

技 術

3.0T Radial scan 法による頸動脈プラーク評価

中村麻名美\* 真壁 武司\* 畠山 遼兵\*  
 宇野 弘幸\* 丹羽 潤\*\* 古明地孝宏\*\*  
 對馬 州一\*\* 下山 則彦\*\*\* 工藤 和洋\*\*\*  
 柴田 瑤子\*\*\* 坂田 元道\*\*\*\*

Evaluations of plaque characteristics using 3.0T Radial scan method in carotid artery

Manami NAKAMURA, Takeshi MAKABE, Ryohei HATAKEYAMA  
 Hiroyuki UNO, Jun NIWA, Takahiro KOMEICHI  
 Shuichi TSUSHIMA, Norihiko SHIMOYAMA, Kazuhiro KUDOH  
 Yoko SHIBATA, Motomichi SAKATA

**Key words :** radial scan — carotid stenosis — 3.0tesla MRI

はじめに

頸動脈分岐部では、解剖学的形態から血行力学的負荷を有するため、動脈硬化が促進し粥腫病変（プラーク）が生じやすい<sup>1, 2)</sup>。この頸動脈におけるプラークが破綻すると、血管内腔の狭窄や閉塞を引き起こす塞栓源となり、脳梗塞や一過性脳虚血発作の脳血管障害をきたす原因となる。このため、低侵襲で再現性のある Magnetic resonance imaging (MRI) によるプラーク性状評価の報告が多数されている<sup>3-8)</sup>。MRI におけるプラークの信号強度は装置や個体によって異なるため、プラークの信号強度と周辺の固定組織の信号強度比 (contrast ratio : CR) にてプラークの性状評価が行われている<sup>4, 7, 9)</sup>。出血を伴うプラークは、T<sub>1</sub>強調画像 (T<sub>1</sub>weighted image : T<sub>1</sub>WI) で高信号、T<sub>2</sub>強調画像 (T<sub>2</sub>weighted image : T<sub>2</sub>WI) で等信号から高信号を示す<sup>4, 7, 9)</sup>。また、出血をほとんど伴わないプラークは、T<sub>1</sub>WI で等信号、T<sub>2</sub>WI で等信号から軽度高信号を示す<sup>4, 7, 9)</sup>。このふたつのプラークは、増大して破綻する危険性があり不安定プラークとされている。一方、破綻しにくいとされている fibrous tissue は安定プラークとされ、T<sub>1</sub>WI で低信号から等信

号、T<sub>2</sub>WI で等信号から軽度高信号を示す<sup>4, 7, 9)</sup>。これらの MRI によるプラーク性状評価は、ほとんどが1.5T 装置による報告であり、3.0T 装置では T<sub>1</sub>値の延長による T<sub>1</sub>コントラスト低下の問題もあり報告が少ない。なかでも不安定プラークは出血を伴うため T<sub>1</sub>WI にて筋肉との高いコントラストが得られるが、安定プラークでは筋肉と同等のコントラストとなり不明瞭となる可能性がある。そこで今回我々は、3.0T radial scan 法による安定プラークのコントラストについて検討を行った。

方 法

1-1. 使用機器及び撮像条件

使用機器は3.0TMRI 装置 (MAGNETOM Skyra, SIEMENS, Erlangen, Germany), 装置付属の phased array 型 20ch Head Neck コイルを用いた。radial scan 法の撮像条件は、T<sub>1</sub>WI では、repetition time (TR) 500ms, echo time (TE) 32ms, over sampling (OS) 50%, coverage 150%, bandwidth (BW) 355Hz/pixel, echo train length (ETL) 9, field of view (FOV) 180mm, matrix 256×256, であり、T<sub>2</sub>WI では、TR 3500ms, TE 97ms, OS 50%, coverage 123.8%, BW 349Hz/pixel, ETL 29, FOV 180mm, matrix 256×256, 縦磁化強制回復パルスを印加した。撮像時間は T<sub>1</sub>WI : 2分35秒, T<sub>2</sub>WI : 1分35秒でスライス枚数11枚, 横断像を得た。なお、すべてのシーケンスは、スライスの上下に presaturation pulse を印加し、

\*市立函館病院 中央放射線部

\*\*市立函館病院 脳神経外科

\*\*\*市立函館病院 病理診断科

\*\*\*\*北海道大学大学院保健科学研究所

スライス厚を3.5mmとした。

## 1-2. 臨床症例と画像解析

症 例：69歳男性

既往歴：右中大脳動脈 (middle cerebral artery : MCA) の脳梗塞, MCA 狭窄 (バイパス術後) にて入院中。平成21年に経皮的冠動脈インターベンション (percutaneous coronary intervention : PCI) の既往, 閉塞性動脈硬化 (arteriosclerosis obliterans : ASO) あり。右頸動脈狭窄症にて外来でフォローしていたが, magnetic resonance angiography (MRA) にて狭窄の進行が認められ, digital subtraction angiography (DSA) 目的で入院となった。DSA では最大で78%の狭窄, 前回に比べ, 狭窄の進行もあったため頸動脈血栓内膜剥離術 (carotid endarterectomy : CEA) となった。この症例の超音波では, bulbus から内頸動脈 (internal carotid artery : ICA) 起始部に homo iso plaque あり, ICA 起始部での3.0m/sを超える高速血流が認められ, 径狭窄率48%狭窄の所見があった。また, MRA と MR 撮像法である不安定プラーク検出に有用とされる magnetization prepared rapid gradient echo (MP-RAGE) 法の画像を fig. 1 に示す<sup>4)</sup>。

この症例において, 3.0T radial scan 法にて頸動脈血管壁イメージングの撮像を行っていたため, 得られた画像を用い, 以下の式にてプラークと胸鎖乳突筋の CR を算出した。

$Contrast\ Ratio(CR) = \text{プラーク信号強度} / \text{筋肉信号強度}$

また, この症例に関して CEA による病理標本が得られたため3.0T MRI により T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>値の測定を行った。

## 結 果

MRA における狭窄率は54.9%であった。MP-RAGE 法による画像では CR が0.72となった。3.0T 装置を使用した臨床画像によるプラークと胸鎖乳突筋の CR は T<sub>1</sub>WI で0.98, T<sub>2</sub>WI で1.79となった (fig. 2)。

臨床例において, 標本の多くを占める組織の T<sub>1</sub>値は1636.9ms, T<sub>2</sub>値は159.5ms であった。病理診断では atherosclerosis of the right carotid artery とされ, 硝子化による内膜の肥厚, コレステリン裂隙の形成, 軽度マクロファージの浸潤がみられたが, 明らかな出血の所見はなく, 安定プラークの所見であった (fig. 3)。

## 考 察

MRI の信号強度はさまざまな要因で変化する。3.0T による組織の T<sub>1</sub>値は, 高磁場の影響により1.5T よりも組織の性状に依存して延長する。胸鎖乳突筋の信号強度を基準としたプラークの信号強度を用いた CR でのプラークの性状評価を3.0T にて行う場合, 静磁場による

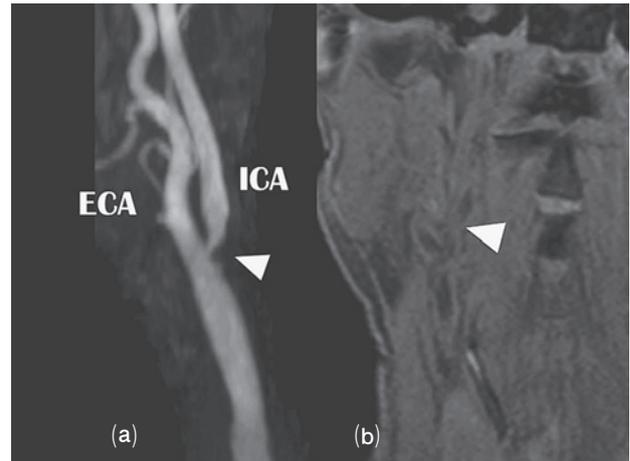


fig. 1 臨床画像 a) MRA, b) MP-RAGE 法  
ICA : internal carotid artery  
ECA : external carotid artery  
▲ : plaque

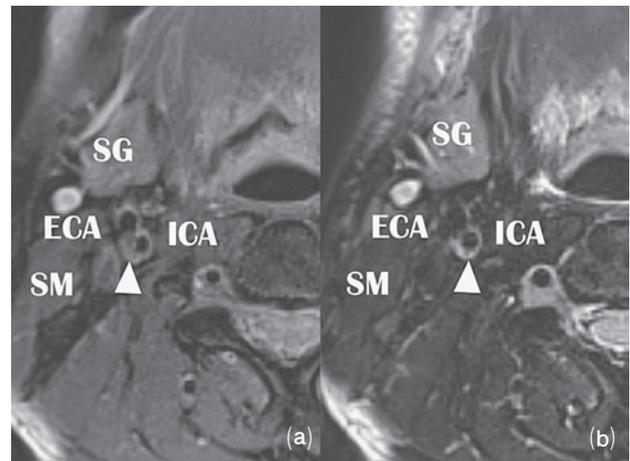


fig. 2 radial scan 法 a) T<sub>1</sub>WI, b) T<sub>2</sub>WI  
ICA : internal carotid artery  
ECA : external carotid artery  
SG : submandibular gland  
SM : sternocleidomastoid muscle  
▲ : plaque

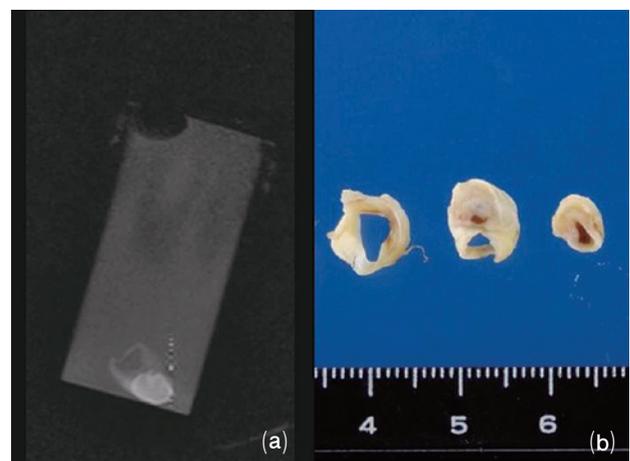


fig. 3 標本撮影 a) T<sub>1</sub>WI, b) 病理標本

組織固有の T1値延長により信号強度が変化し、1.5T の評価基準が適用できない可能性がある。プラーク評価で広く用いられている CR は、プラークの信号強度を胸鎖乳突筋の信号強度で除している。このため、T<sub>1</sub>WI では静磁場による組織固有の T1値延長が CR に大きな影響を与える可能性がある。これは、プラーク評価において大きな問題である。

今回の臨床症例では、3.0T を用いたときプラークと胸鎖乳突筋の CR は T<sub>1</sub>WI で0.98、T<sub>2</sub>WI で1.79となった。先行研究において、1.5T を用いたとき安定プラークとされている fibrous tissue の CR は、T<sub>1</sub>WI で0.54-1.17、T<sub>2</sub>WI で1.51-3.79と報告されている<sup>9)</sup>。この報告から、今回の臨床例での CR は fibrous tissue を主な構成成分とする安定プラークであることが予想された。また、1.5T 装置において、不安定プラークの検出に有用である MP-RAGE 法においては、CR が2.0以上となると不安定プラークである可能性が高いという報告がある<sup>4)</sup>。今回の症例において MP-RAGE 法の CR は0.72となり、比較した胸鎖乳突筋よりも低信号であった。1.5T を使用した過去の報告を踏まえると、この症例は安定プラークである可能性が高い。一方、標本撮影による T1値、T2値の測定結果からみても先行研究の値と近似した値であった<sup>10)</sup>。この結果は、プラーク診断に多数のエビデンスがある超音波所見や病理所見と相違はなく、プラークの主な構成要素は fibrous tissue であると考えられる。

今回の症例では、CEA により摘出されたプラークの T1、T2値を測定することができた。標本の多くを占める組織の T1値は1636.9ms、T2値は159.5ms であった。先行研究では、fibrous tissue の T1値を1856ms、T2値を59ms としているものもあり<sup>10)</sup>、T1値は近似している。T2値においても fibrous tissue は T2WI にて多様な信号強度を示すことを考慮するとあり得る値である<sup>4,7,9)</sup>。組織の T1値、T2値は信号強度を予想するのに重要な数値であるが、分子や温度の違いにも左右されることに注意しなければならない。プラークの T1値、T2値が既知となることで、より詳細なプラークの性状評価ができる可能性がある。しかし、プラークの T1値、T2値の測定を、術前の頸動脈プラークの性状評価として用いるためにはスライス厚や分解能、撮像方法に限界がある。

以上の結果より、3.0T radial scan 法において、fibrous tissue を特定することは困難であった。もともと、出血を伴わないプラークと fibrous tissue では CR の差が低い。うえ、基準となる筋肉の信号強度も個体差があるため詳細な性状診断は不可能である。3.0T radial scan 法によるプラークと筋肉の CR によるプラーク分類を確かな診断法とするためには、プラーク標本の T1値、T2値の測定や、臨床画像と病理組織との比較による今後の検討が

不可欠となる。また、近年では、ガドリニウム造影剤を希釈したファントムを基準信号強度として、プラークの性状評価を行う報告や<sup>11)</sup>、造影により fibrous tissue の被膜が染まることを利用した診断法についての報告もされてお<sup>12)</sup>、さらなる診断の標準化が必要となる。

## ま と め

本研究では、3.0T radial scan 法による CR 算出により、安定プラークの予測が可能であった。しかし、fibrous tissue では、出血を伴わないプラークと近似した CR となるため、今後の検討が必要である。

## 文 献

- 1) 羽尾裕之, 廣田誠一, 松田育男, 他: 頸動脈プラークの病理組織学的特徴. 日独医, 2008; 58: 174-183.
- 2) Golledge J, Greenhalgh RM, et al.: The Symptomatic carotid plaque. Stroke, 2000; 31: 774-781.
- 3) Yuan C, Mitsumori LM, Ferguson MS, et al.: In vivo Accuracy of multispectral magnetic resonance imaging for identifying lipid-rich necrotic cores and intraplaque hemorrhage in advanced human carotid plaques. Circulation, 2001; 104(17): 2051-2056.
- 4) Yamada N, Higashi M, Otsubo R, et al.: Association between signal hyperintensity on T1-weighted MR imaging of carotid plaques and ipsilateral ischemic events. AJNR Am J Neuroradiol, 2007; 28: 287-292.
- 5) Watanabe Y, Nagayama M, Suga T, et al.: Characterization of atherosclerotic plaque of carotid arteries with histopathological correlation: Vascular wall MR imaging vs. color Doppler ultrasonography [US]. J Magn Reson Imaging, 2008; 28(2): 478-485.
- 6) Yoshida K, Narumi O, Chin M, et al.: Characterization of carotid atherosclerosis and detection of soft plaque with use of black-blood MR imaging. AJNR Am J Neuroradiol, 2008; 29: 868-874.
- 7) 山田直明, 東将浩, 長東一行, 他: MRI による不安定プラークの描出の現状について. - 頸動脈を中心に - 脈管学, 2006; 46: 523-529.
- 8) 渡邊佑司, 永山雅子, 他: 頸動脈プラークの MR イメージング. 脈管学, 2010; 51(1): 89-94.
- 9) Narumi S, Sasaki M, Ohba H, et al.: Prediction of carotid plaque characteristics using non-gated MR imaging: correlation with endarterectomy specimens.

- AJNR Am J Neuroradiol 2013.
- 10) 浦田哲弥, 山本英孝, 生田尚明, 他: 頸動脈プラークMRIにおける3D-TSE法 (SPACE法) の有用性. 日放線技学会誌, 2012; 68(7): 871-879.
  - 11) Ogura A, Hayakawa K, Maeda F, et al. Characterization of carotid artery plaque components on magnetic resonance imaging using signal intensity of the phantom as a reference. Acad Radiol. 2013; 20(12): 1551-1556.
  - 12) Rantnera B, Sojerb M, Kremserc C, et al. : Enhancement patterns in the fibro cellular tissue in different kinds of plaques of the internal carotid artery. 2013.