

MRMICS(MR Microscope using an Independent Console System)の 摘出生体組織への応用

吉岡 大¹⁾ 阿武 泉¹⁾ 板井 悠二¹⁾
 拝師 智之²⁾ 安立 直剛²⁾ 巨瀬 勝美²⁾

1)筑波大学臨床医学系放射線科 2)筑波大学理工工学系

Application of a New MR Microscope Using an Independent Console System (MRMICS) for Biological Tissues *in Vitro*

Hiroshi Yoshioka¹⁾, Izumi Anno¹⁾, Yuji Itai¹⁾,
 Tomoyuki Haishi²⁾, Naotaka Adachi²⁾
 and Katsumi Kose²⁾

We studied microscopic MR images of the normal appendix *in vitro* using a new MR microscope system: MR Microscope using an Independent Console System (MRMICS). The MRMICS was placed in the clinical MR room, and the probe box was fixed on the bed of the 1.5 T clinical MR machine. T1-, T2-, and proton density-weighted images were obtained using spin echo sequences with an in-plane pixel size of $100 \times 100 \mu\text{m}$. Zonal structures of the appendix were clearly demonstrated with different contrast by different sequences. Therefore, the MRMICS is a useful add-on system for investigating microscopic MR images of biological tissues *in vitro*.

Research Code No. : 209.2

Key words : MR microscope, *In vitro*, Clinical MR machine

Received Oct. 15, 1998; revision accepted Dec. 8, 1998

1) Department of Radiology, Institute of Clinical Medicine University of Tsukuba

2) Institute of Applied Physics, University of Tsukuba

はじめに

これまでのMRマイクロスコプは、ほとんどが高磁場MR装置であり、特別な設置場所や装置の維持が必要とされ、高価なものであった。それに対し、Koseらは、安価なコストで実現できる「臨床用のMRIを利用し、独立した撮像システムを持つMRマイクロスコプ(MRMICS: MR Microscope using an Independent Console System)」を開発し、水ファントムや植物の茎、アーモンドの実の撮像に成功した¹⁾。本研究では、このMRマイクロスコプの医学応用の可能性を検討するために、摘出生体組織の撮像を試みたので報告する。

対象と方法

使用MRマイクロスコプは、Koseらによって独自に開発されたシステムで、Fig.1のように4つのユニットからなっている¹⁾。上段よりパルスプログラマーとADコンバータを内蔵したパーソナルコンピュータ、シンセサイザーを内蔵した高周波変調・検波系、パワーオペアンプを用いた勾配磁場電源、送信機である。さらに、このユニットは、3軸の勾配コイルとRFコイルが一体となったプローブにプリアンプを介して接続されている。このマイクロスコプシステムを臨床MR撮像室に設置し、1.5T臨床MR装置(GYROSCAN, Philips社製)の静磁場を利用してMR画像を撮像した。対象として、食道癌患者の食道切除、結腸による食道再建術時に切除した正常の虫垂を使用した。摘出虫垂は、内径9mmのNMR用試験管内に生理食塩水とともに入れて測定した。パルスシーケンスは、スピンエコー法を用いて、T1強調画像(繰り返し時間/エコー時間 = 500ms/15ms)、プロトン密度強調画像(2000ms/15ms)、T2強調画像(2000ms/80ms)の撮像を行った。撮像は横断像1スライスで、スライス厚は2mm、FOVは12.8mm、マトリックスは 128×128 とし、ピクセルサイズは $0.1 \times 0.1 \text{mm}$ であった。積算回数(撮像時間)は、T1強調、プロトン密度強調、T2強調画像でそれぞれ10回(10.6分)、6回(25.6分)、10回(42.7分)であった。また、使用した勾配磁場強度は、最大69mT/m

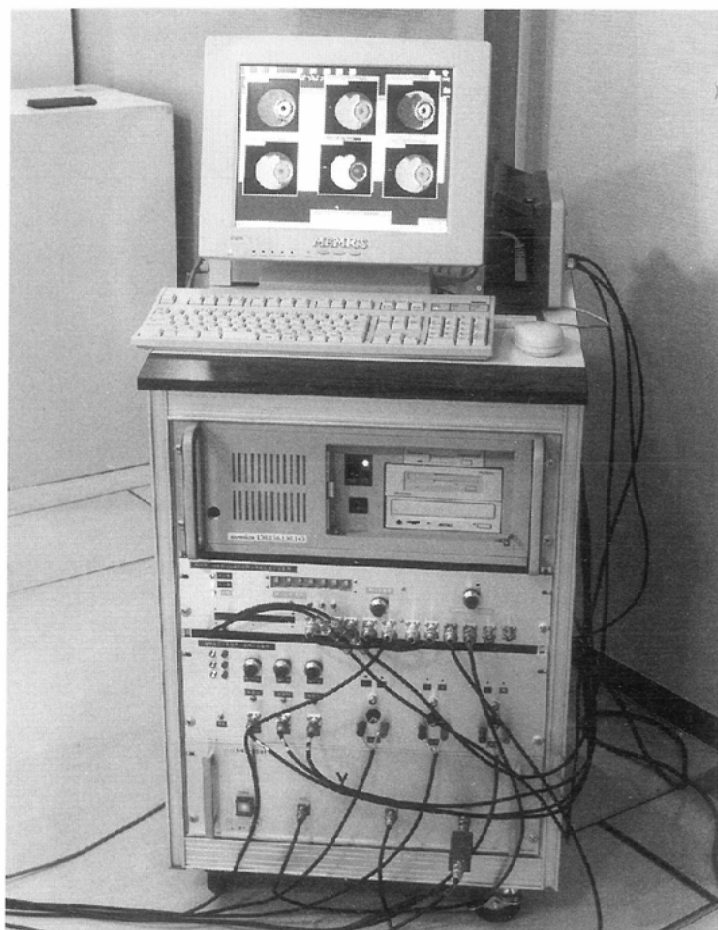


Fig.1
The system overview of a portable
MR microscope with a liquid crystal
image display.

(位相エンコード)であった。

結 果

Fig.2に得られたMR画像と対応する病理組織像を示す。MR画像の右半分の環状構造が虫垂で、それに広く接し、左半分を占める構造が、虫垂間膜の脂肪組織である。虫垂の中心部分は内腔で、それより外側にT1強調画像で、低信号-高信号-低信号の三層構造が、T2強調画像でも高信号-低信号-高信号の層構造が描出された。病理組織像より、層構造の一番内側は、粘膜固有層から粘膜下組織上部を表し、多数のリンパ小節が存在している。また、真ん中の層は脂肪を含む粘膜下組織を、最外層は筋層に対応していると考えられる。

考 察

MRマイクロスコープは、これまで*in vivo*および*in vitro*で試みられているが、そのほとんどが、高磁場MR装置を用いている²⁾。高磁場MR装置では、高いS/Nが得られるため、小さなボリュームのRFコイルと強い傾斜磁場との組み合わせで、高分解能の画像を得ることが可能である³⁾。しかし、高磁場では、現在我々が用いている1.5T以下の装置と比較し、T1緩和時間、T2緩和時間、磁化率などが大きく異なる。

また、小さなFOVのエンコーディングに必要な強い傾斜磁場は、拡散の効果も増大させる。実際これらの違いから、Zhouらが行った7.1Tの実験では、ラット肝の壊死はT2強調画像で、低輝度を示した⁴⁾。MRマイクロスコープで画像を評価する場合、我々が普段慣れている画像コントラストと異なるということは、得られた画像所見の解釈を誤る可能性があり、重要な問題である。

今回得られた画像は、通常の1.5Tでは得ることが困難な虫垂の層構造を描出し、各シーケンスで異なるコントラストを示した。1.5Tの静磁場を利用していることから、臨床画像と同一のコントラストが得られる点は、本システムの大きな利点であった。また、使用したMRマイクロスコープは、既存の臨床用MR装置のうちマグネットのみを利用し、システム本体は、ポータブルに作られており、直接MR撮像室に設置後、すぐに画像を撮像可能である。しかも、臨床用MR装置とは、電氣的に接続されていないので、臨床用MR装置に障害を及ぼすことはないという利点を持っている。

本システムにもいくつかの問題点はある。第一に、高磁場に比べるとS/Nが低く、長い撮像時間が必要である。これに関しては、新しいプローブを作成中であり、今後改善が期待される。第二点めとしては、NMR用試験管内径が9mmであり、試験管内に収まる試料が対象であり、大きさ形に制限がある点である。また、ピクセルサイズ0.1mm×0.1mm

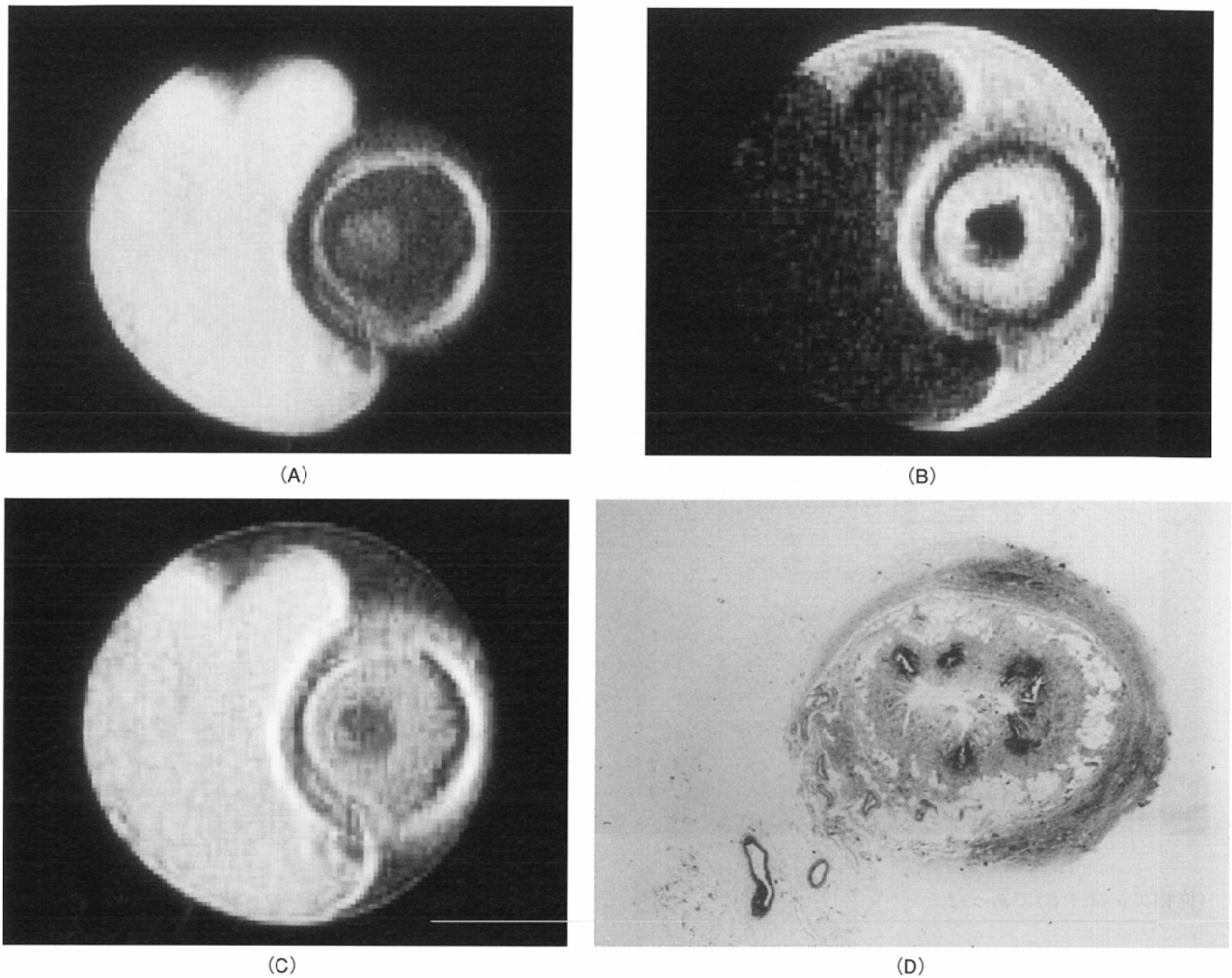


Fig.2 MR microscopic images of the normal appendix.

A: T1-weighted image, B: T2-weighted image, C: proton density-weighted image, and D: photomicrograph (hematoxyline-eosin stain) at the same level as MR images obtained.

は、病理組織像と比べるとほぼ光学顕微鏡弱拡大に相当し、さらに細かな構造は強拡大に及ばないという点である。

しかし、MRマイクロスコプでは、撮像パラメータを変化させることにより、異なるコントラストの画像が得られ、MRI特有の情報、すなわち生体組織中の水の状態(T1やT2緩和時間)がわかる。さらに、3D画像の作成により立体的な構造を把握できるという今までの病理検査では得られな

い情報を与えてくれる可能性がある²⁾。本システムは、*in vitro*での撮像であるが、MRIの空間分解能の制限を解決する方法であり、得られた情報が今後の*in vivo* MRIに役立つと考えられる。また、本マイクロスコプシステムは、臨床画像との画像のコントラストの比較が可能で、設置も容易であり、安価なコストで実現が可能である。今後、ヒトのみならず実験動物で摘出された組織のMRマイクロコピーとして有用なシステムになると思われる。

文 献

- 1) Kose K, Haishi T, Adachi N, et al: A novel approach to the MR microscope: MR microscope with an independent console system (MRMICS) using a clinical whole body magnet. Proc. of ISMRM, 6th annual meeting, 3: 1924, 1998
- 2) Banson ML, Cofer GP, Johnson GA, et al: A probe for specimen magnetic resonance microscopy. Invest Radiol 27: 157-164, 1992
- 3) Lee AS, Weissleder R, Brady TJ, et al: Lymph nodes: Microstructural anatomy at MR imaging. Radiology 178: 519-522, 1991
- 4) Zhou X, Maronpot RR, Johnson GA, et al: Studies on bromobenzene-induced hepatotoxicity using *in vivo* MR microscopy with surgically implanted RF coils. Magn Reson Med 31: 619-627, 1994