

---

# 技術ノート

---

## MRIの腫瘍描出能と放射線 治療への応用

---

MRI for the Tumor and Its  
Application to Radiation Thera-  
py

真野 勇 (東芝中央病院放射線科)  
吉田英男 (同上)  
尾町秀樹 (東芝中央病院内科)  
宮川昭平 (同上)  
飯尾正宏 (東京大学医学部放射線科)

---

キーワード

MRI, Tumor imaging, Radiation therapy, PVA sheet

要旨

Before starting the studies of MRI application to radiation therapy, the tumor imaging capability for present MRI was evaluated through our clinical cases.

As the result, the MRI usefulness was stressed due to its excellent characteristics such as high tissue contrast, three dimensional imaging technique, no artifacts etc.. Next, the imaging method with which the patient's surface radiation marks can be shown in his MRI images, has been developed.

The technique is as follows. A thin sheet of polyvinyl acrylate (PVA) gel containing about 90% free water was sheared in the shape of radiation field depicted on the patient's skin. Then the sheet was put on the patient's skin and axial, coronal and sagittal scanning was done. The images obtained look extremely useful for radiation therapy, because the sheet on the patient's skin has been clearly shown on each tomographic images.

---

## 1 はじめに

近年の技術革新の成果であるX線 CT の出現が、その後の放射線治療学の進歩に極めて大きな意義をもったことは周知の事実である。それで本研究では、X線 CT の発展として新しく登場してきたMRIが<sup>1-3)</sup>、現状の放射線治療法との関係において、どのような意義をもっているかということについて臨床的に検討を行った。その結果は、MRIの有用性を確認することとなったので、次に放射線治療に応用した場合の<sup>4,7)</sup> 具体的諸問題について検討し、その解決を旨とすべく研究に着手することとした。その様なわけで本文の後半では、それら研究の一端として行った被写体の皮膚マーク描出法について報告する。

## 2 MRI の腫瘍描出能—放射線治療を前提として—

### 2.1 対象と方法

MRIの腫瘍描出能について、自験の臨床例で検討した。対象は、1984年9月から1985年3月までに当院の常電導タイプ(0.15T)東芝製MRT-15Aで撮影した、腫瘍患者約120名である。用いたパルス系列は一般に、 $TR=525\text{msec}$ で $TE=40\text{msec}$ のいわゆるshort SEと、 $TR=2000\text{msec}$ 、 $TE=48\text{msec}$ のいわゆるlong SEの2つである。これに症例によっては、IR( $TR=2000\text{msec}$ 、 $TI=500\text{msec}$ 、 $TE=48\text{msec}$ )を加えることがまれにあった。データの加算数は前者では4回を、後二者では2回をルーチンとした。また撮影方向は一般に、まず5枚の連続横断像を撮り、これに適宜冠状や矢状、並びに斜目断層を加えた。

受 付 1985年5月23日  
最終稿受付 1985年5月23日  
別刷請求先 (〒140) 東京都品川区東大井 6-3-22  
東芝中央病院放射線科  
真野 勇

### 2.2 代表的症例の紹介

症例1, 49歳, 女子. low grade astrocytoma  
3年前に痙攣発作で発症し、腫瘍の部分切除によって上記診断が確立している患者である。最近痙攣発作が頻発し右の片麻痺が進行傾向にあるためX線 CT が施行された(図1)。左側頭葉から

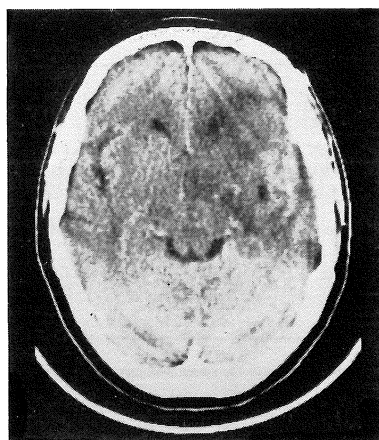


図1 症例1, low grade astrocytoma の造影後X線 CT 像。

前頭葉にかけての領域が不規則な低濃度域となっている。図1はヨード造影剤使用による造影後CT像であるが、造影前CT像においてもほとんど同一の所見である。一方図2(a)~(c)は、同患者のlong SEによるMRI像である。問題となっている領域が明瞭であり、さらに横断と冠状並びに矢状断の直接撮影によって、腫瘍の立体的拡がりが見え明らかである。この際short SE像も得ているが、それでは病巣部はほとんどisodensityとなっていて不明瞭であった。

### 症例2, 25歳, 女子, 脊髄腫瘍

3ヶ月程前から右手のしびれや冷感をみとめるようになり、さらに筋力が進行性に低下してきたため某大学病院に精査の目的で入院した。

図3は、本患者のミエログラフィーである。上

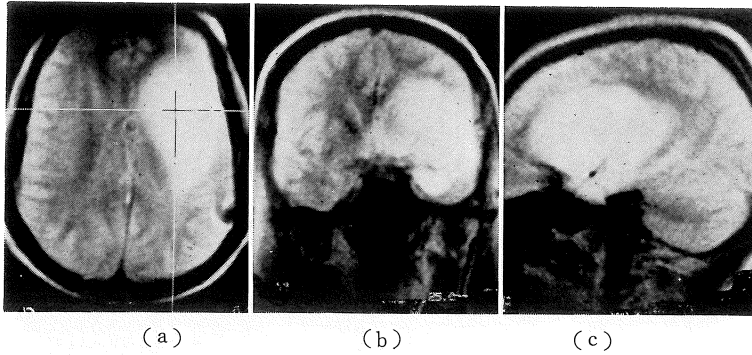


図 2 症例 1, low grade astrocytoma の long SE による MRI 像。  
(a) 横断像, (b) 冠状断像, (c) 矢状断像。

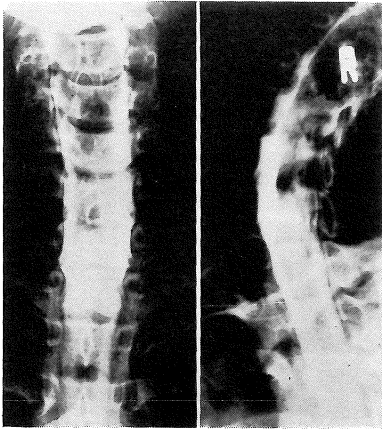


図 3 症例 2 spinal tumor のミエログラフィー。(左) 正面像。(右) 側面像。

部頸髄が著明に拡張しており髄内腫瘍が疑われるが、その内部構造については全く不明である。X線 CT も撮られているが単に脊椎管が、拡張してみとめられるのみであった。一方図 4 は、MRI の short SE と long SE, 並びに IR による同部の矢状断像である。腫瘍部分の構造が明らかで、異常な信号状態にあることがわかる。また嚢胞様所見もみとめられる。本例では未だ組織診断が確定していないが、近いうちに放射線治療が施されることとなっている。

症例 3, 57 歳, 男子, 肺癌

本患者は左上葉から肺門部にかけての典型的な肺癌例である。造影後 CT において左肺動脈枝の閉塞が疑われたので、縦隔内リンパ節転移の有無を含め検査依頼された。図 5 の MRI は、ECG ゲ

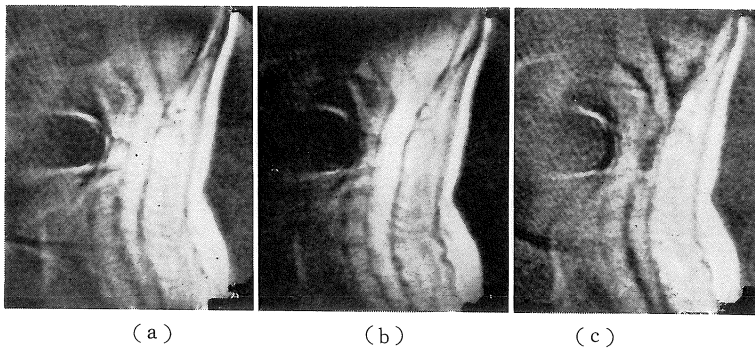


図 4 症例 2, spinal tumor の MRI 像。(a) short SE, (b) long SE, (c) IR.

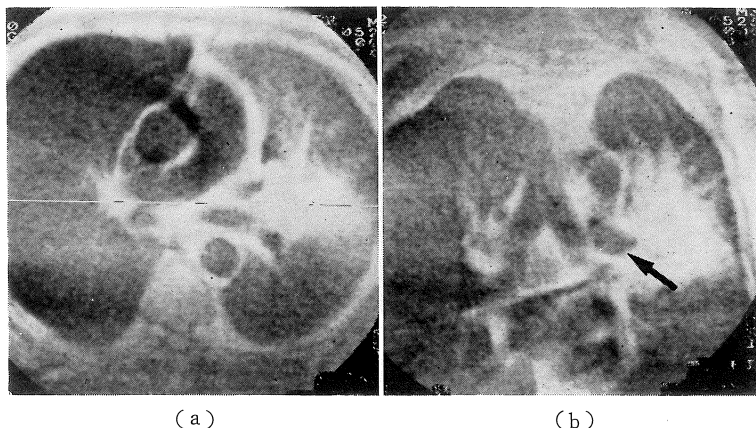


図 5 症例 3, 肺癌の ECG ゲート下 MRI 像. (a) は横断像で, その中の横走ラインは, (b) の冠状断像が取られた位置を示す. (b) の矢印は左肺動脈枝の閉塞状態を示す.

ートモードのもとで横断並びに冠状断撮影を multi-slice 法で行ったものである. 腫瘍自体の立体的形状, 特に腫瘍周囲の癌放射といわれる所見や, 左肺動脈枝を直接閉塞している状態 (矢印) が明瞭である. 本例では縦隔内リンパ節の転移状態は明らかではなかったが, 別の類似症例では, 脂肪内に埋没する低濃度結節としてそれをみとめることができた.

症例 4, 47 歳, 女子, 乳癌

3 ヶ月程前に左乳腺腫瘍に気づき放置していた

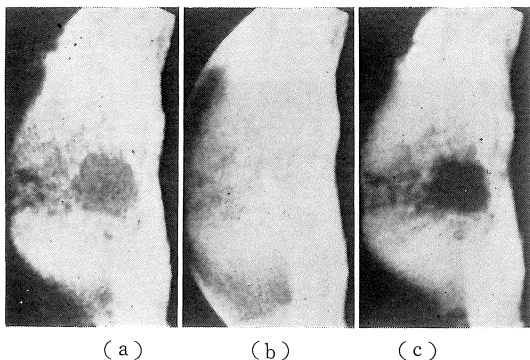


図 6 症例 4, 乳癌の MRI 像. (a) short SE, (b) long SE, (c) IR. ただしこの MRI 像は, 乳房切断直後の乳房を頭部用コイル内に置いて撮ったものである.

が, 今回精査の目的で来院し乳癌と判明した患者である. 図 6 は乳房切断術直後の乳房を, 通常の人頭部用密着コイルの内部に置いて撮ったものである. この画像によれば問題の腫瘍は short SE および IR 像で明瞭であり, long SE 像ではむしろ isodensity となって不明瞭である. この理由は,  $T_1$  と  $T_2$  の長い乳癌が,  $T_2$  が長く  $T_1$  の短い脂肪内に埋没する形で存在しているからである.

### 2.3 臨床例についての考察とまとめ

以上の代表的症例のみを眺めても, MRI が放射線治療用として大変有用であることがわかる. そこで全症例を通して, MRI の放射線治療に対する有用性をまとめてみると次の如くなる.

① 腫瘍部分の組織コントラストが高い. そのため腫瘍の構造や輪郭を造影剤等を用いることなく明瞭に示し得る例が多い.

② 横断のみでなく, 冠状や矢状並びに斜目断層が可能である. そのため放射線照射野を詳細に設定し得る. この場合当然ながら, それぞれについて multi-slice 撮影が行われることとなる. また, MRI では近い将来, 三次元直接撮影が可能となることが約束されている. その場合には真の

意味での三次元治療計画へと発展されよう。

③ MRI では、X線 CT が不得意な後頭蓋窩や脊髄の腫瘍が明瞭に描出される。また、表面コイル法の利用によって、眼、耳、頸部臓器、乳房等の体表または、その近傍の臓器に発生する腫瘍が高解像で映像されることとなってきたので、この分野ではより高度な放射線治療計画が可能となろう。

④ MRI の病巣に対する高い感受性は、単に初期診断や初期治療計画についてのみでなく、放射線治療中やその後においても、貴重な情報を提供するものと思われる。すなわち、例えば、照射野や照射線量について、より正確な設定を可能としよう。

⑤ 胸部等については、照射時と同一体位での撮影が可能であるため、病巣と皮膚マーク部位との間で、位置的ズレが生じない。

一方、問題点として考えられることは、④ 真の病巣と周囲変化との区別がつかない例がある、⑤ 画像がX線の吸収状態とは無関係、ということがある。

この2つのうち前者の④については、Gd-DTPAの如き造影剤の利用が<sup>9)</sup>、また後者の⑤については、MRI装置のコンピューターにライトペン等による構造物の指示機能を付加したり、あるいは、X線 CT の情報を結合したりすることによって解決しうるものと考えられる。

他方、MRI を放射線治療計画に応用する場合の対象臓器については、現段階では幾分限定せざるを得ないものと思われる。すなわち脳、骨および脊髄、肺、縦隔、乳房の腫瘍等については、特に有効と思われるが、腹部腫瘍についてはX線 CT より劣るといわざるを得ない。頭頸部と骨盤部の腫瘍については、症例5の如くある程度の空間解像力は得られるのであるが、腫瘍コントラストが意外につき難い例があるので、今後症例を重ねて結論を出す必要があると考える。

### 3 放射線照射野(皮膚マーク部位)描出研究

放射線治療患者の皮膚上には、治療計画に基づいてX線の照射野を示す皮膚マークが描かれる。しかし、通常のMRI断層像においては、その部位が画像上のどこに位置するかということを知ることはできない。この点X線CTでは、皮膚マークに一致させて適当な高X線吸収物質(例えば、血管撮影用カテーテル)を添付して、断層像上での認識を可能とさせている。そこで今回は、90%の自由水を含む厚さ8m/mの含水性ポリマー(PVA)シート<sup>6)</sup>を作成し、これを皮膚マークと同一形状に切り、その部位に添付して撮影してみた。

図7はボランティアの前胸壁上に含水性ポリマーシートを添付した場合である。食道癌等を想定した照射野が仮定してある。一方図8-(a)は、このボランティアの前胸壁部をshort SEの冠状断で撮影した場合である。スライス厚が薄いと1枚の断層像にシートの全体が含まれないため、ここでは特にスライス厚を30m/mと厚くしてある。皮膚近傍の構造物によるpartial volume phenomenonをみとめるが、目的の含水性ポリマーシートは全貌が明らかである。このシートの厚みは、パラマグネティックイオン等を適当量含有させることによってMRI信号を強く出す様にし得るの

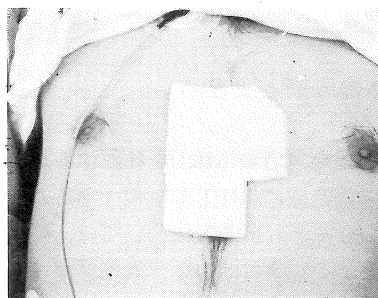


図7 ボランティアの前胸壁上に置かれた含水性ポリマーシート。このシートの形状は、放射線照射野を示唆している。

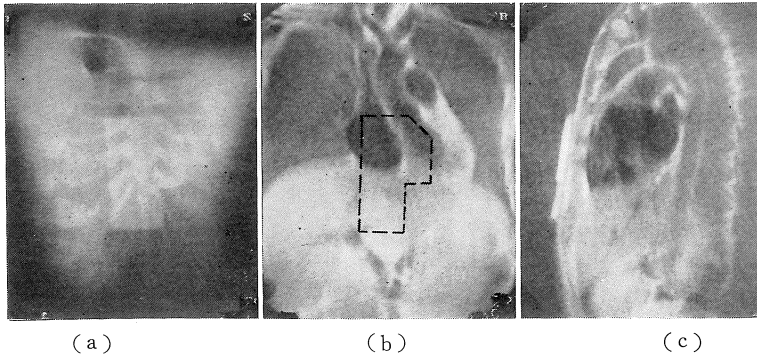


図 8 ECG ゲート下で撮られた図7 ボランティアの MRI 像. (a) 前胸壁部の冠状断像で含水性ポリマーシートが明瞭である(ただし、この撮影のみスライス厚は 30m/m), (b) 心臓部の冠状断像で、中央の破線は(a)のシートの形状を転写したもの. (c) 心臓部の矢状断像. 胸壁上のシートの下1/3が薄いのは partial volume effect による.

で、その分薄くすることが可能である。

図8-(b)は、この際に撮られた10m/m スライス厚の冠状断像である。実際には、5枚の連続冠状断像を撮っている。画像の中央に破線で示されている形状は、図8-(a)の含水性ポリマーシートの形状を幾何学的に一致させて転写したものである。つまり、照射X線が、拡大率零の状態で入射したと仮定すると、この範囲が照射されることになるのである。

今回の実験では、冠状断の他に横断並びに矢状断撮影も行ってみたが、図8-(c)の如く添付シートは皮膚面上で明瞭に描出された。

#### 4 全体の考察とまとめ

以上、腫瘍患者のMRIを検討することによって、放射線治療にMRIが有用であることが確認された。もっとも現段階においては、腫瘍の全体が対象となるわけではない。腹部腫瘍と、頭頸部並びに骨盤部腫瘍の一部は、MRIの腫瘍描出能が以外に劣るので除外されることになると思う。

一方、皮膚マーク部位(放射線照射野)については、MR信号を最大限に放出する含水性ポリマ

ーシートを作成し、それを整形して皮膚上に添付することによって、MRI画像上で明瞭に描出することが可能であることがわかった。この方法は、診断上やまた手術手技をMRIで検討する場合にも有用な方法として利用されよう。

最後にMRIの放射線治療への応用という点では、今後MRIの特徴に見合った放射線治療計画用のソフトウェアを各種作成していく必要がある。このような研究の積み重ねによって真の意味での三次元治療計画が可能になるものと思う。

本論文の要旨は第5回核磁気共鳴医学研究大会(1985年3月東京)において発表した。

謝辞: 本研究に御協力下さった東海大・灰田宗孝、塩谷すみ恵の両先生、また慶応大・大内敏宏先生、当院の五島仁士、矢野昌男両技師、藤田敦子、坂本継子嬢、また特殊含水性ポリマーシート(PVA)を供給して下さいました日本石油・中研・南部昌生研究室長に深謝します。

#### 参考文献

- 1) 真野 勇: NMR 診断法, 一基礎から臨床まで

- 一, 秀潤社, 1984.
- 2) 核磁気共鳴医学研究会編: NMR 医学—基礎と臨床, 丸善, 1984.
- 3) 日本放射線技師会編: NMR の理論と研究, マルプロス出版, 1984.
- 4) 青木芳郎, 福田信男, 池平博夫, 館野之男: 下垂体腫瘍の放射線治療と NMR-CT, NMR 医学, 4 (1): 80-86, 1984.
- 5) D. H. Carr, J. Brown, G. M. Bydder, et al.: Gadolinium-DTPA as a Contrast Agent in MRI: Initial Clinical Experience in 20 Patients, *AJR*, 143: 215-224, 1984.
- 6) 南部昌生 (日本石油), 特開昭 57-130543.
- 7) E. Glatstein, A. S. Lichter, B. A. Fraass, et al.: The Imaging Revolution and Radiation Oncology: Use of CT, Ultrasound, and NMR for Localization, Treatment Planning and Treatment Delivery, *Int. J. Radiation Onco. Biol. Phys.*, 11: 299-314, 1985.