

Title	Pulmonary MR Angiographyの肺血管病出能および末梢肺腫瘍への応用
Author(s)	福田, 浩; 粟井, 和夫; 鈴木, 孝之 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1995, 55(12), p. 885-889
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18696
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

Pulmonary MR Angiographyの肺血管描出能および末梢肺腫瘍への応用

福田 浩 栗井 和夫 鈴木 孝之
中村 進 藤川 光一

広島総合病院画像診断部

Distal Pulmonary Vessels Demonstration by Magnetic Resonance Angiography and Its Usefulness in the Diagnosis of Peripheral Nodules

Hiroshi Fukuda, Kazuo Awai, Takayuki Suzuki,
Susumu Nakamura and Koichi Fujikawa

To evaluate the usefulness of MRA in the diagnosis of peripheral pulmonary nodules, 18 lung cancers and 12 old inflammatory nodules were studied employing multiplanar fast radiofrequency spoiled gradient echo sequence (SPGR) with phased array coils. For each case, 12 images in coronal and sagittal sections were obtained after administration of Gd-DTPA, and original images, maximum intensity projection (MIP) images and multiplanar reconstruction (MPR) images were used for the interpretation.

In ten cases, MRA images were compared with resected specimens and we found that the minimum diameter of pulmonary vessels which could be demonstrated by our method was about 1.5mm. As the results of the interpretation of MRA images in 30 cases, venous involvement, which is one of the classical important findings indicative of malignancy, was clearly demonstrated in 15 of 18 (83%) lung cancers, whereas such involvement was detected in only 3 of 12 (25%) inflammatory nodules.

Pulmonary MRA, especially MIP and MPR images could make it easy to identify involved vessels, and proved to be useful in differentiating pulmonary nodules.

Research Code No. : 506.9

Key words : MR angiography, Pulmonary vessel,
Pulmonary nodule, Phased array coil

Received Mar. 15, 1995 ; revision accepted Jun. 7, 1995

Department of Medical Imagings, Hiroshima General Hospital

はじめに

MR angiography (以下MRA)は、非侵襲的に血管の形態を把握できるという点で頭頸部領域を中心として応用されてきたが、近年gradient echo法の技術改良に伴って、MRAによる肺血管描出に関する報告も散見されるようになってきた。しかしそれらの多くは肺門付近の血管の描出に関するもので、末梢肺腫瘍の診断における肺MRAの有用性や役割を検討した報告は少ない。われわれは従来よりFast RF-spoiled gradient echo (Fast SPGR) 2D法を肺MRAに用いてきたが¹⁾、最近ではphased array coilsを併用することで、末梢肺血管描出能の格段の向上を得ている^{2), 3)}。

本稿では、診断の確定した末梢肺腫瘍30例中、腫瘍の標本とMRA像の直接対比が可能であった10例を対象とし、本法による末梢肺血管描出能を検討した結果を述べ、さらに全例を対象としてMRAが、どの程度腫瘍の質的診断に寄与しうるかを検討した結果を報告する。

対象および方法

対象は1993年2月から1994年11月までの間に、当院にて検査された末梢肺腫瘍を有する症例30症例である。年齢分布は50~80歳、平均65.9歳、性別は男性21例、女性9例で、末梢肺腫瘍の内訳は病理学的に診断された原発性肺癌18例(腺癌13例、扁平上皮癌2例、小細胞癌2例、大細胞癌1例)および陳旧炎症性腫瘍12例である。陳旧炎症性腫瘍については手術を施行し、病理学的に確認された症例、および細胞診あるいは気管支鏡下生検で腫瘍細胞が証明されることなく、CTまたは胸部単純X線写真による経過観察にて2年以上にわたり大きさや性状に変化が認められなかったか、あるいは縮小傾向を示した症例を対象とした。

使用MR装置はGE社製Signa Advantage 1.5Tで、phased array coilsは左右いずれかの胸壁を前後に挟む形で用いた。使用したpulse sequenceはFast SPGR multiplanar modeで、撮像条件はTR 32~39msec (4 slices/acquisition), TE 2.3~2.5msec, FA 20°, NEX 1, 撮像Matrix 256×192, FOV 27~32cm, slice厚7~11mm, slice間隔5~8mmとし、隣接

するsliceの間には2~3mmのoverlapを持たせた。なおTEの短縮を優先するためバンド幅は32kHzを用い、gradient moment nullingはoffとした。

撮像断面には腫瘍を十分含む適当な部位の冠状断と矢状断を選択し、それぞれ最大吸気位にて1回の息止め下に12断面の画像を取得した。前述の条件で12断面を取得するには18~23秒を要するため、症例によっては、必要に応じて約5 l/minの酸素吸入を併用した。また末梢血管の描出能改善を目的とし、冠状断、矢状断のそれぞれの撮影直前にGd-DTPA 0.07~0.10mmol/kgの急速静注を行った。

得られた画像の観察は、矢状断と冠状断の元画像、胸壁信号を除外して作成した多方向のmaximum intensity projection像(以下MIP像)、および補間処理を加えて再構成したさまざまな角度の断面像、すなわちmultiplanar reconstruction像(以下MPR像)をCRT上に表示して行い、血管描出能の評価や関与血管の読影は4人の放射線診断医の合議による。

MRAと腫瘍全体の病理像の対比が可能であった症例における血管描出能の検討は、MRA元画像と標本各切片を弱拡大で観察し、互いに比較することで行った。すなわち、標本上で見られる腫瘍に巻き込まれた血管を腫瘍辺縁部で測定された外径により1mm以上1.5mm未満、1.5mm以上2mm未満および2mm以上の3段階に分けてすべて計上し、それらのうち何本がMRAで確認できるかを観察して描出能の評価とした。なお標本は、摘出肺を経気道的にホルマリンで

胸膜が緊満する程度まで伸展させて固定した後、矢状方向あるいは冠状方向に1~3mm間隔で作製した。

末梢肺腫瘍と近傍血管との関係は、腫瘍への肺動脈および肺静脈の巻き込み像の有無、および血管集束像の有無の2点に注目して検討し、それらの診断的意義を考察した。なお肺動脈の巻き込みの基準は、元画像にて血管と腫瘍の連続性が明らかな場合のみ陽性とした。

結 果

1. 肺MRAの血管描出能

Table 1は、MRAと腫瘍全体の病理像が対比可能であった症例10例について、切除標本上で腫瘍に巻き込まれた血管の本数と、MRAで巻き込みが確認可能であった本数とを血管径別に検討した結果である。外径2mm以上の血管では9本ともすべてMRAで確認可能で、外径1.5mm以上2mm未満のものについても、13本中10本(77%)がMRAで確認可能であったのに対し、外径1mm以上1.5mm未満の血管については21本中5本(24%)しか確認できず、本法によって描出しようとする最小血管径は1.5mm程度であると判断された。Fig.1にCase 1(腺癌)におけるMRA像(Fig.1(A))と、切除標本のルーベ像(Fig.1(B), (C))を示す。切除標本上で腫瘍中央に巻き込まれている静脈(V^a)の外径は1.6mm、腫瘍の頭側に巻き込まれている動脈(A^a)の外径は1.7mmで、いずれもMRAで良好に描出されている。

2. 末梢肺腫瘍と近傍血管との関係

Table 2に末梢肺腫瘍への肺動脈の巻き込みの有無、および血管集束の有無につきMRAで検討した結果を示す。肺癌症例では、動脈の巻き込みは全例で、静脈の巻き込みは18例中15例(83%)において、また血管集束像は16例(89%)にて認められた。陳旧炎症性腫瘍では、動脈の巻き込みは12例中9例(75%)において、静脈の巻き込みは3例(25%)にて、血管集束像は8例(67%)で見られた。

Fig.2は80歳男性、右下葉の腺癌の症例である。矢状断からのMIP像では血管集束を伴い複数の肺血管が腫瘍に巻き込まれている様子が描出されている(Fig.2(A))。Fig.2(B)はA^aの走行に平行する斜位断MPR像を連続的に示したもので、おのおの関与血管の同定が容易で、A^aのほかV^aやA^cの枝も腫瘍に巻き込まれていることが確認できる。

Fig.3は64歳女性、右上葉腺癌の症例における冠状断からのMIP像である。腫瘍にA^{2a}、A^{2b}のほか、V^{2b}も巻き込まれている様子が明瞭に描出されており、また胸膜嵌入像も認められる。

Table 1 Number of involved vessels recognized on MRA compared with that proven histologically

Case	Diagnosis	No. of involved vessels MRA/specimen		
		$\Phi 1.0 \leq < 1.5 \text{ mm}$	$\Phi 1.5 \leq < 2.0 \text{ mm}$	$\Phi 2.0 \text{ mm} \leq$
1	adenoca.	0/0	2/2	0/0
2	adenoca.	1/2	1/1	2/2
3	adenoca.	0/3	0/1	1/1
4	adenoca.	2/5	1/1	0/0
5	adenoca.	0/1	2/3	1/1
6	adenoca.	1/2	0/0	2/2
7	adenoca.	1/1	2/2	1/1
8	sq.c.c.	0/5	1/2	1/1
9	sq.c.c.	0/2	0/0	1/1
10	tuberculoma	0/0	1/1	0/0
Total		5/21 (24%)	10/13 (77%)	9/9 (100%)

adenoca.: adenocarcinoma sq.c.c.: squamous cell carcinoma

Fig.4は66歳女性, 左上葉の陳旧炎症性病変である. 病変にはA^{1+2c}が巻き込まれており, これを中心として上下に扁平な病変の形状も認識しやすい. 病変への軽度の血管集束傾向は見られるものの, 肺静脈の明らかな巻込みは認められない.

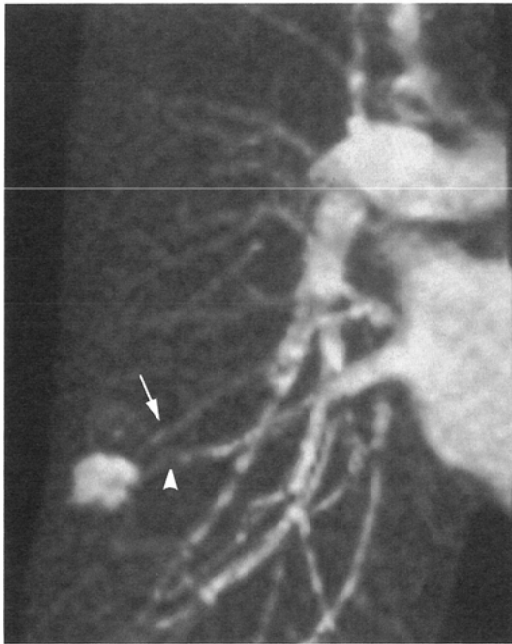
考 察

肺血管のMR画像を得る上での問題点としては, 血管が空気と隣接するため, 磁化率アーチファクトの影響を受けやすい, 心拍動や呼吸運動によりモーションアーチファクトを生ずる, 血管分岐が複雑で血流方向も一定せず, 末梢では流速が遅いため十分なTOF効果が期待できない等が挙げられる. また末梢肺血管を高分解能で評価するためには, 呼吸停止可能な短時間で撮影を完了する必要も生じる. したがって良好な末梢肺血管像を得るには, これらの問題点を考慮したpulse sequenceの選択と, 適当なパラメータの設

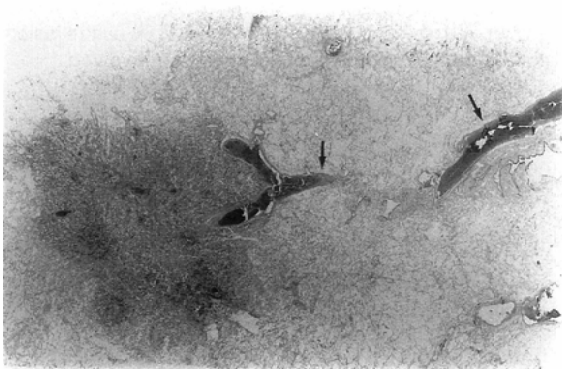
定が必要である. われわれの使用したFast SPGRは, asymmetric RFとfractional echo法によりTEが短縮されており, また動きの速い部分によるアーチファクトを助長すると考えられる, 残留横磁化の影響を抑制することが可能で, 現有のpulse sequenceでは最適のものと考えられる⁴⁾.

短時間撮像のためTRを短く設定すると, inflow効果の減少と, 飽和効果増大のため信号の減弱をきたし, 長すぎると心臓からのモーションアーチファクトが増加するため, 適度なTRの設定が必要である. われわれは最適化の結果, TRを32~39msecとした4 slices/acquisitionのmultiplanar modeを使用し, slice間にslice厚の22-28% (2~3mm)のoverlapを持たせて使用している. slice間のoverlapは, slice間隔を決定の後slice選択gradientの強度を調節することで行うが, これによってS/Nの向上とMIP像やMPR像における血管の連続性が改善する⁴⁾ (Fig.2).

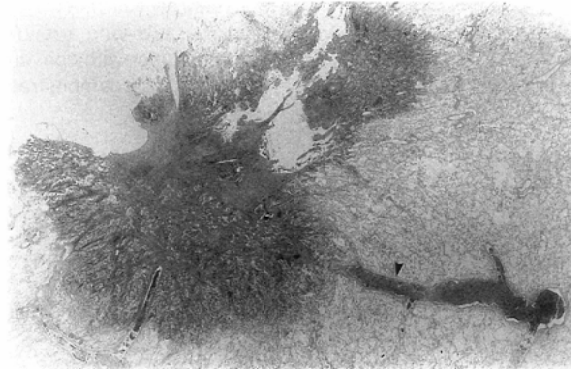
TEについては, その延長に伴い磁化率アーチファクトおよびintravoxel dephasingが増加し, 肺血管の描出能は急激に低下することから, 可及的な短縮が必要とされる. TEに影響するFOVやslice厚以外の因子としては, バンド幅とgradient moment nulling併用の有無がある. バンド幅を狭めれ



(A)



(B)



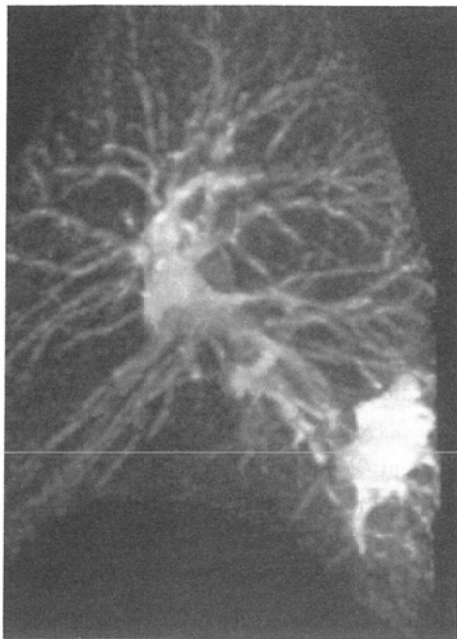
(C)

Fig.1 71-year-old man with adenocarcinoma. MRA of the right lung shows involvement of A^a(arrow) and V^a(arrow head) by the tumor (Fig.1(A)). In the resected specimen, it was confirmed that A^a(arrow) and V^a(arrow head) were involved by the tumor (Fig.1(B), (C)). The involved artery and vein are 1.7mm and 1.6mm in diameter, respectively.

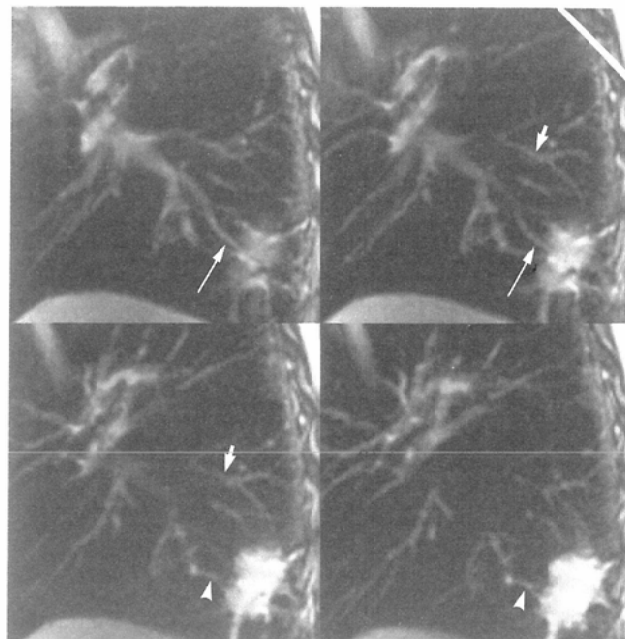
Table 2 MRA findings in 30 patients with peripheral pulmonary nodules

Clinical diagnosis	No. of cases	Vascular involvement		Vascular convergence
		PA (+)	PV (+)	
Lung cancer	18	18	15	16
Adenocarcinoma	13	13	12	12
Squamous cell carcinoma	2	2	1	2
Small cell carcinoma	2	2	1	1
Large cell carcinoma	1	1	1	1
Inflammatory lesion	12	9	3	8
Total	30	27	18	24

PA : pulmonary artery PV : pulmonary vein



(A)



(B)

Fig.2 80-year-old man with adenocarcinoma. (A) MRA of the right lung after MIP processing from sagittal sections. Many pulmonary vessels involved by the tumor with convergence are well demonstrated. (B) Reconstructed oblique sagittal images are helpful in identifying each involved vessel! (long arrow: A^{2a}, short arrow: A^{2c}, arrow head: V^{2a}). Note the excellent continuity of pulmonary vessels which is achieved by the slice overlapping acquisition.

ばS/Nの上昇が得られるが、TEの延長を伴う。したがって、磁化率アーチファクトや動きによるアーチファクトの影響を被りやすい肺では、TEの短縮を優先する方が得策と考えられ、われわれは32kHzを使用している。また肺MRAにgradient moment nullingを併用した報告も見られるが^{54), 55)}、末梢血管における血流速度や方向の多様性、およびTEとのtrade offを考慮すると、使用しない方が妥当と考えられた。

フリップ角は信号強度とT1強調性に影響するが、25°を超えると心臓からのアーチファクトが強くなるため、20°前後が適当と判断された。

今回われわれは、上記のようなパラメータの選択に加え、S/Nの向上と末梢血管の信号強度の増強を目的としてphased array coilsを使用した。事前に行ったphantom実験によると、phased array coilsではbody coilの2.4倍のS/Nを有すとの結果が得られており³⁾、特にcoil

近傍で強い信号が得られることから、胸壁近傍の末梢血管の描出にはきわめて有利である。

MRAにおける肺血管の描出能の検討についてはいくつかの報告が見られる。body coilを用いた検討では、肺動脈の4～5次分枝まで描出可能と報告されているが^{53), 6)}、末梢肺血管の描出という観点からはこの結果は必ずしも満足できるものではなく、血管描出能の向上のためにはphased array coils等の表面コイルの使用が必要である。最近、FooやGeftersらはphased array coilsを併用し、Fast SPGR法single

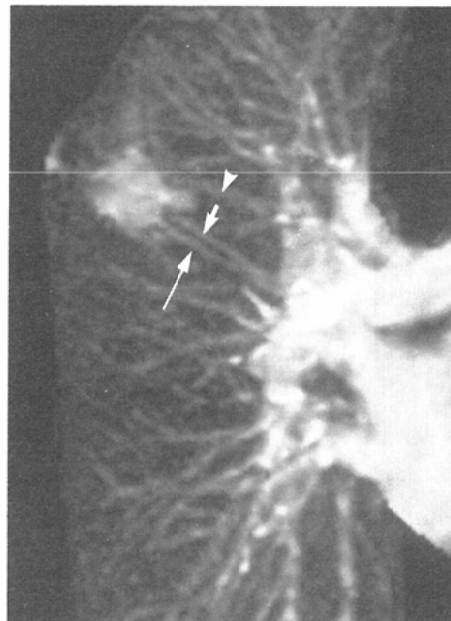


Fig.3 64-year-old woman with adenocarcinoma. MRA of the right lung after MIP processing from coronal sections shows involvement of A^{2a} (short arrow), A^{2b} (long arrow) and V^{2b} (arrow head) by the tumor with convergence. Pleural indentation is also demonstrated.

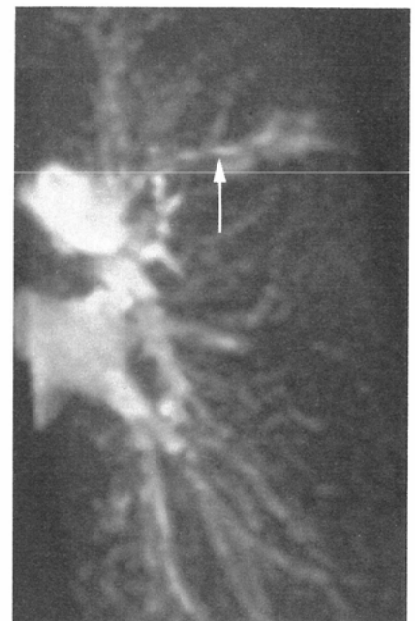


Fig.4 66-year-old woman with an old inflammatory lesion. MRA of the left lung after MIP processing from coronal sections shows involvement of A^{1+c} by the lesion. No pulmonary veins are involved.

plane modeを用い、肺血管の4～6次分枝まで描出可能であったと報告している^{7)・9)}。これに対し、われわれはFast SPGR法multiplanar modeを用い、外径1.5mm程度の血管まで良好に描出されるという結果を得たが、この血管径は6～7次分枝に相当し¹⁰⁾、これまでの報告を上回るものであった。multiplanar modeの使用により適度に長いTRを設定できることから、single plane modeよりも強い血管信号が得られ、末梢肺血管の描出が改善されたものと考えられる。

造影剤の併用に関しては、肺MRAにおいて必ずしも必要

としないという意見もある⁹⁾。しかしながら、たとえば7次分枝の末梢肺動脈における流速は主肺動脈の1/4以下と極めて遅いため¹¹⁾、十分なTOF効果が期待できず、肺血管を末梢まで良好に描出するためには造影剤を併用することが必要と考えられる^{12), 13)}。

肺MRAの臨床応用については、これまで中枢側の病変に関する報告が大部分で、末梢肺病変に応用した研究は少なく、とくに末梢肺腫瘍と肺血管の関係を詳細に検討した文献は見られない。肺腫瘍の診断においては、従来より肺静脈の腫瘍による巻込みが、悪性を強く疑わせる所見であることが指摘されているが、われわれのMRAを用いた検討においても、肺癌症例の83%でこの所見が確認され、肺MRAが末梢肺腫瘍の鑑別に十分役立つことが示された。

最近では、spiral scanを含むX線CTにより腫瘍と肺血管の関係を分析することが広く行われている^{14), 15)}、CTでは断層面が横断面に限られているため、血管が頭尾方向に走行する部位では、腫瘍と血管の立体関係を把握することは必ずしも容易ではなく¹⁶⁾、また横断面と直交する面内における血管の偏位、集束像も捉えにくいことが多い。その点、MRAでは矢状断像や冠状断像をも直接得ることが可能なため、MIP像やMPR像などを適宜組み合わせることにより、いかなる方向に走行する血管についても、腫瘍への巻込みや偏位、集束の有無や程度の評価が容易である。また関与血管を肺門側へ追跡し、動静脈の鑑別を行う上での有用性も高い。さらにMRAでは肺血管以外の情報として肺尖や、

横隔膜上の胸膜陥入や腫瘍の上下縁の性状が捉えやすく、腫瘍の立体形状の把握が容易であるといった利点もある²⁾。

MRAはCTと比較し、石灰化の検出が困難といった短所もあるが、腫瘍と血管との三次元的な関係を把握する上で優れており、末梢肺腫瘍の鑑別においてCTと相補的な役割を果たしうるものと期待される。

今回の撮影法の問題点としては左舌区や右中葉等、心臓のモーションアーチファクトを受けやすい部位では血管描出能がやや低下するといった点が挙げられるが、現在われわれは心電図同期によるk-space segmentationを用いた撮像法を併用し良好な成績を挙げつつある¹⁷⁾。

結 語

1. 末梢肺腫瘍を有する30症例につき、phased array coilsを併用したFast SPGR法による肺MRAを撮影し、末梢肺血管の描出能の評価を行うとともに、腫瘍の鑑別診断における有用性について検討した。

2. MRAの血管描出能の検討では、切除標本上外径が2mm以上の巻込み血管はすべて、また外径1.5mm以上2mm未満の血管も77%がMRA上で確認可能であり、肺MRAの末梢肺における諸疾患への有用性が示唆された。

3. MRAでは腫瘍と近傍血管との三次元的な関係が把握しやすく、特に肺静脈の巻込みの有無が容易に判定可能で、良悪性の鑑別診断に有用と考えられた。

文 献

- 1)中村 進, 藤川光一, 小川洋介, 他: FAST SPGRと表面コイルによる肺血管の描出. 日磁医誌 12(supplement-2): 371, 1992
- 2)粟井和夫, 福田 浩, 藤川光一, 他: Phased array coils併用FAST SPGRによるpulmonary MR angiography. 臨床放射線 40: 73-82, 1995
- 3)中村 進, 小川洋介, 藤川光一, 他: 高速グラディエントエコー法の臨床応用. 日独医報 37: 655-681, 1993
- 4)Hatabu H, Gefter WB, Listerud J, et al: Pulmonary MR angiography utilizing phased-array surface coils. J Comput Assist Tomogr 16: 410-417, 1992
- 5)戸上 泉, 三谷政彦, 加藤勝也, 他: 原発性肺癌におけるMR angiography. 臨床放射線 38: 89-96, 1993
- 6)戸上 泉, 三谷政彦, 北川尚広, 他: 3次元撮像法を用いた肺のMR Angiography. 日本医放会誌 52: 1602-1604, 1992
- 7)Foo TKF, MacFall JR, Hayes CE, et al: Pulmonary vasculature; single breath-hold MR imaging with phased-array coils. Radiology 183: 473-477, 1992
- 8)Link KM, Loehr SP, Lesko NM: Cardiopulmonary vascular imaging. Invest Radiol 27: 72-79, 1992
- 9)Gefter WB, Hatabu H: Evaluation of pulmonary vascular anatomy and blood flow by magnetic resonance. Journal of Thoracic Imaging 8: 122-136, 1993
- 10)Yamashita H: Roentgenologic anatomy of the lung. 59-69, 1978, IGAKU-SHOIN, Tokyo
- 11)Singhal S, Henderson R, Horsfield K, et al: Morphometry of the human pulmonary arterial tree. Circ Res 33: 190-197, 1973
- 12)三谷政彦, 戸上 泉, 北川尚広, 他: 胸部腫瘍性病変における2D-Time of Flight MR Angiography. 肺癌 32: 375-381, 1992
- 13)磯田治夫, 牛見尚史, 増井孝之, 他: 息止め・造影剤使用によるpulmonary 3-dimensional time-of-flight MR angiographyの臨床検討. 臨床放射線 39: 65-74, 1994
- 14)山田耕三, 野村郁男, 松村正典, 他: 三次元CTを利用した肺野小型肺癌の画像的解析. 日胸疾会誌 31: 959-970, 1993
- 15)松本満臣, 堀越浩幸, 茂木孝夫, 他: 境界鮮明・辺縁平滑な肺結節性病変のCT診断. 臨床放射線 38: 75-83, 1993
- 16)Mori K, Saitou Y, Tominaga K, et al: Small nodular lesions in the lung periphery; new approach to diagnosis with CT. Radiology 177: 843-849, 1990
- 17)粟井和夫, 福田 浩, 藤川光一, 他: ECG Triggered k-space Segmentation併用FAST SPGRによる肺MRA. 日磁医誌 14(supplement): 169, 1994