法を追加している。高いイメージマトリックスを用いた呼吸トリガーT2強調高速SE法は結節の形態評価、肝嚢胞の鑑別、肝末梢血管枝の同定に重要と考えている。

フェルモキシデスのT1短縮効果はガドリニウムの6倍ほど高く、短いTEによるT1強調spoiled-GRE法を用いた場合、T1短縮造影剤としての効果を持つ。この場合、造影剤投与後、比較的早期では悪性腫瘍の周囲に高信号帯が出現することが知られているが、これは腫瘍周囲の圧迫等による類洞鬱血部でのフェルモキシデスのプーリングが原因の一部と考えられている。この所見は悪性腫瘍の半数近くに認められるが、大きめの嚢胞の周囲にも見られることがある(unpublished our observation)。また、海綿状血管腫や限局性結節性過形成は高信号腫瘍として描出され得る。

高分化型肝細胞癌では、クッパー細胞機能が保たれるこ

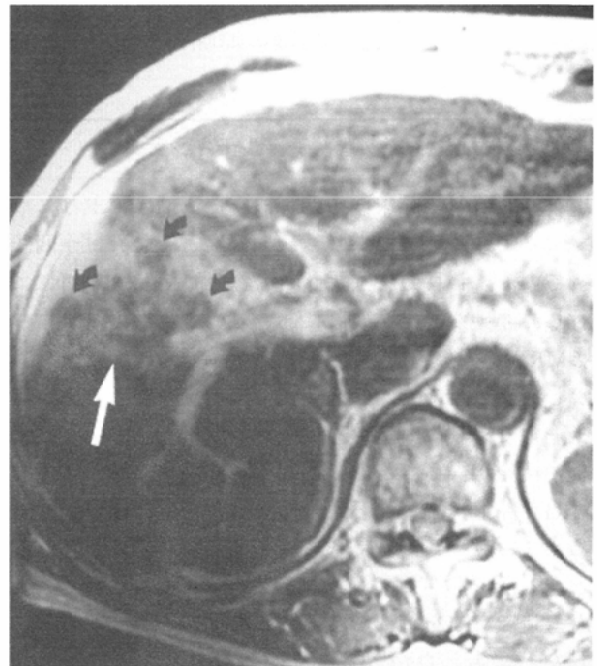


Fig. 14 集簇性肝線維症のフェルモキシデス造影MRI像。肝門部から肝辺縁にかけて、肝表の陥凹を伴う線維化部が楔状の低い高信号として認められる(矢印)。内部にはフェルモキシデスを取り込んだ再生結節が低信号領域として認められる(小曲矢)。(Abdominal Imaging<sup>12)</sup>より許可を得て転載)

とがあり、フェルモキシデス造影MRIで周囲より低信号または等信号(無描出)領域として認められ得ることが知られている。しかし、われわれの臨床検討では2cm以下の高分化型肝癌の約半数がフェルモキシデスを不均一に取り込み、完全な等信号とはなりにくく、検出されない可能性は10%前後と考えられる(unpublished our data)。

悪性腫瘍診断以外の有用性としては、限局性結節性過形成<sup>11)</sup>(Fig. 13)や集簇性肝線維症<sup>12)</sup>(Fig. 14)などの診断に役立つことが報告されている。



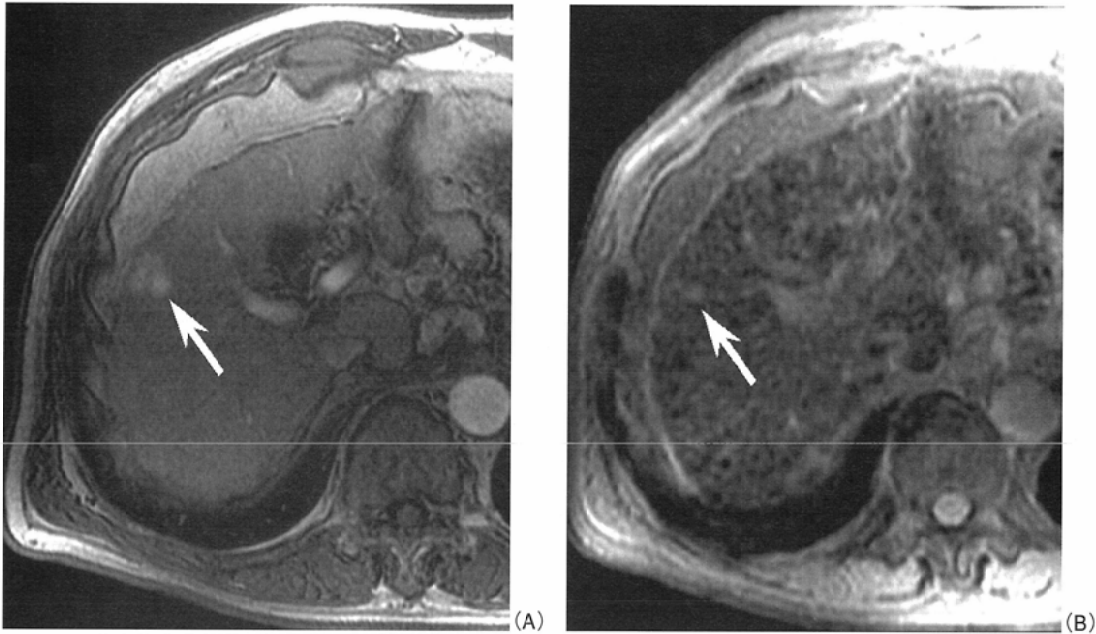


Fig. 15 多血性高分化型肝細胞癌の造影MRI像。  
 ガドリニウム造影肝動脈相像(A)ではS5の多血性肝癌(矢印)が明瞭であるが、フェルモキシデス造影T2\*強調GRE像(B)では、硬変肝の多結節性、肝機能低下によるフェルモキシデスの取り込み低下、肝癌自体へのフェルモキシデス取り込み等の影響により肝癌(矢印)の描出は十分ではない。(AJR<sup>13)</sup>より許可を得て転載)

### ガドリニウムとフェルモキシデス

現在、肝MRIに臨床使用が可能な造影剤はガドリニウムとフェルモキシデスであり、その優劣と使い分けが問題となっている。われわれは悪性腫瘍診断能をROC解析により検討し、非硬変肝、硬変肝においていずれもガドリニウム造影MRIが有意に優れていることを確認した<sup>13)</sup>(Fig. 15)。しかし、フェルモキシデス造影によるMRI診断学はまだまだ開発途上であり、非造影、ガドリニウム造影MRIでは得られない情報が得られることも知られている。さらに、両造影MRIを併用することで、血管造影下CT(CTHA/CTAP)に勝るとも劣らない肝腫瘍診断が可能となると考えられる<sup>14)</sup>。Wardらはフェルモキシデス投与に引き続き、ガドリニウム造影MRIを行うことで肝細胞癌の診断能がさらに向上したと報告したが<sup>15)</sup>、これに関してはさらに費用効果比、安全性に関する議論が必要となる。

現時点での造影MRIを用いた診断戦略としては、慢性肝障害患者のスクリーニングや一次精査には、多血病巣検出、良性病変鑑別を目的としてガドリニウム造影MRIを、悪性肝腫瘍の術前精査には両者の併用を、異形成性結節内の脱分化巣の検出にはフェルモキシデス造影MRIを推奨す

る。ラジオ波焼灼術後の効果判定では、肝細胞癌においてはガドリニウム、転移性肝癌においてはフェルモキシデスが優れる可能性があると考えているが、今後の検討結果を待ちたい。

### おわりに

非造影、ガドリニウム造影、フェルモキシデス造影、両者併用による肝MR診断に関して述べた。多検出器型CTの出現により、MRIの価値が相対的に下落した感があったが、sensitivity-encoding法の出現で、細胞外液性造影診断に関しては巻き返しの感がある。再確認すべきは、非造影MRIがCTでは得られない数多くの有用な診断情報をもたらすことである。さらに、フェルモキシデスの他、今後登場する肝特異性造影剤の持つ可能性には大きな期待が寄せられている。

### 謝 辞

本総説における研究の一部は平成13年度厚生労働省石川班の助成を受けた。

## 文 献

- 1) Damadian R: Tumor detection by nuclear magnetic resonance. *Science* 171: 1151-1153, 1971
- 2) Mitchell DG, Stolpen AH, Siegelman ES, et al: Fatty tissue on opposed-phase MR images: paradoxical suppression of signal intensity by paramagnetic contrast agents. *Radiology* 198: 351-357, 1996
- 3) Kanematsu M, Hoshi H, Itoh K, et al: Focal hepatic lesion detection: comparison of four fat-suppressed T2-weighted MR imaging pulse sequences. *Radiology* 211: 363-371, 1999
- 4) Matsuo M, Kanematsu M, Kondo H, et al: Arterioportal shunts mimicking hepatic tumors with hyperintensity on T2-weighted MR images. *J Magn Reson Imaging* (in press).
- 5) Kanematsu M, Shiratori Y, Hoshi H, et al: Pancreas and peripancreatic vessels: effect of imaging delay on gadolinium enhancement at dynamic gradient-recalled-echo MR imaging. *Radiology* 215: 95-102, 2000
- 6) Kanematsu M, Hoshi H, Murakami T, et al: Detection of hepatocellular carcinoma: comparison of low- and high-spatial-resolution dynamic MR images. *Am J Roentgenol* 173: 1207-1212, 1999
- 7) Yamashita Y, Ogata I, Urata J, Takahashi M: Cavernous hemangioma of the liver: pathologic correlation with dynamic CT findings. *Radiology* 203: 121-125, 1997
- 8) Kato H, Kanematsu M, Matsuo M, et al: Atypically enhancing cavernous hemangiomas: high-spatial-resolution gadolinium-enhanced triphasic dynamic gradient-recalled-echo imaging findings. *Eur Radiol* 11: 2510-2515, 2001
- 9) Kanematsu M, Itoh K, Matsuo M, et al: Malignant hepatic tumor detection with ferumoxides-enhanced MR imaging with a 1.5-T system: comparison of four imaging pulse sequences. *J Magn Reson Imaging* 13: 249-257, 2001
- 10) Ward J, Chen F, Guthrie JA, et al: Hepatic lesion detection after superparamagnetic iron oxide enhancement: comparison of five T2-weighted sequences at 1.0 T by using alternative-free response receiver operating characteristic analysis. *Radiology* 214: 159-166, 2000
- 11) Paley MR, Mergo PJ, Torres GM, et al: Characterization of focal hepatic lesions with ferumoxides-enhanced T2-weighted MR imaging. *Am J Roentgenol* 175: 159-163, 2000
- 12) Matsuo M, Kanematsu M, Kondo H, et al: Confluent hepatic fibrosis in cirrhosis: ferumoxides-enhanced MR imaging findings. *Abdom Imaging* 26: 146-148, 2001
- 13) Matsuo M, Kanematsu M, Itoh K, et al: Detection of malignant hepatic tumors: comparison of gadolinium- and ferumoxide-enhanced MR imaging. *Am J Roentgenol* 177: 637-643, 2001
- 14) Kondo H, Kanematsu M, Hoshi H, et al: Preoperative detection of malignant hepatic tumors: comparison of combined methods of MR imaging with combined methods of CT. *Am J Roentgenol* 174: 947-954, 2000
- 15) Ward J, Guthrie JA, Scott DJ, et al: Hepatocellular carcinoma in the cirrhotic liver: double-contrast MR imaging for diagnosis. *Radiology* 216: 154-162, 2000