

MRI を用いた肺葉別肺容積の検討

森 泰胤, 加藤 勤, 佐藤 功, 瀬尾裕之,
中野 覚, 高島 均, 大川元臣, 田邊正忠

香川医科大学放射線医学教室

はじめに

近年, MRI を用いた息止め下の高速撮像が可能となり^{1)~3)}, 肺野においても呼吸動態の観察が期待されつつある. しかし, これらの手法を用いての換気動態の検討はなされていない. 今回, 最大吸気から最大呼気において撮像を行い, 正常例ならびに肺癌患者で肺葉別肺容積変化量を測定するとともに, 肺癌患者の胸膜癒着や閉塞性肺炎合併が肺容積変化量にどのような影響を及ぼすかについて検討した.

対象および方法

対象は健常男性 8 例 (平均年齢 30.9 歳), 肺癌患者 13 例 (男性 11 例, 女性 2 例, 平均年齢 67.0 歳). 肺癌患者のうち, 手術あるいは CT, MR にて腫瘍と胸膜の癒着が認められた症例が 6 例, 閉塞性肺炎合併症例が 3 例であった.

MRI 装置は GE 横河社製 Signa Advantage (1.5 T) を用い, pelvic phased array coil にて撮像した. 撮像パルス系列は 2D fast SPGR 法を用い, 8-10 ms/2.3 ms/20 deg (TR/TE/Flip angle), FOV 35 cm, Matrix×Encode 256×128 で矢状断像を撮像した. 撮像時間は 1 ス

ライス当たり約 1 秒で, スライス厚 10-12 mm, スライス間隔 2 mm で撮像し, 片側全肺野を約 10 スライスにてカバーした.

得られた矢状断をもとに, 肺動静脈の走行から, 各スライス毎に葉間を推定し, 右上中下葉, 左上下葉に分離した (Fig. 1). 分離された各々の肺葉の面積を求め, 各々の面積にスライス厚 (スライス間隔を含む) を乗じて各スライスの体積を求め, その後, 全スライス分を加算することにより, 各葉別の最大吸気, 最大呼気での容積を求めた. この容積変化量について

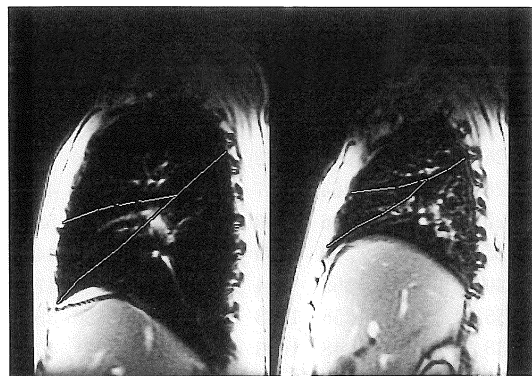


Fig. 1. A) Maximum inspiratory phase B) Maximum expiratory phase A 36 year old man, normal volunteer. Sagittal fast SPGR image (Fast GE 8/2.2 ms/20 deg) shows the changes from inspiratory to expiratory phase.

キーワード MRI, pleural adhesion, lung cancer, pulmonary lobes, volumetry method

は最大吸気容積から最大呼気容積を減じることに
により、求め、健常者と肺癌患者において比較
検討した。なお、健常者に関しては、肺活量と
の比較も行った。また、肺癌患者においては胸
膜癒着、二次性の炎症性変化など如何なる要素
が容積変化量に影響を与えるかについても検討
した。

結 果

健常者の結果を Table 1 に示す。全肺容積変
化量と肺活量との相関係数は 0.77 と比較的良
好であった。また、健常者全体での平均容積変
化量は右肺 1770 ml, 左肺 1610 ml で、各葉別
では右上葉 535 ml, 右中葉 260 ml, 右下葉
972 ml, 左上葉 725 ml, 左下葉 882 ml と統計
学的有意差はなかったが、右下葉, 左下葉, 左
上葉, 右上葉, 右中葉の順に容積変化量が多い
傾向を認めた。肺癌患者の結果を Table 2 に示
す。肺癌患者では健常例と比較して、腫瘍の存
在する側の肺容積変化量は、平均で右肺 1280
ml, 左肺 651 ml と、少ない傾向が認められ
た。さらに、腫瘍の存在する肺葉の容積変化量

Table 1. Lung Volume Changes (ml) in Controls

Age/Sex	RUL	RML	RLL	LUL	LLL	ToLV	VC
26/M	586	290	1222	790	942	3890	4640
26/M	430	264	717	612	863	2886	4040
27/M	687	296	1109	980	1112	4184	5870
28/M	532	209	839	663	748	2991	4460
30/M	563	355	944	927	853	3642	4770
35/M	529	258	1133	608	1022	3550	3800
36/M	458	148	1003	560	852	2921	4070
38/M	496	262	812	656	663	2889	3750

Abbreviation are used: RUL; upper lobe, RML, right
middle lobe RLL; right lower lobe, LUL; left upper lobe,
LLL; left lower lobe, ToLV; total lung volume, VC; vital
capacity

Table 2. Lung Volume Changes (ml) in Patients with Lung Cancer

Age/Sex	RUL	RML	RLL	LUL	LLL	PA	OP
60/M	647*	209	584			-	-
59/M	632	139	319*			-	+
56/M				469*	783	-	-
51/F				171	151*	-	+
70/M				739	535*	-	-
73/M				344	532*	-	-
82/M				67	16*	-	-
55/M	611*	72	723			+	-
71/M	380*	160	638			+	-
83/M	265	62	278			+	-
52/M				272	489	+	-
75/M				1*	196	+	+
77/F				229	337	+	-

* indicates the lobe in which the tumor was present
Abbreviation are used; RUL; right upper lobe, RML,
right middle lobe, RLL; right lower lobe, LUL; left up-
per lobe, LLL; left lower lobe, PA; pleural adhesion,
OP; obstructive pneumonia

は、同側の腫瘍の存在しない肺葉と比較して、
少ない傾向が認められた。特に、閉塞性肺炎を
伴った症例で少ない傾向があった。しかし、
MRI 上で認められる胸膜癒着のない症例と比較
して、胸膜癒着のある症例では、容積変化量
が低下する傾向があった (Table 2)。例えば、
Fig. 2 に示す症例では胸膜癒着は認められず、
最大吸気、最大呼気で腫瘍および末梢の二次性
の炎症性変化は胸膜に対して上下に移動してい
た。同患者において最大吸気容積から最大呼気
容積を減じて得られた肺容積変化量は右上葉
632 ml, 右中葉 139 ml, 右下葉 319 ml であ
った。それに対して、Fig. 3 の症例では、MRI
上胸膜癒着が認められるため、腫瘍の移動性は
不良であり、その容積変化量も右上葉 265 ml,
右中葉 62 ml, 右下葉 278 ml と少なかった。
左肺の吸気、呼気による横隔膜運動は良好であ
った。

1996年12月6日受理 1997年2月3日改訂

別刷請求先 〒761-07 香川県木田郡三木町池戸 香川医科大学放射線医学教室 森 泰胤



Fig. 2. A) Maximum inspiratory phase B) Maximum expiratory phase A 59 year old man with squamous cell lung cancer. Tumor is shown in right lower lobe without pleural adhesion.

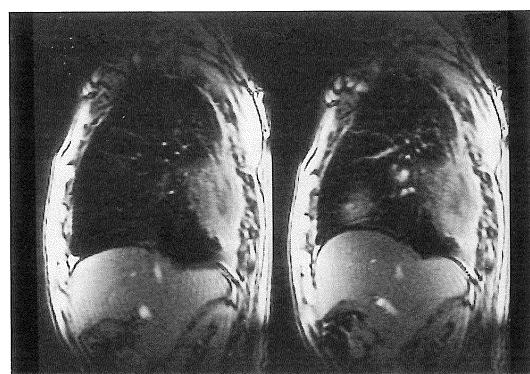


Fig. 3. A) Maximum inspiratory phase B) Maximum expiratory phase A 83 year old man with squamous cell lung cancer. Tumor is shown in right lower lobe with pleural adhesion.

考 察

肺の画像診断は従来単純X線写真，CTを中心に行われてきた。従来，MRIは心拍動や呼吸運動によるアーチファクトのため良好な画像が得られず，従来のSE法により縦隔病変や，胸壁浸潤の有無をみるのが主体であった⁴⁾。しかし，MRI装置の性能向上に伴い，肺野においても次第に良好な結果が得られてき

ている^{4),5)}。特に，Fast gradient echo法によるMR Angiographyはphased array coilの併用により，臨床に応用されるようになってきた^{6),7)}。その一つとしてMRI, MRAを用いた胸膜癒着の検討も行われてきている^{8),9)}が肺葉別の検討はなされていない。一方，CTでは吸気，呼気による肺葉別の肺容積の検討や，腫瘍の胸膜癒着有無の評価が行われてきた^{10)~12)}が吸気，呼気において同一スライスが得られにくいなどの問題点があった。

今回の検討で健常者では，本法と肺活量との相関係数は0.77であり，ある程度の相関が得られたと考える。肺葉別に関しては，比較するデータは得られていないが，全肺のデータと肺活量との相関より信憑性が高いものと推察される。渡辺ら¹³⁾はCTにより同様の検討を行っているが，全肺容積変化量は肺活量と比較して805 ml少ないと報告しており，今回の結果と同様の傾向を示している。しかし，今回のMRIでの容積変化量の方がCTと比較して少ない傾向を示したのは，末梢肺野におけるひずみによる誤差を生じる可能性があると考えられる。

以上の結果をふまえて肺腫瘍患者で検討した。健常者と患者との年齢層が大きく異なるため比較は難しいが，腫瘍が占拠する肺葉において容積変化量が低下する傾向が認められた。これは，腫瘍部分およびその周囲の肺野の収縮拡張が不良であることが一因と考えられる。特に，胸膜癒着のあった症例，二次性の閉塞性肺炎のみられた症例で，その傾向が強く認められた。胸膜癒着の場合は原因として，癒着により物理的に運動制限を受けることによる容積変化量の低下が考えられる。また，閉塞性肺炎の場合，炎症部位における気管支や肺胞のコンプライアンスの低下が示唆され，病理組織学的には，肺癌では腫瘍の進展に伴う周囲の間質の増生，線維化による肺胞壁の肥厚が見られるとされている¹⁴⁾。

以上の点は従来のCTなどを用いた方法より

も容易に観察できると考えられる。その理由のひとつに MRI では裁断面が任意に選択できるためと考えられる。今回検討した矢状断での撮像では右肺であれば上, 中, 下葉を, 左肺であれば上, 下葉を一度に観察でき分離が容易であったことが挙げられる。また, MRI では X 線被曝の考慮の必要もなく, 繰り返して施行できる利点もあり, その簡便性や分解能においては CT よりも優れており, 今後検討していく必要があると思われる。

結 語

- (1) 健常者, 肺癌患者において MRI を用いて肺葉別肺容積変化量を測定した。
- (2) 胸膜癒着や閉塞性肺炎が存在する場合, 腫瘍占拠肺葉での収縮拡張能が不良であった。

本論文の要旨は, 第 23 回日本磁気共鳴医学会大会, 第 55 回日本医学放射線学会学術発表会において発表するとともに, 平成 8 年度文部省科学研究費高橋班の援助を受けた。

文 献

- 1) Ohtomo K, Itai Y, Yoshikawa K, et al. : Hepatic haemangioma : Dynamic MRI using Gadolinium-DTPA. *Europ J Radiol*, 7 : 257-259, 1987.
- 2) Haase A, Frahm D, Matthaei W, Haenicke W, Marboldt KD : FLASH imaging. Rapid NMR imaging using low flip-angle pulses. *J Magn Reson*, 67 : 258-266, 1986.
- 3) Hamm B, Wolf KJ, Felix R : Conventional and rapid MR Imaging of the liver with Gd-DTPA. *Radiology*, 164 : 313-320, 1987.
- 4) 高橋康二, 古瀬 信 : 肺癌の縦隔および胸壁浸潤. *画像診断*, 16 : 399-406, 1996.
- 5) 江頭完治, 中田 肇, 渡辺秀幸, 他 : 縦隔診断における CT と MRI の役割—放射線科医の retrospective な判定による検討. *臨放*, 40 : 9-15, 1995.
- 6) Foo TKF, MacFall JR, Sostman HD, et al. : Single-breath-hold venous or arterial flow-suppressed pulmonary vascular MR Imaging with phased-array coils. *JMRI*, 3 : 611-616, 1993.
- 7) Rubin GD, Herfkens RJ, Pelc NJ, et al. : Single breath-hold pulmonary magnetic resonance angiography ; optimization and comparison of three imaging strategies. *Invest Radiol*, 29 : 766-772, 1994.
- 8) 縄野 繁, 村上康二, 大沼 裕, 他 : 胸壁浸潤に対するシネ MRI の有用性. *臨放*, 41 : 79-87, 1996.
- 9) Padovani B, Mouroux J, Seksik L, et al. : Chest wall invasion by bronchogenic carcinoma : Evaluation with MR Imaging. *Radiology*, 187 : 33-38, 1993.
- 10) Murata K, Takahashi M, Mori M, et al. : Chest wall and mediastinal invasion by lung cancer : Evaluation with multisection expiratory dynamic CT. *Radiology*, 191 : 251-255, 1994.
- 11) 森 裕二, 渡辺英明, 小場弘之 : 正常成人の肺葉容積に及ぼす加齢, 肥満, 喫煙の影響. *札幌医誌*, 60 : 469-478, 1991.
- 12) Shirakawa T, Fukuda K, Miyamoto Y, Tanabe H, Tada S : Parietal pleural invasion of lung masses ; evaluation with CT performed during deep inspiration and expiration. *Radiology*, 192 : 809-811, 1994.
- 13) 渡辺英明, 小場弘之 : X 線 CT を用いた肺葉容積の測定. *札幌医誌*, 60 : 1-9, 1991.
- 14) 鈴木 明, 常松和則 : 肺癌の進展様式とその X 線表現型. *臨床画像*, 4(11) : 8-16, 1988.

MR Evaluation of Individual Pulmonary Lobar Volume

Yasutane MORI, Tsutomu KATOH, Katashi SATOH,
Hiroyuki SEO, Satoru NAKANO, Hitoshi TAKASHIMA,
Motoomi OHKAWA, Masatada TANABE

*Department of Radiology, Kagawa Medical University, School of Medicine
1750-1, Ikenobe, Miki-cho, Kita-gun, Kagawa 761-07*

The purpose of this study was to estimate respiration-dependent volume changes of the individual pulmonary lobes using MRI. The subjects included 8 controls who were healthy volunteers, ranging in age from 26 to 38 years and 13 lung cancer patients, with age range of 51 to 82 years. MR images were obtained with a 1.5 T system. A series of gradient echo images were acquired using phased array coil with a fast SPGR pulse sequence and the following parameters : TR/TE/flip angle = 8-10 ms/2.2 ms/20 degrees, one excitation, 256 × 128 matrix, and 350 mm field of view. Sequential images were obtained one slice per second from maximum inspiratory phase to maximum expiratory phase, and respiratory volume for each lobe was obtained by MRI.

The pulmonary lobar volumes of the controls were : right upper lobe, 535 ml ; right middle lobe, 260 ml ; right lower lobe, 972 ml ; left upper lobe, 725 ml ; and left lower lobe, 882 ml. In lung cancer patients, the measured volume changes showed a tendency to decrease when the tumor was present in the lobe. When pleural adhesion or obstructive pneumonia was present, this tendency became particularly notable.