

頸動脈ステント留置術での血栓塞栓症：MRIによるプラーク性状評価とdistal protection deviceとの関連

石橋敏寛¹⁾ 村山雄一¹⁾ 佐口隆之¹⁾ 荻原正幸¹⁾
荒川秀樹¹⁾ 入江是明¹⁾ 高尾洋之¹⁾ 阿部俊昭²⁾

Relation between plaque characteristics on MR imaging and distal protection device in predicting risks of thromboembolic events during carotid artery stenting

Toshihiro ISHIBASHI¹⁾ Yuichi MURAYAMA¹⁾ Takayuki SAGUCHI¹⁾ Masaki EBARA¹⁾
Hideki ARAKAWA¹⁾ Koreaki IRIE¹⁾ Hiroyuki TAKAO¹⁾ Toshiaki ABE²⁾

1) Division of endovascular neurosurgery, Department of neurosurgery, The Jikei University School of Medicine

2) Department of neurosurgery, The Jikei University School of Medicine

●Abstract●

Objective: To evaluate risk in relation to plaque characteristics for estimating thromboembolic events during carotid artery stenting (CAS).

Methods: MR imaging of 64 carotid artery stenotic lesions were reviewed retrospectively in patients for CAS with a balloon protection device (Guardwire) and filter (Angioguard XP). Magnetization-prepared rapid acquisition with gradient echo (MPRAGE) was used for MR plaque imaging. Lesions were classified into three types according to the intensities on MPRAGE: high-intensity, intermediate-intensity and iso-intensity groups. If the plaque displayed signal intensity of 200% compared to sternocleidomastoid muscle intensity, it was categorized as “high signal intensity.”

Results: Periprocedural adverse events occurred in 10 of 64 procedures (15.6%). Persistent neurological deficit was related to 3 procedures (5.1%). Transient neurological ischemic events occurred in 4 procedures (6.3%). Thromboembolic events of CAS for high- and intermediate-intensity plaques on MPRAGE were 21.1% and 16.7%, respectively. Incidence of thromboembolic events for high-intensity plaques (21.1%) was significantly higher than that for iso-intensity plaque (0%) ($P=0.013$). Incidence of thromboembolic events for high-intensity plaques with use of a filter device (21.1%) was significantly higher than that with a balloon protection device (7%) ($P=0.013$). Although incidence of neurological ischemic event in CAS with a filter device (26.7%) was significantly higher than that with a balloon protection device (6.1%) ($P=0.026$), the morbidity rate was not significantly different between the two groups (0% vs 6.1%).

Conclusions: High-intensity plaque on MPRAGE is related to a high rate of thromboembolic events during CAS. To avoid thromboembolic complications during CAS, an individual approach is needed for each case.

●Key Words●

carotid artery stenosis, carotid artery stent, cerebral infarction, complications, plaque characteristics

1) 東京慈恵会医科大学 脳神経外科 脳血管内治療部

2) 東京慈恵会医科大学 脳神経外科

<連絡先：石橋敏寛 〒105-8461 東京都港区西新橋3-25-8 E-mail：t-ishibashi@jikei.ac.jp>

(Received January 27, 2009 : Accepted April 7, 2009)

緒言

頸動脈ステント留置術 (Carotid artery stenting; CAS) における合併症のひとつに血栓塞栓症がある¹⁵⁾。周術期の血栓塞栓症に影響する要因として、頸動脈病変のプラーク性状が重要である。頸動脈プラーク性状診断には、頸動脈エコーが一般的に利用されているが、近年MRIを用いた頸動脈プラーク性状診断が注目され、その有用性

が報告されている^{16,17)}。頸動脈エコー上のsoft plaqueに対するCASでは脳虚血性合併症の頻度が高いことが報告されているが³⁾、MRIによる頸動脈プラーク性状診断とCASにおける脳虚血性合併症の相関に関する報告は少ない。

術中塞栓予防に対しdistal protection deviceが用いられているが、本邦ではballoon protection deviceが主に使用されてきた^{1,6)}。2008年、頸動脈ステントの薬事承認

Table 1 Patients characteristics

Patient	59	
Lesion	64	
Symptomatic	35	54.7%
Asymptomatic	29	45.3%
Intensity of MPRAGE	64	
iso intensity	27	42.2%
iso-high intensity	18	28.1%
high intensity	19	29.7%
Guardwire	49	76.6%
Angioguard XP	15	23.4%
Closed cell stent	46	71.9%
Open cell stent	18	28.1%

MPRAGE: magnetization-prepared rapid acquisition with gradient echo

に伴いfilter deviceによるdistal protection deviceが使用されている。filter deviceには、血流遮断を行わないという利点がある一方で、より細かいdebrisは捕捉できないという欠点も存在する。特に、debrisが発生しやすい脆弱性の高いプラークに対するCASでは慎重な対応が要求される。我々は2003年以降CAS術前のプラーク性状診断としてInversion recovery (IR法)を用いたT1強調画像 (Magnetization-prepared rapid acquisition with gradient echo: MPRAGE) を用いてきた。本報告では、CASにけるMPRAGEによる頸動脈プラーク性状診断と血栓塞栓症の頻度の相関、さらにprotection deviceの相違による血栓塞栓症の頻度を比較検討したので報告する。

対象, 方法

2003年9月以降、当科で施行された(CAS)74病変中、術前のプラーク性状診断としてMRI (MPRAGE法)を施行し得た64病変を対象とした。症候性病変は35例、無症候性29例であった。Distal protection deviceを全例に使用し、49病変76.6%にGuardwire (Medtronic, Eden Prairie, MN, USA) (GW群)を、15病変にAngioguard XP (Cordis, Miami, FL, USA) を使用した (AG群)。ステントは全て自己拡張型ステントを使用し、46病変 (71.9%) にClosed cell stentを使用し、15病変 (23.4%) にOpen cell stentを使用した (Table 1)。当院でAGが使用可能な

Table 2 Clinical outcome of carotid artery stenting

Patients	59	
Lesions	64	
Adverse event	10	15.6%
Dissection	1	1.6%
Puncture site problem	2	3.1%
Ischemic events	7	10.9%
Subacute occlusion	1	1.6%
RIND	4	6.3%
Retinal artery occlusion	1	1.6%
Infarction	1	1.6%
30 days morbidity	3	4.7%
30 days mortality	0	0.0%
Decrease of mRS (30 days)		
3	1	1.7%
2	1	1.7%
1	1	1.7%
0	56	94.9%

mRS: modified Rankin scale

RIND: Reversible ischemic neurological deficits

った2007年1月以降は、原則的にStentはOpen cell stentを使用しprotection deviceはAGを使用した。術前から抗血小板剤を2剤 (aspirin 81 mgとcilostazol 200 mg, ticlopidine 200 mg, clopidogrel 75 mgのいずれか) 投与し、術中はACT300を目標に全身ヘパリン化を行い、術翌朝まで、ACT150-250秒を維持するように抗凝固療法を施行した。

1. MRIによる頸動脈プラーク性状診断

MRI装置はMagnetom Symphony 1.5T MRI (Siemens, Erlangen, Germany) を使用し、頸動脈プラーク性状診断にMPRAGE法¹⁶⁾を用いた。通常の頸部コイルを用いた。撮像条件はTE, 7.25 ms; FOV, 200×200 mm; matrix, 256×256; section thickness, 2.5 mmとし、同時にMultislab 3D time-of-flight (TOF) MR angiographyを撮像した。MPRAGE法による信号強度の判定は、胸鎖乳突筋の信号強度の2倍を呈する場合に高信号と判定した。この信号強度を、高信号群、混在群、等信号群の3群に分類したところ (Fig. 1)、高信号19病変、混在18病変、等信号27病変であった (Table 1)。

2. 検討項目

周術期の脳虚血性合併症 (眼虚血症状含む) と30日後のmodified Rankin scale (mRS)を評価項目とした。Morbidityは術前のmRSより1以上低下した場合と定義した。MPRAGEの信号強度の差とprotection deviceの相違による、脳虚血性合併症の頻度を比較検討した。

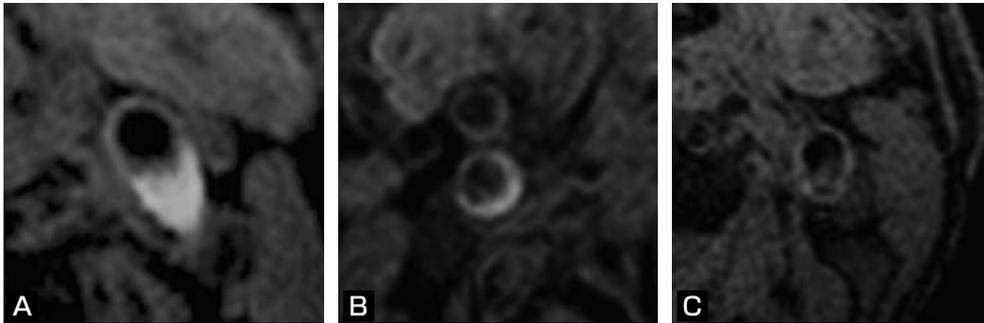


Fig. 1 Source images of MPRAGE of the neck showing high-(A), intermediate-(B) and iso-intensity (C).

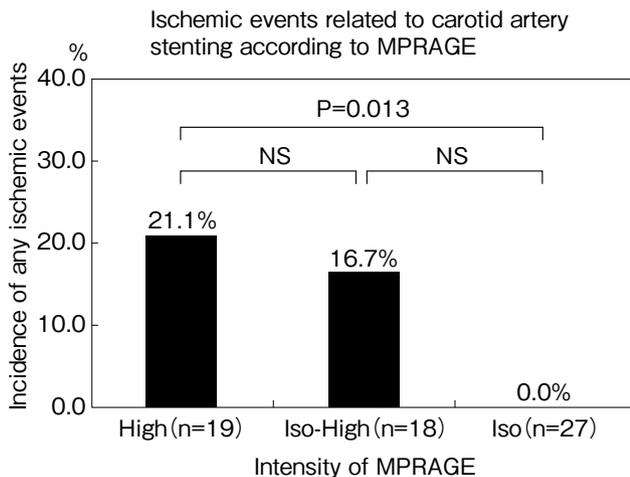


Fig. 2 Neurological ischemic event rate related to carotid artery stenting (CAS) in 3 groups classified by intensity on MPRAGE. Neurological ischemic events related to CAS for high-intensity plaque on MPRAGE is significantly higher than that for low-intensity.

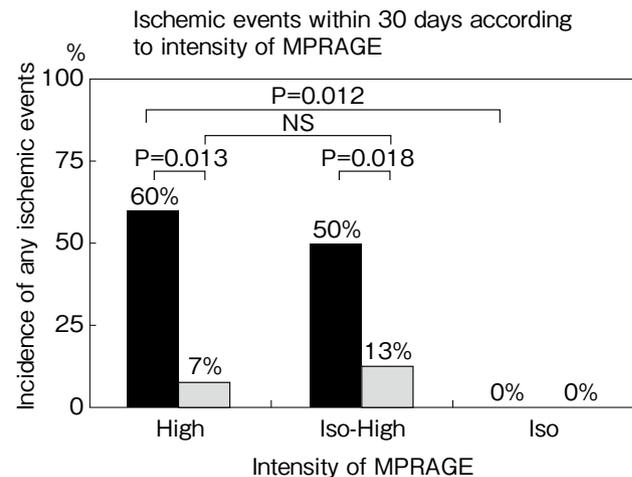


Fig. 3 Neurological ischemic event rate in the two different protection device groups.

3. 統計処理

MPRAGE法での信号域の相違と、30日以内の脳虚血性合併症の有無に関して χ^2 二乗検定を行った(有意水準 $P=0.05$)。MPRAGE法での信号域の相違は3群間比較であり、type I error上昇を考慮して、有意水準を $P=0.05/3$ ($=0.0167$)とした。Distal protection deviceの相違と30日以内の脳虚血性合併症に関しても同様の検定を行った。

結 果

周術期の有害事象は10例(15.6%)に認めた。このうち脳虚血性合併症は7例(10.9%)であった。その他3例の有害事象は、GW留置部の血管解離を生じた1例と穿刺部の仮性動脈瘤を生じた例の2例であった。

1. 恒久的神経脱落症状を呈した脳虚血性合併症 (Table 2)

脳虚血性合併症を呈した7例のうち、恒久的神経脱落症状を呈する脳虚血合併症を3例(4.7%)に認めた。1例はGWとWallstent Rp (Boston Scientific, Natick, MA, USA)によるCAS後5日目にステント内閉塞を来した症例であった。本症例は片麻痺の残存を認めmRS3で退院した。1例は、術直後から、片側の部分的視野欠損を認め、眼底所見から網膜中心動脈の分岐動脈閉塞と診断した。もう1例は、全身麻酔でGWとWallstent RpによるCAS直後から片麻痺を生じた症例であった。これら3例はいずれも恒久的神経脱落症状を呈した。

2. 可逆的脳虚血合併症 (Table 2)

脳虚血性合併症を呈した7例中4例(6.3%)はAGを用いた症例で、入院期間中に症状の改善を認める脳虚血性合併症であった。いずれの症例も手術直後ではなく、

術後3時間から8時間経過してから症状の出現を認めた。4例とも失語を認め、症状出現後3日から2週間で完全寛解した。

3. プラーク性状と脳虚血性合併症 (Fig. 2)

MPRAGE高信号プラークに対するCASでは19例中4例(21.1%)に脳虚血性合併症を認めた。MPRAGE等信号に対するCAS 27例では脳虚血性合併症は認めなかった。MPRAGE高信号プラークに対するCASは、MPRAGE等信号プラークに対するCASに比べ有意に脳虚血性合併症を呈する頻度が高かった(21.1% vs 0%, $P=0.013$)。

4. プラーク性状の相違によるdistal protection deviceと虚血性合併症の関係 (Fig. 3)

MPRAGE高信号プラークに対して19例中14例にGWを使用し、5例にAGを使用した。その結果AG使用の5例中3例(60%)、GW使用の14例中1例(7%)に脳虚血性合併症を認めた。MPRAGE高信号および混在型プラークにおけるCASでは、AG使用時の方がGW使用時に比べ有意に脳虚血性合併症を呈する頻度が高かった($P=0.013, 0.018$)。MPRAGE等信号プラークではAG、GW使用例共に脳虚血性合併症を認めなかった。

AG使用例では、MPRAGE高信号プラークに対するCASの方が、等信号プラークに対するCASより有意に脳虚血性合併症の発生頻度が高かった($P=0.012$)。GW使用例ではMPRAGE高信号プラークに対するCASと等信号プラークに対するCASでは脳虚血性合併症の発生頻度に有意差を認めなかった。

AG群ではGW群に比べ有意に脳虚血性合併症の頻度が高いが、一時的な脳虚血性合併症であったためmorbidityは0%であった。一方、GW群では6.1%にmorbidityを認めたものの、AG、GW群の両群間でmorbidityに有意差は認めなかった。

5. no/slow flowと虚血性合併症

AG群15例中、手技中にfilterの閉塞によりno flowもしくはslow flowが生じた症例が4例あった。この4例中3例(75%)に脳虚血性合併症を生じた。

6. 代表症例 (Fig. 4)

66歳男性。8年前の左中大脳動脈瘤破裂によるくも膜下出血により、術前のmRS3であった。左頸動脈狭窄は以前から指摘されていたが、狭窄の進行と潰瘍形成を認めたため、外科的血行再建の適応となった(Fig. 4C)。プラークはMPRAGEで高信号を呈していた(Fig. 4B)。全身麻酔にて手術を施行した。Guiding catheterとして

6 Fr Shuttle Sheath (SHUTTLE SL FLEXOR TUOHY BORST; Cook Inc, Bloomington, IN, USA)を左総頸動脈に誘導した。ヘパリン5000IU静注しACTは339秒であった。内頸動脈末梢の径は4.8 mmで、径が6 mmのAGを選択した。AGを展開し、pre-dilatationは施行せず、PRECISE (Cordis, Miami, FL, USA) (8 mm径、40 mm長)留置した。Sterling PTA Balloon Catheter (Boston Scientific, Natick, MA, USA)の5.5 mm×30 mmを用いて、6気圧で3ヵ所(再狭窄部、ステント遠位部および近位部)にpost-dilatationを施行した(Fig. 4D)。no flowは認めなかった。頭蓋内動脈撮影では分岐血管の閉塞は認めず、術後集中治療室に入室した。術後の覚醒は良好であり、神経学的異常所見は認めなかった。手術終了から8時間30分経過したところで発語異常が認められた。言語の理解は良好であるが、保続が著明であり、単語は2~3語のみの発語であった。運動麻痺は認めなかった。

頭部MRIを撮像したところ、左頭頂部を中心にDWI高信号域が散在性に認められた(Fig. 4E)。同部位は術前のFLAIR画像の高信号域に一致していた(Fig. 4A)。同時に頸動脈造影CTを施行したところ、ステント内に造影欠損部分があり、in-stent thrombosisを疑ったが、ステント内への突出は強くないため経過観察の方針とした(Fig. 4F)。脳梗塞急性期に準じてアルガトロバン、エダラボンで加療を行った。その後新たな神経脱落症状の出現はなく、術後3日目ころから徐々に症状は改善し、術後15日目に術前と変わらないmRS3で退院した。

考 察

本検討ではMPRAGE法で高信号を呈するプラークに対するCASでは術後30日以内の脳虚血性合併症の頻度が有意に高かった。CASにおけるMRIのプラーク性状評価の有用性に関する報告は散見される。柏木ら⁷⁾はAGを用いた多施設共同研究において、double IR法を用いたFast spin echo T1強調像によるプラーク性状診断と塞栓性合併症の相関を報告し、T1でより高信号でかつ狭窄長が25 mm以上の病変において有意に塞栓性合併症が高いと報告している。我々が用いたMPRAGE法も頸動脈プラーク性状診断における有用性が報告されている¹⁰⁾。MPRAGE法はIR法を用いたT1強調による撮像方法で、T1信号が短いものが高信号と表現される。MPRAGE法によるプラーク性状診断の特徴は、最近の脳虚血性合併症と関連し^{9,11)}、American Heart Associationのプラーク分類によるtype IV (complicated plaque)^{10,11,14)}とも関連

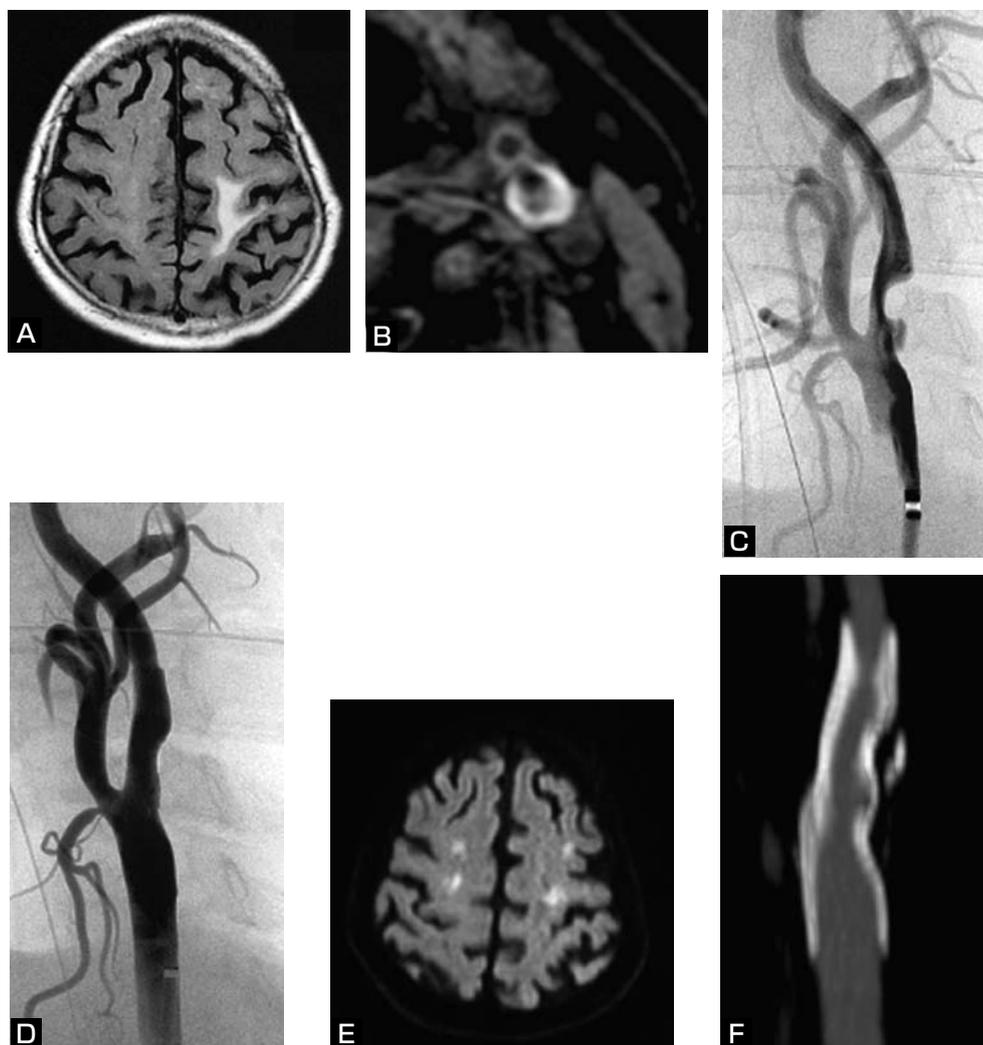


Fig. 4 A 66-year-old man who underwent protected carotid artery stenting with a filter device.
A : High intensity lesions shown on FLAIR before the procedure.
B : Source image of MPRAGE showing high intensity lesion in the left carotid artery.
C : Pre-stenting angiogram showing stenosis of the left internal carotid artery.
D : After carotid artery stenting, the lumen of the left internal carotid artery is successfully dilated.
E : Eight and half hours after the procedure, the patient developed aphasia. New multiple small hyperintensities are shown on the diffusion-weighted MR imaging.
F : In-stent thrombosis is suggested on CT angiography.

していることである。しかしMPRAGE法で高信号プラークの病理組織については議論が分かれている。Moody^{9,10}, Murphy¹¹らはプラーク内の出血や血腫, Lipid rich necrotic coreを示していると推論しているが, Yamadaらは蛋白濃度の高い粘稠性の組織と考察している¹⁶。またMPRAGE法で高信号を呈するプラークでは同側の虚血性病変との関連性が強く, 1年間の観察においても, 脳虚血性合併症を呈する頻度が高いと報告されている。MPRAGE高信号プラークは脆弱であり脳

虚血性合併症の発生頻度が高い病変と考えられ, 術前にMPRAGE法によるプラーク性状診断を行うことは, 手技を安全に行うために有用な情報をもたらす。

MPRAGE高信号プラークに対するCASでは, AG使用時に血栓塞栓症の頻度が有意に高かった。しかし morbidityを伴う虚血性合併症を呈したのはGW使用時のみであった。MPRAGE高信号プラークは脆弱で, AG使用時にはfilterで捕捉し得なかったdebrisにより血栓塞栓症が増加したと考えられる。他に, filter designも血

栓塞栓症の要因の一つと考えられる。Echo lucent plaqueのような脆弱なプラークでは、構造的にAGのようなConcentric filter deviceの方が、Eccentric filter deviceに比べ、脳虚血性合併症の頻度が高いと言われている⁵⁾。このようなプラークではopen cell stentを用いたCASの方がclosed cell stentを用いたCASに比べ脳虚血性合併症の頻度が高いとされる⁵⁾。脆弱なプラークに対するCASでは、脳血栓塞栓症を予防する方法としてproximal protection, closed cell stentの使用¹³⁾、GWによるdistal protectionが有効である。GWを用いた場合には、外頸動脈への塞栓症が懸念されるものの¹²⁾、脆弱なプラークには有用である。また後拡張に使用するバルーンの径をやや小さくすることも、血栓塞栓症の予防には有用である。後拡張に関して、ACCF/SCAI/SVMB/SIR/ASITN clinical expert consensusでは内頸動脈の径の60-80%のバルーンを選択することが推奨されている²⁾。CASにおける脳虚血性合併症を予防する手段としてdistal protectionの有用性がEVA-3S⁸⁾で報告されている。Filter deviceとballoon protection device使用時でのCASの臨床成績に差はないとの報告もあるが¹⁸⁾、それぞれのdeviceには長所と短所が存在するため、これらを考慮して使用することが望ましい。

今回生じた虚血性合併症の中で、術直後ではなく数時間後から生じた可逆性の脳虚血性合併症の4例(6.3%)が特徴的であった。この4例の共通点はAGを使用していること、失語症状を呈したこと、分水界領域に虚血病変が多く見られること、DWIによる高信号領域の大きさに比較して症状が顕著なことである。この要因の説明の一つとしてCaplan⁴⁾らの推論がある。彼らは低灌流が微小塞栓のwashoutを制限することが脳梗塞の誘因となり、それが分水界領域に多く見られるとしている。本例でもdistal protection deviceをすりぬけた、小さいdebrisが術中に頭蓋内動脈に入ることによって虚血症状を呈した可能性がある。しかし、これだけでは遅発性に生じる現象が説明できず、debrisの塞栓に加え、CASによる低血圧、徐脈等の低灌流が加わることにより、遅発性に神経症状を呈した可能性も推察される。さらに、ステント留置後のplaque protrusionによる脳虚血症状も原因と考えられた。本例でも遅発性の脳虚血性合併症を生じた4例中3例にplaque protrusionが認められていた。いずれも類推の域を超えないが、MPRAGE法で高信号を呈するプラークに対するCASの際には、遅発性の脳虚血性合併症にも注意が必要である。

今回の検討で、術前のMPRAGE法によるプラーク性状診断が周術期の塞栓性合併症の予測に有用であることが示唆された。より安全な手術手技のために、プラーク性状診断を、綿密な治療手技や手術器材の選択に反映することが重要であると考えられる。

文 献

- 1) Asakura F, Kawaguchi K, Sakaida H, et al: Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in carotid angioplasty and stenting with balloon embolic protection devices. *Neuroradiology* 48:100-112, 2006.
- 2) Bates ER, Babb JD, Casey DE Jr, et al: ACCF/SCAI/SVMB/SIR/ASITN 2007 Clinical Expert Consensus Document on carotid stenting. *Vasc Med* 12:35-83, 2007.
- 3) Biasi GM, Froio A, Diethrich EB, et al: Carotid plaque echolucency increases the risk of stroke in carotid stenting: the Imaging in Carotid Angioplasty and Risk of Stroke (ICAROS) study. *Circulation* 110:756-762, 2004.
- 4) Caplan LR, Hennerich M: Impaired clearance of emboli (washout) is an important link between hypoperfusion, embolism, and ischemic stroke. *Arch Neurol* 55:1475-1482, 1998.
- 5) Hart JP, Peeters P, Verbist J: Do device characteristics impact outcome in carotid artery stenting? *J Vasc Surg* 44:725-730, 2006.
- 6) Henry M, Henry I, Klonaris C, et al: Benefits of cerebral protection during carotid stenting with the PercuSurge GuardWire system: midterm results. *J Endovasc Ther* 9:1-13, 2002.
- 7) 柏木淳之, 清水一未, 中原一郎, 他: Angioguard XPを用いた頸動脈ステント留置術中塞栓性合併症に関する多施設共同研究—MR plaque imagingと狭窄長によるハイリスク群の抽出, *JNET* 2:179-187, 2008.
- 8) Mas JL, Chatellier G, Beyssen B, et al: Carotid angioplasty and stenting with and without cerebral protection: clinical alert from the Endarterectomy Versus Angioplasty in Patients With Symptomatic Severe Carotid Stenosis (EVA-3S) trial. *Stroke* 35:e18-20, 2004.
- 9) Moody AR, Allder S, Lennox G, et al: Direct magnetic resonance imaging of carotid artery thrombus in acute stroke. *Lancet* 353:122-123, 1999.
- 10) Moody AR, Murphy RE, Morgan PS, et al: Characterization of complicated carotid plaque with magnetic resonance direct thrombus imaging in patients with cerebral ischemia. *Circulation* 107:3047-3052, 2003.
- 11) Murphy RE, Moody AR, Morgan PS, et al: Prevalence of complicated carotid atheroma as detected by magnetic resonance direct thrombus imaging in patients with suspected carotid artery stenosis and previous acute cerebral ischemia. *Circulation* 107:3053-3058, 2003.

- 12) Muller-Hulsbeck S, Jahnke T, Liess C, et al: Comparison of various cerebral protection devices used for carotid artery stent placement: an in vitro experiment. *J Vasc Interv Radiol* 14:613-620, 2003.
- 13) Pieniazek P, Musialek P, Kablak-Ziembicka A, et al: Carotid artery stenting with patient- and lesion-tailored selection of the neuroprotection system and stent type: early and 5-year results from a prospective academic registry of 535 consecutive procedures (TARGET-CAS). *J Endovasc Ther* 15:249-262, 2008.
- 14) Strydom HC, Chandler AB, Dinsmore RE, et al: A definition of advanced types of atherosclerotic lesions and a histological classification of atherosclerosis. A report from the Committee on Vascular Lesions of the Council on Arteriosclerosis, American Heart Association. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology* 15:1512-1531, 1995.
- 15) Yadav JS, Wholey MH, Kuntz RE, et al: Protected carotid-artery stenting versus endarterectomy in high-risk patients. *N Engl J Med* 351:1493-1501, 2004.
- 16) 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* 28:287-292, 2007.
- 17) Yoshida K, Endo H, Sadamasa N, et al: Evaluation of carotid artery atherosclerotic plaque distribution by using long-axis high-resolution black-blood magnetic resonance imaging. *J Neurosurgery* 109:1042-1048, 2008.
- 18) Zahn R, Ischinger T, Mark B, et al: Embolic protection devices for carotid artery stenting: is there a difference between filter and distal occlusive devices? *J Am Coll Cardiol* 45:1769-1774, 2005.

JNET 3:3-9, 2009

要 旨

【目的】 頸動脈ステント留置術 (CAS) における, MRIによる頸動脈プラーク性状評価とdistal protection deviceの相違による, 血栓塞栓症の頻度を比較検討する. **【対象・方法】** 対象は2003年9月以降, 当科で施行されたCAS74病変中, 術前プラーク性状診断にMRIのMPRAGE法 (Magnetization-prepared rapid acquisition with gradient echo) を施行し得た59患者64病変64手技を対象とした. 49病変76.6%にGuardwireを使用し (GW群), 15病変にAngioguard XPを使用した (AG群). MPRAGE法での信号強度を高信号群, 混在群, 等信号群の3群に分類し比較検討した. **【結果】** 周術期の有害事象は10手技 (15.6%) に認め, そのうち脳虚血性合併症は7例 (10.9%) に認めた. 脳虚血性合併症の7例中, 恒久的神経脱落症状を呈した脳虚血合併症は3例 (4.7%) で, 可逆性の脳虚血合併症は4例 (6.3%) であった. MPRAGEで高信号を呈した19例中4病変 (21.1%) に, 混在型を呈した例は18例中3例 (16.7%) に虚血性合併症を認めた. MPRAGEで高信号を呈するプラークに対するCASでは, 等信号を呈するプラークに比べ有意に脳虚血性合併症を呈する頻度が高かった (P=0.013). **【結語】** MPRAGEで高信号を有するプラークに対するCASは慎重を要する. 特にfilter deviceを用いる際はプラーク性状評価をより慎重に行い, CASの適応を決める必要がある.