

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—

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

はじめに

MRI 装置の発達は目覚ましく, 近年ハードウェアの発達などにより高速スキャンが行われ, 種々の動態画像の撮像が可能となってきた¹⁾. 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²⁾も行われているが, 更に詳細な呼吸機能の評価が求められている. このような背景のもとで MRI を用いた呼吸動態の撮像は, 非侵襲的で比較的容易にかつ短時間で施行出来ることにより局所肺機能の解析を含めたより詳細な呼吸機能の定量的評価をなしうる可能性がある. 今回, 正常人の安静時における肺の動態画像を MRI を用いて撮像し, 得られた画像より時間-肺体積曲線を作成したので若干の考察を加えて報告する.

対象と方法

対象は正常人男性 5 名で, 年齢は 23~43 歳 (平均 32.0 ± 8.1 歳) であった. 対象は, いずれも非喫煙者で, 現在呼吸器症状がなく, スパイログラムでも異常が認められなかった. 仰臥位にて, 呼吸間隔が一定となった時点で吸気の合図とともに息止めなしで撮像を開始した. 肺

の動態画像を MRI を用いて撮像するため, 下記のごとき方法を用いた.

1) 使用機種および使用コイル

1.5 T 超電導型 GE 横河社製 Signa Advantage, pelvic phased array coil

2) 撮像法

パルス系列は, 2D fast SPGR 法を用い, TR/TE/flip angle = 10 ms/2.3 ms/20 deg., FOV 35 cm, phase FOV 0.75, matrix (frequency × encode) = 256 × 128, スライス厚 (T) 10 mm, スライス間隙 (G) 2 mm 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 (Fig. 1).

3) 肺体積の算出 (Fig. 2)

得られた各像より肺の断面積を算出し, 合計した. 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. その断面積の合計とスライス厚と間隙の合計 (T+G) の積を肺体積とした.

4) 各症例の 1 回換気量を算出するとともに肺葉別の評価をおこなった.

肺葉別 1 回換気率 (%)

$$= (\text{肺葉別 1 回換気量} / \text{1 回換気量}) \times 100$$

5) 時間-肺体積曲線の作成

また, 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

キーワード dynamic ventilation study, lung volume, tidal volume, time-volume curve, MRI

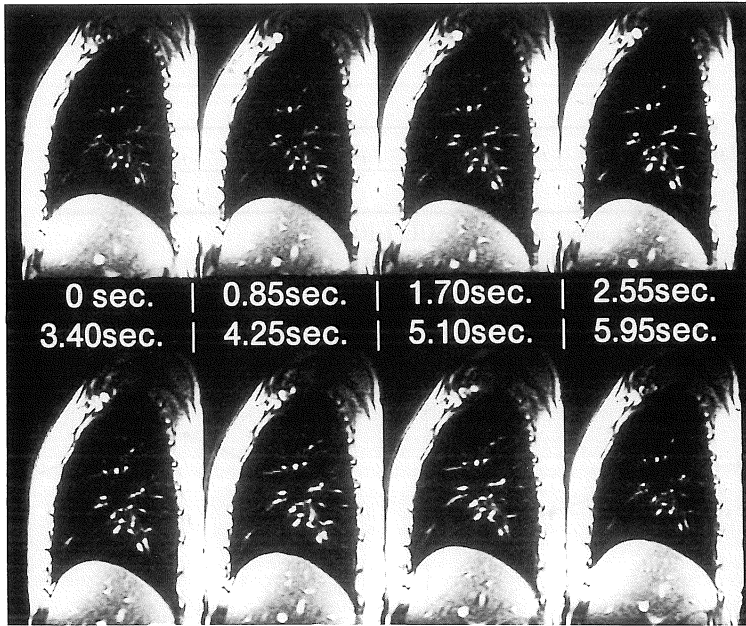


Fig. 1. Sagittal images at the center of right lung in each phase.

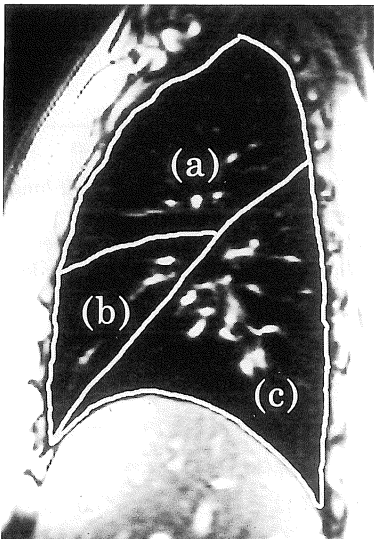


Fig. 2. The areas of the right lung lobes were calculated in the sagittal plane.

作成した。

結 果

1) 1回換気量について

安静呼吸時の各症例の1回換気量は、419～583 ml (平均 485 ± 60 ml) であった。これを肺葉別に評価すると肺葉別1回換気率 (%) (Table 1) は、右下葉>左上葉>左下葉>右上葉>右中葉の順であった。また右肺 57.3 ± 4.8 、左肺 42.7 ± 4.8 で、各症例とも左肺に比べて右肺の関与が優位であった。

2) 時間-肺体積曲線について

各症例とも左右の肺では、時相のずれを認めなかった (Fig. 3)。また、上葉の peak は、下葉の peak に比べて同時あるいはわずかにはやく認められた (Fig. 4)。曲線の振幅は、下葉は上葉および中葉と比較して大きかった。

Table 1. Lobar Tidal Volume Rate (%)

Right lung	RUL	RML	RLL
57.3±4.8	20.0±6.9	10.6±2.2	28.5±8.6
Left lung	LUL	LLL	
42.7±4.8	23.5±2.7	21.2±4.5	

RUL: right upper lobe LUL: left upper lobe
 RML: right middle lobe LLL: left lower lobe
 RLL: right lower lobe

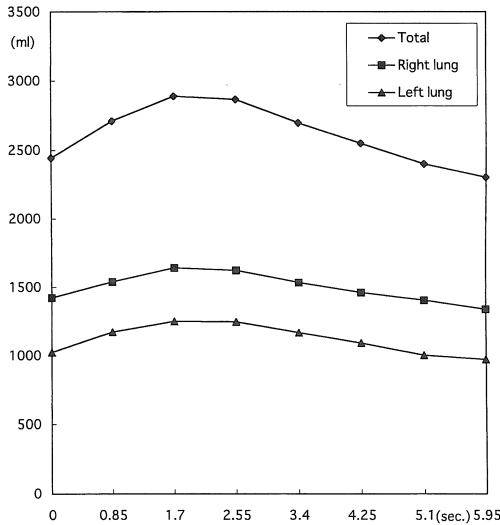


Fig. 3. Time-volume curves in one case. Time-volume curves for each lung were parallel and that of right lung was larger than that of left lung.

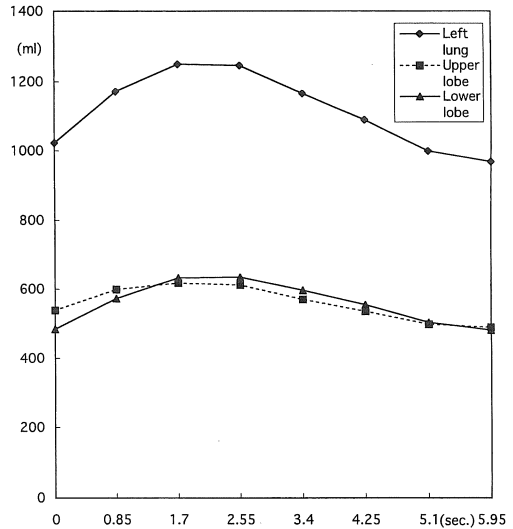


Fig. 4. Time-volume curves of the left lung in the same case as in Fig. 3. The peak of time-volume curve of upper lobe appeared slightly earlier than that of lower lobe.

考 察

現在、呼吸機能の評価にはスパイログラムなどによる評価が主体であるが、更に詳細な呼吸機能の評価をおこなうためにMRIを用いて安静時の肺の動態を撮像し、時間-肺体積曲線を作成した。

体内臓器の体積測定についてはCTを用いた報告があり^{3),4)} 摘出された臓器の実測値と良好な相関が認められているが、本法はそれらに準じて肺体積を算出した。浜野ら³⁾は脳の1 cm

間隔CTより脳体積を求め、実測値と比較し平均百分率誤差2.91%であったと報告している。またBreimanら⁴⁾は脾臓の1 cmおよび2 cm間隔CTより脾体積を求め、実測値と比較し平均百分率誤差はそれぞれ3.59, 3.65%であったと報告している。本法は1.2 cm間隔のMRI像より肺体積を求めたが大きな誤差は生じていないものと思われる。しかしながら心臓周囲や末梢肺野では肺葉の輪郭が不明瞭である場合もあり、今後はさらに高分解能の画像を得たいと考えている。

一般的に1回換気量は数百 ml⁵⁾と言われて
いるが、今回の検討では419~583 mlで平均
485±60 mlであった。これを左右の肺別に評
価すると1回換気率(%)は、右肺57.3±
4.8、左肺42.7±4.8で、各症例とも左肺に比
べて右肺の関与が優位であった。これは、渡辺
ら⁶⁾のX線CTを用いた安静呼吸位の肺容積比
が右肺54.4±1.7%、左肺45.6±1.7%のごと
く、左肺の体積が右肺に比して少ないためと考
えられた。また、左右肺の1回換気率(%)
の合計は100%と左右肺に時相のずれが生じて
いなかったのに対して、肺葉別1回換気率(%)
は左右肺のそれぞれの合計は時相のずれのため
に100%とならなかった。これは各症例ごとに
時間-肺体積曲線を作成するとより明瞭となり、
各症例とも左右の肺では、時相のずれを認めな
かったが、上葉は下葉に比べて同時あるいはわ
ずかにはやくpeakを認めた。この原因は、明
らかではない。対象は全例男性であり、安静時
腹式呼吸を臥位にて行っていたことなどを加味
して今後検討する予定である。

その撮像手技は非侵襲的かつ比較的容易で安
価であるが、私共が調べた限りでは過去の報告
は認められない。本研究は動態画像を撮像し、
視覚的に呼吸動態を把握できるだけでなく、客

観的評価すなわち全肺・局所肺機能の定量的、
定性的解析を行うことを目的とした。将来的に
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) 森 泰胤, 加藤 勤, 小林琢哉, 他: MRIを用
いた肺葉別肺機能評価: 横隔膜運動からの検討.
第24回日本磁気共鳴医学会抄録集, 16(S):
258, 1996.
- 2) Seo H, Tanabe M, Tamai T, et al.: Trial of quan-
titative evaluation in Kr-81 m gas ventilation
study. Fourth asia and oceania congress of
nuclear medicine proceedings: 322, 1988.
- 3) 浜野建三, 川嶋浩一郎, 岩崎信明, 竹谷俊樹: 連
続的CT像による脳容積の測定. 医学のあゆみ,
150: 507-508, 1989.
- 4) Breiman RS, Beck JW, Korobkin M, et al.:
Volume Determinations Using Computed
Tomography. AJR, 138: 329-333, 1982.
- 5) Shap JT, Hammond MD: The lung: scientific
foundations. ed. by Cristal RG, West JB, Barnes
PJ, Raven Press Ltd., New York, 1991, pp 839-
854.
- 6) 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.

Evaluation of Ventilation Dynamics Using MRI : Construction of Time-Volume Curves

Hiroyuki SEO, Yasutane MORI, Takuya KOBAYASHI,
Tsutomu KATO, Katashi SATOH, Hitoshi TAKASHIMA,
Motoomi OHKAWA, Masatada TANABE

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

This study was conducted to evaluate ventilation dynamics in steady state. The images were obtained in 5 normal volunteers (non-smoker males) during tidal breathing. For the pulse sequence, 2D fast SPGR was used with the following parameters : TR/TE/FA = 10 ms/2.3 ms/20 deg., matrix (frequency \times encode) = 256 \times 128, 10 mm thickness, 2 mm gap, 35 cm FOV, 0.75 phase FOV. We got images every 0.85 sec. The area of the lung lobes in the sagittal plane was calculated in each phase of the ventilation. The lung lobar volume was obtained from the total area multiplied by the thickness and gap of the scan. We also calculated tidal volume and lobar tidal volume rate (%) as follows : (lobar tidal volume /tidal volume) \times 100. Finally time-volume curves were constructed. The mean (\pm SD) tidal volume was 485 \pm 60 ml and lobar tidal volume rates were 20.0 \pm 6.9%, 10.6 \pm 2.2%, 28.5 \pm 8.6%, 23.5 \pm 2.7% and 21.2 \pm 4.5% for RUL, RML, RLL, LUL and LLL respectively. Right lung participated in ventilation more than left lung. Time-volume curves for each lung were parallel with no time lag in all cases. The peak of time-volume curve of upper lobe appeared concurrently or slightly earlier than that of lower lobe. The amplitude of time-volume curve of lower lobe was larger than that of upper and middle lobe. The technique used in this dynamic ventilation study appears to be potentially useful to assess lobar lung function non-invasively.