

CTを用いた肺体積の計測 —MRとの比較—

瀬尾 裕之 森 泰胤 小林 琢哉 加藤 勤
佐藤 功 高島 均 大川 元臣 田邊 正忠

香川医科大学医学部放射線医学教室

Construction of Pulmonary Time-Volume Curve Using MR: Comparison with lung volume measurements using CT

Hiroyuki Seo, Yasutane Mori,
Takuya Kobayashi, Tsutomu Katoh,
Katashi Satoh, Hitoshi Takashima,
Motoomi Ohkawa and Masatada Tanabe

This study was conducted to investigate the effectiveness of dynamic pulmonary ventilation using MR and to compare it with lung volume measurements using CT. MR images during tidal breathing and CT images at resting expiratory level were obtained in 7 normal volunteers. The correlation between lung volume using CT and that using MR at resting expiratory level was significant ($r = 0.993$, $p < 0.001$). Pulmonary time-volume curves for each lobe were constructed by applying a Fourier series. The technique used in this study appears to be potentially useful to assess lobar lung function non-invasively and quantitatively.

はじめに

現在呼吸機能の評価にはスパイログラムのほか核医学的手法などによる評価¹⁾²⁾も行われているが、さらに詳細な局所肺の情報の提供が望まれる。現在われわれは肺葉別の換気動態を評価するため、MRを用いて動態画像を撮像し各時相における肺体積を算出するとともに時間-肺体積曲線を作成している³⁾。ここでは本法にて算出した肺葉別体積の評価を目的として、CTを用いて算出した肺体積の比較を行った。さらに肺葉別の時間-肺体積曲線をFourier解析¹⁾²⁾を用いて作成したので報告する。

対象と方法

対象は正常人男性7名で、年齢は26-43歳(平均 33.9 ± 5.7 歳)であった。全例とも呼吸器疾患の既往がなく、スパイログラムでも異常が認められなかった。

使用機種は1.5T超電導型GE横河社製Signa Advantageで、コイルはpelvic phased array coilを用いた。パルス系列は、2D Fast SPGR法を用い、TR/TE/flip angle = 8-10ms/2.3ms/20deg., FOV 35cm, matrix (frequency $\times$ encode) = 256 $\times$ 128, スライス厚10mm, スライス間隔2mmでスライス間隔は12mmで矢状断像を撮像した。約0.85秒で1スライスの撮像が可能であった。MR像は仰臥位にて息止めなしで収集した。呼吸間隔を一定に保つため0.85秒毎にカウントした。カウントは、吸気の開始と同時に始め、1矢状断面につき1呼吸で情報収集可能であった。

1. MRを用いた肺体積の算出法

得られた各矢状断像より各肺葉の断面積を算出した。心臓・大血管周囲のmotion artifactを認める領域は、肺野外とした。また、葉間胸膜が同定困難なものは肺血管の走行から葉間を推定した。各肺葉の断面積の合計にスライス間隔を乗じて各肺葉の体積とした。

2. CTを用いた肺体積の算出法

MRIを用いて算出した肺体積との対比を行うため全例に安静呼吸時の胸部CTを施行した。CT装置はGE社製HiSpeed Advantage RPで、スライス10mm厚、テーブル移動16mm/

Research Code No. : 506.9

Key words : CT, MR imaging, Lung volume

Received Jun. 24, 1997; revision accepted Jun. 19, 1997

Department of Radiology, Kagawa Medical University

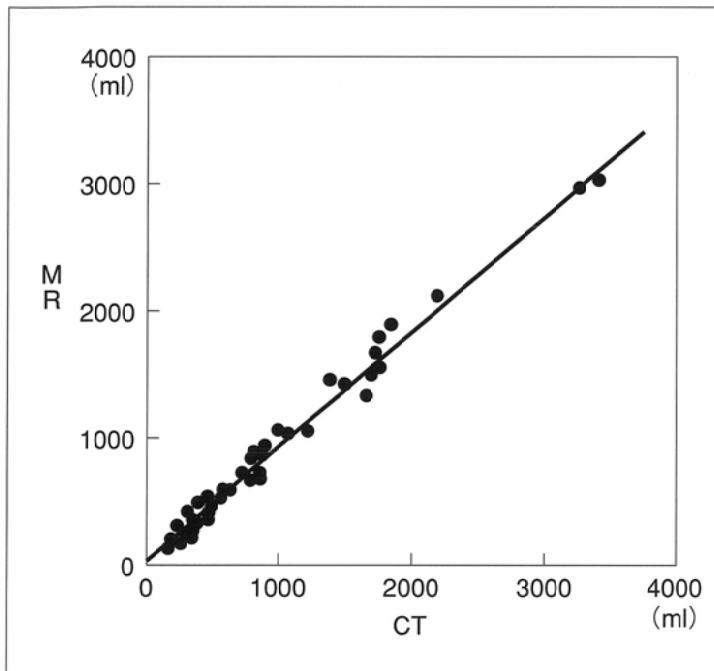


Fig.1 Correlation between the lung volume using CT and those using MR at resting respiratory level in supine posture. ($n = 56$, $y = 0.911x + 29.4$, $r = 0.993$)

秒、画像最構成間隔10mmで約20秒の息止めをして全肺野を撮像した。肺野条件として再構成関数はStandardを用い、各横断面に描出された各肺葉の面積の総和にスライス間隔を乗じて各肺葉の体積を求めた。

3. 時間-肺体積曲線の作成

得られた各時相の像より上記方法にて肺体積を算出し、肺葉別の時間-肺体積曲線を作成した。また最小自乗法により一～三次のFourier級数を用いたfitting curveを求め、それらを比較した。

結 果

1. CTおよびMRを用いた肺体積の比較

7症例の安静呼吸時の肺体積(平均 $\pm$ SDml)は、右上葉、右中葉、右下葉、右肺、左上葉、左下葉、左肺、全肺の順にCTでは 407 ± 130 , 247 ± 89 , 528 ± 230 , 1182 ± 422 , 565 ± 188 , 468 ± 229 , 1033 ± 411 , 2215 ± 826 で、MRでは 396 ± 119 , 196 ± 63 , 548 ± 181 , 1140 ± 347 , 507 ± 162 , 475 ± 155 , 982 ± 314 , 2122 ± 650 であった。7症例56領域を個別に評価するとFig.1のごとく $r = 0.993$ で1%未満の危険率で相関が認められたが、各肺葉の体積はCTで求めたものの方がMRで求めたものより大きい傾向が見られた。

2. 時間-肺体積曲線について

肺葉別の時間-肺体積曲線を作成した(Fig.2)が、時相などについては定量的評価は困難であった。最小自乗法により一～三次のFourier級数を用いて時間-肺体積曲線を作成した。一次では各点における適合性が不良であった。三次で

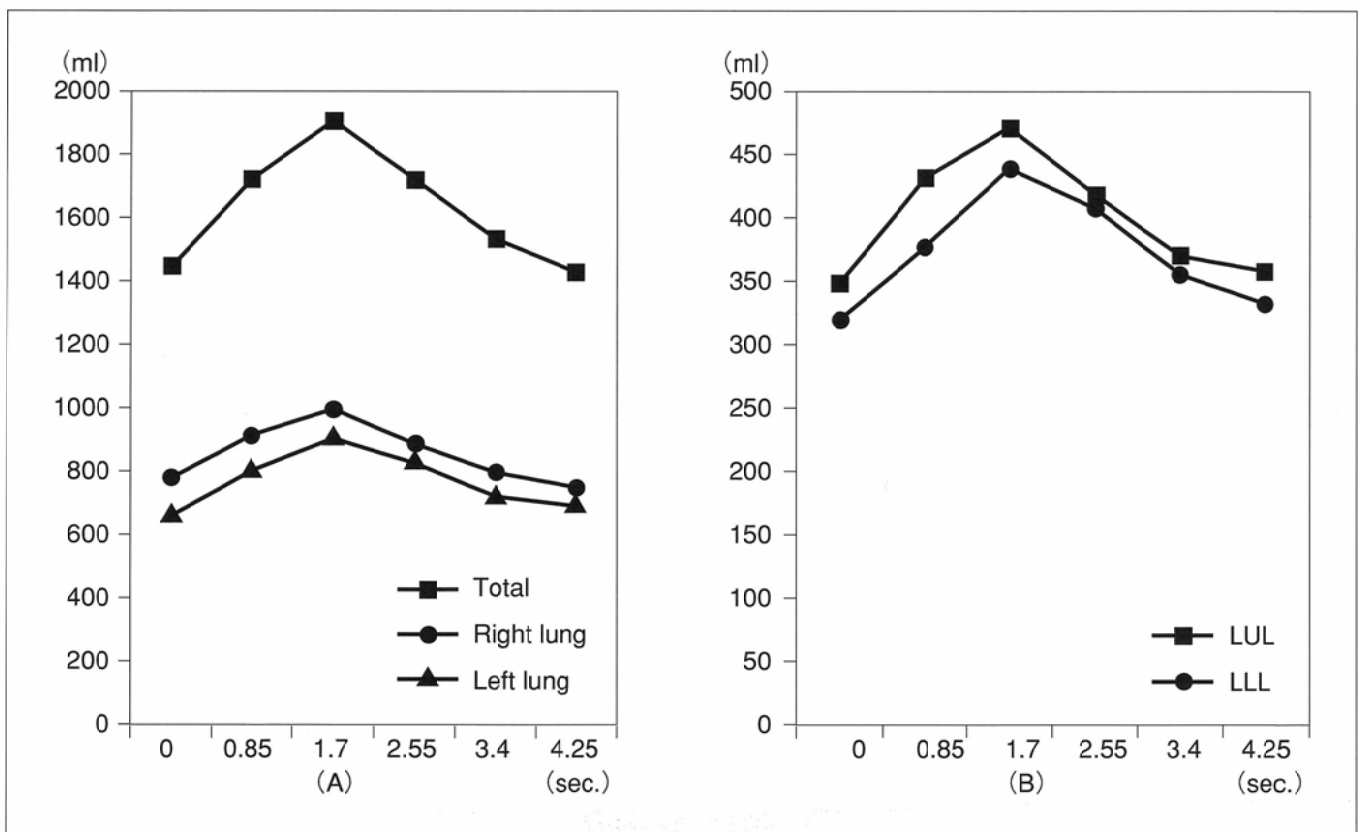


Fig.2 Time-volume curves in one case. (A) Time-volume curves of each lung were synchronized. (B) Time-volume curves of the left lung. It was difficult to evaluate time lag between the curve of upper lobe (LUL) and that of lower lobe (LLL) quantitatively.

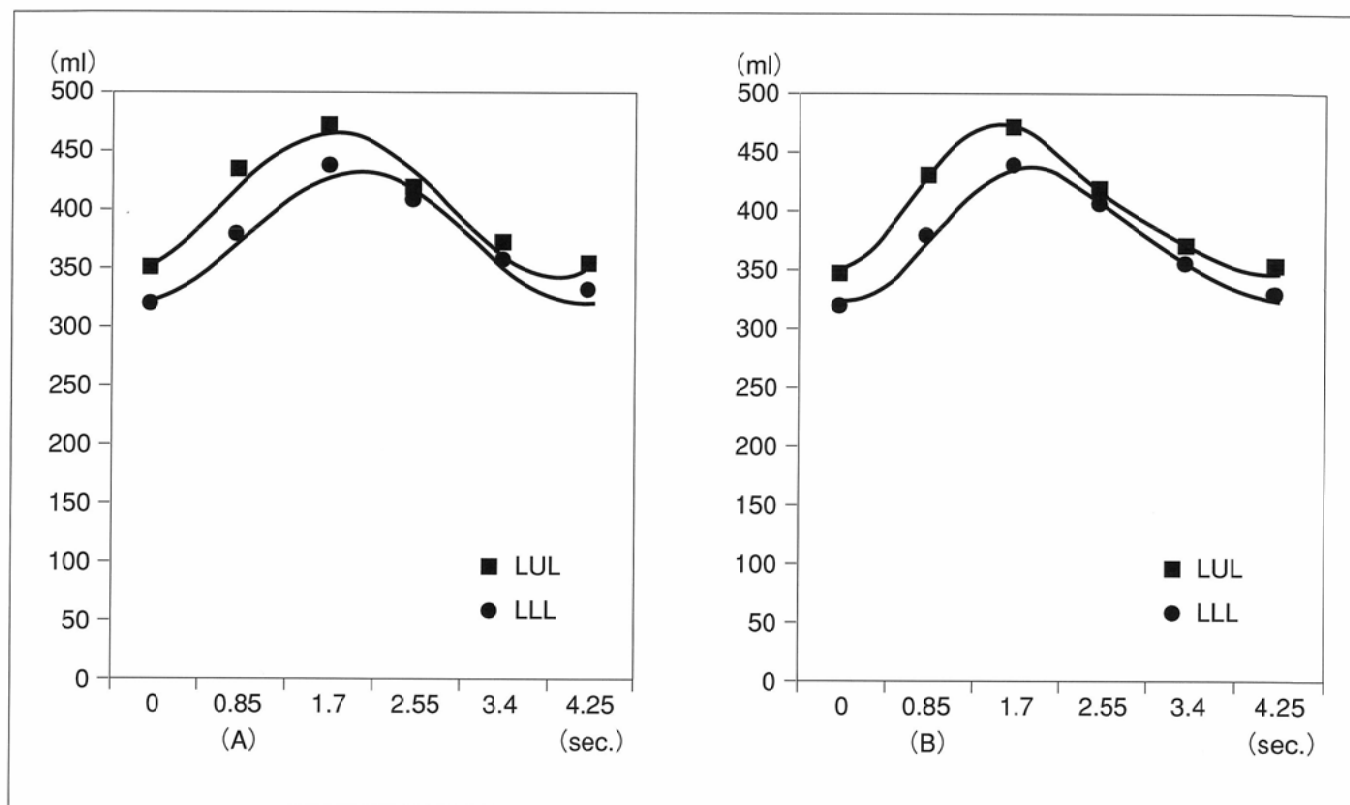


Fig.3 Time-volume curves of the left lung in the same case as Fig.2. Time-volume curves applying Fourier series. (A) First harmonics. (B) Second harmonics. These curves were superior to those in left figure for quantitative evaluation of pulmonary ventilation.

は各点における適合性は良好であったが場合によっては凹凸が目立つ曲線となった。二次は、一と三次の中間に位置するものであった (Fig.3)。

考 察

体内臓器の体積測定についてはCTを用いた報告があり⁴⁾⁻⁶⁾、摘出された臓器などの実測値と良好な相関が認められている。今回の検討ではMRを用いて求めた肺体積は、CTを用いて求めた肺体積と良好な相関が認められたが、後者が前者より大きい傾向が認められた。その主な原因は、心臓・大血管周囲など縦隔周囲はそのmotion artifactの為信号強度

が上昇するため肺野外として処理されているためと推察している。しかしながら、同一症例においてはその肺体積の時間的変動を評価し得ると考えられた。またMRを用いて求めた肺体積は、CTを用いて求めた肺体積と比較して被曝なしに繰り返し呼吸動態を評価できる点で有用と考えられた。

時間-肺体積曲線では、二次あるいは三次のFourier級数を用い近似することにより時相のずれや振幅などの定量的評価が可能と考えられた。本法は将来的に局所呼吸機能検査のひとつとして大きな役割を担う可能性があると考えられた。

文 献

- 1) Freeman ML, Kaplan E: Time-Based Multiple Organ Functional Images. *Semin Nucl Med*, 17: 39-57, 1987
- 2) 島田孝夫, 川上憲司: 核医学的手法による局所呼吸パターンの解析. *呼と循* 35: 39-45, 1987
- 3) 瀬尾裕之, 森 泰胤, 小林琢哉, 他: MRIを用いた安静時呼吸動態の評価—時間-肺体積曲線の作成—. *日磁医誌* 17: 94-97, 1997
- 4) Breiman RS, Beck JW, Korobkin M, et al: Volume Determinations Using Computed Tomography. *AJR* 138: 329-333, 1982
- 5) Brenner DE, Whitley NO, Houk TL, et al: Volume Determinations in Computed Tomography. *JAMA* 247: 1299-1302, 1982
- 6) Denison D M, Morgan MDL, Millar AB: Estimation of Regional Gas and Tissue Volume of The Lung in Supine Man Using Computed Tomography. *Thorax* 41: 620-628, 1986