

Title	2D Time of Flight法による Stereoscopic Pulmonary MR Angiographyの検討
Author(s)	須田, 博喜; 本城, 和光; 本間, 穰 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1992, 52(3), p. 291-299
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/18188">https://hdl.handle.net/11094/18188</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 2D Time of Flight 法による Stereoscopic Pulmonary MR Angiography の検討

山口大学放射線医学教室

須田 博喜 本城 和光 本間 穰 畠中 雅生  
丁子 卓 倉光 達也 中木 浩司 中村 洋  
山川 公子 松本 常男 中西 敬

（平成3年6月3日受付）

（平成3年7月10日最終原稿受付）

### 2D Time of Flight Stereoscopic MR Angiography of Pulmonary Vessel

Hiroki Suda, Kazumitsu Honjou, Yutaka Honma, Masao Hatanaka, Takashi Choji,  
Tatsuya Kuramitsu, Hiroshi Nakaki, Hiroshi Nakamura, Kimiko Yamakawa,  
Tsuneo Matsumoto and Takashi Nakanishi  
Department of Radiology, Yamaguchi University School of Medicine

---

Research Code No. : 506.9

---

Key Words : MR angiography, Pulmonary vessel, Fast scan,  
Pulmonary cancer

---

Two-dimensional (2D) time-of-flight (TOF) stereoscopic MR angiographies (MRA) of the pulmonary vessels were obtained from 15 healthy volunteers and five patients with pulmonary cancer in the mediastinum and pulmonary hilum.

Fifteen healthy volunteers were examined using FLASH (Fast Low Angle Shot) with breath holding (40/8/40, TR/TE/flip angle). Except for the left superior pulmonary vein, pulmonary vessels in the mediastinum and hilum were well defined on stereoscopic MRA images. Although it was difficult to define the pulmonary arteries in the peripheral zone, intersegmental veins were easily defined with this method.

In five cases of pulmonary cancer that were confirmed to show definite tumor involvement of the pulmonary vessels in the mediastinum and hilum by enhanced CT and MRI (SE method), irregular narrowing and interruption of the vessels were shown on MRA.

In conclusion, 2D TOF stereoscopic MRA is considered a noninvasive, effective method for evaluation of the morphology of pulmonary vessels adjacent to the tumor in the mediastinum and hilum.

#### はじめに

MR Angiography (以下MRA) は頭部領域のみならず、最近では腹部、四肢領域においても臨床的有用性について報告がなされている<sup>1)~5)</sup>。しかしながら、胸部血管、特に肺血管系については拍動のアーチファクト等のために満足な画像が得

られていない。今回我々は、2D Time of Flight (TOF) 法による肺血管系を対象としたMRAを試み、正常例における描出の程度、および肺癌例における異常所見を検討したので報告する。

#### 対象・方法

正常例における肺血管の描出能については24

～34歳の男性ボランティア15例で検討した。肺癌例は縦隔，肺門領域に腫瘍が存在する5例で，男性3例，女性2例，年齢66～76歳（平均70.4歳）である。肺癌例のいずれも造影CT，MRI SE法で縦隔，肺門領域の肺動静脈への明らかな浸潤ありと診断されている。

使用したMR装置はMagnetom H 15 (SIEMENS社製，1.5T)で，body coilを用いた。Sequenceは呼吸停止下FLASH(Fast Low Angle Shot)2D法を用い，縦隔，肺門領域の肺血管が含まれる範囲を冠状断で撮像した。パルス系列はTR 40msec，TE 8msecとし，示適flip angle(以下FA)は10～90°の範囲で正常例において検討した。matrix size 256×256，FOV 40cmとしスライス厚は4mmで隣接するスライスとの間は1mmのオーバーラップを設定した。この条件で1回約13秒の呼吸停止下に2スライスの元画像の撮像が

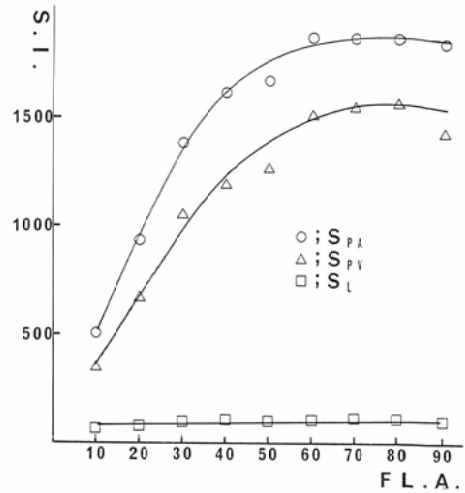


Fig. 1 Relationship between flip angle (FLA.) and signal intensity (S.I.) of pulmonary vessels and lung field. (TR/TE: 40/8)  
★ PA : pulmonary artery PV : pulmonary vein  
L : lung

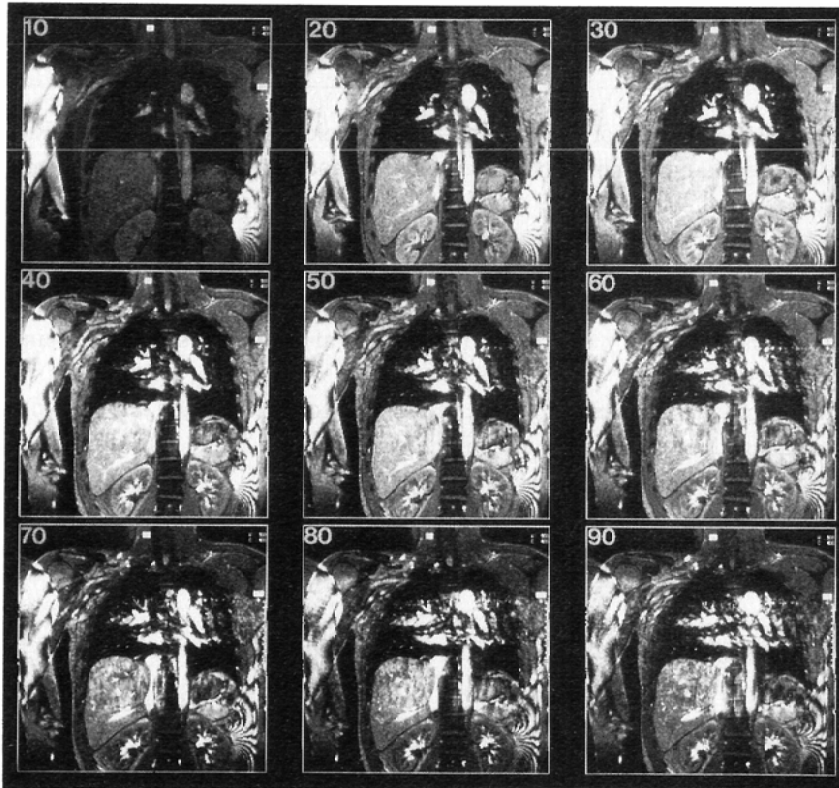


Fig. 2 Original images of MRA using FLASH with breath holding. (TR/TE/flip angle : 40/8/10～90)

可能である。この撮像を12回繰り返して検査を終了した。再構成は Maximum Intensity Projection (MIP) 法を用い、projection angle を変えることにより立体視画像を作成した。正常ボランティア、疾患例で以下の項目を次の方法で検討した。

1. 示適 FA の検討

正常ボランティア1例について TR 40msec, TE 8msec に固定し、元画像で右肺動脈, 右上肺静脈が描出されるスライスにおいて, FA を 10~90°まで10°ずつ変化させ肺動脈, 肺野の信号強度を求めた。それより各 FA における肺動脈, 肺野に対するコントラスト比を求めた。そして5例について, FA を30~60°まで変化させて得られた MRA 画像より示適 FA を決定した。

2. 正常例における縦隔, 肺門領域の肺血管描出能

正常ボランティア15例について, 肺動脈の描出能の検討を行った。肺血管の同定は, projection angle を9°変えた2枚の画像を立体視して検討した。そして縦隔, 肺門領域に存在する肺動脈系, 上下肺静脈系について, 血管が連続して明瞭に描出され立体的に構造が容易に把握されたものを2+, 一部不明瞭なものを+, 血管の指摘は出来るが不明瞭なものを±, 血管の指摘が困難なものを-として評価した。

3. 肺癌症例における MRA の検討

正常例における MRA 所見を参考にして, 腫瘍の浸潤ありと考えられる肺血管の検討を行った。なお, MRA は通常の MRI (心電図同期併用 SE 法) を撮像した後に, 酸素投与下で施行した。

結果

1. 示適 FA の検討

Fig. 1 は TR 40msec, TE 8msec に固定し, 冠状断の元画像において, 右肺動脈, 右上肺静脈, 右肺野の各 FA に対する信号強度の変化をプロットしたグラフである。MIP による再構成法を用いた場合, 対象血管の描出能は back の臓器とのコントラストが問題となるが, 胸部の場合では, 肺が含気が多い臓器であるため, 肺野の信号強度は FA を大きくしてもほとんど変化していない。それに対し肺動脈の信号強度は FA 50°程度まで

ほぼ直線的に上昇し, それ以上ではプラトーに近い状態となる。しかしながら, FA 60°以上では元画像で位相エンコード方向のアーチファクトが目立つようになる (Fig. 2)。

Fig. 3 は各 FA に対する動脈, 肺野に対するコントラスト比をプロットしたグラフである。肺野の信号強度の変化が小さいため, コントラスト比の変化も Fig. 1 と同じパターンとなり, FA 40~50°まで直線的に上昇してそれ以上では大きな変化は示さない。

つぎに同一ボランティアにおいて, FA を 30~60°まで変化させ実際の MRA を撮像した (Fig. 4)。FA は30°のときは全体の血管の信号が弱く, 末梢肺野に近い血管の描出がやや不良となる。また FA が60°のときでは元画像のアーチファクトが MIP 再構成画像に影響しており血管像の不明瞭化が生じている。FA 40°と50°ではこの画像において両者に特に大きな差異は認められなかった。これらの検討より, 元画像のアーチファクトの影響のより少ない FA 40°で以下に述べる正常例, 疾患例の MRA を検討した。

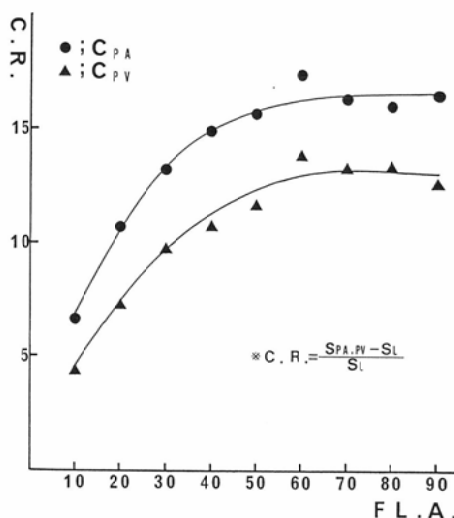


Fig. 3 Relationship between flip angle (FL. A.) and contrast ratio (C.R.) of pulmonary vessels for lung field. (TR/TE: 40/8)

★ PA : pulmonary artery PV : pulmonary vein L : lung

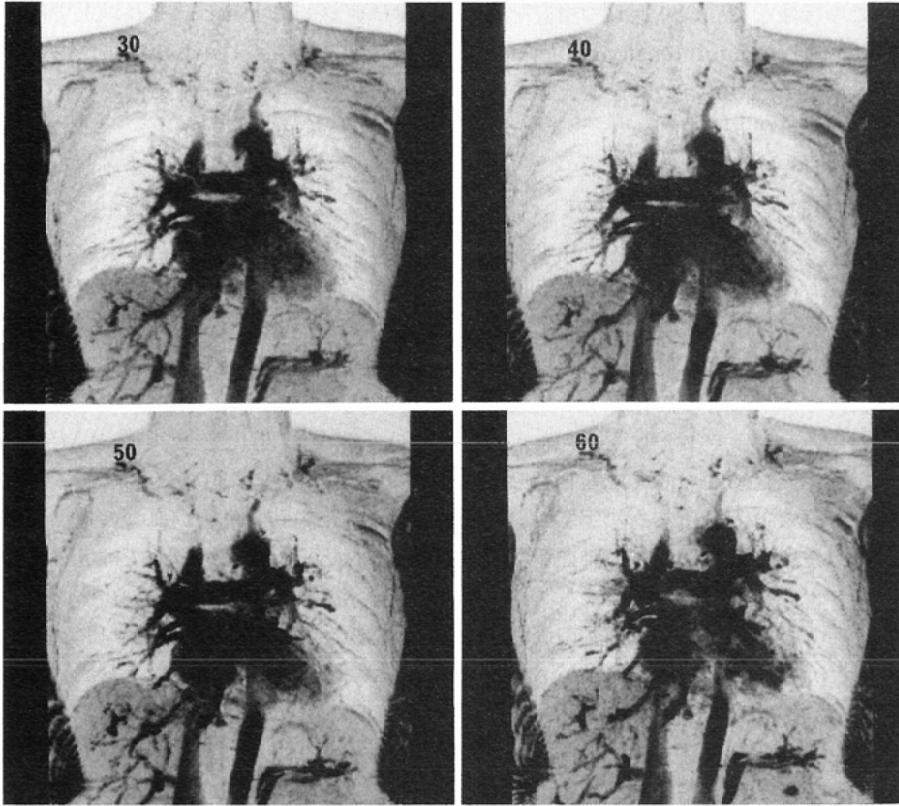


Fig. 4 Chest MRA images at 30~60 degrees of flip angle. (TR/TE: 40/8)

## 2. 正常例における縦隔, 肺門領域の肺血管描出能

右側肺血管系は右前方向の, 左側肺血管系は左前方向の再構成画像を立体視することで, 各々の動静脈は容易に把握し得た (Fig. 5).

Table 1 に正常例における縦隔, 肺門領域の肺動脈, 上肺静脈系, 下肺静脈系の描出能を示す. 全体的に右側肺血管系の方が良好に描出されている. 左上肺静脈系は描出不良例が多いものの, それ以外の肺門および縦隔の肺血管系の描出は比較的良好であった.

末梢肺野の血管については詳細な検討は行っていないが, 肺動脈では区域動脈より末梢の肺動脈はおおむね描出が不良であった. しかしながら, 肺静脈では区域間静脈の描出は比較的良好であった.

Table 1 Definability of pulmonary vessel in mediastinum and hilum (15 volunteers)

Right side				
	2+	+	±	-
PA	12(80.0)	3(20.0)		
SPV	9(60.0)	4(26.7)	2(13.3)	
IPV	10(66.7)	4(26.7)	1(6.7)	
Left side				
	2+	+	±	-
PA	9(60.0)	6(40.0)		
SPV		2(13.3)	10(66.7)	3(20.0)
IPV	4(26.7)	11(73.3)		

( ) : % PA : pulmonary artery

SPV : superior pulmonary vein

IPV : inferior pulmonary vein

## 3. 肺癌症例における MRA の検討 (Table 2)

症例 1 ~ 5 はいずれも肺門, 縦隔領域に腫瘍が存在し造影 CT, MRI で肺動静脈の変形, 血管構

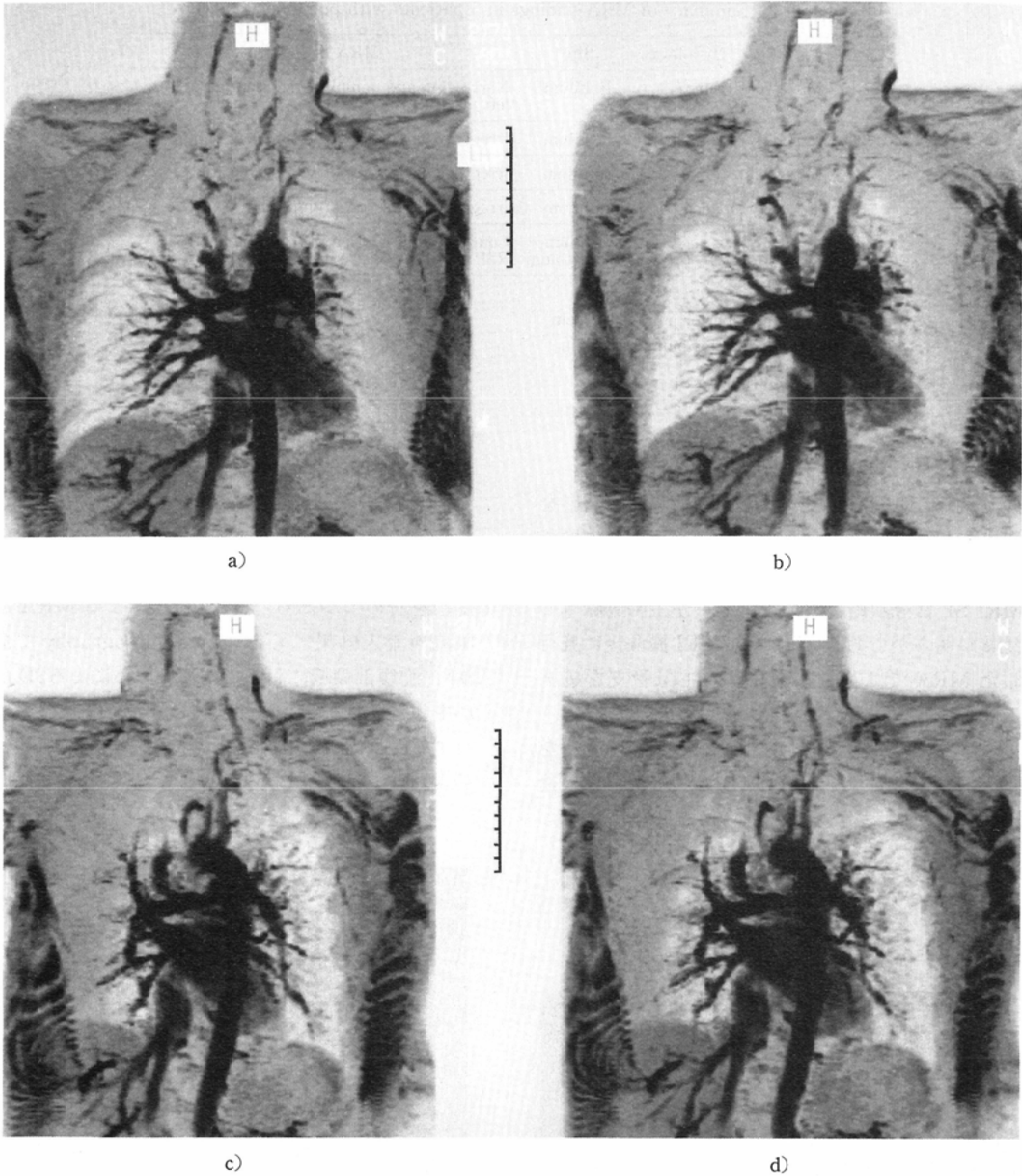


Fig. 5 Stereoscopic MRA images of pulmonary vessels in a volunteer. a), b): right side c), d): left side

造の消失が認められている。これらの肺血管はいずれも MRA において血管の途絶、または不整な狭小化として描出された。この所見は正常例と比較して、いずれも腫瘍の血管浸潤に伴う変化と考

えられた。症例 5 では MRI で腫瘍の左房浸潤も認め、MRA でも左房の一部に不整な信号の消失を認めた。

次に治療前後で MRA を施行した肺癌症例を

Table 2 Summary of MRA findings in 5 patients with pulmonary cancer

Case	Sex	Age	Histology	Site	MRA findings
1	M	76	sm.c.c.	lt. hilum	Narrowing and complete interruption of left main PA
2	M	71	unknown	lt. hilum	Irregular narrowing of left main PA
3	M	72	large	rt. hilum	Irregular narrowing of right descending PA
4	F	66	adeno.	lt. hilum	Irregular narrowing of left. main PA
5	F	67	sq.c.c.	rt. hilum-mediastinum	Complete interruption of right main PA RSPV and RIPV are not defined

\*PA: Pulmonary artery

RSPV: Right superior pulmonary vein

RIPV: Right inferior pulmonary vein

呈示する。

#### 症 例 (case 1)

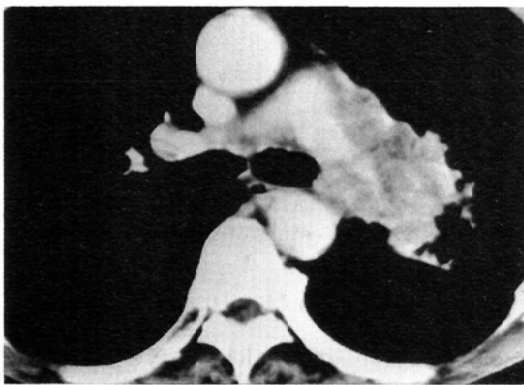
76歳, 男性. 胸部 X 線写真で左肺門に腫瘤影を指摘され当科に紹介となり, 気管支鏡下の生検で小細胞癌の診断が得られた. 治療前の造影 CT, MRI SE 法冠状断において腫瘍の左主肺動脈への浸潤が明らかである (Fig. 6). MRI 撮像後に施行した MRA では左主肺動脈は左主気管支を越える部分で狭小化, 途絶を認める (Fig. 7).

化学療法後の造影 CT, MRI では腫瘍の縮小を認める (Fig. 8). 同時期の MRA では治療前に途

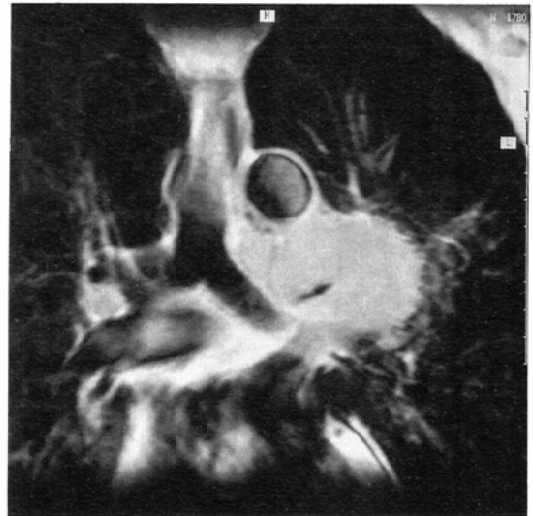
絶していた左主肺動脈の開存を認めた (Fig. 9).

#### 考 察

最近の MRA 画像の向上は目覚ましいものがあり, 頭部, 四肢領域の血管性病変の診断において非侵襲的な検査法としてルーチン検査としての役割を占めつつある<sup>1)5)</sup>. TOF 法による MRA は血流の流入効果にもとづいた angiography であり<sup>6)</sup>, 胸腹部領域においては, 息止めによる 2D 法が主体となる. そして腹部領域, 特に肝血管系に対する MRA は, 近年臨床の有用性に関する報告がされている<sup>2)3)</sup>. しかしながら胸部血管, 特に肺



a)



b)

Fig. 6 A case of pulmonary cancer (small cell carcinoma). Enhanced CT (a) and MRI (b) before treatment showed tumor involvement of the left main pulmonary artery.





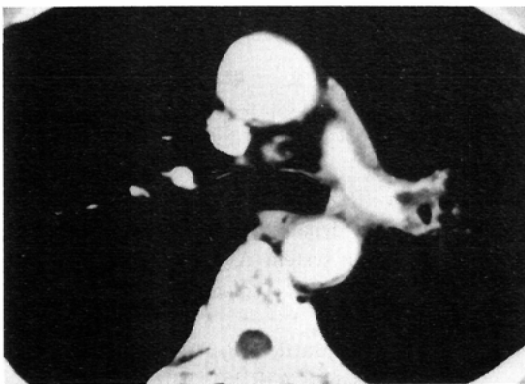
Fig. 7 MRA image before treatment. Complete interruption of the left main pulmonary artery was shown (arrow).

血管系については、呼吸や心拍動の影響のために他の領域と比較し良好なMRA画像を得る事が困難であり、臨床的な報告はほとんどない。

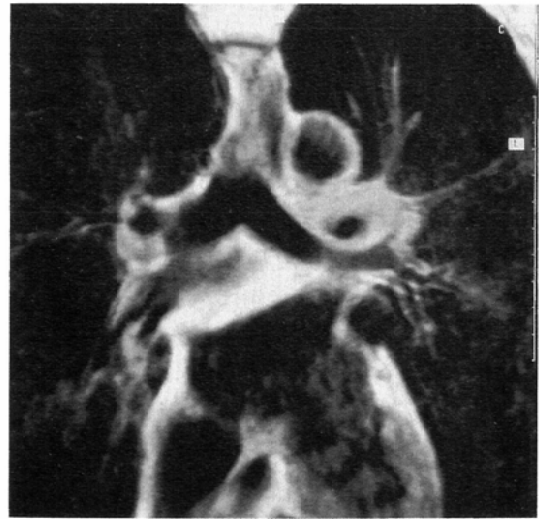
2D TOF法の場合はTRはできるだけ短いほうが望ましいが、検査時間等を考慮して、1回の息止めで2スライスの元画像の撮像が可能なTR 40msecで検討した。またTEは、我々の施設でgradient moment rephasingの併用<sup>7)</sup>が可能である8msecとした。スライス厚が4mm, 1mmオーバーラップ設定の条件下で、肺門領域の撮像には20スライス程度の元画像が必要となる。今回検討した肺癌症例は平均年齢が70.4歳と高齢であったが、酸素投与下に施行すれば1回約13秒、計12回の息止めは十分に耐えられるものであった。

MIP法で再構成する場合、対象血管の信号強度に対してbackの臓器の信号強度は出来るだけ低く押さえられたほうが望ましい。しかしながら、胸部領域においてbackの肺が含気の多い臓器であるため、各FAに対する肺野の信号強度は肺血管のそれに対してはほとんど変化していない。そのため、この領域では肺血管自体の信号強度の変化およびアーチファクトの強弱を考えた条件の設定が必要と思われる。

今回我々が検討した方法では、縦隔、肺門領域の肺血管の描出は比較的良好であったが、左上肺静脈系はやや不良であった。その理由としては、



a)



b)

Fig. 8 Enhanced CT (a) and MRI (b) after treatment. The tumor was markedly decreased in size.





Fig. 9 MRA image after treatment. It was useful to evaluate the morphology of the left pulmonary artery before and after treatment.

左上肺静脈系が右側と比較しやや縦隔側を走行しており<sup>8)</sup>、かつ左側肺血管の方が心拍動の影響を受けやすいためではと考えられる。この領域の描出能改善についてはさらに検討が必要である。

末梢肺野血管、特に動脈系の描出は不良であった。今回は、できるだけ少ない撮像枚数で主に縦隔、肺門領域の肺血管を対象としたため元画像を冠状断で撮像したが、末梢肺野血管の描出能改善のためには水平断による元画像の作成、あるいは surface coil の使用<sup>9)</sup>等の工夫が必要と思われる。

疾患例として検討された肺癌5症例は、すべて造影CT、MRI SE法で明らかに腫瘍の血管侵襲ありと診断されている症例ばかりであり、MRAで指摘された途絶、不整狭小化は、腫瘍浸潤による変化と考えられる。しかしながら、現段階の画像では血管の軽度の狭窄、変形等の評価には限界があると考えられる。最近では比較的非侵襲的な検査法として静注 Digital Subtraction Angiography (IV-DSA) による肺血管造影法があるが、この方法では肺動脈の第3次分枝までは比較的良好に描出される<sup>10)</sup>。MRAが有用な検査法として確

立するには、さらに良好な画像の描出について検討しIV-DSAと比較検討することも必要であろう。

肺癌の大血管浸潤の診断に関しては、任意の断面での撮像が可能であること、血管内腔が無信号に描出されることなどの理由でMRIは非常に有用な検査法として確立されているが<sup>11)</sup>、MRAは浸潤ありと診断された血管の状態を短時間で3次的に把握することが可能であることから通常のMRIの補助的な役割を担うと思われる。

現在でも肺門部肺癌の手術前に問題となる縦隔、肺門領域肺血管の腫瘍浸潤の診断に対して肺血管造影は重要な検査法であるが<sup>12)</sup>、この領域の血管形態の変化はMRAでもある程度の評価可能と考えられる。さらにcase 1のように治療による腫瘍の縮小に伴う血管の変化が、非侵襲的かつ簡便な方法で把握できる事もMRAの利点と考えられる。

#### まとめ

2D TOF法による肺血管系のMRAを試み、正常例における描出の程度、および若干の肺癌例における異常所見を検討した。今回の検討では末梢肺血管の描出には問題があるものの、縦隔肺門領域については正常例において比較的良好に描出され臨床的にも評価可能であった。この検査は非侵襲的かつ短時間に検査が可能であるということからも、今後肺血管系の形態診断の一助として試みるべき検査法であると考えられる。

なお本論文の要旨は第50回日本医学放射線学会総会において発表した。

#### 文献

- 1) 大内敏宏, 徳丸阿耶: 中枢神経系におけるMR angiographyの臨床的有用性, 神経進歩, 34: 765-777, 1990
- 2) Edelman RR, Zhao B, Liu C, et al: MR angiography and dynamic flow evaluation of the portal venous system. AJR 153: 755-760, 1989
- 3) 湯浅祐二: 肝のMR Angiography, 画像診断, 10: 1339-1344, 1990
- 4) Edelman RR, Mattle HP, Atkinson DJ, et al: MR angiography. AJR 154: 937-946, 1990
- 5) Meuli RA, Weden VJ, Geller SC, et al: Magnetic resonance gated subtraction angiography: Evaluation of lower extremities. Radiology: Evaluation of lower extremities. Radiol-

- ogy 159: 411-418, 1986
- 6) Wehrli FW: Time-of-flight effects in MR imaging of flow. *Magn Reson Med* 14: 187-193, 1990
  - 7) Haacke EM, Lenz GW: Improving MR image quality in the presence of motion by using rephasing gradients. *AJR* 148: 1251-1258, 1987
  - 8) Yamashita H: Roentgenologic Anatomy of the Lung. *Igaku-shoin*, 84-94, 1978
  - 9) Hatabu H, Gefter WB, Kressel HY, et al: Pulmonary vasculature: High-resolution MR imaging. *Radiology* 171: 391-395, 1989
  - 10) 松永尚文, 林 邦昭, 本保善一朗: 肺血管の DSA. *医学書院*, 117-136, 1987
  - 11) 高橋雅士, 左野 明, 西澤貞彦, 他: MRI による肺癌の隣接臓器浸潤の評価—CT, 手術・病理所見と比較して—, *臨放*, 35: 123-131, 1990
  - 12) 吉村博邦, 品田 純, 平井三郎, 他: 肺癌切除術における心血管処理の問題点, *日胸誌*, 45: 916-923, 1986
-