

原著

放射線治療における MRI—照射野設定における利用法—

今中一文 (天理よろづ相談所病院放射線科)	藤原一央 (同 上)
松尾導昌 (天理よろづ相談所病院MRセンター)	鈴木靖史 (同 上)
黒田康正 (天理よろづ相談所病院放射線科)	三木幸雄 (同 上)
左野明 (同 上)	川上光一 (同 上)
高橋雅士 (同 上)	桑田陽一郎 (同 上)
定藤規弘 (同 上)	高田育子 (同 上)
玉木恒男 (同 上)	佐藤紘市 (同 上)

キーワード

radiation therapy planning, radiation field, MRI

はじめに

MRI は軟部組織のコントラスト分解能にすぐれ、かつ任意の断面における画像が得られるため、癌の臨床における病期分類上で有用な modality である。放射線治療の領域でも、画像診断による腫瘍進展範囲の正確な把握が基本であるため、MRI は照射野の設定^{1),2)}、照射技術の選択³⁾などの治療計画において重要な情報を提供する。また、治療後の経過観察において、放射線障害と再発腫瘍との鑑別の可能性を検討した報告もみられる^{4),5)}。当院でも MR 装置の導入以来、放射線治療に対する実際の応用価値を検討しているが、今回はとくに照射野設定における有用性について報告する。

対象と方法

対象は、現在までに MRI を用いて照射野設定を行った 12 例で、脳腫瘍 5 例、肺癌 3 例、食道癌 2 例、上咽頭癌 1 例、眼窩腫瘍 1 例である。

使用装置は Siemens 社製 Magnetom M 10 あるいは H 15 で、治療計画には spin echo 法による T₁ 強調画像を用いた。頭頸部領域では固定用の shell を用いる関係で、head coil 内に入らないので、肺尖部、縦隔部 scan と同様に body coil にした。

目的は、従来の X 線シミュレータおよび CT で計画された照射野が、必要かつ十分に target area を含んでいるかどうかを MRI を用いて検索することである。そのための MRI は照射ビーム



Fig. 1

Positioning and fixation of the patient during MR acquisition ; completely same as on radiation therapy. Photo shows an example of a patient with head and neck malignancy.

に垂直な面で腫瘍が最も広がった slice を選び、照射野はその深さにおける大きさにあらかじめ調整して表示し、その両者を重ね合わせる。腫

瘍の広がりか 1 slice で把握できない場合は、複数の slice について同様の操作を行う。その方法と手順は次のとおりである。

(1) 治療体位の再現性を確保するために、治療時と同じ水平なテーブルを用い、頭頸部腫瘍の患者では shell で固定し beam pointer を用いて体位を調整する (Fig. 1)。

(2) 皮膚に表記された照射野の各コーナーにマーカーを置く。この際の照射野は検討に必要な腫瘍の slice 面の深度における大きさになるように拡大して表記しておく。マーカーは市販のチーズをプラスチック製の管状小容器に充填したものを利用した。

(3) 撮像は腫瘍を含む部位から皮膚面までを slice 幅 10 mm で連続的に scan する。コーナー

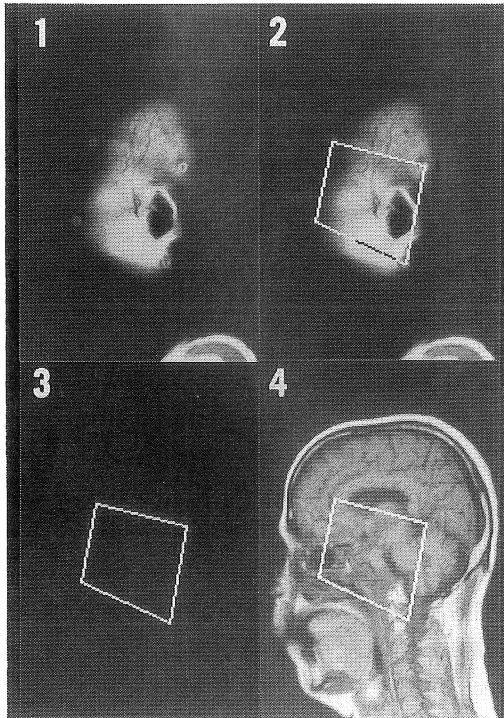


Fig. 2 Procedure in determining a radiation field on CRT screen ; (1) markers put on the skin are shown, (2) the original radiation field is made by drawing each marker, (3) only radiation field is displayed on CRT by using subtraction-software, and (4) the radiation field is superimposed on MRI chosen for the maximal tumor invasion.

に置いたすべてのマーカーが必ずしも同一平面上にあるとは限らないので、全部のマーカーが表示されるまで画像を重ねて撮像する。

(4) このマーカーを結ぶ線が照射野の輪郭を表すことになるが、背後に重なったMRIを subtraction によって消去すれば、その輪郭だけが残る。次に腫瘍の進展範囲が描出されているMRIを重ね合わせると腫瘍と照射野の位置関係を示す画像が完成する (Fig. 2)。

(5) この場合、CRT スクリーン上での画像処理に用いた software は、装置に内蔵された既存のものから組み合わせて新たに作成した。

結 果

脳腫瘍 5 例、上咽頭癌 1 例の計 6 例に sagittal 像、食道癌 2 例、肺癌 3 例、眼窩腫瘍 1 例の計 6 例に coronal 像をもとにした照射野検討を行った。その結果、最初に設定していた照射野を縮小したものが 1 例、拡大したものが 5 例、変更しなかったものが 6 例で、12 例中 6 例に何らかの照射野修正を行った。拡大の 4 例は脳腫瘍で、すべて脳幹部における照射野下縁を尾側方向に拡大している。残り 2 例中 1 例は肺尖部腫瘍で、頸部の照射野上縁を頭側に拡大した。もう 1 例は眼窩腫瘍で、頭側の前頭蓋窩方

向に拡大している。縮小の 1 例は転移性脳腫瘍で、局所への追加照射を要した例であるが、脳幹部の除外が不十分であったことが判明した。変更がなかった症例でも、MRI が irradiated area と target area の関係を確認する上で極めて有用であった (Table 1)。

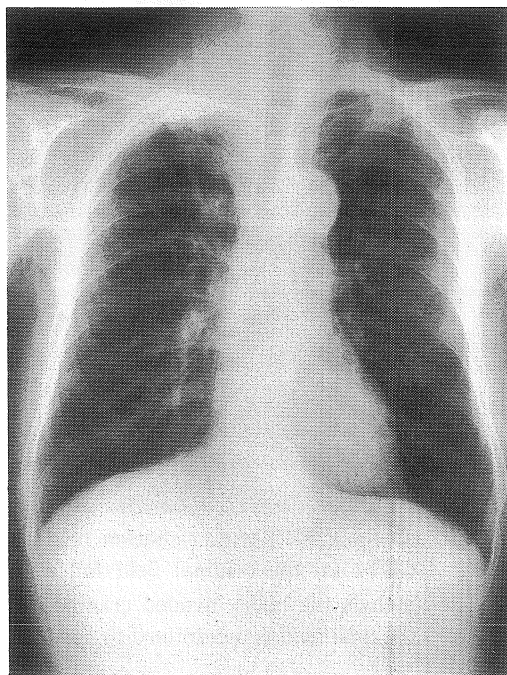


Fig. 3-1 A 80-year-old man with large cell lung cancer in the right upper lobe: p-a chest x-ray film showing a tumor in the right S¹ severely invading the apex.

Patients with Radiation Therapy Planning Utilizing MRI

No.	Age/Sex	Site	Diagnosis	View	Correction
1	49/M	skull base	epipharyngeal ca.	sagittal	as original
2	63/M	brain	glioblastoma	〃	added
3	37/M	〃	pituitary adenoma	〃	added
4	4/M	〃	pontine glioma	〃	added
5	52/M	〃	metastasis	〃	reduced
6	49/F	〃	gliomatosis	〃	as original
7	30/M	orbit	lacrimal gland ca.	coronal	added
8	80/M	mediastinum	esophageal ca.	〃	as original
9	82/M	〃	〃	〃	as original
10	80/M	lung	lung ca.	〃	added
12	76/M	〃	〃	〃	as original

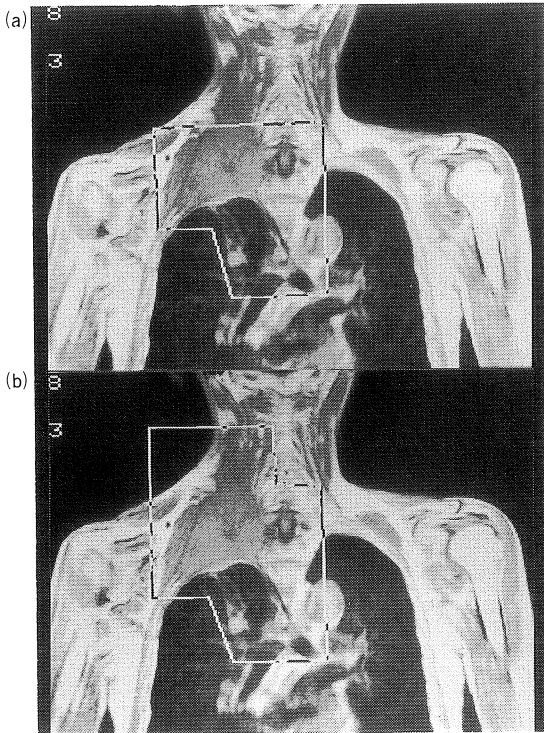


Fig. 3-2 Coronal MRI with radiation field on CRT: (a) the original field failed to include the mass invaded cranially, (b) the final field is determined to cover it.

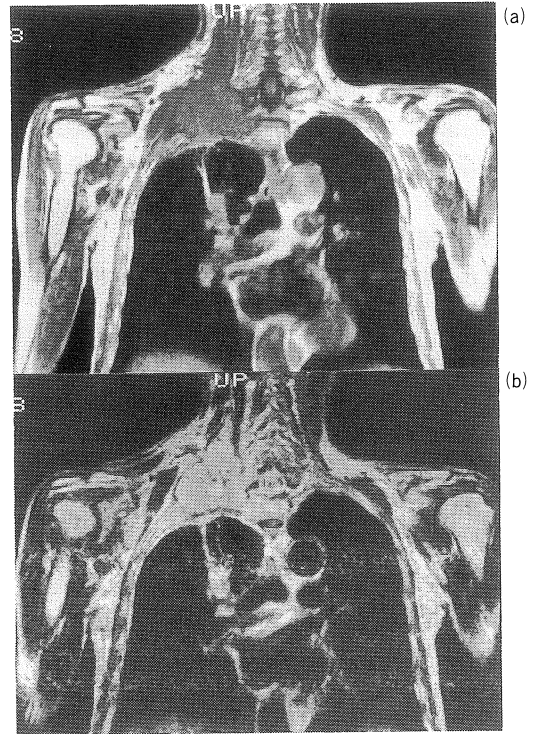


Fig. 3-3 Coronal MRI of right apex with (a) T₁- and (b) T₂-weighted image; well demonstrated tumor invasion unexpectedly to the right brachial plexus.

〔症例〕 70歳男性 右肺癌（大細胞癌）

血痰と右上肢の痛みを主訴とする症例で、胸部X線上、右肺尖部とS₁に異常陰影が認められた(Fig. 3-1)。上腕神経叢浸潤を疑い、CTを行ったが、上方への進展範囲が不明瞭であった。最初に設定した照射野をMRIに表示したものがFig. 3-2(a)であるが、実際はFig. 3-3に示すように腫瘍の頭側への進展が強かったため、照射野をFig. 3-2(b)のように変更した。

考 察

MRIの放射線治療への応用として照射野の決

定に有用であるとする報告が多いが^{2),6),7),8)}、これらは本法が腫瘍の描出能にすぐれているという点を前提としている。しかし、きめの細かい確認や修正を行うためには、従来の報告以上の画像を作っていく努力や、MRIの利用法についても検討を加えていく必要があると思われる。

今回の検討に用いられた1.0あるいは1.5テスラの超伝導MR装置においては良好な画像が得られ、とくにCTでは進展範囲の把握が困難であった後頭蓋窩や、頭蓋底部領域、肺尖部を浸潤する腫瘍がより明瞭に描出された。この場合に用いる coronal および sagittal のMR画像は頭側・尾側方向の連続性の示現性にすぐれて

いるほか、放射線治療の照射ビームに直交する面の画像であることも意義が深い。それは放射線治療の target area を特定するだけでなく、“organ at risk”の確実な認識と除外が容易なためである。

照射野設定の具体的な利用法としては次のような報告がある。(1) MRI における腫瘍と隣接構造物の位置関係からシミュレーション X線写真において腫瘍の占拠部位を判断し、照射野が適正かどうかを検討する方法⁷⁾、(2) 治療計画用 CT の撮像基準点を MR のそれと一致させ、同じように scan していくことで MRI 情報を CT による照射野設定に活用する⁹⁾、いわば間接利用法、(3) MR 撮像時に皮膚面の照射野に合わせてマーカーを置く方法、などが挙げられる。文献的には含水性ポリマーシート (PVA) を利用して、これを含む平面を scan することで画像上での照射野の輪郭を知り、次いで必要な MR 画像に幾何学的な手で転写する方法が報告されている¹⁰⁾。MRI に照射野が直接に表記できる点では後者の方が有利であるが、幾何学的転写という作業の繁雑さと含水性ポリマーシートを、普通、複雑な凹凸を呈する皮膚面に貼りつける場合に問題があり、改善の余地が残されていると思われる。

マーカーの材質としては short TR や short TE 画像で high intensity signal を呈することが重要な条件で、文献を参照すると前述の PVA¹⁰⁾ や常磁性物質である硫酸銅、Gadtrinium¹¹⁾、あるいは脂肪といったものの応用が考えられる。われわれも数種類の物質を試用した結果、現在は市販のチーズが簡便で目的に適しているので実用している。まず皮膚面に貼付することが容易なこと、そして 10 mm 厚の scan に適切なある程度の高さを有し、かつ画像上では点に近いマーカーにするために、プラスチック性の管状小容器にチーズを充填して用いている。

CRT スクリーン上で行う画像処理は、(1) マー

カーを含む MRI の重ね合わせ、(2) マーカーを結ぶ照射野の描写、(3) 不要になった背景の subtraction、(4) 腫瘍部の MRI の照射野との重ね合わせを含むが、すべて software によって操作は容易でかつ正確に行い得る。これは放射線治療に最も必要な再現性を確保し、細かい照射野の修正にも貢献する方法論といえる。これに対応する患者の取り扱いでは MR に付属する beam pointer を用い、とくに頭頸部領域の症例では治療用 shell による固定を行い、治療体位の再現性保持を心がけている¹²⁾。MR 室における本法の施行に要する時間は約 30 分であるため、日常の MR 診療を妨げることなく必要に応じて実施できる。

最近、CT シミュレーターを用いた治療計画のシステム化が開発され臨床応用が実現されつつあるが¹³⁾、transaxial 画像を主体とする CT は頭・尾側方向への腫瘍進展の把握に離点がある。その点、MRI は sagittal や coronal 像が治療体位で得られるため、本法を CT による治療計画システムに加えることで治療精度のより一層の向上が期待し得る。現時点では頭頸部、肺尖部の症例が中心であるが、この領域は呼吸移動もなく、特に良質の画像が得られるため良い結果が認められた。今後は胸部から骨盤までの各領域における本法の意義と課題についても検討して行きたい。

ま と め

放射線治療の照射野設定における MRI の利用方法について検討した。今回の検討は、あらかじめ設定された照射野が sagittal あるいは coronal 像において適正であるかどうかを確認することに向けられた。この際、MR のテーブル上で治療体位を再現させることが重要であるが、頭頸部領域の症例では放射線治療用の shell を用いることで、良好な結果が得られた。MR 装置に付属した software を組み合わせて画像処理を行

ったところ、CRT スクリーン上に腫瘍の進展範囲がわかる MRI とその深度における大きさの照射野輪郭を重ねて表示することが可能になった。適応は頭頸部、肺尖部領域が良いと思われ、今回の検討でも 12 例中 6 例に照射野の修正が必要であることが判った。

文 献

- 1) M. Goitein : Future prospect in planning radiation therapy, *Cancer*, 55 : 2234-2239, 1985.
- 2) W.J. Curran, D.B. Hackney, P.H. Blitzer et al. : The value of magnetic resonance imaging in treatment planning of nasopharyngeal carcinoma, *Int. J. Rad. Oncol. Biol. Physic.*, 12 : 2189-2196, 1986.
- 3) 中野隆史, 荒居龍雄, 五味弘道, 他 : 子宮頸癌放射線治療における MRI の臨床評価. *日本医放会誌* 47 : 1181-1188, 1987.
- 4) G.C. Doms, S. Hecht, M. Brant-Zawadzki, et al. : Brain radiation lesions: MR imaging, *Radiol*, 158 : 149-155, 1986.
- 5) R.G. Ramsey and C.E. Zacharias : MR imaging of the spine after radiation therapy: Easily recognizable effect, *AJR*, 144 : 1131-1135, 1985.
- 6) W.P. Shuman, B.R. Griffin, D.R. Haynor et al. : The utility of MR in planning the radiation therapy of oligodendroglioma, *AJR*, 148 : 595-600, 1987.
- 7) R.H. Daffner, T.K. Dutta, D.A. Whitman : Transferring MR images to radiotherapy localization on films, *AJR*, 145 : 186-187, 1985.
- 8) W.P. Shuman, B.R. Griffen, D.R. Haynor, et al. : MR imaging in radiation therapy planning. Work in progress, *Radiol.*, 156 : 143-147, 1985.
- 9) 唐沢克之, 坂田耕一, 青木幸彦, 他 : NMR を用いた放射線治療計画. *放治システム研究 Supple 2* : 107-110, 1985.
- 10) 真野 勇, 吉田英男, 尾町秀樹, 他 : MRI の腫瘍描出能と放射線治療への応用. *NMR 医学* 5 : 97-103, 1985.
- 11) 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.
- 12) 井上俊彦, 茶谷正史, 手島昭樹, 他 : 下咽頭, 喉頭癌の放射線治療精度の検討. *癌の臨床* 30 : 505-509, 1984.
- 13) 西谷武弘, 永田 靖, 湯川 里, 他 : CT シミュレータの開発. *放治システム研究 Supple 4* : 23-26, 1987.

The Value of MRI in Radiation Therapy—Applied to Radiation Field Setting—

Kazufumi Imanaka

(Dept. of Radiology, Tenri Hosp.)

Michimasa Matsuo

(Dept. of MR Center, Tenri Hosp.)

Yasumasa Kuroda

(Dept. of Radiology, Tenri Hosp.)

Akira Sano

(Dept. of Radiology, Tenri Hosp.)

Masashi Takahashi

(Dept. of Radiology, Tenri Hosp.)

Norihiro Sadatoh

(Dept. of Radiology, Tenri Hosp.)

Tsuneo Tamaki

(Dept. of Radiology, Tenri Hosp.)

Kazuhisa Fujiwara

(Dept. of Radiology, Tenri Hosp.)

Yasushi Suzuki

(Dept. of Radiology, Tenri Hosp.)

Yukio Miki

(Dept. of Radiology, Tenri Hosp.)

Kouichi Kawakami

(Dept. of Radiology, Tenri Hosp.)

Youichirou Kuwata

(Dept. of Radiology, Tenri Hosp.)

Ikuko Takada

(Dept. of Radiology, Tenri Hosp.)

Kouichi Satho

(Dept. of Radiology, Tenri Hosp.)

This paper deals with MRI utilization for planning radiation therapy. There have been several reports with the same purpose, however, seem to be incomplete. Such a clinical trial should basically require the high diagnostic quality of MRI for demonstrating cancer invasion. To reach the goal, we have been working with MAGNETOM H15 and/or M10 (Siemens) newly installed in Tenri Hospital. The clinical series consists of 12 patients with head and neck tumors, and with malignancies involving the mediastinum or lung apices. The practical method and procedure are as follows.

(1) The radiation field on the patient's skin is prearranged to include the tumor in its depth. This is identified by putting markers of our own making, small plastic tubes plugged with 'cheese', at each corner on the skin. The material used is based on a specificity producing high intensity signals on T_1 -weighted image.

(2) MR scan is performed from the skin to the depth of lesion with sequential 10mm-slices by using T_1 -weighted imaging. MRI display is on the coronal or sagittal views usually vertical to the beams of radiation therapy.

(3) Of all MRI acquired, several images are used for drawing the radiation field, and one of others for the optimal demonstration of the lesion. Thus, MRI can be superimposed with the radiation field on the CRT screen. These procedures only requires 30 minutes or less.

(4) The radiation planning initially-set is checked in comparing with the compound images.

Six of 12 patients required some alterations of original fields in shape and size : 5 patients to enlarge and 1 to reduce. The coronal or sagittal MRI can provide more details in cranio-caudal continuity than transaxial images of CT. The merits of MRI including the artifact-free images in bony structure and possible characterization of tumor invasion were shown in our series.