# 肝臓MR検査で知りたい情報とは

メタデータ	言語: jpn
	出版者:
	公開日: 2017-10-03
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者:
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/39691

教育講演記録

テーマ:肝臓 MR 撮像の考え方

肝臓 MR 検査で知りたい情報とは

What kind of information we would like to acquire on hepatic MR examination?

金沢大学大学院医薬保健学総合研究科経血管診療学 小林 聡 Satoshi Kobayashi

# 1. はじめに

CT の多列化が進み横断像だけでなく種々の方向からの CT 断層画像が入手可能になった現在、自由 にスライス面の選択が可能であるという肝臓 MRI の形態診断上の意義は薄れがちかもしれない。 しかし、造影剤を用いなくても画像シークエンスの組み合わせで組織性状を推定することがある程度可 能であるという特徴、そして機能性造影剤を用いた肝臓の機能と形態を融合させたアプローチ法の存在 など MRI の肝画像診断上のアドバンテージは揺るぎないものと言える。

本稿では、肝臓 MRI でみられる信号変化がどのような病理学的背景から出現するのか概略を述べ、 さらに肝臓 MRI で取得可能な機能情報に関しても紹介する。また、各種肝疾患で観察される特徴的 MRI 所見についても解説する。

#### 2. MRI 信号強度変化と病理学的背景

### 1). T1 強調像

T1 強調像では水の多い部分が低信号を呈する。多くの腫瘍はT1 強調像で低信号を呈する場合が多く、 T1 強調像での低信号は比較的特異性が乏しい所見である。一方、病変がT1 強調像で高信号を呈する場 合は脂肪の存在 (Fig. 1) やタンパク濃度の高い液体の貯留 (Fig. 2)、出血などが疑われる。肝内結石も T1 強調像で高信号を呈する (Fig. 3)。また、背景の肝臓と比較して細胞密度が高い部位(高分化肝細胞 癌や過形成結節など)もT1 高信号を呈する。悪性黒色腫の肝転移では腫瘍内のメラニン成分の存在に よりT1強調像で高信号を呈する。また、銅関連蛋白の存在もT1強調像で高信号を呈する原因となる<sup>1)</sup>。

#### 2). T2 強調像

T2 強調像では水の多い部分が高信号を呈する。炎症や多くの悪性腫瘍など肝臓 MRI の撮像対象となる病変の多くが T2 高信号を呈するため T2 高信号所見は比較的疾患特異性が低い。肝血管腫や粘液癌 (Fig. 4) は T2 強調像で著明な高信号を呈するため、他の多くの病変と区別することが可能な場合が多い。脂肪も T2 強調像で高信号を呈するが、肝内病変の評価目的では脂肪抑制を併用した T2 強調像を撮像することが多く脂肪の信号は抑制されている場合が多い。一方、病変が T2 強調像で低信号を呈する場合はそれほど多くなく線維化 (Fig. 5)、石灰化、ヘモジデリン沈着 2.3) など特徴的な病理像が疑われる。

#### 3). 血流情報

Gd-DTPA (Gd)を用いた造影ダイナミック MRI では造影 CT と同様に動脈相(早期相)画像で肝動 脈血流の多寡の評価が可能となる <sup>4</sup>。多血性病変の場合は門脈相から平衡相画像でドレナージ血流の様 子を観察することにより病変の鑑別診断に役立つ情報が得られる場合がある。また、造影剤投与後長時 間が経過した遅延相画像の撮像では線維成分に富む病変では造影剤の滲み出しによる遅延性濃染が観察 される。

Gd-EOB-DTPA (EOB) を用いた造影 MRI 検査の場合もダイナミック MRI の撮像により病変の血流 情報を得ることができるが、EOB は静注後早期から肝細胞への取り込みが始まる。また、一部の肝細胞 癌では腫瘍細胞の細胞膜上に EOB のトランスポーターである OATP1B3 を発現する場合があるため EOB 取り込みを呈する。これらの理由から Gd 造影 MRI の場合の平衡相(静注後 3-5 分程度)の所見 と EOB 造影 MRI の場合の静注後 3-5 分程度(この場合、平衡状態ではないため平衡相とは呼ばず後期 相と呼ぶ)の所見は異なり、CT のヨード造影剤や Gd 造影 MRI で観察される、いわゆる"wash out"所 見と同じ機序の造影所見は EOB 造影 MRI ではみられないことに注意するべきである (Fig. 6)。

# 3. 肝臓 MRI でわかる機能情報

(1). 超常磁性酸化鉄コロイド粒子を用いた Kupffer 細胞機能情報の取得

超常磁性酸化鉄 (superparamagnetic iron oxide, SPIO) コロイド粒子を用いた造影剤は肝臓のクッ

パー細胞に取り込まれ T2 (T2\*) 短縮効果を示す。クッパー細胞は肝臓の類洞壁に存在する網内系細胞 で異物の貪食能を有する。そのためクッパー細胞が存在・機能している正常な肝臓の領域は T2 (T2\*) 短 縮効果により T2 強調像や T2\*強調像で信号低下を呈するが、クッパー細胞を有しない肝転移や、中分 化~低分化肝細胞癌などの病変は信号低下を生じない。従って多くの病変が T2 強調像や T2\*強調像で 低信号の肝実質中の高信号領域として描出される (Fig. 7)。また、限局性結節性過形成や過形成結節な どでは結節内にクッパー細胞を有するため背景の肝臓と同等あるいはより強い信号低下を示し、鑑別診 断に役立つ。

肝細胞癌の前癌病変である dysplastic nodule と高分化型肝細胞癌はいずれも SPIO 取り込みを呈しう るため両者の鑑別は難しい場合が多い<sup>5</sup>。

なお、SPIO は Gd 系の造影剤ではないため腎性全身性線維症 (nephrogenic systemic fibrosis, NSF) の発症はなく腎機能低下例でも使用可能である。

# (2). EOB を用いた肝細胞トランスポーター機能情報の取得

EOB は、肝細胞膜に存在するトランスポーターである OATP1B3 により肝細胞に取り込まれ MRP2 で毛細胆管に排泄されるため、前述の血流情報だけではなく機能情報も入手可能な造影剤である。。EOB 造影 MRI で EOB 投与後 20 分程度の肝細胞相では正常の肝細胞は EOB を取り込み、T1 強調像で高信 号を呈するが、肝転移や多くの中分化~低分化型肝細胞癌では EOB の取り込みを認めないため低信号 を呈する。

また、肝細胞癌の多段階発癌の過程で結節の悪性度の進行に伴い EOB 取り込みが減少していくこと が知られている。これは前癌病変から高分化肝細胞癌、中分化~低分化型肝細胞癌へと進展するに従っ て細胞膜表面の OATP1B3 の発現が低下していくためである <sup>7</sup>。

一部の肝細胞癌では一旦低下した細胞膜表面のOATP1B3の発現が再獲得され背景肝と比較して等から高信号を呈する場合がある<sup>7,8</sup>。このような EOB 肝細胞相で高信号を呈する肝細胞癌は生物学的悪性度が比較的低めのタイプの肝細胞癌である場合が多いとされている<sup>9</sup>。

#### 5). 拡散強調画像による水分子ブラウン運動に関する情報の取得

拡散強調画像は生体内の水分子のブラウン運動の程度を画像化するもので拡散が活発な部位は低信号、 拡散が制限されている部位は高信号となる<sup>10</sup>。肝臓においては悪性腫瘍の拾い上げに有用である。見か け上の拡散係数 (apparent diffusion coefficient, ADC)を求めて画像化した ADC map では拡散の定量 的評価も可能となり、腫瘍の良悪性の鑑別や肝線維化の程度の評価への応用が試みられている。

最近では機器の進歩に伴い、水分子の拡散係数と灌流を早い拡散とみなした場合の拡散係数の2種類の拡散係数を仮定した bi-exponential の IVIM モデルやさらに高次のモデルを使用してより正確な水分子の拡散定量化を行う試みも行われている<sup>11-13)</sup>。

# 6). MR スペクトロスコピー (MRS)

MRS は生体内の代謝物質を非侵襲的に定量解析できるツールとして注目されている。水素原子の化 学シフトを応用したプロトン MRS が可能な臨床機も多く脳神経領域などで応用が試みられている。肝 臓においても MRS を用いた脂肪の定量化や線維化の評価への応用が期待されており侵襲性を伴う肝生 検の代替手段として使用できないか研究が進められている<sup>14</sup>。

# 7). MR エラストグラフィー (MRE)

MRE は MRI を用いて非侵襲性に物体の硬さを定量する方法である。MRE では外部加振装置を用い て体表から肝に振動を与えることにより肝内のプロトンを振動させ、これによる位相変化を画像化す る<sup>15,16)</sup>。ただし、心臓の拍動の影響のため肝臓の外側区では正確な測定が行えないなどの欠点もある。 今後の研究の進歩が期待される。 4. 各種肝疾患の MRI 所見

1). 肝硬変

肝硬変では一般に肝左葉や尾状葉の腫大と右葉の萎縮、肝辺縁の鈍化や凹凸不整、再生結節を反映した肝内の結節形成などが観察される<sup>17)</sup>。また、門脈圧亢進症に伴う側副血行路の発達や脾腫なども観察される(Fig. 8)。

## 2). 原発性胆汁性肝硬変

比較的早期から脾腫が目立つ場合が多い。T2 強調像や造影後 T1 強調像で Periportal halo sign が観察される<sup>18)</sup>。また、EOB 造影 MRI 肝細胞相で門脈域周囲の EOB 高信号が観察される場合がある<sup>19)</sup>。

# 3). 原発性硬化性胆管炎

肝外、肝内胆管の非特異的硬化性炎症で、病理学的に胆管周囲の輪状線維化がみられ進行すると続発 性胆汁性肝硬変の像を呈する。MRCP で胆管の狭窄と拡張が交互に現れる数珠状所見(Fig. 9)や肝内 胆管の細枝が狭窄し、枝が少なくなる pruned tree appearance がみられる<sup>20)</sup>。

# 4). 門脈血栓症で見られる肝変形

肝内門脈血栓症などで肝臓の門脈血流が広範に低下した場合には、胆管周囲毛細血管叢などが側副血 行となり、肝門部を中心とした central zone では血流は比較的保たれる。そのため Central zone は過 形成を呈し、肝辺縁の peripheral zone が萎縮する独特の形態変化を呈する(中心性肥大)。

MRIでは過形成領域がT1強調像で高信号、T2強調像で低信号を呈しEOB造影MRI 肝細胞相でEOB とり込み亢進を呈する場合がある。同様の形態変化は胆道閉塞時にも生じうる<sup>21)</sup>。

#### 5). 鉄沈着症

肝臓への鉄沈着は大きく2種類に分けられる。主に網内系細胞に鉄沈着がみられるヘモジデローシスと、網内系細胞だけでなく肝細胞にも高度に鉄沈着がみられ臓器障害を生じるヘモクロマトーシスである。いずれも MRI では鉄沈着を反映して T1 強調像、T2 強調像とも肝臓の信号が低下する。なお肝腫瘍の存在などに伴う肝内血流の不均一のため限局性の肝内鉄沈着(Fig. 10)が生じる場合もある 2.3。

# 5. おわりに

肝臓 MRI でみられる信号変化と病理学的背景、肝臓 MRI で取得可能な機能情報に関して解説し、びまん性肝疾患で観察される特徴的 MRI 所見を紹介した。

MRI を担当する診療放射線技師がチーム医療の一員として医療レベルの向上に貢献するためには、臨 床医がどのような画像情報を求めて MRI を依頼しているのかを理解したうえで適切な撮像シークエン スを選択し、必要な情報を画像化して提供することが重要であろう。

# 【参考文献】

1. Kitagawa K, Matsui O, Kadoya M, Takashima T, Kawamori Y, Yamahana T, Kidani H, Hirano M, Masuda S, Nakanuma Y. Hepatocellular carcinomas with excessive copper accumulation: CT and MR findings. Radiology. 1991; 180: 623-628.

2. Kawamori Y, Matsui O, Kitagawa K, Kadoya M, Yamahana T, Takashima T, Kidani H, Masuda S, Nakanuma Y. Segmental hepatic iron deposition due to peripheral portal vein tumor thrombus: MR features. J Comput Assist Tomogr. 1991; 15: 1042-1044.

3. Kadoya M, Matsui O, Kitagawa K, Kawamori Y, Yoshikawa J, Gabata T, Miyayama S, Takashima T. Segmental iron deposition in the liver due to decreased intrahepatic portal perfusion: findings at

MR imaging. Radiology. 1994; 193: 671-676.

4. Murakami T, Kim T, Oi H, Nakamura H, Igarashi H, Matsushita M, Okamura J, Kozuka T. Detectability of hypervascular hepatocellular carcinoma by arterial phase images of MR and spiral CT. Acta Radiol. 1995; 36: 372-376.

5. Imai Y, Murakami T, Yoshida S, Nishikawa M, Ohsawa M, Tokunaga K, Murata M, Shibata K, Zushi S, Kurokawa M, Yonezawa T, Kawata S, Takamura M, Nagano H, Sakon M, Monden M, Wakasa K, Nakamura H. Superparamagnetic iron oxide-enhanced magnetic resonance images of hepatocellular carcinoma: correlation with histological grading. Hepatology. 2000; 32: 205-212.

6. Kitao A, Zen Y, Matsui O, Gabata T, Kobayashi S, Koda W, Kozaka K, Yoneda N, Yamashita T, Kaneko S, Nakanuma Y. Hepatocellular carcinoma: signal intensity at gadoxetic acid-enhanced MR Imaging--correlation with molecular transporters and histopathologic features. Radiology. 2010; 256: 817-826.

7. Kitao A, Matsui O, Yoneda N, Kozaka K, Shinmura R, Koda W, Kobayashi S, Gabata T, Zen Y, Yamashita T, Kaneko S, Nakanuma Y. The uptake transporter OATP8 expression decreases during multistep hepatocarcinogenesis: correlation with gadoxetic acid enhanced MR imaging. Eur Radiol. 2011; 21: 2056-2066.

8. Kobayashi S, Matsui O, Gabata T, Koda W, Minami T, Ryu Y, Kozaka K, Kitao A. Intranodular signal intensity analysis of hypovascular high-risk borderline lesions of HCC that illustrate multi-step hepatocarcinogenesis within the nodule on Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI. Eur J Radiol. 2012; 81: 3839-3845.

9. Kitao A, Matsui O, Yoneda N, Kozaka K, Kobayashi S, Koda W, Gabata T, Yamashita T, Kaneko S, Nakanuma Y, Kita R, Arii S. Hypervascular hepatocellular carcinoma: correlation between biologic features and signal intensity on gadoxetic acid-enhanced MR images. Radiology. 2012; 265: 780-789. 10. 五島 聡, 川田紘資, 野田佳史, 渡邉春夫, 近藤浩史, 兼松雅之. 肝胆膵の拡散 MRI. 画像診断. 2012; 33: 751-762.

11. 本杉宇太郎, 若山哲也, 市川智章, 荒木 力. 腹部における拡散 MRI —IVIM イメージングをやっ てみよう—. 画像診断. 2012; 33: 743-749.

12. Le Bihan D. Intravoxel incoherent motion imaging using steady-state free precession. Magn Reson Med. 1988; 7: 346-351.

13. Hayashi T, Miyati T, Takahashi J, et al. Diffusion analysis with triexponential function in liver cirrhosis. 2013; 38: 148-153.

14. 富安もよこ. 【Step up MRI 2012-機能評価と機能画像の架け橋-】 I MR スペクトロスコピー (MRS/CSI)の臨床応用 2. 肝臓の MRS/CSI. インナービジョン. 2012; 27 (9): 7-11.

15. Motosugi U, Ichikawa T, Sano K, Sou H, Muhi A, Koshiishi T, Ehman RL, Araki T. Magnetic resonance elastography of the liver: preliminary results and estimation of inter-rater reliability. Jpn J Radiol. 2010; 28:623-627.

16. 市川新太郎,本杉宇太郎,市川智章, 荒木 力. MR elastography による肝線維化診断. 臨床画像 2012; 28: 1452-1459.

17. Ozaki K, Matsui O, Kobayashi S, Sanada J, Koda W, Minami T, Kawai K, Gabata T. Selective atrophy of the middle hepatic venous drainage area in hepatitis C-related cirrhotic liver: morphometric study by using multidetector CT. Radiology. 2010; 257: 705-714.

18. Wenzel JS, Donohoe A, Ford KL 3rd, Glastad K, Watkins D, Molmenti E. Primary biliary cirrhosis: MR imaging findings and description of MR imaging periportal halo sign. Am J Roentgenol. 2001; 176: 885-889.

19. Kobayashi S, Matsui O, Gabata T, Koda W, Minami T, Kozaka K, Kitao A, Yoneda N, Yoshida K.

Intrahepatic periportal high intensity on hepatobiliary phase images of Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI: imaging findings and prevalence in various hepatobiliary diseases. Jpn J Radiol. 2013; 31: 9-15.

20. Vitellas KM, Keogan MT, Freed KS, et al. Radiologic manifestations of sclerosing cholangitis with emphasis on MR cholangiopancreatography. Radiographics 2000: 4:959–575.

21. 米田憲秀、小林聡、北尾梓、小坂一斗、池田博子、蒲田敏文、松井修、中沼安二. 葛西手術後の胆 道閉鎖症に認められた肝代償性肥大の1例. 臨床放射線. 2013; 58: 782-786. Figure Legends

Fig. 1 脂肪含有肝細胞癌

脂肪含有肝細胞癌は gradient echo 法 T1 強調像 in phase(A)にて高信号を呈するが、opposed phase (B) にて信号低下を認める。

Fig. 2 タンパク濃度が高い内容液を含む嚢胞

肝内の複数の嚢胞のうち矢印の嚢胞は T1 強調像で他の嚢胞より高信号を呈する(A)。単純 CT(B)では 矢印の嚢胞は他の嚢胞とほぼ同様の吸収値を示す。

Fig. 3 肝内結石

A. T1 強調像で肝内に管状の高信号(矢印)を認める。B. 組織像で胆管内の結石(矢印)であることが 確認された。

Fig. 4 粘液癌

A. 肝内に T2 強調像で著明な高信号を呈する腫瘤を認める。B. 組織学的に粘液産生傾向の強い大腸癌 肝転移であることが示された。

#### Fig. 5 硬化型肝細胞癌

A. T2 強調像で辺縁部が高信号を呈し、中心に一部低信号を呈する腫瘤を認める。B. 中心の低信号領域 は組織学的に豊富な線維成分を認めた。 C. 辺縁部の高信号部は線維化の乏しい通常の中分化型肝細胞 癌の病理像を呈した。

Fig. 6 多血性肝細胞癌のダイナミック CT と Gd-EOB-DTPA を用いたダイナミック MRI 図上段のダイナミック CT では動脈相で早期濃染し、平衡相で wash out を呈する。一方、Gd-EOB-DTPA を用いたダイナミック MRI では肝細胞癌は早期濃染を呈するが造影剤注入約3分後の後期相では wash out を呈さない。OATP1B3発現を有し、EOB 取り込みを呈するタイプの肝細胞癌ではこのように wash out が不明瞭な場合がある。

#### Fig. 7 肝細胞癌

A. T2 強調像で肝細胞癌(矢印)は背景肝と比較し軽度高信号を呈する。B. SPIO 造影後の T2 強調像で は背景肝実質に SPIO の取り込みを呈するため肝細胞癌(矢印)が相対的により高信号を呈する。

#### Fig. 8 肝硬変

A. Gd-EOB-DTPA 造影 MRI 肝細胞相画像では肝硬変に伴う再生結節を反映して肝内に多数の結節様構 造が認められる。肝表の凹凸不整も目立つ。 B. 肝左葉の腫大と脾腫、傍臍静脈の拡張(矢印)が認め られる。

Fig. 9 原発性硬化性胆管炎

MRCP で肝内胆管の数珠状の広狭不整を認める。

Fig. 10 肝切除部位辺縁の AP シャント部位に生じた限局性鉄沈着

A. 造影 CT 動脈相で区域性の早期濃染(矢印)を認め AP シャントの所見である。B. T2\*強調像で AP シャント部位に一致した実質の信号低下(矢印)を認める。肝内血流障害部位に生じた限局性の鉄沈着 である。



















