

頸動脈プラーク撮像法の コントラストの比較

Comparison of the Contrast between the Imaging Methods for the Carotid Plaque

服部 尚史 ¹⁾	Naofumi Hattori	長谷川 誠 ²⁾	Makoto Hasegawa
中野 晃枝 ¹⁾	Tomoe Nakano	飯塚 有応 ²⁾	Yuo Iizuka
岩淵 聡 ³⁾	Satoshi Iwabuchi	五味 達哉 ²⁾	Tatsuya Gomi

¹⁾東邦大学医療センター大橋病院 放射線部

²⁾東邦大学医療センター大橋病院 放射線科

³⁾東邦大学医療センター大橋病院 脳神経外科

Spin echo T1WI (SE-T1WI)は頸動脈プラークの性状を良く反映している。しかしスライス方向の分解能が低い欠点がある。近年、頸動脈プラークの診断に3 dimensional fast SE (3D-FSE)法が用いられている。しかしSE-T1WIと3D-FSE法を比較した検討はない。今回われわれはradial scanを用いたRADial Acquisition Regime SE (RADAR-SE)とvariable refocusing flip angle FSE (VRFA-FSE)の2法のblack blood法においてコントラストとsignal intensity ratio (SIR)を比較した。ファントムを用いた検討ではVRFA-FSEがRADAR-SEに比べ高いコントラストを示した。またSIRは低い濃度のファントムではVRFA-FSEとRADAR-SEに有意差は見られなかったが、高い濃度のファントムではVRFA-FSEが高い値を示した。以上からVRFA-FSEは特に頸動脈プラークの分布の診断に有用であると考えられた。

Spin echo T1 weight imaging (SE-T1WI) reflects properties of the carotid plaque. However, the resolution of the slice direction is low. Recently, 3 dimensional fast SE (3D-FSE) has also been used for carotid plaque, but there is no report to date that compares the contrast of SE-T1WI with 3D-FSE. The purpose of this study is to compare the contrast of RADial Acquisition Regime SE (RADAR-SE) using radial scan and variable refocusing flip angle 3D-FSE (VRFA-FSE). In the evaluation of Gd-DTPA phantom, the contrast of VRFA-FSE was higher than RADAR-SE. In the low concentration phantom, the signal intensity ratio (SIR) was equivalent between the two methods, but the SIR of VRFA-FSE was higher for the high-concentration phantom. Based on these findings, it is thought that VRFA-FSE is useful for the evaluation of the distribution of carotid plaque.

Key Words: Magnetic Resonance Imaging, Plaque Imaging, T1-weighted Image, Signal Intensity Ratio

1. はじめに

頸動脈プラークは頸動脈内腔の狭窄や閉塞を来すだけでなく、脆弱な頸動脈プラークは脳梗塞の重大なリスク要因の一つである¹⁾。MRIにおける頸動脈プラークの脆弱性の評価には頸動脈血流信号を抑制したblack blood (BB)法が広く用いられている²⁾。しかし、頸動脈プラーク撮像法には、①心電図同期を用いたdouble Inversion Recovery法、②radial scan法、③可変フリップ角(variable refocusing flip angle : VRFA)を用いた3 dimensional (3D)fast spin echo (VRFA-

FSE)法などの手法があり³⁾、撮像方法の相違によってプラークのコントラストが異なるという問題点がある。これに対しspin echo (SE)法のプラーク信号は頸動脈プラークの性状と良い相関があると言われている⁴⁾。当院では、spin echo-radial scan法であるRADial Acquisition Regime (RADAR)-SE法とVRFA-FSE法であるisoFSEの2法を用いて頸動脈プラークを対象に撮像を行っている。

RADAR-SEは1 TRに1エコーを収集するためコントラ

トはcartesian法のSE法と同等であり⁵⁾、良好なコントラストが得られるが、2 dimensional(2D)撮像であるため、スライス方向の分解能が低い欠点がある。一方、VRFA-FSEであるisoFSEは3D-isotropic撮像であるためmulti planar reconstruction(MPR)を作成することが可能であり(図1)、RADAR-SEの欠点であるスライス方向の分解の低さを補える可能性があるが、コントラストの比較評価は現在までされていない。

2. 目的

当院で使用している頸動脈プラーク撮像法であるRADAR-SEとisoFSEのT1 weighted image(T1WI)におけるコントラストの比較を行う。また、通常ではRADAR-SEで用いている頸動脈プラークの性状をカラーで表示するsignal intensity ratio(SIR) Map(図2)をisoFSEに適用した際の影響を検証する。

3. 使用機器・方法

全ての撮像はECHELON Vega*を用いて撮像を行った。

撮像条件はRADAR-SEでは、水平断、repetition time(TR):500ms、echo time(TE):15ms、field of view(FOV):18cm、スライス厚:4mm、matrix:256×404、スライス枚数:9枚、撮像時間:6分45秒。isoFSEでは、水平断、TR:500ms、TE:12ms、FOV:20cm、スライス厚:1mm、matrix:192×192、スライス枚数:180枚、撮像時間:5分41秒である。

両撮像法ともに血流信号抑制を目的として、スライスの上

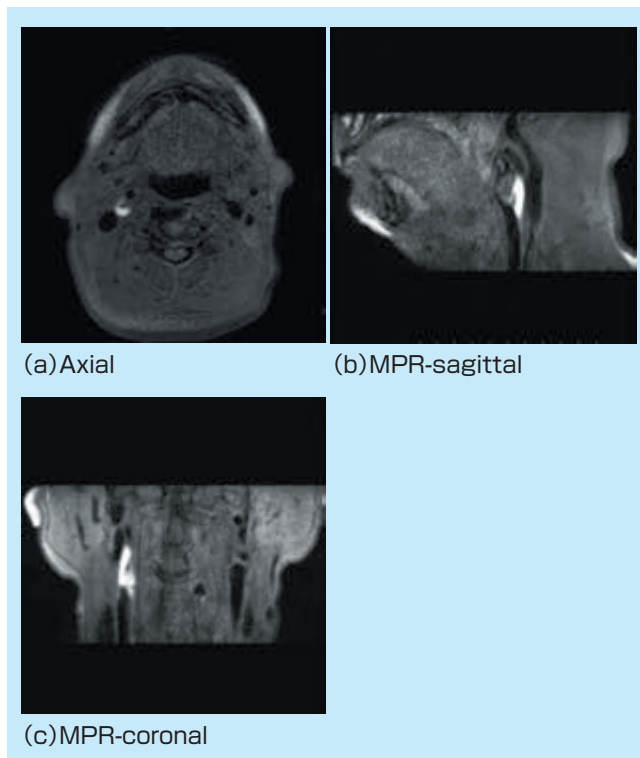


図1: isoFSE画像

MPRを作成することで3次元的にプラークの分布を観察することが可能である。

下方向にプレサチュレーションパルスを印加し、さらに、微小傾斜磁場を印加したflow reduction pulseを使用している。

3.1 phantom study

ファントムは、Gd-DTPA(meglumine gadopentetate, Bayer, Osaka, Japan)を希釈して作成した各濃度の溶液(5、4、3、2、1、0.75、0.5、0.25、0.1、0.075、0.05、0.025mmol/l)および生理食塩水をシリンジに封入したものである。撮像にはQD headコイルを用いた。5回繰り返し撮像し、統計学的な有意差をWilcoxon signed rank testを用いて検定した。

(1)コントラスト評価

RADAR-SEとisoFSEのコントラスト評価のためファントム撮像を行い、以下の式を用いてコントラストを算出した。

$$\text{コントラスト} = (\text{SIa} - \text{SIb}) / (\text{SIa} + \text{SIb})$$

SIa: Gd-DTPA希釈溶液ファントムの信号値

SIb: 生理食塩水の信号値

(2)信号強度比評価

筋肉のT1値に近い値を持つ0.1mmol/l濃度のファントム(T1値:1039ms)⁶⁾を基準とした信号強度比を算出した。

$$\text{信号強度比} = \text{SI}_{\text{Gd}} / \text{SI}_{0.1}$$

SI_{Gd}: 各濃度のGd-DTPA希釈溶液ファントムの信号値

SI_{0.1}: 0.1mmol/l濃度のGd-DTPA希釈溶液ファントムの信号値

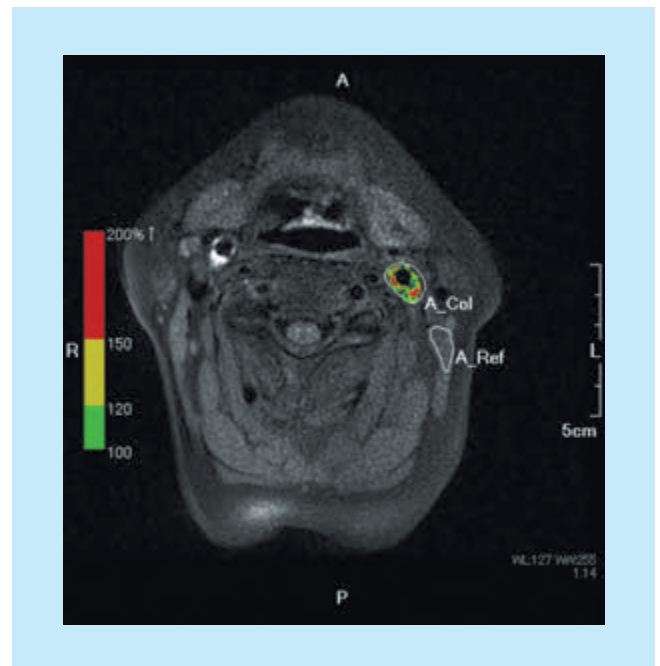


図2: SIR Map

胸鎖乳突筋の信号強度の1.0~1.2倍の信号のプラークを緑色、1.2~1.5倍の信号のプラークを黄色、1.5倍以上の信号強度のプラークを赤色で表示。

緑色は線維が主体、黄色は脂質・壊死が主体、赤色は出血が主体のプラークである。

3.2 clinical study

頸動脈プラーク撮像を行った臨床症例においてRADAR-SEとisoFSEで撮像を行い、SIR Mapの作成後、比較した。

撮像にはRAPID NVコイルを使用し、撮像条件はphantom studyと同様の条件で行った。

4. 結果・考察

4.1 phantom study

RADAR-SEとisoFSEのコントラストを算出した(図3)。ファントムを用いた検討ではisoFSEがRADAR-SEに比べ高いコントラストを示した($p < 0.05$)。

0.1mmol/l濃度を基準とした信号強度比を算出した(図4)。SIRは低い濃度のファントムではVRFA-FSEとRADAR-SEに有意差は見られなかったが($p > 0.05$)、高い濃度のファントムではVRFA-FSEが高い値を示した($p < 0.05$)。そのためisoFSEでは、T1値の短い組織である出血が主体のプラークがより高信号を呈するため、脆弱なプラークの検出に有用であると考えられた。SIR Map解析で、緑(SIR:1.0~1.2)で表示される線維が主体の領域および黄色(SIR:1.2~1.5)で表示される脂質・壊死が主体の領域では信号強度比は同程度で、カラーマップ解析に影響を与えなかった。また、赤

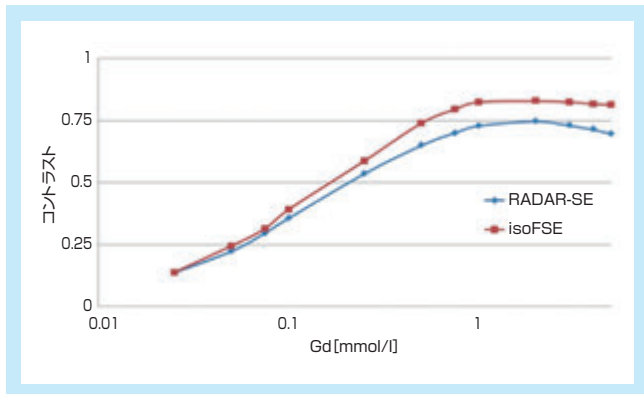


図3：RADAR-SEとisoFSEのコントラスト
isoFSEはRADAR-SEと比較して高いコントラストを有する。

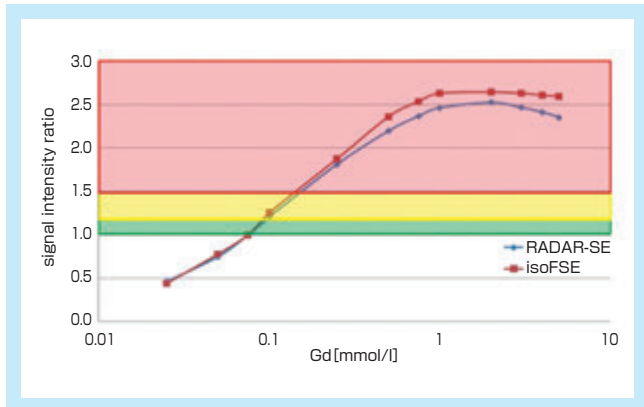


図4：RADAR-SEとisoFSEのSIR
背景の色はSIRに対応した色である。
0.25mmol/l以下では同程度のSIRを有する。それ以上の領域ではisoFSEのSIRが高いが、カラーマップ解析に与える影響は少ない。

(SIR:1.5~)で表示される出血が主体の領域では、isoFSEの信号強度比が高いがSIR解析結果はどちらも赤で表示された。そのため、SIRの閾値を変えずにカラーマップ解析を行っても結果に与える影響は少ないと考えられた。

4.2 clinical study

臨床例のSIRカラーマップ解析の結果例を示す(図5)。ピクセルサイズが異なるためSIR Map解析結果の面積の数値が異なっている。そのため、各成分のプラークの面積比も提示する(表1)。どちらの症例に関してもほぼ同程度の面積比である。数値が若干異なる原因は、スライス厚が異なるためパーシャルボリューム効果の影響を受けていると考えられる。

RADAR-SEはradial scan法であり、頸動脈の拍動のアーチファクト抑制目的に心電図同期を用いる必要がないため、

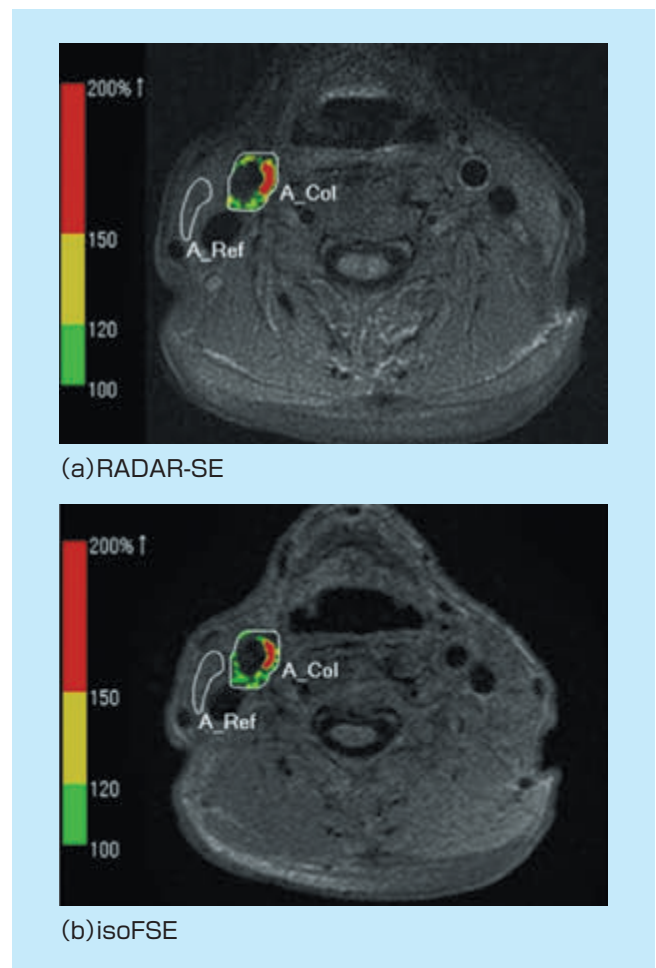


図5：右頸動脈狭窄
RADAR-SE、isoFSEともに1~3時方向に出血を主体とするプラークがある。プラークの分布も同程度である。

表1：図4症例のプラークの信号強度比

	面積(mm ²)		面積比(%)	
	RADAR-SE	isoFSE	RADAR-SE	isoFSE
200-	35.1	32.5	35.8	29.2
150-200	14.7	18.0	15.0	16.2
120-150	23.1	30.1	23.5	27.0
100-120	25.2	30.8	25.7	27.6

TRを固定することができる。そのため、プラークの信号強度が被検者の心拍数に依存しないメリットがある。さらにSE法でのプラークのコントラストは病理組織との比較が行われており、良い相関があるといわれている⁴⁾ため、プラークの性状診断を目的に当院では標準的にRADAR-SEでの撮像が行われていた。しかし、スライス厚4mmの2D撮像であるためスライス方向の分解能が低い問題点があり、長軸方向のプラークの分布の把握には不向きであった。

一方、isoFSEはスライス厚1mmの3D-isotropic撮像であるため、MPRを用いることで頸動脈プラークの存在分布を容易に把握することができる。また、RADAR-SEと比較しても、短いT1値が高信号に描出されるため、脆弱なプラークの検出には良い手法であると考えられる。しかし、isoFSE法でのプラークの信号強度と病理組織との対比はなされていないため、現状では正確なプラークの性状診断にはRADAR-SEを用いるべきであると考ええる。さらに、isoFSEでは頸動脈の拍動などのモーションアーチファクト抑制手法が用いられていないため、RADAR-SEと比較してアーチファクトが生じやすい問題点もあると考えられる。

そのため現状では、プラークの性状診断をRADAR-SEで行い、プラークの存在分布診断をisoFSEで行う相補的な使用方法が良いと考える。

5. 結語

頸動脈プラーク撮像法であるRADAR-SEとisoFSEのコントラストおよび信号強度比の比較を行った。VRFA-FSEであるisoFSEはRADAR-SEと同程度のコントラストおよび信号強度比を呈するが、短いT1値の組織では高信号を呈するため、脆弱なプラークで高信号を呈しやすい特長があった。また、RADAR-SEと同様の閾値でisoFSEのSIRのカラマップ解析を行っても影響は少ないと考えられた。

isoFSEはRADAR-SEの欠点であったスライス方向の分解能の低さを補う撮像法である。

※ ECHELON Vegaは株式会社日立メディコの登録商標です。

参考文献

- 1) Yuan C, et al. : Identification of fibrous cap rupture with magnetic resonance imaging is highly associated with recent transient ischemic attack or stroke. *Circulation*, 105 : 181-185, 2002.
- 2) Yuan C, et al. : Carotid atherosclerotic plaque: noninvasive MR characterization and identification of vulnerable lesions. *Radiology*, 221 : 285-299, 2001.
- 3) Watanabe Y, et al. : MR Imaging of Carotid Atherosclerotic Plaque. *J Jpn Coll Angiol*, 51 : 89-94, 2011.
- 4) Saito A, et al. : Carotid plaque signal differences among four kinds of T1-weighted magnetic resonance

imaging techniques: A histopathological correlation study. *Neuroradiology*, 54(11) : 1187-1194, 2012.

- 5) Hattori N, et al. : Advantage of using spin-echo-type radial scanning with parallel imaging of the head. *Journal of Medical Society of Toho University*, 60(4) : 198-203, 2013.
- 6) E. Han, et al. : In-Vivo T1 and T2 Measurements of Musculoskeletal Tissue at 3T and 1.5T : *Mag Reson Med*. 11, 450, 2003.