

Black-blood 法での心臓撮像における血液信号の検討

中西 正, 山田貴之, 田村彰久, 宮坂健司,
高畑弥奈子, 小野千秋, 梶間敏男, 伊藤勝陽

広島大学医学部放射線医学教室

はじめに

心大血管における MRI の有用性の一つに造影剤を使用せずに血流腔を高分解能で描出できる点が挙げられてきた。特に左心室心筋と内腔の明確な区別は重要であり、形態における評価において基礎となるものである。MRI による心機能の評価にはシネ画像が得られる血流を bright とするグラディエントエコー法が、心筋形態や性状評価には血流を black にする心電図同期スピンエコー法が使用されてきた。ところが心電図同期スピンエコー法では拡張期などにしばしば心内腔に血流信号が発生し、症例によっては MRI の臨床的な有用性を左右する重要な現象となることがある。また心筋性状評価に用いるガドリニウム製剤は血液の T_1 を短縮させ、信号は一般に増強し、motion artifacts などと重なって画像の劣化を招いてきた。

末梢血管においては直線的な血管構造の場合と同様に上流に presaturation pulse をかけることにより、比較的容易に black-blood が実現するが、血管構造が絡まっているような複雑な心内血流腔はこのような手法では困難であった。これらの欠点を克服する方法の一つとして近年注目されているのが、いわゆる black-blood 法である^{1)~4)}。Black-blood 法は non-selective と selective IR pulse の pair を prepara-

tion pulse として用いることにより血流信号を抑制する撮像法で、特に心臓撮像における有用性が期待されている^{1)~4)}。この手法は結果として心臓全体に血流抑制効果をもたらしながら、acquisition slice のみの信号収集を可能にする巧妙な方法である。

しかしながら我々の使用経験ではこの方法でも血液による信号が残存し、診断に支障をきたしうと考えられたので、今回 black-blood 法における血液信号とその回避方法について検討した。

対象および方法

対象は正常健常者 5 名と虚血性心疾患患者 18 名である。使用装置は GE 社製 Signa Horizon Echospeed 1.5T。撮像は背臥位で巻型の phased array coil を使用し、matrix=256×128, FOV=35 cm, 7 mm 厚, 3 mm 間隔で acquisition には fast SE 法 (echo train=16, TR/TE=2RR 間隔/80 ms) を用い、撮像時間は 16 心拍間であった。なお TI は血液信号抑制に最適な時間を自動的に設定した (HR=60 の場合, TI=642.5 ms)。また患者群では脂肪抑制のため、3 番目の spectral inversion pulse を追加した撮像を行った。スライス厚が 5 mm, 10 mm 厚の撮影も行い、左心室心筋内膜面に

キーワード black-blood, myocardium, blood signal, inversion recovery

出現する血液の信号について検討した。この信号は心筋の1/4を超える厚さをもつ場合に陽性と判定した。また selective inversion pulse のスライス厚を実際のスライス厚の等倍、1.5倍、2倍と変化させて撮像した。撮像断面は水平および垂直長軸、並びに短軸断面は心基部と心尖部およびその中間の3レベルの5断面とした。なお、心内膜側の信号が心筋か血液かの鑑別にはシネMRI, Fastcard法 (8 views/segment) を参考にした。

結 果

正常健常者における左心室水平長軸における black-blood 法の呼吸停止下高速スピネコー法撮像による画像を示す (Fig. 1)。正常健常者において全例でスライス厚7 mm では心尖部よりの左心室心筋内膜面に沿って心筋壁の1/3~1/2 に及ぶ厚さの不均一な高信号域が認

められた。この信号域は長軸断面において最も明瞭に観察できたが、この断面と直交する短軸断面では全周性の信号域であった。スライス厚は10 mm とするとこの信号域は増強し、5 mm では減弱ないし消失した。また selective inversion pulse のスライス厚を等倍から1.5倍、2倍と変化させると信号域は増大した (Fig. 2)。虚血性心疾患患者では18例中7例 (39%) に上記の信号域を認めたが、壁運動の弱い梗塞巣に好発する傾向はなく (Fig. 3)、正常健常者と同様に長軸断面では心尖部寄りに出現した (Fig. 4)。正常健常者と虚血性心疾患患者において心基部レベルでは信号は生じなかった。心拍数との関連では患者群では血液信号が出現した群で R-R 間隔が短い傾向にあったが (信号あり 891 ± 96 ms, 信号なし 789 ± 198 ms), 統計学的な有意差は認めなかった ($p=0.22$)。

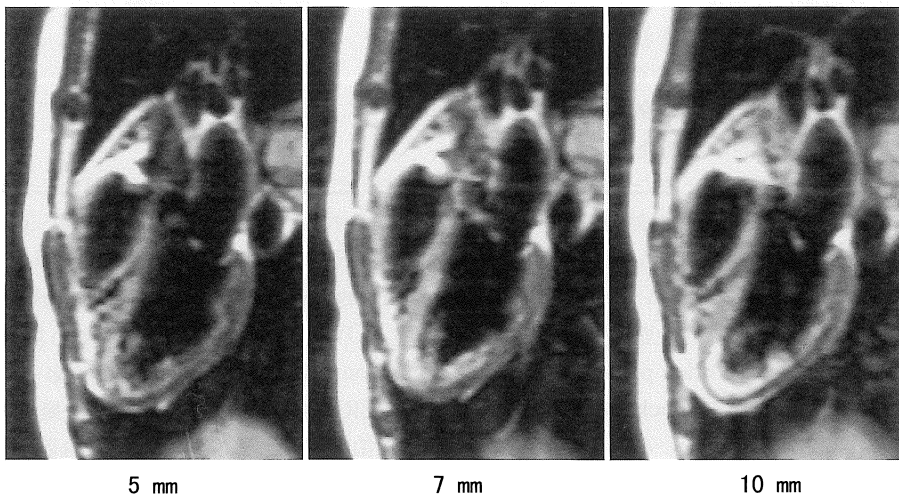


Fig. 1. Left ventricular transverse long axis MR images of the heart of a healthy person. Cardiac images with various slice thickness (5, 7, and 10 mm) and a same acquisition thickness in long axis view. Note that high intense band-like area adjacent to inner surface of left ventricular wall is accentuated according to increased section thickness.

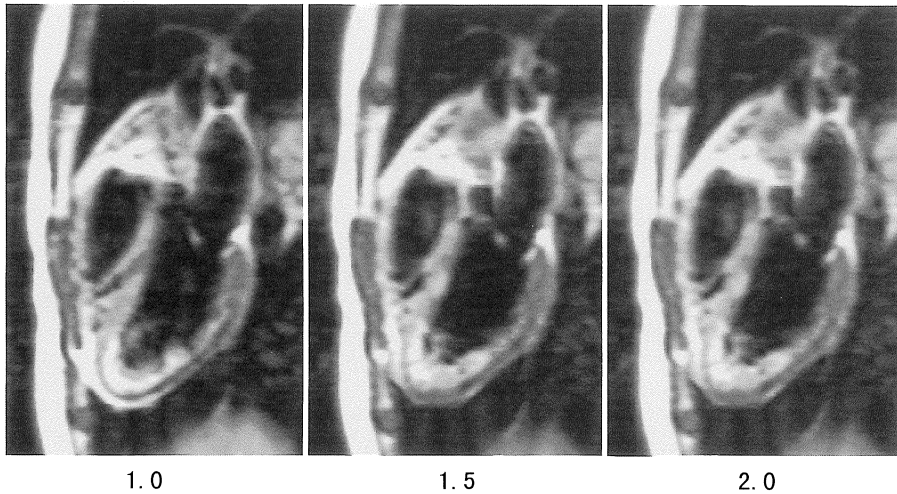


Fig. 2. Cardiac images with a same slice thickness and various widths of selective inversion pulse. Wider high intense band along inner surface of left ventricular apex is apparent with larger width of a selective inversion pulse.

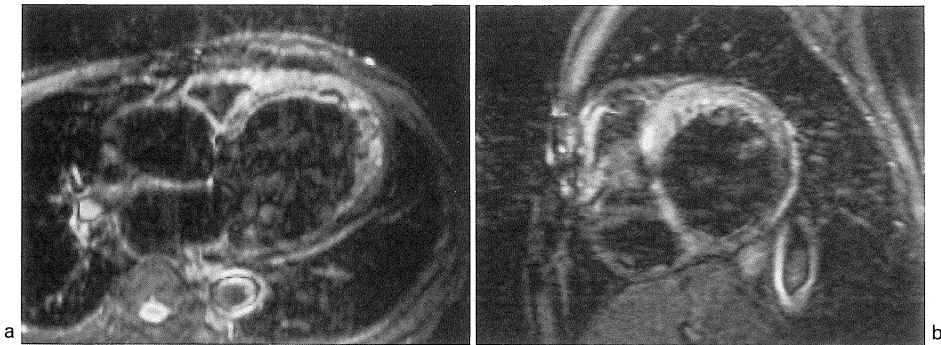


Fig. 3. 55-year-old man with old myocardial infarction
(a) Vertical long axis view, (b) Basal short axis view.

Note that MR images showed no blood signal even adjacent to thin inferolateral wall.

考 察

スピンエコー法では血流が十分速く停滞血流がない場合は血流腔内で血流と血管壁ないしは心筋内壁との境界は明瞭である。しかし正常な場合でも拡張期などには心内腔の血流信号はよく観察される。MRIは空間分解能が高いため内膜側と外膜側の区別ができるが、しばしば内膜側に血流信号が出現し、内膜側に限局した

高信号域との鑑別が困難となる。特に造影 T₁ 強調画像や T₂ 強調画像においては診断に支障をきたす可能性が指摘されている。この現象を回避し明瞭な血流信号の抑制が期待できる撮像法として non-selective と selective IR pulse の pair を preparation pulse として用いる black-blood 法が応用されている^{1)~4)}。Black-blood 法は血流信号を除去するので、心大血管領域の呼吸停止下の撮像において有用な手法であるとき

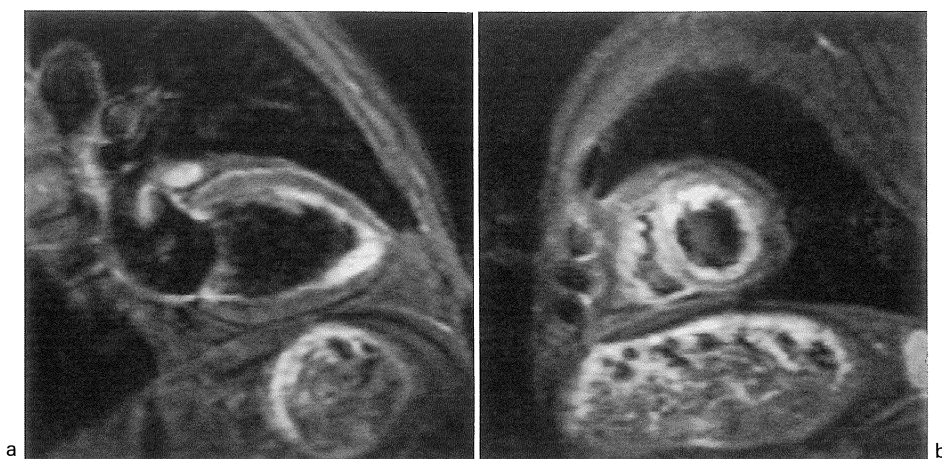


Fig. 4. 76-year-old man who suffered from old myocardial infarction
 (a) Horizontal long axis view, (b) Apical short axis view.
 MR images showed high signal intensity band along inner surface near apex.
 Slight thinning and reduced signal at inferolateral myocardial wall was observed.

れている。この撮像法では動いているものは理論的には信号を出さないので、血管腔内の信号はいわゆる血流による信号とは異なるため、区別する意味で今回“血液”信号と称した。健常人での左心室壁運動は良好であるので、血液が左心室内面に停滞し、壁と同様の動きをする場合は少ないと思われ、問題となる頻度は低いことが予想されたが、程度の差はあれ全例に認められたため、この信号の認識と対処法は black-blood 法を臨床応用する上で重要であると考えられる。一方、心筋の信号に関しては理論的に動きの悪い心筋梗塞巣はあまり移動しないのに対して正常部は動きが大きいので、selective IR pulse のスライス厚を acquisition slice より厚くしないと心筋の信号が低下する可能性がある。Simonetti ら¹⁾はこれを2倍のスライス厚にして応用しているが、我々の今回の検討では等倍のスライス厚にしても内膜側の血液信号が生じたが、2倍のスライス厚ではこの信号が更に強調される傾向にあった (Fig. 2)。長軸方向の撮像で認められた血液信号の程度は様々であったが、長軸での血液信号はそれに直交する

短軸断面でも認められることが多く鑑別的手段としては用いられない。薄いスライス厚の撮像あるいは、高速シネMRIなどの bright blood の撮像法を追加するしかないが、この場合再撮像を行うため、必ずしも部位が一致しないという問題点があると思われる。近年血管壁の atheromatous plaque 評価の目的で、完全に血管内の信号を抑制するために、造影剤の T₂*短縮効果を利用した報告もあるが⁴⁾、心筋に対する造影効果も及ぶため、心筋をターゲットとした評価法は現時点では不明瞭と思われる。Acquisition を高速グラディエントエコー法で行っている報告もあるが³⁾、susceptibility artifact の点も考慮すると形態のみでなく心筋性状の評価には安定した T₂強調画像を得られる高速スピンエコー法の方が適していると考えられる。

結 論

Black-blood 法における心筋内膜面の心尖部より好発する血液信号は心筋の異常信号域と

紛らわしい。現時点での対処としては薄いスライスの撮像あるいは高速シネ MRI などの撮像法の追加が有用と考える。

文 献

- 1) Simonetti OP, Finn JP, White RD, Laub G, Henry DA : "Black blood" T₂-weighted inversion-recovery MR imaging of the heart. *Radiology* 1996 ; 199 : 49-57
- 2) Croisille P, Guttman MA, Atalar E, McVeigh ER, Zerhouni EA : Precision of myocardial contour estimation from tagged MR images with a "black-blood" technique. *Acad Radiol* 1998 ; 5 : 93-100
- 3) Sinha S, Sinha U : Black blood dual phase turbo FLASH MR imaging of the heart : *J Magn Reson Imaging* 1996 ; 6 : 484-494
- 4) Eubank WB, Schmiedl UP, Yuan C, Black CD, Kellar KE, Ladd DL, Nelson JA : Black blood magnetic resonance angiography with Dy-DTPA polymer : effect on arterial intraluminal signal intensity, lumen diameter, and wall thickness. *J Magn Reson Imaging* 1998 ; 8 : 1051-1059

Evaluation of Blood Signal in Cardiac MR Imaging Using "Black-blood" Technique

Tadashi NAKANISHI, Takayuki YAMADA, Akihisa TAMURA,
Kenji MIYASAKA, Minako KOHATA, Chiaki ONO,
Toshio KAJIMA, Katsuhide ITO

*Department of Radiology, Hiroshima University School of Medicine
1-2-3 Kasumi, Minami-ku, Hiroshima 734-8551*

Degradation of image quality encountered in cardiac imaging has been attributed to flowing blood signal in the ventricular cavity. To solve this problem, a sequence in which a pair of selective and non-selective inversion pulse is used for a preparation pulse, has been proposed. However, even with this sequence we frequently observed the signal in the blood pool caused by blood itself rather than blood flow. In this article, we investigated the characteristics of those signals. Five healthy normal volunteers and 13 patients with ischemic heart disease were scanned with a 1.5-tesla MR imager. Breath-hold ECG gated fast spin echo with the pair of inversion pulses was performed to obtain cardiac images with T₂ contrast. Typical blood signal appeared as inhomogeneous high intense band adjacent to inner surface of left ventricular apex. At ventricular base, no such signal was encountered even at akinetic myocardium in patients with old myocardial infarction. This signal was observed in all volunteers and 39% of patients. Decrease of TR resulting from tachycardia tended to reduce the blood signal in the left ventricular cavity. Thicker slice section and selective inversion pulse tended to increase the blood signal. Recognition of the signal is essential to differentiate true myocardial infarcts from blood signal, although bright blood imaging like gradient echo or thinner section can partly be helpful.