

## ガス圧式搬送用人工呼吸器 (CAREventMRI) : 3T MR システムでの磁場均一性および RF ノイズの検討

小玉 亮一<sup>1</sup>, 越智 誠<sup>1</sup>, 酒井 政人<sup>2</sup>, 井手口 猛<sup>1</sup>,  
小浦 哲<sup>1</sup>, 藤下 稔雅<sup>1</sup>

<sup>1</sup>長崎北病院放射線科 <sup>2</sup>GE ヘルスケア・ジャパン

### はじめに

昨今の 3T MR 装置の普及に伴い, MR 装置周辺の安全性の担保が課題となっている. MR 装置の周辺で用いられる機器類には人工呼吸器, インヒュージョンポンプ, 心電図モニターや酸素飽和度モニターなどが含まれるが, これらの機器を MR 磁石室内で安全に使用するには被検者および MR 装置使用者に危険を及ぼさないこと, 機器の動作が MRI の画質に悪影響を与えないこと, MR システムの磁場および撮像動作が機器に影響を与えないことが前提となる<sup>1)~3)</sup>. 今回我々は 3T MR 対応搬送用人工呼吸器の受け入れ試験を行い, MR 画像への影響について検討したので報告する.

### 対象と方法

使用装置は 3T MR system (GE Signa EXCITE HDx 3T) で, 人工呼吸器はエア・ウォーター社製 CAREvent (ケアベント) MRI である. 人工呼吸器をマグネット開口部より約 10 cm および 30 cm のところに設置して作動させ, 頭部用標準コイル並びにファントム (GE MRS Sphere 2152220 phantom, G3 phantom) を用いて MR スペクトロスコピー (MRS) と

スピネコー (SE) 法による T<sub>1</sub> 強調像を撮像し, 人工呼吸器の磁場均一性へ及ぼす影響および RF ノイズを検討した. 撮像は IEC 規格に基づき第一次水準管理操作モードで行った.

磁場均一性への影響は人工呼吸器をマグネット開口部から約 30 cm の所に置き, PRESS (point resolved spectroscopy) 法, PROBE-P による MR スペクトルを撮像し, 呼吸器あり・呼吸器なしで比較検討した. 撮像条件は TR = 2000 ms, TE = 35 ms および 144 ms, Voxel = 20 × 20 × 20 mm, 加算回数 8 回とし, 室温は 23°C で一定とした. TE = 35 ms および TE = 144 ms でそれぞれ呼吸器あり・呼吸器なしで 20 回ずつ撮像し, 得られた Creatinine (Cr) 値および Cr ピークの半値幅を比較検討した. 半値幅は MRS によって得られたデータを MRS 詳細分析用ソフトウェア SAGE (Spectroscopy Analysis by General Electric, version 5.6) で解析処理し算出した. RF ノイズの画像への影響は呼吸器をマグネット開口部から約 10 cm と 30 cm の所に置き, SE 法で T<sub>1</sub> 強調像を呼吸器あり・呼吸器なしでそれぞれ 20 回ずつ撮像し, NEMA 法 (差分画像法) により信号雑音比 (SNR) を算出し比較検討した.

撮像条件は, TR = 500 ms, TE = 10 ms, bandwidth = 31.25 kHz, 加算回数 1 回, FOV = 24

キーワード 3T MR system, MR compatibility, ventilator

×24 cm, slice thickness = 5.0 mm, spacing 5.0 mm とした。ノイズは連続して撮像した2枚の画像の差分画像の関心領域内の標準偏差値 (SD) を $\sqrt{2}$ で割った値とし、SNRは次の式により算出した<sup>4)</sup>。

$$\text{SNR} = \text{Signal Intensity} / (\text{SD} / \sqrt{2}).$$

## 結 果

今回の受け入れ試験中、人工呼吸器 CAREvent (ケアベント) MRI は磁石に吸引されることはなく、トルクの発生も知覚されなかった。また、テスト肺を装着したモニタ監視下で人工呼吸器パラメータへの影響も見られず、人工呼吸器は MR 磁石室搬入から搬出まで、撮像中も含めて、仕様どおり正常に動作し続けた。

磁場均一性への影響の検討では、PRESS 法による MRS で TE = 35 ms および TE = 144 ms とともに呼吸器あり・呼吸器なしでのスペクトラルパターンに変化を認めなかった (Fig. 1)。TE = 35 ms での Cr 値は呼吸器あり・なしでそれぞれ  $140.25 \pm 1.07$  および  $139.95 \pm 1.36$  で、Cr ピークの半値幅は呼吸器あり・なしでそれぞれ  $2.10 \pm 0.15$  Hz および  $2.15 \pm 0.15$  Hz で、いずれも統計学的に有意差を認めなかった。TE = 144 ms での Cr 値は呼吸器あり・なしでそれぞれ  $75.45 \pm 1.50$ ,  $75.70 \pm 1.03$  で、Cr ピークの半値幅は呼吸器あり・なしでそれぞれ  $2.48 \pm 0.11$  Hz,  $2.51 \pm 0.09$  Hz で、いずれも統計学的に有意差を認めなかった (Table 1)。

RF ノイズの画像への影響については、人工呼吸器をマグネット開口部から約 10 cm および 30 cm の所に置いた検討では呼吸器ありでそれぞれ  $9.07 \pm 0.11$  (10 cm),  $9.07 \pm 0.06$  (30 cm), 呼吸器なしで  $9.08 \pm 0.08$  (10 cm),  $9.07 \pm 0.07$  (30 cm) となり、差分画像のノイズに

呼吸器の有無による有意差を認めなかった。

SNR の検討では人工呼吸器をマグネット開口部から約 10 cm のところに置いた撮像では呼吸器ありで  $199.78 \pm 1.63$ , 呼吸器なしは  $200.95 \pm 1.57$  となり統計学的に有意差を認めた ( $p=0.01$ )。しかしながら人工呼吸器をマグネット開口部から約 30 cm に変更した撮像では呼吸器ありでは  $201.99 \pm 0.08$ , 呼吸器なしでは  $202.28 \pm 0.10$  となり、有意差を認めなかった (Table 2)。

## 考 察

神経変性疾患患者はその終末期に人工呼吸器管理になることも多く、このような症例でも MRI が撮像されることは少なくない<sup>5)</sup>。しかしながら、人工呼吸器などの医療機器をマグネット設置室内で使用するには、MR 安全、すなわち被検者や MR 装置使用者に危険を及ぼさないことが必須であり、また“MR 環境”の中で定められた使用条件に従えば MR 画像に悪影響を及ぼさないこと、また所定の機能を発揮することが求められる<sup>1)~3)</sup>。

ガス圧式搬送用人工呼吸器 CAREvent MRI には磁性体や電氣的に作動する構造は含まれておらず、マグネットに吸引される危険性やトルクの発生は回避されている<sup>6)</sup>。今回の磁場均一性への影響の検証では、ガス圧式搬送用人工呼吸器 CAREvent MRI の持ち込みによる MRS のスペクトラム、Cr 値および Cr ピークの半値幅への悪影響は見られなかった。MRS は磁場の均一性の影響を非常に受けやすく、MRS の測定を行った VOI の位置で半値幅に変化がないのであれば、測定を行った位置以外で半値幅に変化が現れるということは考えにくく、ガス圧式搬送用人工呼吸器 CAREvent MRI は磁場均一性に影響を及ぼさないと考えられた。

しかしながら、RF ノイズの影響に関する検

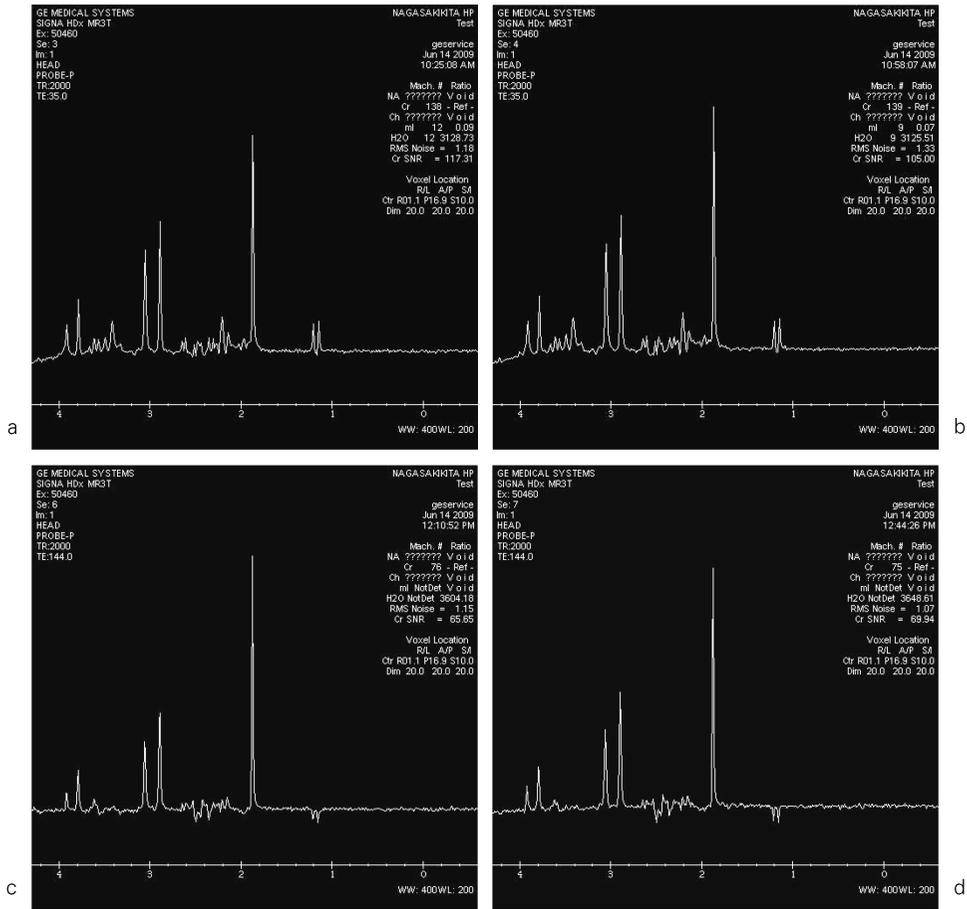


Fig. 1. MR spectra without and with ventilator. (a) and (b) are spectra at TE of 35 ms without and with ventilator, respectively. (c) and (d) are those at TE of 144 ms without and with ventilator, respectively. These showed no definite difference between spectra without ventilator and those with one.

Table 1. Creatinine Values and Full Width at Half Maximum (FWHM) of Creatinine Peaks at MR Spectroscopy

		control	ventilator	P-value*
Creatinine	TE 35 ms	139.95 ± 1.36	140.25 ± 1.07	NS
	TE 144 ms	75.70 ± 1.03	75.45 ± 1.50	NS
FWHM (Hz)	TE 35 ms	2.15 ± 0.15	2.10 ± 0.15	NS
	TE 144 ms	2.51 ± 0.09	2.48 ± 0.11	NS

\* : Cochran-Cox test/Welch's t-test

Table 2. Noise and Signal-to-Noise Ratio (SNR) at T<sub>1</sub>-weighted Spin Echo Images

	distance	control	ventilator	p-value
noise	10 cm	9.08 ± 0.08	9.08 ± 0.08	NS*
	30 cm	9.06 ± 0.07	9.07 ± 0.06	NS <sup>#</sup>
SNR	10 cm	200.95 ± 1.57	199.78 ± 1.63	P < 0.05 <sup>#</sup>
	30 cm	202.28 ± 0.10	201.99 ± 0.08	NS <sup>#</sup>

\* : Cochran-Cox test/Welch's t-test, <sup>#</sup> : one-tailed t-test

証では定められた使用条件であるマグネット開口部から約 30 cm のところに人工呼吸器を設置し撮像した T<sub>1</sub> 強調像では SNR に有意差が見られなかったが、約 10 cm の位置で作動させた撮像では有意差が認められた。RF ノイズを通常のノイズと区別して定量化するのは困難であり、RF ノイズを含む画像は結果的にノイズ成分が増えるため、今回は代替として SNR で RF ノイズを評価したが、人工呼吸器には磁性体は含まれておらず、電気的に作動する部品はないものの、“MR 環境”に全く影響を及ぼさないわけではないと考えられた。

### 結 語

今回我々が行った受け入れ試験の結果、ガス圧式人工呼吸器 CAREvent（ケアイベント）MRI は“MR 環境”の中で定められた使用条件に従えば MR 画像に悪影響を及ぼさないこと、また所定の機能を発揮することが確認でき

た。

### 文 献

- 1) 川光秀昭, 土橋俊男, 宮地利明, 杉本 博, 土井司, 村中博幸, 小倉明夫, 松田 豪, 奥秋知幸: 3T-MR 装置の安全性. 日放技学誌 2008; 64: 1575-1599
- 2) 日本磁気共鳴医学会安全性評価委員会監修. MRI 安全性の考え方第 1 版. 秀潤社, 2010
- 3) Williams EJ, Jones NS, Carpenter TA, Bunch CS, Menon DK: Testing of adult and paediatric ventilators for use in a magnetic resonance imaging unit. Anaesthesia 1999; 54: 969-974
- 4) 小倉明夫, 宮井 明, 前田富美恵: MR 画像の SNR 測定に関する基礎的検討. 日放技学誌 2003; 59: 508-513
- 5) Mirvis SE, Borg U, Belzberg H: MR imaging of ventilator-dependent patients: preliminary experience. AJR Am J Roentgenol 1987; 140: 845-846
- 6) CAREvent ATV+&MRI. <http://www.otwo.com/pdf/CAREvent%20ATV+MRI%202008.pdf>

## Phantom Evaluation of an Automatic Transportable Ventilator for Use on a 3-tesla MR System

Ryoichi KODAMA<sup>1</sup>, Makoto OCHI<sup>1</sup>, Masato SAKAI<sup>2</sup>,  
Takeshi IDEGUCHI<sup>1</sup>, Satoru KOURA<sup>1</sup>, Toshimasa FUJISHITA<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Department of Radiology, Nagasaki Kita Hospital  
800 Motomurago, Togitsucho, Nagasaki 851-2103*

*<sup>2</sup>GE Healthcare*

We tested the CAREvent® MRI Automatic Transportable Ventilator (O-Two Medical Technologies, Inc., Mississauga, Ontario, Canada) for use in a 3-tesla magnetic resonance (MR) system. On our GE Signa Excite HDx 3T, we tested magnetic field homogeneity and whether the test caused increase in radiofrequency noise. To test magnetic field homogeneity, we performed a standard spectroscopy sequence using a head coil and standard head phantom and found no significant change in spectral pattern and a full width at half maximum of creatinine peaks. To test whether the unit caused radiofrequency noise to increase, we acquired a spin echo T<sub>1</sub>-weighted image set on a head phantom and found no significant change in radiofrequency noise and signal-to-noise ratio. During the tests, the MR system did not affect the ventilation parameters. Tested in the 3T MR environment, the ventilator did not affect the image quality of diagnostic information, and the MR system did not affect its operation.