

各種画像診断における最近の進歩 肝の MRI 診断—CAD の応用を含めて—

兼松 雅之

岐阜大学医学部附属病院 放射線部 岐阜市柳戸 1-1
(2005 年 6 月 4 日受理)

Recent Advances in Medical Imaging —MRI of the Liver-Application of CAD—

Masayuki KANEMATSU

Gifu University Hospital
1-1 Yanagido, Gifu, Japan
(Received June 4, 2005)

Abstract : Unenhanced T1-and T2-weighted magnetic resonance imaging (MRI) offers useful information for the diagnosis of hepatic nodules in cirrhosis that is not obtainable by contrast-enhanced CT. Gadolinium-enhanced MRI reinforces the usefulness of liver MRI by providing additional information on the hemodynamics of hepatic nodules. In the presentation, the usefulness of MRI in the radiologic diagnosis of focal hepatic lesions and cirrhosis was described, showing updated imaging techniques, application of computer-aided diagnosis, and future perspective.

Key words : magnetic resonance imaging, liver, computer-aided diagnosis, cirrhosis, tumor

本 文

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 はびまん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てきた。本講演では, 肝臓の画像診断における MRI の有用性と最近のトピック, MRI を用いた CAD, MRI による肝疾患診断の将来展望に関して解説した。

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, 腹水等が含まれるが, MRI は再生結節, 細胞密度, 脂肪沈着, 金属沈着, 網内系機能の診断に優れる。

限局的な T1 短縮 (T1 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。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。また, エコー時間の違いによる磁化率効果への感度差を利用して, 鉄沈着再生結節

の診断にも役立つ。また、T2強調像において周波数選択性脂肪抑制(CHESS,STIR)法は欠かせない。脂肪抑制は正常肝の信号を低下させ、腫瘍とのコントラストを明瞭にし、ゴーストアーチファクトを軽減する。また、シングルショット T2強調 FSE 像を用い、嚢胞、血管腫、悪性腫瘍の鑑別が可能である。また、最近ではパラレルイメージング法を併用したエコープラナーイメージング (EPI) による拡散強調像や black blood imaging により、肝腫瘍の検出、鑑別をさらに効果的に行うことも可能となった。また、パラレルイメージング法により肝動脈優位相内で連続する動脈優位相像を得ることが可能になった。これにより、多血肝細胞癌のコロナ濃染を観察することが可能になり、早期濃染偽病変との鑑別が容易になった。我々は K-space 充填の工夫により高解像度で全肝 30 枚の 2D 撮像を可能とするシーケンスを開発し、臨床応用している。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、転移性肝癌や異形成性結節内の脱分化巣の診断には肝特異性造影剤である超常磁性酸化鉄 (SPIO) 造影 MRI が推奨される。近々臨床の場に登場する脂溶性ガドリニウムキレートは、その活躍に期待される。

これらの T1, T2 強調像、造影 MRI における信号変化は放射線科医の目で捉えられ、脳によって解析され、これが文字情報に起こされ、電子カルテシステムを通じて医療情報として医療従事者や患者様の間でシェアされることになる。人間である放射線科医によってできることであれば、いずれはコンピュータプログラムによっても可能になるのは道理であり、我々は情報量が多く、より精密な診断が得られる MRI を足がかりとして、肝臓の CAD を研究してきた。肝の診断には MRI が極めて有用であるが、MRI は情報が多量、複雑で、読影には経験と知識が必要である。放射線診断に CAD が必要な理由として、MRI, CT, IVR, PET の技術革新、情報量の膨大化、複雑化による放射線科医の業務拡大はおびただしいものがあり、一症例の診断に費やすことができる時間は日増しに短くなりつつある、これ

は誤診につながる可能性をはらみ、誤診は患者様の不利益となり、訴訟にも直結する。華やかな放射線診断技術革新の裏で起きている放射線科医による診断クオリティコントロールにおける危機的状況を打破するためにも放射線科医を支援する CAD が必要であることはいうまでもなく、乳房、肺においては実用化も始まっている。

我々は 2000 年を皮切りに MRI 画像を用いた限局性肝腫瘍の鑑別を可能とするプログラムの開発に当たってきた (図 1)。放射線科医は肝腫瘍の T1, T2 強調像信号や造影 MRI 所見の特徴を捉え鑑別を進めていく、理論的には図 2 に示すような図式が正立する。T1, T2, 造影 MRI 像において肝腫瘍の信号を計測し、その信号強度 (明るさの指標) や信号標準偏差 (不均質度の指標) を求め、人工ニューラルネットワークに入力することで正解を求める診断プログラムを開発した (図 3, 4)。これは代表的な肝腫瘍である肝細胞癌、肝転移、嚢胞、血管腫、異形成をかなり正確に鑑別することを可能とした。さらに、肝硬変症の進行度を診断するためのプログラムを開発した。肝硬変症においては肝形態や肝実質は特徴的な変化を示す (図 5, 6)。我々は MRI 像上に ROI を設定し、画像差分法に基づく 7 つのパラメーター平均値 (mean grayscale value: ピクセルの明るさの平均)、標準偏差 (standard deviation [SD]: ピクセルの明るさの SD)、コントラスト (contrast: ピクセルの濃度差)、角度別 2 次モーメント (angular second moment: 行列の要素の値が集中すると増大)、エントロピー (entropy: 行列の要素が均等だと増大)、平均 (mean: ピクセルの明るさの平均)、逆差分モーメント (inverse difference moment: 行列の要素の差が小さいところに要素が集中するほど増大) を抽出し、これと、肝臓の辺縁の近似曲線から最小二乗法にて割り出した仮想直線の交点と実際の肝辺縁の距離の差 (図 7, 8) を入力とする ANN により、肝硬変症と正常肝をかなり正確に判別することを可能にした (図 9)。しかしながら、中間的な線維化の診断が今後の課題である。ケンブリッジ大学は 2005 年の国際 MR 学会において、MRI のテクスチャ解析のためのエントロピーを用いた CAD により肝

硬変症の診断を可能性とするという報告をしているが、エントロピーと含む差分法パラメータに加え ANN を用いている点で、我々はより先進の研究を行っていることを自負している。

今後、MRI の 3 テスラ化もすすみ、functional MRI や MR spectroscopy の分野で大きな革新がもたらされることが予想されるが、T1 緩和時間の延長、磁化率効果やアーチファクト、そして電磁波吸収 (SAR) 等の解決すべき問題が山積している。しかし、多チャンネルコイル技術やパラレルイメージン

グ技術の進歩によりこれらの問題はいずれ解決され、肝臓の MRI に 3T 装置が欠かせなくなる日も間近と思われる。今後も、肝特異性造影剤、拡散強調像、パラレルイメージング、k-space 操作、マルチチャンネルコイル化、高磁場 (3T) 化等々、続々と新しい診断法や技術が登場するが、我々は技術革新との呼応もさることながら、先人達が育ててきた病理とのすりあわせや肝血流イメージングを財産としつつ、新しい技術や CAD による肝イメージングの研究に邁進したい (図 10)

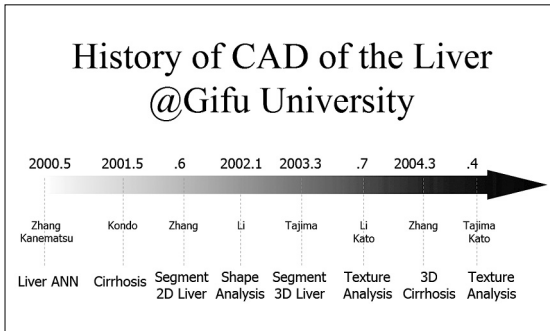


図 1 2000 年を皮切りに、藤田教室とともに肝 MRI の CAD の研究を立ち上げた。

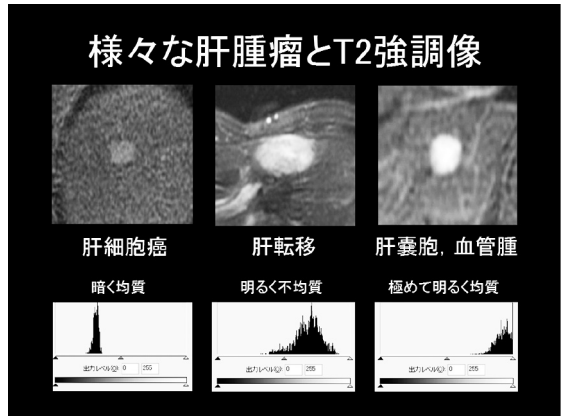


図 3 T2 強調像における肝腫瘍の信号の強さ (平均値) や広がり (標準偏差) は腫瘍の性状によってある程度の特徴がある。

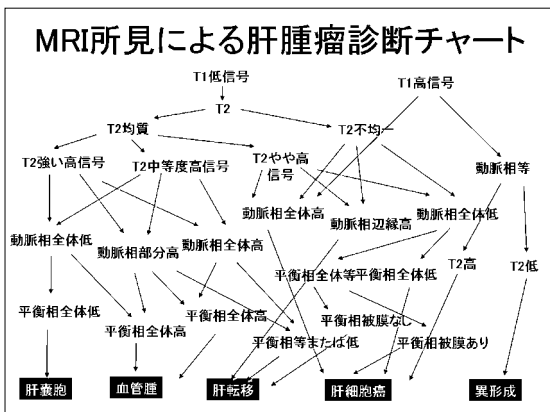


図 2 放射線科医は各種 MRI における腫瘍の信号を見ながら、図のようなフローで鑑別診断に至っていると考えられる。

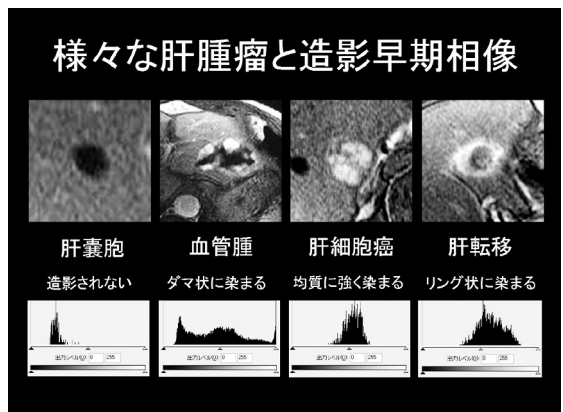
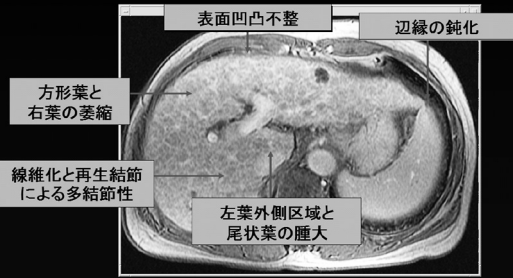


図 4 造影 MRI においても、濃染像をヒストグラム化することにより、その特徴的な MR 所見を平均値や標準偏差といった数値として抽出することができる。

肝硬変症の特徴的MRI所見



W. Li, X. Zhang, M. Kanematsu, etc, "Development of an Automated Method for Differentiation of Cirrhotic Liver in Abdominal MR Images," Med. Ing. and Info. Scien.(MII), vol.21(2), pp.137-143, 2004.

図5 肝硬変症が進むと図のような形態，テクスチャの変化が生じる。

左葉外側区域の形態解析

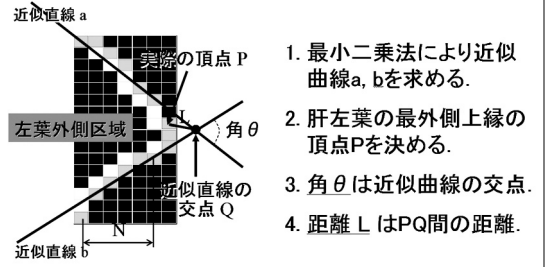


図8 辺縁鈍化の数値化の実際。特徴量として角 θ と距離Lを導きだす。

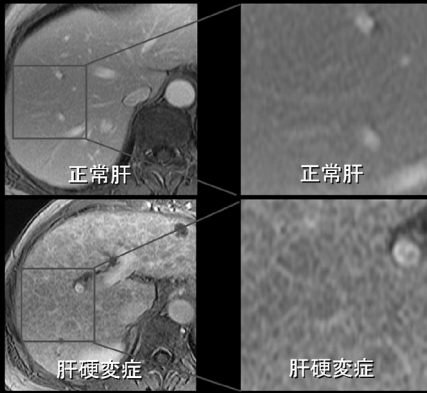


図6 正常肝と硬変肝ではテクスチャに明らかな違いがある。画像差分法によるパラメータを解析することで、この違いにアプローチできる。

テクスチャ解析と形態解析特徴量のANN処理による肝硬変症診断CAD

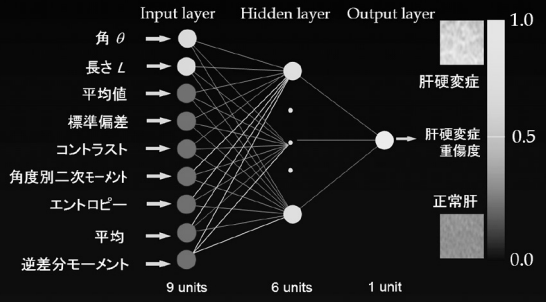


図9 画像差分法の7つのパラメータと辺縁鈍化定量値(角 θ , L)を入力項目とするANNを育成し、テクスチャ診断を行う。

左葉外側区域辺縁形状に注目

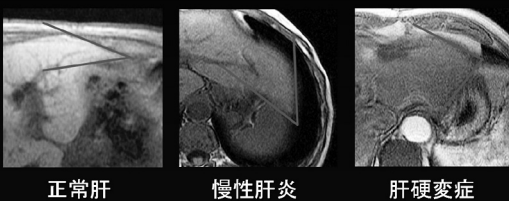


図7 肝硬変症では、左葉外側域の辺縁の鈍化が特徴である。この鈍化の程度を近似曲線を用いて数値化することができる。

まとめ

1. MRIは肝臓の病態診断に優れる。
2. MRIの画像情報は豊富で複雑で、読影には経験と知識が求められる。
3. 放射線科医の業務負荷は増大しているため、肝MRIの診断支援システムが必要。
4. 自動区域診断，区域容積解析を加味した肝腫瘍，びまん性肝疾患診断が求められる。
5. 特徴量の抽出とANN処理を自動化し，日常放射線診療に届け込ませる必要あり。

Carolinian Sky, Sept. 29, 2002

図10 まとめ