

## Multi-shot EPI による心機能評価の基礎的検討

中西 正, 谷為乃扶子, 秦良一郎, 平井伸彦,  
池田みどり, 小野千秋, 福岡治仁, 伊藤勝陽

広島大学医学部放射線医学教室

### 背景

心機能の評価は心疾患の病態の把握や予後の推定に有用であり臨床的に重要である。MRI での心機能評価は conventional なシネ MRI で行われてきたが、検査に時間がかかり心機能検査法として利用されることは現実的には少ない。近年 k-space segmentation を併用したシネ MRI である Fastcard 法などの高速シネ MRI により呼吸停止下での撮像が可能となり、心機能評価における有用性が期待されている<sup>1)</sup>。一方、エコープラナー法 (echo planar imaging; EPI) は一回の励起で全ての信号を得てしまう超高速撮像法であり、動きの激しい心臓などの撮像に有利な点も多いが、シネ撮像を行うグラディエントエコータイプの EPI では磁化率アーチファクトが強く、空間的な歪みや低い空間分解能が欠点として指摘されている<sup>2)</sup>。EPI を用いた心機能評価には従来法と同様にグラディエントエコータイプを用いるが、single shot EPI においては標準的な  $256 \times 128$  マトリックスで画像を得ようとする  $TE$  の延長を招き、時間分解能が低下する<sup>3)</sup>。心機能の評価にどれほどの時間分解能があればよいかは明確でないが、EPI の高速性を生かした心臓撮像の試みは意義があるものと考えられる。今回我々は高速シネ MRI よりも時間分解能が高い

範囲内で EPI を multi-shot 化し、高速シネ MRI と心機能パラメータを比較検討したので報告する。

### 対象および方法

対象は正常健常者 11 名 (男性 10 名, 女性 1 名) で平均年齢は 29.2 才であった。使用装置は GE 社製 Horizon Highspeed 1.5 T。心電図同期下に Fastcard 法 (8 views/segment) と gradient echo type の 8-shot EPI により息止めによる心臓撮像を施行した。撮像条件は背臥位で胸壁前面に GP Flex coil を置き, matrix =  $256 \times 128$ , FOV =  $28 \times 21$  cm, 7 mm thickness, 3 mm interval で axial scan を施行した。なお EPI では ramp sampling と flow compensation を併用した。Fastcard 法は k-space segmentation を併用した gradient echo 法で、一画像に割り当てる view 数を 8 とした。撮像条件は Fastcard 法では心電図同期にて TR/TE = 9.9/1.8 ms, flip angle =  $30^\circ$  で行い, EPI は最短の TR/TE を選択し, flip angle =  $60^\circ$  とした。撮像断面は体軸横断面にて施行し, 両心室をカバーできる範囲の撮像を施行した。今回の撮像条件において EPI の時間分解能は 55 ms, Fastcard 法の時間分解能は 72 ms となる。計測は対象一人につき観察者一回づつ

キーワード cardiac function, echo planar imaging, ventricular volume, left ventricular mass

の計測を行った。2名の観察者によりこれらの画像より manual trace を行い、計測値は2名の観察者の平均値を用いた。左心室について収縮末期容量、拡張末期容量、駆出率、心筋重量を、右心室については収縮末期容量、拡張末期容量、駆出率を求め、得られた値の相関を検討した。なお回帰性の解析は直線回帰分析を行った。また平均値の比較には paired t-test を用い、危険率5%未満を有意とみなした。

## 結 果

心機能のパラメータを求めるために用いた EPI の画像と Fastcard 法による画像の心位相の差は拡張期で 27 ms、収縮期で 18 ms であった。Fastcard 法と EPI の一連の画像を示す (Fig. 1)。Fastcard 法では脂肪抑制されていないために心筋の外縁のコントラストが全く異なる。客観的な評価を行っていないが心内腔のコントラストは全般的に Fastcard 法の方が良好であったが、特に拡張期においては EPI の方

が良好に判定できる症例もあった。心機能のパラメータについての比較を Fig. 2 に示す。左心室容量について EPI は Fastcard 法における計測値と良好な相関を示した ( $r=0.99$ )。左心室心筋重量 ( $r=0.86$ ) と左心室の駆出率 ( $r=0.80$ ) についてはある程度のばらつきのある計測値が得られた。一方、右心室容量についても左心室容量と同様に良好な相関を示したが ( $r=0.98$ )、EPI が Fastcard 法より過大評価する傾向にあった ( $p<0.05$ )。また右心室駆出率についての相関は不良な結果となった ( $r=0.57$ )。

## 考 察

心機能では左心室壁運動と心容量が重要な評価項目である。これらは心エコー法を中心として臨床応用されている。現在使用できる心機能評価のための MR 撮像法には通常のシネ MRI, Fastcard 法やその類似の撮像法の他に超高速撮像法である Echo-planar imaging (EPI)

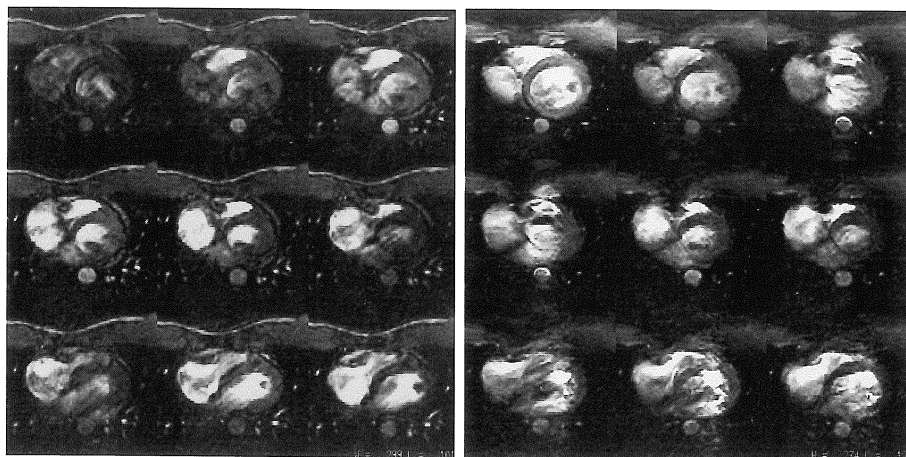


Fig. 1. Transverse cine MR images of the heart of a healthy person in the mid-left ventricular level. K-space segmented fast gradient echo images (left) and 8-shot echo planar images (right).

1997年9月18日受理 1997年10月30日改訂

別刷請求先 〒734 広島市南区霞 1-2-3 広島大学医学部放射線医学教室 中西 正

Multi-shot EPI による心機能評価

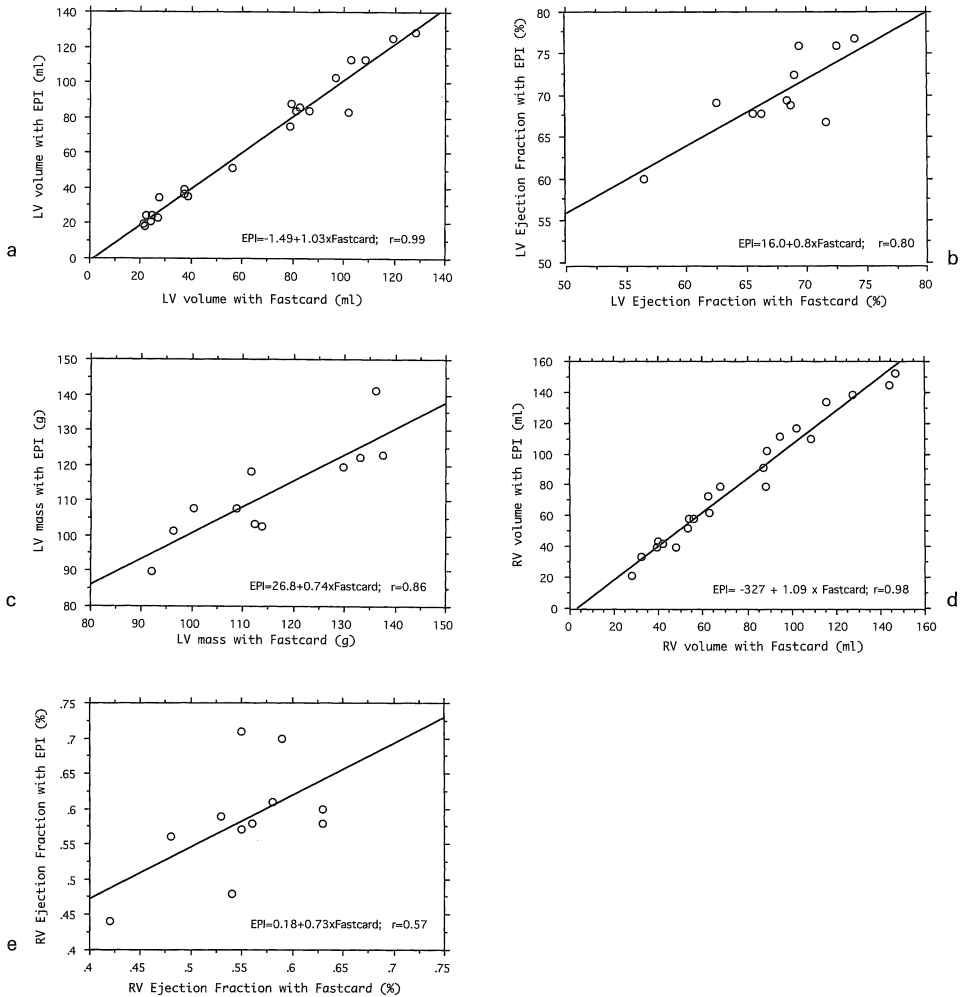


Fig. 2. a) left ventricular volume b) left ventricular ejection fraction c) left ventricular mass d) right ventricular volume e) right ventricular ejection fraction. Linear regression analysis was used to compare parameters of both ventricular function between Fastcard sequence and 8-shot echo planar imaging.

がある。EPIは新しい撮像法であり、高速シネMRIより時間分解能が高いものの、画像のゆがみや空間分解能およびS/Nの低いことが問題である<sup>4)</sup>。これに対しEPIをmulti-shot化することにより、画質の改善と時間分解能の向上が得られることから今後の発展が期待されている<sup>5)~7)</sup>。今回Fastcard法をgold standardとし、8-shot EPIの心機能パラメータ計

測値の信頼性について評価したが、容量については左心室容量は良好な相関が得られ、臨床的な有用性が示された。左心室心筋重量と駆出率については若干のばらつきがみられた。この原因として重量については撮像断面が左心室短軸像でなく体軸に対する横断面であったため特に下壁において計測値に差が出やすかったこと、EPIにおいては脂肪の信号抑制が必須である

ため、心筋外縁における manual trace の環境が異なることが挙げられる。また駆出率については正常健康人でのデータのみであり、値の範囲が狭かったことも影響している可能性がある。右心室容量で EPI が Fastcard 法に比して有意に高い値を示したが、これは右心室心筋が薄く EPI では脂肪が低信号を呈するため、血流腔が広く描出されたためである可能性があると思われる。

今回の撮像法の時間分解能は EPI と Fastcard 法についてそれぞれ 55 ms, 72 ms であり、一断面あたりの呼吸停止時間は 8 心拍および 12 心拍であった。

Rectangular FOV を使用すると Fastcard 法では撮像時間が短縮するが、EPI では TR と TE の短縮に伴い撮像枚数が増加し、時間分解能の向上が得られる。現在のシステムでは slew rate が 77 T/m/s と制限されているが、欧米の報告では 120 T/m/s 以上で EPI の臨床応用が可能であり、これらのシステムではより EPI の利点が増加するものと推察される。特に 4-shot 以下の EPI では心臓のシネ MRI が一回の呼吸停止時間内に終わらせる可能性があり、これが可能となると臨床的な有用性が高まる。壁運動の評価には単に今回求めた心容量や左心室心筋重量よりも高い時間分解能が要求される。この点について Fastcard 法は時間分解能を高めるためには segment あたりの view 数を減らす必要があるが、これは撮像時間の延長につながる。一方、EPI では現在でも 8-shot としても Fastcard 法よりも時間分解能が高くなることが可能である。今回体軸横断像にて行わざるを得なかった理由は、我々の施設では double oblique 断面の撮像では画像のゆがみが生じる頻度が高かったためである。今回断念したが、左心室壁運動などを評価するには短軸断面が適当であるので、今後検討していく必要が

ある。

## 結 論

Multi-shot EPI で心機能の評価はある程度可能である。標準的な空間分解能にて左心室壁運動を評価するには更なる時間分解能の向上が必要である。

## 文 献

- 1) Sakuma H, Fujita N, Foo TK, Caputo GR, Nelson S J, Hartiala J, Shimakawa A, Higgins CB : Evaluation of left ventricular volume and mass with breath-hold cine MR imaging. *Radiology* 1993 ; 188 : 377-380
- 2) Davis CP, McKinnon GC, Debatin JF, Wetter D, Eichenberger AC, Duwelling S, von Schulthess GK : Normal heart : evaluation with echo-planar MR imaging. *Radiology* 1994 ; 191 : 691-696
- 3) 中西 正, 田村彰久, 桑原将司, 藤田和志, 宮坂健司, 飯田 慎, 高畑弥奈子, 伊藤勝陽 : エコープラナー法による心臓撮像法の検討. *日磁医誌* 1997 ; 17 : 61-65
- 4) Edelman RR, Wielopolski P, Schmitt F : Echo-planar MR imaging. *Radiology* 1994 ; 192 : 600-612
- 5) Hunter GJ, Hamberg LM, Weisskoff RM, Halpern EF, Brady TJ : Measurement of stroke volume and cardiac output within a single breath hold with echo-planar MR imaging. *J Magn Reson Imaging* 1994 ; 4 : 51-58
- 6) Lamb HJ, Doornbos J, van der Velde EA, Kruij MC, Reiber JH, de Roos A : Echo planar MRI of the heart on a standard system : validation of measurements of left ventricular function and mass. *J Comput Assist Tomogr* 1996 ; 20 : 942-949
- 7) Wetter DR, McKinnon GC, Debatin JF, von Schulthess GK : Cardiac echo-planar MR imaging : comparison of single- and multiple-shot techniques. *Radiology* 1995 ; 194 : 765-770

## Evaluation of Cardiac Function Using Multi-shot Echo Planar Imaging

Tadashi NAKANISHI, Nobuko TANITAME, Ryoichiro HATA,  
Nobuhiko HIRAI, Midori IKEDA, Chiaki ONO,  
Haruhito FUKUOKA, Katsuhide ITO

*Department of Radiology, Hiroshima University School of Medicine  
1-2-3 Kasumi, Minami-ku, Hiroshima 734*

Assessment of cardiac function is important for treatment of cardiac diseases. MR imaging for this purpose has been performed with conventional cine MR imaging and k-space segmented fast gradient echo sequence. Echo planar imaging is a recently developed and available sequence with very short acquisition time. In this study, we performed multishot echo planar imaging (8 shot, TR/TE/FL=55 ms/18 ms/60 degrees) and k-space segmented fast gradient echo sequence (8 views per segment, TR/TE/FL=9.9 ms/1.8 ms/30 degrees) to assess cardiac function in healthy volunteers. Transaxial sections of the entire heart were obtained with both sequences in ECG triggered, breath hold, and with a  $256 \times 128$  matrix. Resulting temporal resolution was 55 ms for echo planar imaging, and 71 ms for k-space segmented fast gradient echo sequence, respectively. Ventricular volume and ejection fraction of both ventricles and left ventricular mass obtained with multi-shot echo planar imaging were assessed in comparison with k-space segmented fast gradient echo sequence. Measurements of left ventricular volume ( $r=0.99$ ), ejection fraction ( $r=0.8$ ) and mass ( $r=0.86$ ) obtained with multi-shot echo planar imaging demonstrated close correlation with those obtained with k-space segmented fast gradient echo sequence. Right ventricular volumes ( $r=0.98$ ) obtained with echo planar imaging were significantly higher than those obtained with k-space segmented fast gradient echo sequence ( $p<0.05$ ). This tendency is considered to be due to differing contrast between right ventricular myocardium and fat tissue observed with echo planar imaging relative to that observed with fast gradient echo sequence, because fat suppression is always performed in echo planar images. Multi-shot echo planar imaging can be a reliable tool for measurement of cardiac functional parameters, although wall motion analysis of the left ventricle requires higher temporal resolution and a short axial section.