

心臓 tagging 法を用いた cine MRI による健常者における 左室内血流動態の検討

坂倉一義¹, 安野直子¹, 近藤 武², 黒川 洋¹,
菱田 仁¹, 渡辺佳彦¹, 水野 康¹, 安野泰史²,
片田和廣², 山口弘次郎³, 木造大夏³, 古賀佑彦³,
杉石宗隆⁴

¹藤田保健衛生大学医学部内科
³同 医学部放射線医学教室

²同 衛生学部診療放射線技術学科
⁴杉石病院内科

はじめに

心臓 cine MRI は非観血的検査法であり撮像断面が自由に設定できるので、心機能評価、弁逆流の評価などにおいてその有用性が高く評価されている¹⁾。さらに近年心筋 tagging 法が開発され、心臓の動きが精細に検討できるようになった²⁾。本研究の目的は tagging 法を用いて左室内の血液に目印をつけ、収縮早期における左室内の血流速度分布を計測することにある。

対 象

健常男性 5 名、年齢 22 歳～42 歳、平均年齢 28 歳を対象とした。

方 法

(1)装置

0.5 T 超電導型磁気共鳴イメージング装置 (東芝製 MRT-50 A) を用いた。

(2)撮像方法

a) 撮像断面 我々がすでに報告した方法³⁾、す

なわち chain oblique 法を用いて心電図非同期 gradient field echo (FE) 法により、左室水平長軸断面 (四腔断面) を得た。

b) 左室水平長軸断面の撮像 Rephasing pulse を加えた心電図同期 FE 法 (TR=50 ms, TE=22 ms, FA=30 度, スライス厚=10 mm, matrix=160×320, NEX=2～4 回, FOV=30 cm) により、1 心周期あたり 9～16 フレームの多位相のシネイメージを得た。

c) Tag の設定 各心周期において心電図 R 波に引き続いて、撮像断面に直交する 5 mm 幅の 180°RF pulse, および spoiler gradient により特定の部位を presaturate して、実際に得られる撮像断面上に無信号帯 (tag) を作成した (Fig. 1,2)。左室水平長軸断面上で左室心基部側・左室中央・心尖部側の 3 ヶ所に左室長軸に直交する tag をそれぞれ 1 本ずつ設定した。

d) Tag 移動距離の計測 計測部位は 1 本の tag についてそれぞれ心室中隔側・中央部・自由壁側の 3 ヶ所とし、それらの部位の tag の移動距離 (左室内平均血流速度) を心電図 R 波より 70 ms, 120 ms の 2 時相において計測した。しかし、心基部側の tag は①移動量が大きく大動脈

キーワード magnetic resonance imaging, tagging method, flow pattern of left ventricle

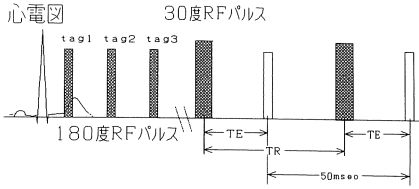


Fig.1. Schematic explanation of the pulse sequence in this study.

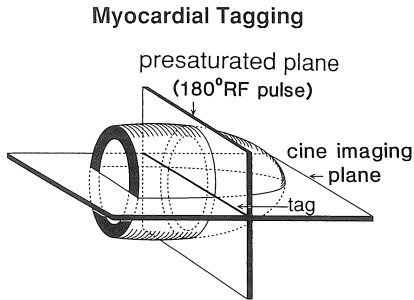


Fig.2. Schematic explanation of tagging and cine imaging planes.

へ流出してしまうこと、② tag 幅が時間とともに拡大し tag が不鮮明化することなどから今回の検討から除外した。したがって、計測部位は合計 6 ヶ所とした。

結 果

(1) 実例

Fig.3 上は心電図 R 波から 70 ms 後の画像である。Presaturation から断面撮像までの間に約 50 ms 前後の時間遅れがあるため、この間に血液が移動し左室壁と左室内腔の tag には明瞭なズレが認められた。Fig.3 下はさらに 50 ms 後の画像で、tag の移動量は大きくすべての tag は流出路方向に向かって移動した。

(2) 計測結果

a) 心電図 R 波より 20~70 ms 間の左室内平均

血流速度 (Fig.4) 流出路方向を正、心尖部方向を負とすると、左室中央のレベルでは中隔側 (A) で 73.0 ± 15.6 mm/s, 中央部 (B) で 39.4 ± 38.1 mm/s, 自由壁側 (C) では -55.2 ± 33.6 mm/s となり、自由壁側では心尖部に向かう血流が認められた。心尖部側のレベルでは、それぞれ 54.5 ± 50.6 mm/s (D), -36.0 ± 35.4 mm/s (E), -16.3 ± 36.3 mm/s (F), と左室中央から自由壁側にかけて

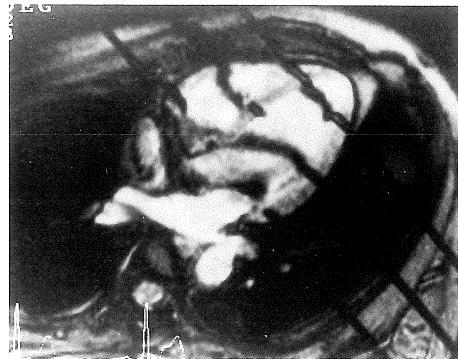
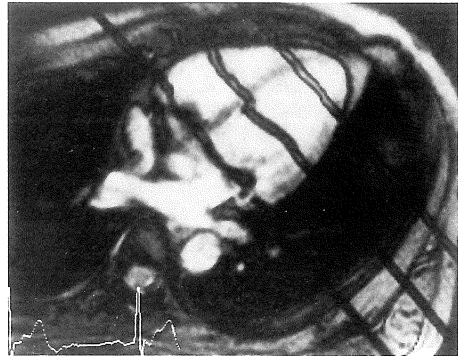


Fig.3. Tagging cine MR images in normal volunteer. Upper picture : At 70ms after the trigger point, the tagged blood shifted from the tagged myocardium. Lower picture : At 120ms after trigger point, the tagged blood shifted toward LV outflow tract already. Especially, the tag of basal portion had flowed out to aorta in this time.

1991年9月24日受理 1991年11月27日改訂

別刷請求先 〒470-11 豊明市沓掛町田楽ヶ窪1-98 藤田保健衛生大学医学部 水野内科 坂倉一義

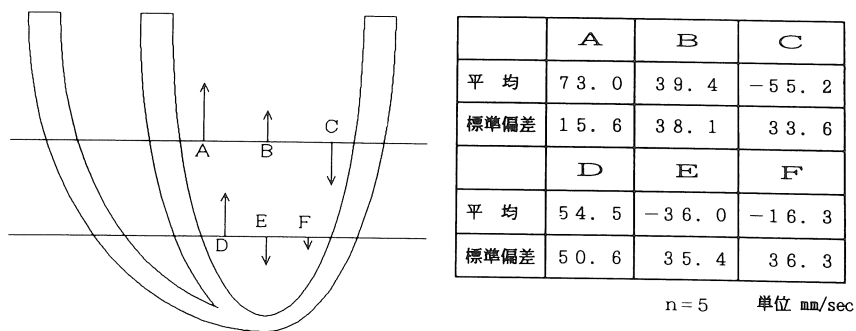


Fig.4. Mean blood flow velocities on each sampling point of intra LV at 70ms after the triggered QRS wave. The direction to LV apex was indicated as minus. Each tagged blood at A, B and D had flowed toward the LV outflow tract, on the other hand, at C, E and F toward the apex.

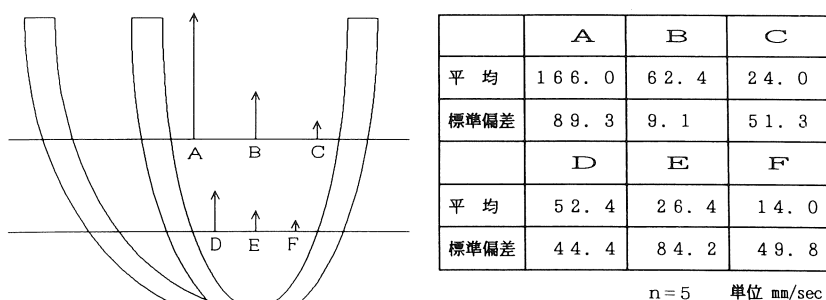


Fig.5. Mean blood flow velocities on each sampling point of intra LV at 120ms after the triggered QRS wave. All the tagged blood had flowed toward the LV outflow tract. The maximum blood flow velocity (166.0mm/s) was observed at the near site of IVS on middle portion of LV.

心尖部方向に向かう血流が認められた。

b) 心電図 R 波より 70~120 ms 間の左室内平均血流速度 (Fig.5) この時相ではすべての部位において血流は流出路方向に向かい、左室中央のレベルの中隔側(A)で 166.0 ± 89.3 mm/s、中央部(B)で 62.4 ± 9.1 mm/s、自由壁側(C)では 24.0 ± 51.3 mm/s、また、心尖部のレベルではそ

れぞれ 52.4 ± 44.4 mm/s (D)、 26.4 ± 84.2 mm/s (E)、 14.0 ± 49.8 mm/s (F)であった。

したがって左室中央レベルにおける中隔側の血流が最も速かった。

考 察

従来の SE 法による MR 画像には血流情報が含まれており、比較的遅い血流は高信号領域として、速い血流・乱流は無信号領域として表現され、各種疾患の診断に利用されている⁴⁾。また、FE 法による心臓 cine MRI 法では造影剤を使うことなく心腔内の血液の流れが観察でき、弁逆流や短絡血流が flow void として評価できる⁵⁾。しかし従来の MRI 法では心大血管の血流速度の定量的評価は不可能であった。その後、bolus tracking 法⁶⁾が出現し、大血管などの直線的な管腔内の血流速度の定量的な評価が可能となったが、血液以外の画像が得られないため心内腔の複数箇所を計測する際、部位の同定が困難なこと、また、屈曲した管腔では移動距離の測定が困難となるなど、臨床応用には問題がある。そこで本研究では presaturation を応用した心臓 tagging 法²⁾を用いて左室内の血液に無信号の帯 (tag) を作成し、その移動距離から収縮早期の左室内血流速度を計測した。左室内血行動態はすでに超音波 Doppler 法による検討が数多くなされており^{7,8)}、拡張後期に心房収縮により左室自由壁側に流入した血液は、次の収縮早期にはその慣性により心尖部方向に向かうと報告⁷⁾されている。これは本研究の結果と一致するものであった。したがって、収縮早期には四腔断面上で、左室自由壁→心尖部→心室中隔→流出路の順に渦状の流れが存在するものと考えられた。しかし、本研究のように心電図 R 波の一定時間後に一連の presaturation を 1 回行うのみの pulse sequence では、流速が速い部位では presaturate された血液が撮像視野から流出してしまうこと、左室内血液の各部位における速度の違いにより tag の幅が広がること、時間に伴い tag の信号が回復し不鮮明になることなどにより、tag を設定してから一定時間内でしか流速測定が行えないという問題点がある。したがって本法では、1 心周期を通しての血流計測は不可能であると考えられた。しかし、収縮早期に限られた時相における左室内血流動態の評価には、本法は非観血的で、日常臨床においても簡

単に利用可能な優れた方法であると考えられた。

ま と め

- (1) presaturation による tagging 法を用いた心臓シネ MRI 法により収縮早期左室内血流動態について検討した。
- (2) 収縮早期 (70 ms 後) において左室中央から自由壁側の部位で心尖部に向かう血流を認めた。
- (3) 心室中隔近傍の血流が最も速く、心電図 R 波より 70~120 ms 後の時点における平均流速は 160 mm/s であった。

文 献

- 1) Sechtem U, Pflugfelder P, Higgins C B : Quantification of cardiac function by conventional and cine magnetic resonance imaging. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 10 : 365, 1987.
- 2) Elias A, Davit M P, Walter J R, et al. : Human heart : Tagging with MR imaging-A method for noninvasive assessment of myocardial motion. *Radiology*, 60 : 59-63, 1988.
- 3) 近藤 武, 安野泰史, 瓜谷富三, 他 : Cine MRI による左室容積の算出と各種心疾患への臨床応用. *心臓* 22 : 63-72, 1990.
- 4) 渡辺 滋, 小林史朗, 榊原 誠, 他 : MRI による血流の評価. *脈管学*, 28 : 1235-1241, 1988.
- 5) Pflugfelder P W, Sechtem U P, White R D, et al. : Noninvasive evaluation of mitral regurgitation by analysis of left atrial signal loss in cine magnetic resonance. *Am Heart J*, 117 : 1113-1119, 1989.
- 6) Shimizu K, Matsuda T, Sakurai T, et al. : Visualization of moving fluid : Quantitative analysis of blood flow velocity using MR imaging. *Radiology*, 159, 195-199, 1986.
- 7) Paul J G, Oi L K, David C B, et al. : Assessment of abnormal systolic intraventricular flow patterns by Doppler imaging in patients with left ventricular dyssynergy. *Circulation*, 82 : 95-104, 1990.
- 8) 中村隆志, 北村浩一, 古川啓三, 他 : 心室中部閉塞性肥大型心筋症の左室内血流動態 : 超音波ドップラー法による検討. *J Cardiol*, 19 : 455-471, 1989.

Evaluation of Early Systolic Flow Pattern in Left Ventricle by Tagging Cine MRI in Normal Volunteers.

Kazuyoshi SAKAKURA¹, Naoko ANNO¹, Takeshi KONDO²,
Hiroshi KUROKAWA¹, Hitoshi HISHIDA¹, Yoshihiko WATANABE¹,
Yasushi MIZUNO¹, Hirofumi ANNO², Kazuhiro KATADA²,
Kojiro YAMAGUCHI³, Taika KIZUKURI³, Yoshihiko KOGA³,
Munetaka SUGIISHI⁴

¹*Department of Internal Medicine, Fujita Health University, School of Medicine
1-98 Dengakugakubo, Kutsukake-cho, Toyoake, Aichi 470-11*

²*Department of Radiological Technology, Fujita Health University, School of Health Sciences*

³*Department of Radiology, Fujita Health University, School of Medicine*

⁴*Department of Internal Medicine, Sugiishi Hospital*

The tagging method is a new technique, which permits to apply discretionary lines (tags) on MR images. To evaluate intra left ventricular (LV) flow pattern, we performed ECG-gated gradient field echo cine MRI using tagging method in five normal male volunteers, aged 22-42years. The horizontal long axis view of LV was imaged by multiphasic field echo pulse sequence. The three parallel tags (basal, middle and apical portion) were established on the horizontal long axis view of LV just after the triggered QRS waves. And the initial two images (70ms and 120ms after the triggered QRS waves) were analyzed. On the two tags (middle and apical portion) of these three tags, we measured the distance of displacement of the tags on three points (the near site of IVS, middle portion and the near site of free wall) respectively. At 70ms after the trigger point, the only tagged blood at the near site of free wall flowed toward the apex.

At 120ms after the trigger point, all the tagged blood flowed toward the outflow tract of LV. And the maximum blood flow velocity was observed at the near site of IVS on middle portion of LV (166.0mm/s). These results coincided with earlier studies by Doppler echocardiography. But we could not observe intra LV blood flow patterns throughout one cardiac cycle in this pulse sequence, because the tags had flowed out from LV and had become unclear due to spin relaxation and mixing. We concluded that the tagging method was useful to evaluate intra left ventricular blood flow patterns in early systolic phase.