

肺・縦隔の MRI：初期臨床
応用における有用性と可能
性について

Magnetic Resonance Imaging
(MRI) of the Lung and
Mediastinum: Its Value and
Possibility in Initial Clinical
Experience

奥畑好孝 (帝京大学医学部放射線科)
尾崎正時 (琉球大学医学部放射線科)
縄野 繁 (千葉大学医学部放射線科)
宇野公一 (同 上)
三好武美 (同 上)
川名正直 (同 上)
有水 昇 (同 上)
守田文範 (千葉大学医学部放射線部)
植松貞夫 (同 上)

キーワード

MRI, lung neoplasm, pleural effusion, lung collapse, radiation therapy

要 旨

Magnetic Resonance Imaging (MRI) was applied to the chest and its clinical use was evaluated in comparison with the X-ray computed tomography (CT).

The subjects were composed of 34 patients including 31 with a variety of malignant lung tumors and three with malignant mediastinal tumors. The MRI machine is a 0.256 T superconductive magnet and the image reconstruction method used was 2 DFT. The pulse sequences for the image formation were spin echo with TE of 40 msec, TR of 400 msec [SE (40, 400)], SE(120~80, 2, 200~1, 500) and inversion recovery. The body sections of the images were taken with transaxial planes in the majority of the cases and with coronal and sagittal planes in limited cases.

The coronal and sagittal images, however, were useful in observing axial extension of the tumors in relation to the normal structures. Compared with CT, MRI was advanta-

geous in differentiating tumoral tissues from either fatty tissues or muscular ones when the appropriate pulse sequences were applied. In the same way, MRI was superior in separating tumoral tissues from pleural effusion and atelectatic lung parenchyma. One case showed the change of the image intensity of the tumor in the process of radiation treatment. This may be the result of the formation of necrosis in the tumor.

In conclusion, MRI is expected to produce the useful clinical information in addition to that of CT in the diagnosis of lung and mediastinal tumors.

表 1 肺・縦隔腫瘍 34 例の内訳

原発性肺癌	23	扁平上皮癌	9
		腺癌	8
		大細胞癌	4
		小細胞癌	2
転移性肺癌	8		
悪性リンパ腫	2		
悪性胸腺腫	1		
計	34		

1 結 言

磁気共鳴画像法 (magnetic resonance imaging: MRI) は、従来の断層画像法とまったく異なる原理による画像化として、その臨床診断における有用性が期待されている。

しかし、肺・縦隔領域については、呼吸性移動などの影響を強く受ける¹⁾ こと、および平均したプロトン密度の比較的低い領域であることによる S/N 比の低下などの画質の劣化を認め、MRI の適応の比較的低い領域と考えられており、従来の X 線 CT などを上まわる有用性の報告^{2)~4)} は少ない。

本稿の目的は、肺・縦隔領域における MRI について、X 線 CT と比較して有用であった症例を呈示し、同領域における MRI の適応の可能性について検討することである。

2 対象および方法

肺・縦隔腫瘍 34 例で、内訳は表 1 の通りである。症例はすべて組織学的に診断が確定しており、X 線写真、X 線 CT などで病変の存在部位を

明らかに指摘できるものを対象とした。年齢は 18~82 歳、平均 57.4 歳で、性別は男 28 例、女 6 例であった。

なお、X 線 CT は、対象全例に対して MRI 撮像に前後して施行されており、MRI の比較対象とした。

使用装置は、千葉大学医学部附属病院に設置された超電導 MRI 装置 (Picker 社製、VISTA-MR) であり、主な仕様は表 2 の通りである。

呼吸同期、心拍同期などの gating は行っておらず、被験者は、酸素吸入などを必要としない比較的状态の良い患者である。検査中は安静時呼吸を指示した。

撮像手順については、あらかじめ X 線 CT などで確認した病変の存在部位を中心として、まず冠状断を撮像時間の比較的小さいスピンエコー法 (SE)、反復時間 (TR) 300 msec、エコー時間 (TE) 24 msec [以後 SE (24, 300) と表示] で撮像し、病変の正確な位置を決定した。次に、SE

受 付 1986年 3月25日
 最終稿受付 1986年 4月21日
 別刷請求先 (〒173) 東京都板橋区加賀 2-11-1
 帝京大学医学部放射線科
 奥畑好孝

表 2 MRI 装置の仕様

(1) 静磁場強度 : 0.256 T (超電導)
(2) 撮像パルス系列 :
スピネコー法
TR: 80~5,000 msec
TE: 24~120 msec
反転回復法
TR: 280~5,000 msec
TI: 200, 300……700 msec
TE: 40 msec
(3) 断層面 : 横断・冠状断・矢状断
(4) スライス数 : シングルスライス
マルチスライス 4, 8, 16枚
(5) スライス厚 : 2, 5, 10, 15, 20 mm
(6) 信号収集マトリックス : 128×128 256×256
(7) 画像表示マトリックス : 512×512
(8) 画像再構成法 : 二次元フーリエ変換法

表 3 使用した撮像条件

(1) 横断面
(2) シングルスライス
(3) 信号収集マトリックス : 128×128
(4) 信号加算 : 4回
(5) スライス厚 : 10 mm
(6) 撮像時間 : 約 3.4 分 (TR=400 msec)

(40, 400)- T_1 強調画像—による横断面を撮像し病変の観察を行った。さらに症例によって、関心領域における冠状断・矢状断の撮像、あるいは TR, TE を長くとした SE 像 SE [80~120, 1,500~2,200]- T_2 強調画像, 反転回復法 (IR), 反復時間 (TR) 1,500~2,200 msec, 待ち時間 (TI) 400, 500 msec, エコー時間 (TE) 40 msec [以後 IR (40, 400, 1,500) などと表示] などのパラメータおよびパルス系列を変化させた撮像を行った。表 3 に SE (40, 400) における撮像条件を示すが、とくに断わりのないかぎり他のパルス系列も同様の撮像条件を使用した。比較対象とした X 線 CT の使用装置は GE, CT/T 8800 であり、造影剤の使用については単純 X 線 CT 8 例、造

影 X 線 CT 26 例であった。画像表示条件は、軟部条件 (W 500, L 0), 肺野条件 (W 1,000~2,000, L-500~-750) および骨条件 (W 1,000~2,000, L 100~200) を用いた。

3 症 例

X 線 CT と比較して有用であった点に関して症例を呈示する。

〔症例 1〕 56 歳, 男性。左上葉原発の肺大細胞癌。

気管分岐下レベルの単純 X 線 CT (図 1-A) では、左肺野の大部分は軟部組織にはほぼ等しい濃度を呈し、縦隔の患側偏位および左主気管支の偏位、狭窄 (矢印) も認められる。臨床経過も含めて、左肺門部腫瘤による気道圧迫のため生じた無気肺と考えられたが、腫瘤と縦隔血管系および無気肺との鑑別・同定は困難である。

上記 X 線 CT 撮像より 4 日後の横断 MRI (図 1-B) では、左肺門より縦隔の上・下行大動脈、上大静脈、右主気管支に達する骨格筋レベルの intensity を有する異常信号領域を認める。左主気管支の encasement および左肺動脈が狭窄しているのがわかる。縦隔の偏位は減少し、無気肺は X 線 CT 撮像時より改善しているが、左肺野の前半部は、右肺野および左肺野の背側部に比較して若干の信号強度の増加および肺門からの不規則な放射状の信号領域を示し、いぜん含気の低下を示唆している。前額断 MRI (図 1-C) では腫瘤が一塊となって左肺門から縦隔に進展し、左主気管支の圧排と左肺動脈 (矢印) の encasement および狭窄を併発していることが明瞭に認められる。

腫瘍の縦隔進展の観察において、横断像に加えて前額断像が有用であった症例である。

〔症例 2〕 53 歳, 女性。乳癌術後肺転移。

経過中、左肺の急速な無気肺があり、X 線 CT および MRI を施行した。

気管分岐レベルの造影 X 線 CT (図 2-A) は

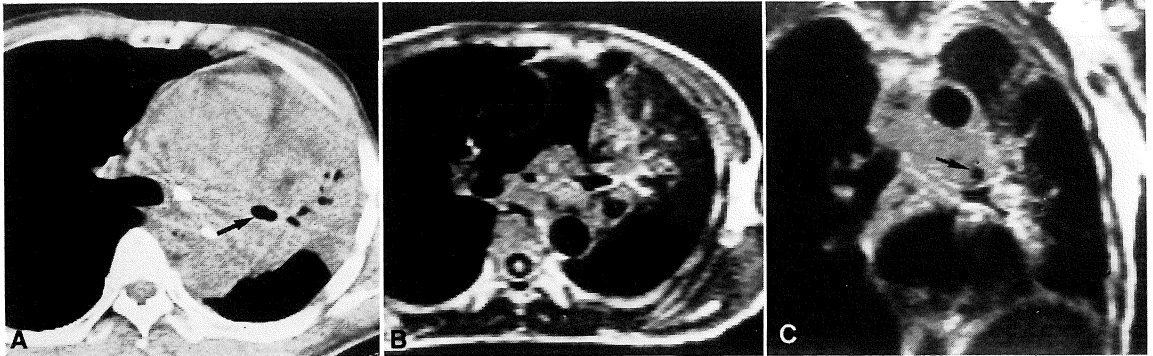


図 1 症例 1

A: 単純X線 CT, B: 横断 MRI SE (40/400), C: 前額断 MRI SE (40/400)

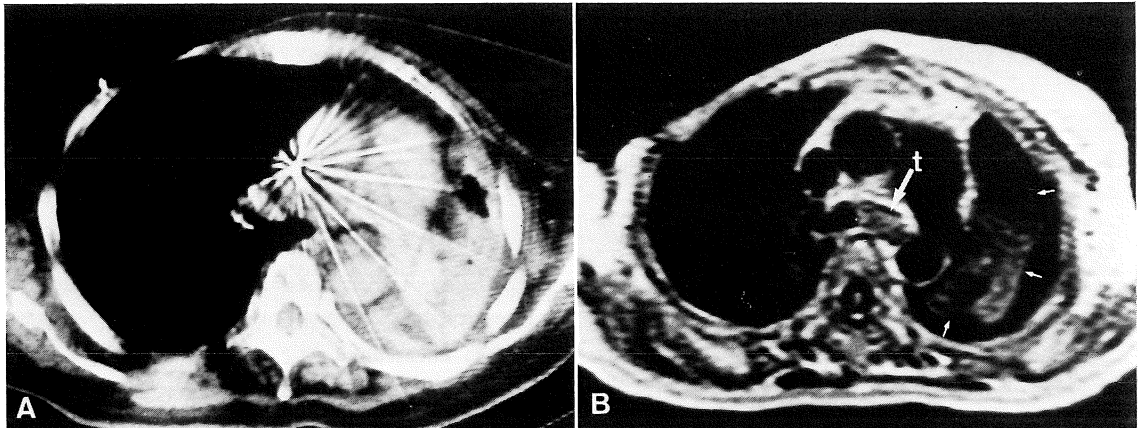


図 2 症例 2

A: 造影X線 CT, B: MRI SE (40/400)

縦隔の左側偏位, 左肺野の無気肺および胸水貯留を示している。縦隔には左主気管支腔の高度狭窄が疑われるが, その原因となる病変は判然としない。

上記 X 線 CT 撮像 4 日後の MRI (図 2-B) では, 縦隔の左側偏位は軽度改善されているが, 左肺野の無気肺 (矢印) およびその周囲の low intensity area としての貯留胸水が示される。縦隔では左主気管支内腔に中間信号強度の組織が充填している像 (矢印 t) が見られ, 気管支内腔の

占拠性病変の存在が示唆される。

その後, 内視鏡により左主気管支内にポリープ状の腫瘍が塞栓しているのが確認された。MRI によって気管支内腔の占拠性病変の存在・範囲が X 線 CT より明確に描出され, 無気肺の原因を診断し得た症例である。

〔症例 3〕 52 歳, 男性。右上葉原発腺癌。

経過中, 両側下肢完全麻痺を発症した。腕頭動脈レベルの造影 X 線 CT (図 3-A-1, 2, 3) では, 右側後縦隔を中心に椎体および椎弓, 肋骨に

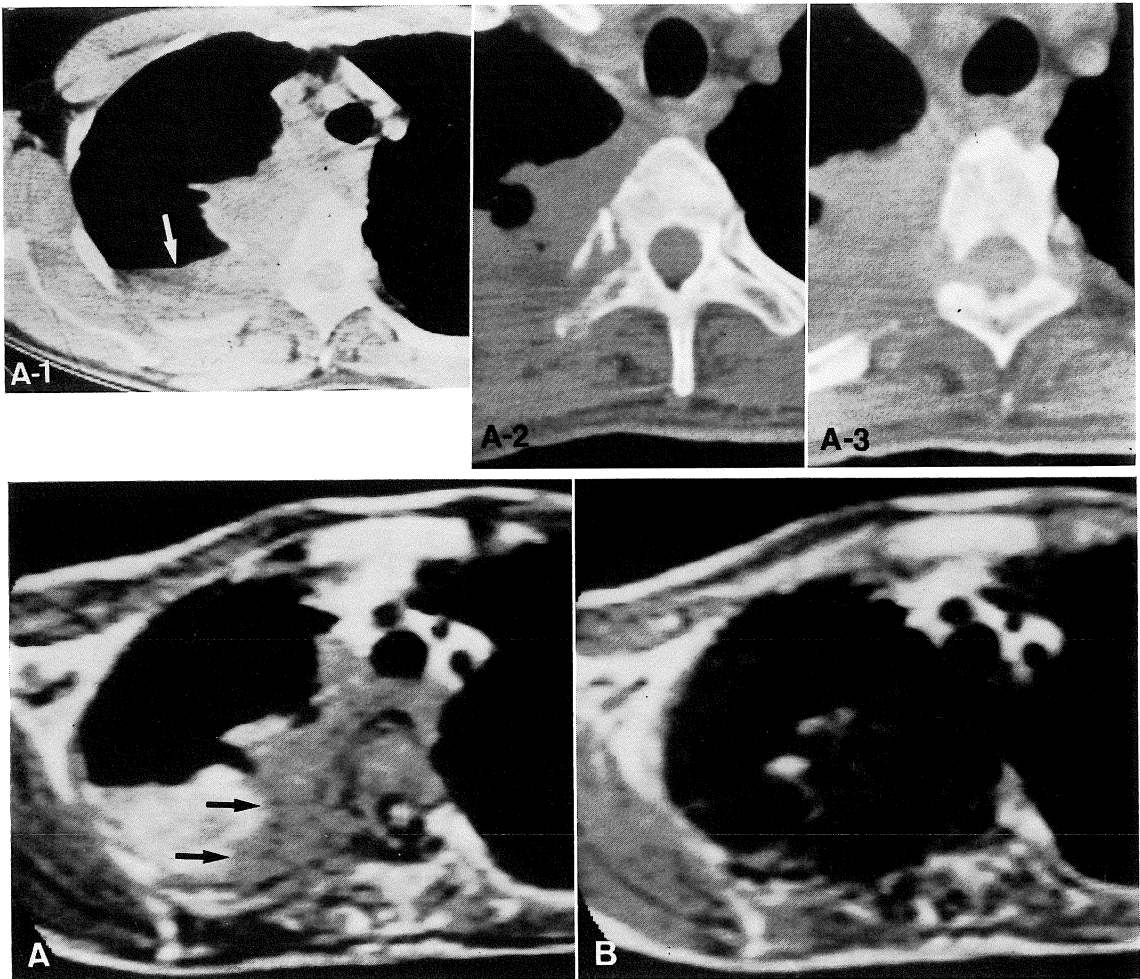


図 3 症例 3

A-1, 2, 3 : 造影X線 CT, A : MRI SE (40/400), B : MRI IR (40/500/1,500)

接し、縦隔組織を前方に圧排する腫瘍が示されている。腫瘍の外側後方には fluid level を示す等濃度領域（矢印）が連続しており、胸水貯留の随伴が示唆されるが、これと腫瘍との境界ははっきりしない。腫瘍と接する椎骨は椎体脚を中心に骨皮質の erosion および菲薄化を認めるが、その上下スライスを含めて明らかな髄内浸潤像および

椎骨の変形などは認められなかった。同レベルの MRI（図 3-A）では、X 線 CT の腫瘍像とほぼ同一の部位に筋組織レベルの intensity area があり、腫瘍の広がりを示す。貯留胸水は high intensity area を示し、腫瘍との境界（矢印）は明瞭である。また、椎体部骨髄は腫瘍とほぼ同じ intensity で描出されており、骨髄への浸潤が疑われる。IR

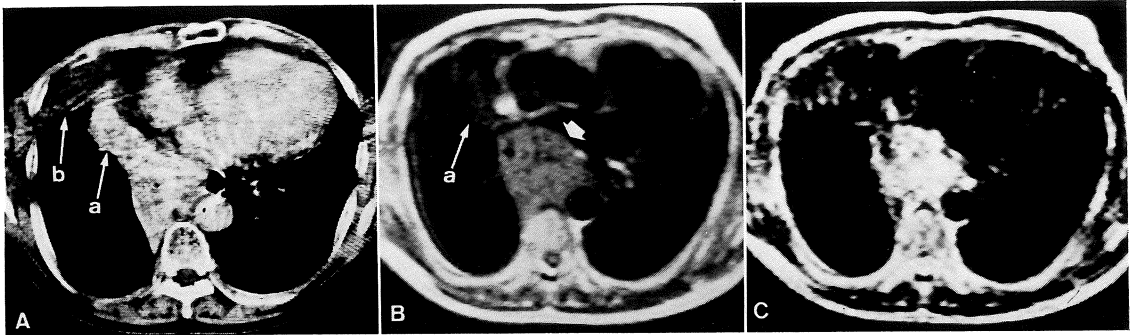


図 4 症例 4

A : 造影 X 線 CT, B : MRI SE (40/400), C : MRI SE (120/1,500)

像 (図 3-B) では、腫瘍、胸水とも肺野レベルの low intensity を示し、それらの境界は指摘できない。しかし、椎体骨髄への浸潤像は明瞭に示されている。

この骨髄への浸潤は、同時期に行われた胸椎断層写真、骨スキャンなどでも明らかな異常像を示さなかったが、臨床的に認められた脊髄の横断性障害のレベルと一致した。X 線 CT で不明であった腫瘍と胸水の鑑別・境界の判別および骨髄浸潤が MRI で明瞭に示された症例である。

〔症例 4〕 63 歳、男性、右中間気管支幹原発扁平上皮癌。

経過中、右中・下葉の無気肺および胸水貯留を呈した。

左心房レベルの造影 X 線 CT (図 4-A) で、縦隔および右肺門下部より左房に接して充実性腫瘍が認められ、これに連続して心外膜に接して腹側に続く楔状像 (矢印 a) が見られる。この異常像はそれぞれ腫瘍と無気肺を示すと思われるが、両者はほぼ同一濃度のためにその境界は不明である。また、右前胸壁下の比較的低濃度領域 (矢印 b) は経過中に認めた貯留胸水を示している。なお、背臥位をとることが困難なため腹臥位で撮像したので、motion artifact による画質の劣化および胸水の腹側貯留などが認められている。

同日に撮像された MRI (図 4-B) でも X 線 CT と同様に縦隔に腫瘍が認められるが、左房の圧排 (矢印) はより明らかである。X 線 CT で認めた腹側へのびる楔状像は、腫瘍よりわずかに low intensity として不規則な形状で描出されている (矢印 a)。右前胸部の胸水は、肺野と同じく非常に low intensity となり、その存在を指摘できない。

Long TR・long TE SE 像- T_2 強調像 (図 4-C) では、縦隔の腫瘍が high intensity area として描出され、X 線 CT で認めた腹側の等濃度領域は low intensity となり、前者が腫瘍、後者が無気肺と考えられる。なお、X 線 CT で認められた貯留胸水は肺野と同様の low intensity area となっており、指摘できない。

X 線 CT で分離できなかった腫瘍と無気肺が MRI で分離・同定された症例である。

〔症例 5〕 57 歳、男性、術後再発腺癌。

右上中葉および胸壁合併切除術施行 6 カ月後、局所再発のため放射線治療を行い、MRI による治療経過観察を試みた。

照射前の造影 X 線 CT (図 5-A-1) では肺野をほぼ占め、肋骨・椎体を破壊し、背側皮下および外側に膨隆する嚢胞形成性腫瘍を認める。MRI (疼痛のため腹臥位で撮像) では、long TR・long

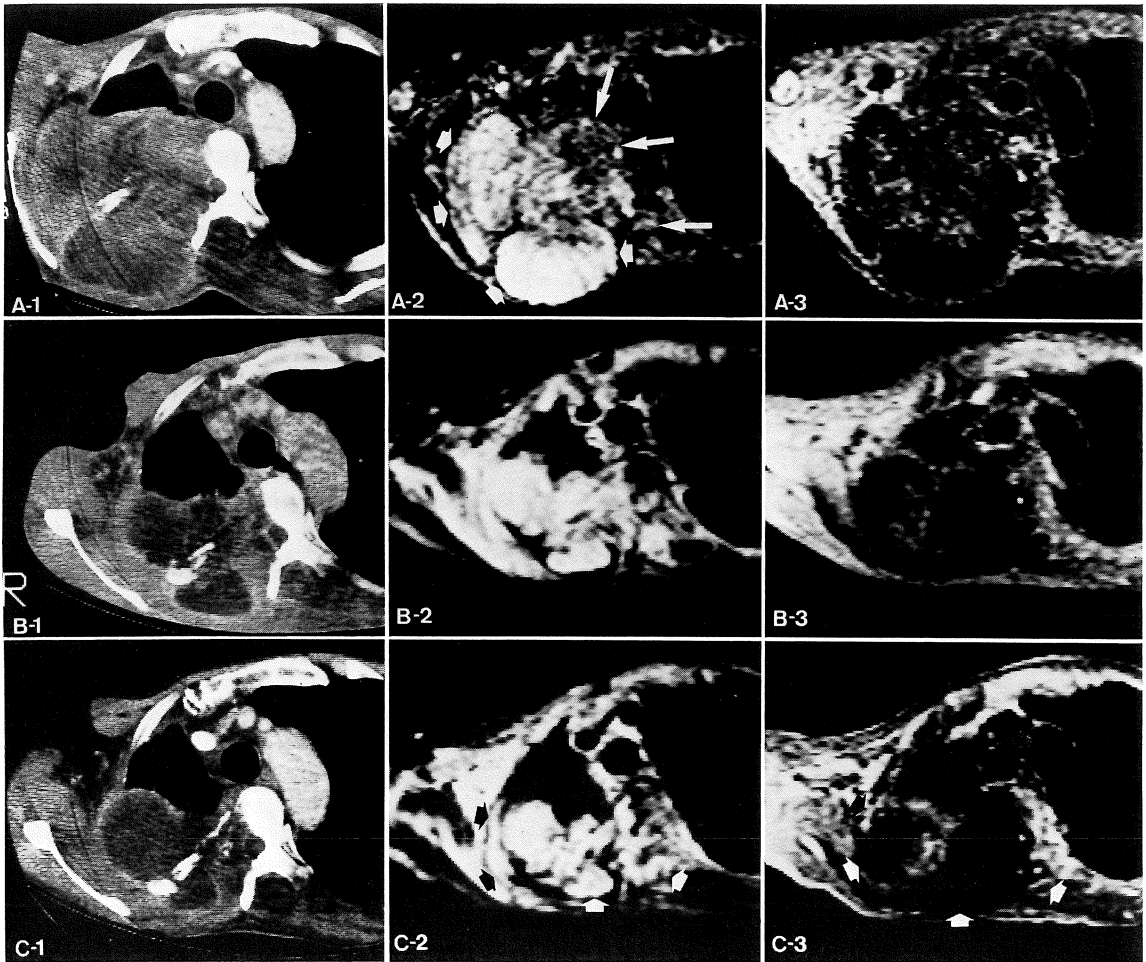


図 5 症例 5

A: 1; 造影 X 線 CT, 2; MRI SE (120/2, 200), 3; MRI IR (40/500/2, 000),
 B: 1; 造影 X 線 CT, 2; MRI SE (120/2, 000), 3; MRI IR (40/500/2, 000),
 C: 1; 造影 X 線 CT, 2; MRI SE (120/2, 200), 3; MRI IR (40/500/2, 000),

TE SE 像- T_2 強調像 (図 5-A-2), IR 像 (図 5-A-3) を総合して, 肺野の充実性部分 (矢印) と椎体を破壊し背側皮下および外側に膨隆する囊胞性部分 (太い矢印) が示される. また, 腫瘍の進展範囲は X 線 CT に比較して縦隔側, 外側とも明瞭に示されている.

外部照射 39 Gy 途中の造影 X 線 CT (図 5-B-1) では囊胞性腫瘍の体積減少を認める. 同時期

の MRI (図 5-B-2, 図 5-B-3) では, 腫瘍の体積減少に加えて, 内側の充実性部分の intensity が囊胞部分に近似しており, 変性が示唆された. 照射終了 (57 Gy) 後の造影 X 線 CT (図 5-C-1) では, 体積はさらに減少しているが, 外側への進展範囲は筋組織と等濃度となっておりはっきりしない. 同時期の MRI (図 5-C-2, 図 5-C-3) では, 体積の減少に加えて腫瘍全体が分葉化した囊

胞性部分と同様の intensity を示し、充実性部分の変性を示唆し、外側の進展範囲（矢印）も明瞭に認められる。なお、照射1年後、残念ながら肝不全により死亡したが、剖検で局所再発を認めず、壊死性変化を示していた。

腫瘍の放射線治療による壊死性変化および進展範囲が、X線CTに比較し明瞭に観察された症例である。

4 結 果

X線CTで肺門、縦隔進展を認めた14症例（単純X線CT 3例、造影X線CT 11例）のうち5症例（単純X線CT 3例、造影X線CT 2例）では気道、血管の encasement および狭窄などの所見、および腫瘍の進展範囲が判然としなかったが、MRIでは明瞭に描出された（症例1参照）。その他の9症例についても、これらの病巣の広がりにはMRIの方が観察が容易であった。

冠状断および矢状断MRIを5症例に施行したが、いずれについても病変の上下への進展などの解剖学的関係の三次元的観察が容易で、有用であった。冠状断MRIについては、とくに肺動脈幹、左肺動脈、主気管支、奇静脈の観察に優れていた。矢状断MRIは右肺動脈、気管、左房などと腫瘍の関係の観察に優れていた。

主気管支腔内の腫瘍については、X線CTで同定できず、MRIによって描出された症例（症例2）を経験した。

X線CTで骨破壊を認め胸壁への明らかな浸潤を示した5症例のうち、X線CTでその進展範囲がはっきりと同定できなかった2症例について、MRIによってその進展範囲が明瞭に描出された（症例5参照）。しかし肋骨破壊に関しては、骨皮質の低MR信号のためMRIによる診断は困難であった。椎骨の骨髄浸潤に関しては、X線CTで認めた3症例に加えて、X線CTで診断できなかった1症例（症例3）も含めてMRIでは明瞭

な描出が得られた。

胸水に関しては、X線CTで6症例においてその診断を得たが、MRIでは、幅5mm程度の少量貯留症例1例および腹臥位で撮像した1例（症例4）でその存在診断が困難であった。それ以外の4症例についてはコントラスト良く描出され、その診断は容易であり、X線CTで腫瘍と胸水の境界がはっきりしない症例（症例3）でも、両者間に明瞭なコントラストを得た。しかし、症例によって、胸水は intensity の違いを示した。すなわちSE（80～120, 1,500～2,200）では、4例で種々の程度の high intensity として描出された。

無気肺と腫瘍の分離・描出に関しては、造影X線CTで無気肺と腫瘍の境界が不明であった3症例について、MRIでは2症例で無気肺と腫瘍が、主にTR・TEを長くとした T_2 強調SE像で明瞭なコントラストを示した。残る1症例では、IR像も含めて明瞭なコントラストを得ることができず、両者の境界を描出することが困難であった。またその他に、X線CTで腫瘍との境界が描出できた低含気肺併発症例2例については、MRIでも、その低含気肺と腫瘍あるいは正常肺との鑑別が可能であった。

MRIによる放射線治療効果の観察を2症例について行ったところ、1例で腫瘍の体積減少に加えて組織の変性が画像上明瞭に描出された（症例5）。その他の1例では、体積減少は認めたが画像上の明らかな intensity の変化は認めなかった。

5 考 察

冒頭でも述べたように、肺・縦隔領域はMRIの適応の比較的低い領域と考えられている。この最大の原因は、現在のMRI装置の撮像時間が比較的長いために息止めができず、従来の断層画像法であるX線CTなどと比較して、実質的解像力の劣化が避けられないことによると思われる。

肺野の腫瘍性病変の検出能はほぼ径 1 cm 前後であり、径 5 mm の腫瘍は指摘し得なく⁵⁾、胸水に関しても幅 5 mm 程度のものは指摘し得なかったなどからも、現在の胸部領域の MRI の解像力の限界が示されている。したがって、MRI の有用性としては、その濃度分解能に起因する組織間コントラストに期待が持たれる。

本検討の結果でも、X線 CT に比較して MRI に有用性を認めたのは、腫瘍と周囲組織および胸水・無気肺などとの高いコントラストと腫瘍組織の放射線治療による変性の描出についてであった。以下に、有用であった点について箇条書きにして、それぞれ考察を加える。

(1) 肺門・縦隔への進展：MRI では、SE・IR 像とも血管腔・気道が非常に低い intensity を示し、脂肪が高い intensity を有する⁵⁾ため、腫瘍をその中間の intensity で描出させれば [今回の施設では、SE (40, 400) 程度]、その進展範囲は明瞭に観察することができ、その点で X線 CT を多少上まわる有用性を認めた。しかし、気道壁・血管壁などへの浸潤の診断については、今回は詳細な検討を行っていないが、解像力の点から考えて困難であろうことが推測される。

また、MRI では、横断像に加えて矢状断・冠状断像を得ることができ、病変の上下の進展あるいは肺門・縦隔の各構造物との関係の把握に有用であり、他家の報告⁶⁾と一致した。

(2) 胸壁への進展：MRI では、正常の胸膜は描出されず⁵⁾、骨皮質は非常に低い intensity であり、肺実質と胸壁の境界は、断続的に描出される肋骨骨髄で知りうるのみである。このため、詳細な検討は行っていないが、MRI による胸壁浸潤の診断はかなり難しいと考えられる。本検討でも、胸壁への進展における MRI の有用性は、腫瘍が骨格筋と接する際の両者の分離・描出という点であった。

椎体骨髄への直接浸潤に関しては、骨皮質の破壊所見の有無に無関係に良好な描出能を得た。こ

れは、他文献^{7),8)}による MRI の髄内腫瘍の良好な描出能に一致するものであると思われる。

(3) 胸水の描出について：少量の胸水の存在診断については、X線 CT に比較し MRI が劣っていた。しかし、胸水の性状、たとえば血性、浸出性などにより X線 CT では、腫瘍と等濃度となり、両者の分離・描出ができない場合もあるが、その点、MRI では明瞭に分離・描出できた症例 (症例 3) を経験した。また、症例によって胸水の intensity に違いが認められた。これは胸水の組成を反映するものと考えられ、性状診断の可能性が示唆される。胸水は一般に自由水量が多く、 T_1 、 T_2 は著明に延長していると考えられ、 T_2 強調画像である SE (80~120, 1,500~2,200) では通常 high intensity となる。しかし、1例 (症例 4) で low intensity として描出され、その存在を指摘することができなかった。この症例の場合、胸水の性状による intensity の変化も考えられるが、腹臥位であり、胸水が心臓に接して存在していたこともあり、呼吸運動・心拍動の影響により胸水の移動が起こり、MR 信号を減少した可能性があり、この点、今後の検討が必要と考えられる。

(4) 無気肺の描出：X線 CT では、腫瘍と隣接する無気肺との鑑別は、造影剤の急速静注による経時的撮像法 (ダイナミック CT) を用いないと困難であるとされている⁹⁾。MRI では鑑別が困難であったとする報告¹⁰⁾と鑑別できたとする症例報告¹¹⁾とがある。われわれの検討でも、鑑別できた症例とできなかった症例を認めた。症例別の詳細な検討は行っていないが、無気肺の程度 (含気の程度)、経過などによって T_1 、 T_2 に基づく intensity が変化するものと思われる。したがって、一概に腫瘍と無気肺との鑑別の可否を論ずることはできず、無気肺の状態とその MRI による描出像の検討が必要であろう。

(5) 放射線治療効果の観察：2例中 1例で腫瘍組織の変性が描出された。症例数が少なく、詳細な検討は今後の課題であるが、その可能性を確認

できた点で意義は大きいと思われる。今回の検討では、各撮像条件における intensity の画像上の定性的変化を指標としたが、 $T_1 \cdot T_2$ 値による定量的な経過観察がより客観的であり、MRI の特徴を生かすものとして期待される。

6 ま と め

(1) 肺腫瘍症例を中心に MRI を施行し、X 線 CT との比較を行い、その有用性について検討した。

(2) 矢状断・冠状断像は、病変の上下方向への進展および病巣と正常構造と三次元的関係の観察に有用であった。

(3) 気道・血管腔が低信号で黒く描出されることに加えて、撮像条件を選択することによって、腫瘍と脂肪組織・筋組織および骨髄との明瞭なコントラストを得ることができ、その進展範囲の診断に有用であった。

(4) 同様に、腫瘍と胸水・無気肺との分離・描出に関しては、X 線 CT を上まわる有用性が示唆された。

(5) 放射線治療による腫瘍の変性を MR 信号の変化として描出された症例を経験し、治療効果観察における有用性が示唆された。

(6) 以上のように肺・縦隔領域における MRI は、X 線 CT などにはない種々の付加情報を得られる点で有用性が期待される。

論文作成にあたって、ご助言をいただいた当教室の安河内 浩教授・永井 純教授、国安芳夫教授、ならびに原稿作成に助力をいただいた関口美貴子嬢に深謝いたします。

また、本研究の一部は厚生省がん研究助成金（有水班）によって行われたことを付記する。

文 献

- 1) R.J. Alfidi, J.R. Haaga, S.J. El Youset, et al.: Preliminary experimental results in humans and animals with a superconducting whole-body, nuclear magnetic resonance scanner, *Radiology*, 143: 175-181, 1982.
- 2) A.M. Cohen, S. Creviston, J.P. LiPuma, et al.: NMR evaluation of hilar and mediastinum lymphadenopathy, *Radiology*, 148: 739-742, 1983.
- 3) D. Thickman, H.Y. Kressel & L. Axel: Demonstration of pulmonary embolism by magnetic resonance imaging, *AJR*, 142: 921-922, 1984.
- 4) H.S. Glazer, R.G. Levitt, J.K.T. Lee, et al.: Differentiation of radiation fibrosis from recurrent pulmonary neoplasm by magnetic resonance imaging, *AJR*, 143: 729-730, 1984.
- 5) 奥畑好孝, 縄野 繁, 宇野公一, 他: MR-CT による正常肺縦隔の描出: 撮像条件と描出像について. 画像医学誌, 4(4): 1052-1058, 1985.
- 6) W.R. Webb, G. Gamus & L.E. Crooks: Multisection sagittal and coronal magnetic resonance imaging of the mediastinum and hila, *Radiology*, 150: 475-478, 1984.
- 7) T.J. Brady, M.C. Gebhardt, I.L. Pykett, et al.: NMR Imaging of forearms in healthy volunteers and patients with giant-cell tumor of bone, *Radiology*, 144: 549-552, 1982.
- 8) K.L. Moon Jr., H.K. Genant, C.A. Helms, et al.: Musculoskeletal applications of nuclear magnetic resonance. *Radiology*, 147: 161-171, 1983.
- 9) D.P. Naidich, D.I. McCauley, N.F. Khouri, et al.: Computed tomography of lobar collapse: 1. Endobronchial obstruction, *JCAT*, 7(4):745-757, 1983.
- 10) G. Gamus, W.R. Webb, P. Sheldon, et al.: Nuclear magnetic resonance imaging of the thorax, *Radiology*, 147: 473-480, 1983.
- 11) L. Axel, H.Y. Kressel, D. Thickman, et al.: NMR imaging of the chest at 0.12 T: Initial clinical experience with a resistive magnet, *AJR*, 141: 1157-1162, 1983.