

論文種別：原著

論文タイトル：急性期前方循環動脈に対する MCA anatomical scanning MRIの有用性

著者名：佐藤純子¹⁾、鈴木祥生¹⁾、佐々木亮¹⁾、大高稔晴¹⁾、青井瑞穂¹⁾、内田雄士²⁾

1) 聖隷横浜病院脳神経外科

2) 聖隷横浜病院 画像診断センター

連絡著者の氏名；佐藤 純子

連絡著者の連絡先；

聖隷横浜病院 脳神経外科

〒 240-8521 神奈川県横浜市保土ヶ谷区岩井町215

Tel;045-715-3111

jsbac306@gmail.com

key words: MCA anatomical scanning MRI,
Acute thrombectomy, Anterior circulation vessels occlusion

本論文を、日本脳神経血管内治療学会 機関誌JNET Journal of Neuroendovascular Therapy に投稿するにあたり、筆頭著者、共著者によって、国内外の他雑誌に掲載ないし投稿されていないことを誓約致します。

和文要旨

【目的】前方循環の急性閉塞例において、Basi-Parallel anatomical scanning(以下BPAS)-MRIとして知られるT2強調画像3Dシークエンス法による撮像によって、血栓回収療法前に閉塞した中大脳動脈の走行が予測可能かどうかを検討した。【対象と方法】対象は2018年5月から2019年10月まで当院で急性内頸動脈または中大脳動脈閉塞症に対して急性期血栓回収療法前にMAS(MCA Anatomical scanning)-MRIを撮像した13症例とした。術後の血管造影で内頸動脈(以下ICA)C1から中大脳動脈(以下MCA)M1部の再開通によってその走行が確認できた症例においては、術後にC1からM2分岐部の血管走行の診断率についてMAS(MCA Anatomical scanning)-MRIと血管造影の所見を比較し、その正確性を3段階(excellent、good、poor)に分けて評価した。【結果】対象となった症例は13例であった。年齢は54歳から89歳(平均76歳(±10.3))、男性7例、女性6例で、ICA閉塞が3例、MCA閉塞が10例であった。術前のMAS-MRIも判断材料の一つとして検討し、血栓回収を行わなかった症例が1例、血栓回収を行った症例が12例であった。12例中10例で再開後の血管造影検査と比較し、excellentが6例(60%)であった。年齢は54歳から89歳(平均75.7歳(±11.5))、男性6例、女性4例で、ICA閉塞が3例、MCA閉塞が7例であった。【結論】MAS-MRIは閉塞遠位部の血管走行の描出に優れており、血栓回収療法前に有用な検査であると考えられた。

諸言

近年、主幹動脈の急性閉塞に対する血栓回収療法の有効性に関するエビデンスが示され¹⁾、その実施件数は急速に増加している。本療法は再開通までの時間が治療成績を左右するためできるだけ早い再開通が必要とされている²⁾。しかし治療開始時には閉塞部以遠は血管造影で描出されないため、治療にあたってはマイクロガイドワイヤーを閉塞血管内に盲目

的に進める必要があり、血管損傷や穿孔をきたすリスクは避けがたいとされている。

Basi-parallel Anatomical Scanning (以下 BPAS)-MRI 法は長畑^{3),4)}らが椎骨脳底動脈の外観像を描出するために考案した方法で、閉塞した血管でもその走行を描出するが可能である⁵⁾。この撮像法を血栓回収療法前に応用することで、術前に閉塞部血管の走行を確認できれば合併症の軽減につながる可能性がある。そこで、本研究においては術前に BPAS-MRI 法と同様の撮影を行い、閉塞した中大脳動脈 (middle cerebral artery :MCA) の走行の診断が可能かどうかを評価することを目的とした。

対象と方法

2018年5月から2019年10月に当院で来院時に血栓回収を行う適応があると判断し検査をすすめた内頸動脈 (internal carotid artery: ICA) または M1(horizontal segment)⁶⁾閉塞症例で、来院時に BPAS-MRI 法を応用した MCA の撮像法 MCA anatomical scanning (以下 MAS)-MRI を実施した 13 症例を対象とした。検討の結果、血栓回収適応と考えられ、血栓回収療法を行い、実際に再開通した 10 例において来院後の MAS-MRI 画像の ICA C1 部 (supraclinoid segment)⁶⁾ から M1 部 (insular segment)⁶⁾ までの走行と、血栓回収療法後の血管造影での同部位の走行とを比較し、MAS-MRI の正確性を評価した。MRI の撮像方法は、T2 強調画像 3D BPAS-MRI を応用し、MCA M1 部から M2 部まで撮影されるように設定し、撮像断面は Orbitomeatal base line(OM Line)に垂直とした。MRI 装置は Philips 社製(3 テスラ、Ingenia 3.0T)を用い、repetition time TR/echo time TE は 1514/253、撮像 Field of View(FOV) は 200mm×200mm、マトリクスは 256×325 でスキャン時間は 1 分 32 秒とした。スライス厚/スライス間隔は 1.2mm/0.6mm で撮影枚数は 24mm 撮影で、約 40 枚で、

Workstation は Ziostation2 (アミン株式会社、東京、日本) を用いて画像を作成した。

MAS-MRI の正確性の評価方法は MCA の M1 部から M2 分岐部の血管走行について治療後の血管造影と比較して後方視的に 3 段階 (excellent、good、poor) に分類して評価した。術前の MAS-MRI の画像において、術後の血管撮影の画像と比較して M1 から M2 分岐部まで血管走行が全て一致するものを excellent (Fig.1)、閉塞血管遠位部の辺縁全ては視認できず一部不明瞭であるが、血管走行が診断できたものを good (Fig.2)、閉塞血管遠位部の走行が診断できなかったものを poor とした。画像の評価は脳神経血管内治療専門医 2 名がそれぞれ独立に画像診断を行い、カッパ係数を用いて正確性を検討した。また、画像評価によって Excellent 群と Good/poor 群に分類し、年齢、reperfusion time、TICI grade を比較し、有意差があるか Mann-Whitney の U 検定、 χ^2 検定を用いて検討した。

本研究の実施にあたっては、当院の倫理審査を受け、承認された (倫理審査承認番号 2020-03、2020 年 6 月 1 日承認)。

結果

対象症例は 13 例、MAS-MRI 画像を元に血栓回収を行った症例はそのうち 12 症例であった。対象患者の年齢は 54 歳から 89 歳 (平均 76 歳 (± 10.3)) で、男性 7 例、女性 6 例であった。血管閉塞部位は、ICA が 3 例、M1 が 10 例であった。血栓回収を行わなかった症例は MAS-MRI の画像で閉塞部位から閉塞部遠位端において動脈瘤の存在が示唆された 1 例であった (Fig.3)。血栓回収を行った 12 症例中 2 例は再開通が得られなかったため、MAS-MRI 画像との比較はできなかった。再開通が得られなかった症例のうち、ステントを抜去する際に出血をきたした症例が 1 例であった。

再開通を得た症例は 10 例で、再開通度は TICI (Thrombolysis in cerebral infarction) grade 2b 以上、reperfusion time は平

均 26.7 分 (±13 分) であった。

再開通後に血管造影の血管走行と MAS-MRI 画像を比較できた症例は 10 例で、年齢は 54 歳から 89 歳 (平均 75.7 歳 (±11.5))、男性 6 例、女性 4 例であった。血管閉塞部位は、ICA が 3 例、MCA が 7 例であった。ICA 終末部閉塞の症例を示す (Fig. 4)。

MAS-MRI と再開通後の血管造影を比較できた 10 症例と、判定者 1 と判定者 2 の MAS-MRI 画像の正確性評価を判定したものを表に示す。両者とも excellent が 6 例 (60 %) であった (table1)。両者の判定をもとに 2 次の重み付きカッパ係数を計算すると 0.81 となり、一致度が高い結果となった。

両者の判定が一致しなかったものが 1 症例あり、判定結果が good と poor にわかれた (Fig.5)。

年齢、reperfusion time、TICI grade に関しては Excellent 群と Good/Poor 群に分けて評価した。年齢においては有意差を認めたが (Excellent 群: 平均 82 歳, Good/Poor 群 66.3 歳、 $p=0.033$)、Reperfusion time (Excellent 群: 29.8 分, Good/Poor 群: 22 分、 $p=0.915$)、TICI 2b-3 (Excellent 群: 6 例, Good/Poor 群: 4 例、 $p=0.778$) には有意差を認めなかった。

考察

急性期血栓回収療法においては、閉塞部以遠の情報がない状態で盲目的にガイドワイヤーを進める必要があるため、特に蛇行血管や動脈瘤合併例などにおいて穿通等による出血性合併症のリスクが高いと報告されている^{7) 8)}。動脈瘤合併は稀ではなく、約 5% に合併しているとの報告もある⁹⁾。急性期血行再建を行う際の血管穿孔の合併症率は 1.1% と報告されており、血管穿孔による重篤な脳出血による死亡例の報告もある^{10) 11)}。本研究においては術前の MAS-MRI により、全例において閉塞した MCA の走行に関する何らかの情報が得られ、血管穿孔の回避に有効であった可能性がある。また、撮

像時間も 2 分以内と短いため、治療前検査として有用であることが示唆された。MAS-MRI を術前に実施することによって血栓回収療法における安全性の向上が期待できる。

本研究では MRI を用いたが、カテーテル治療室で術直前に高解像度の cone beam CT を用いた側副血行路からの造影を行うことで遠位血管の血管情報が把握できるとする報告もある¹²⁾。術前に MRI を行わず CT のみで血栓回収療法に向かう場合にはこの方法が有用と考えられる。しかし、本検査法は解析がやや煩雑であり、造影剤を追加で使用しなければならないという欠点がある。一方、MAS-MRI では造影剤は必要なく、追加の検査時間が 2 分以内と極めて短いのが利点である。したがって術前に MRI を行う場合には本検査法を追加することは極めて有用と考えられる。

本研究においては 3 テスラ MRI を使用した。脳底動脈解離を診断するために 1.5 テスラ MRI で BPAS-MRI を使用したという報告はあるが¹³⁾、脳底動脈では脳実質と血管の間にスペースが大きいため、3 テスラ MRI と比較すると分解能が劣る 1.5 テスラ MRI でも描出は問題ない。だが今回検討を行っている MCA は脳実質とのスペースが狭いため、分解能が 3 テスラと比較して劣る 1.5 テスラ MRI だと血管の辺縁が不鮮明となり、3 テスラ MRI と比較すると画質は下がると考えられる。しかし、高分解能を要しない主幹動脈の血管走行、形状を把握する分には 1.5 テスラ MRI でも評価は充分可能であると考えられ、また、1.5 テスラ MRI でも撮像時間を増加すれば 3 テスラ MRI に近い画像が得られる¹⁴⁾。さらに、今回の MAS-MRI 法では 1 分 32 秒のスキャン時間を要したが、定常状態コヒーレント型シーケンス (Philips 社製では Balanced-FFE) を用いると、スキャン時間は 33 秒とさらに短くすることが可能となる。定常状態コヒーレント型シーケンスの TR/TE は通常 3-4/1.5~2 なので、TR /TE が 1514/253 である MAS-MRI と比較して撮像時間が短い¹⁵⁾。当院で行う定常状態コヒーレント型シーケンスの撮像条件は TR/TE は 5.3/2.2、撮像 FOV は 200mm×200mm、マトリクスは

252×252 である。スライス厚/スライス間隔は 1.0mm/0.5mm で撮影枚数は 32mm 撮影で約 60 枚とされている。

今回の研究内において、血栓回収療法は行わなかったが、MAS-MRI で閉塞した MCA に動脈瘤が合併していることを診断できた例があった。MCA(M1-2)は脳動脈瘤の好発部位であるものの、通常の MRI/MRA や 3D-CTA では閉塞している血管に動脈瘤が合併しているかどうかの診断は難しいことが多い。動脈瘤が合併していた場合、血栓回収の手技中に動脈瘤を破裂させる危険性があり¹⁶⁾、実際に血栓回収の手技中に破裂させた報告もある¹⁷⁾。ガイドワイヤーの動きで動脈瘤の有無を予測できるという報告もあるが⁹⁾、盲目的に操作することには変わらない。本検査法は血栓回収療法の術前に MCA の閉塞血管の走行診断だけでなく動脈瘤などの合併も診断できる可能性があるため有用であると考えられる。

また、ICA 終末部閉塞に関しても MAS-MRI を施行したところ、良好な描出が得られた。MCA 閉塞の症例でも全例 ICA の描出は良好であった。ICA 終末部は脳と接していないことが多く、MAS-MRI 画像において良好な画像を得られるものと考えられる。

閉塞、もしくは高度狭窄した MCA の外観を MRI で撮像した報告はこれまでいくつもある。Kuribara¹⁸⁾らは、MRA 画像と fusion させて閉塞遠位部の血管走行を確認する方法を報告した。また、Kato¹⁹⁾らシルビウス裂内に平行にシルビウス裂内の MCA の走行を確認するという方法を報告している。本方法は、多種類の撮像から画像を構築するという煩雑な方法は必要せず、ICA 分岐部から M2 までの MCA の走行が把握しやすい方法であると考えられる。

一方、MAS-MRI 法の問題点としては、血管が脳に接していると血管走行が把握しづらいところが挙げられる。走行を把握する際撮像した画像を前後のスライスと比較して把握するため、Z 軸方向に蛇行している M1 や、Z 軸方向に走行する M2 以遠の走行の把握が難しい。本方法を用いて矢状断で血管を撮影すると、脳萎縮が強い症例では、血管走行の把握があ

る程度末梢まで可能であるが、脳萎縮のない症例では脳と血管が接しているため MAS-MRI 画像における血管辺縁が不明瞭となりやすい。今回の解析において、判定者 1 と判定者 2 の評価が good と poor に別れた症例が 1 例認められた。評価が異なった原因として、この症例の年齢が 54 歳と今回対象となった症例の中では最年少であったため年齢に伴う脳の萎縮も軽度であり、血管が脳に接している部分が他の症例と比較して多かった。脳に接している箇所が多いと、MAS-MRI では接していない側の血管の辺縁と、前後の画像から全体的な走行を読影するため、判定者によって評価が分かれたためと思われる。MAS-MRI 画像で excellent 群と評価された群の平均年齢が 82 歳 (± 5.8) で、excellent 以外の群 (平均年齢 66.3 歳 (± 11.9)) と比較して有意に高齢であったのは、高齢者の方が脳の萎縮が強いため MAS-MRI においてより明瞭な血管の描出が可能であったと考えられる。より末梢の血管描出のため、最近では 3D MAS-MRI 撮影も試みているが、未だ画像が荒く、臨床応用にはさらなる画像の鮮明化が必要である。

結語

急性期血栓回収療法前に MAS-MRI を行うことで MCA の走行や動脈瘤合併の診断に有用な情報が得られることが示唆された。

利益相反の開示：筆頭著者および共著者全員に利益相反はない。

参考文献

- 1) Goyal M, Menon BK, Zwam WH, et al. Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke: A meta-analysis of individual patient data from five randomised trials. *Lancet* 2016; 387:1723-1731
- 2) Saver, JL, Goyal M, Lugo A, et al. Time to treatment with endovascular thrombectomy and outcomes from ischemic stroke : a meta-analysis. *JAMA* 2016;316:1279-1288.
- 3) Nagahata M, Abe Y, Ono S, et al. Surface appearance of the vertebrobasilar artery revealed on basiparallel anatomic scanning (BPAS)-MR Imaging: its role for brain MR examination. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2005; 26:2508- 2513.
- 4) Nagahata M, Hosoya T, Adach, et al :Basi-parallel anatomical scanning (BPAS)MRI: A simple MRI technique for demonstrating the surface appearance of the intracranial vertebrobasilar artery. *Nippon acta radiologica* 2003;63:582-584.
- 5) Shiota H, Oishi M, Kamei S. Diagnosis of vertebrabasilar artery dissection using BPAS(Basi-parallel Anatomical scanning)MRI. *J of Nihon Univ.Med.Ass.* 2010;69:73-74
- 6) Miyasaka Kazuo: *Manual of Cerebrospinal Angiography.* First edition. Tokyo, Nankodo Co.,Ltd.,1997,45-46,78
- 7) Hayashi K, Takahashi N, Furuichi S, et al. Two cases of cerebral aneurysm detected after recanalization of the middle cerebral artery. *No Shinkei Geka.*1998;26:1103-1107
- 8) Saito N, Hayashi N, Ohkubo T, et al. Internal carotid artery aneurysm visualized during successful endovascular treatment of carotid embolism. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000;21: 546-548.
- 9) Torikoshi S, Akiyama Y. A Concealed intracranial aneurysm detected after recanalization of an occluded vessel: A case report and literature review. *Intervent Neurol* 2015;

4:90-95

10) Hayakawa M. Acute stroke thrombectomy: evidence and indications. *Clin Neurol*. 2019 ; 59:77-83

11) Nogueira RG, Lutsep HL, Gupta R, et al. Trevo versus Merci retrievers for thrombectomy revascularisation of large vessel occlusions in acute ischemic stroke (TREVO2): a randomized trial. *Lancet* 2012; 380 :1231-1240.

12) Amano T, Sato M, Matsumaru Y, et al. Intra-arterial contrasted Cone-beam computed tomography assessment of vessels distal from occluded site in acute ischemic stroke with major vessel occlusion. *Neurol Med Chir* 2017;57: 292-298

13) Katsuno M, Kobayashi S. Diagnosis of vertebral artery dissection with basiparallel anatomical scanning magnetic resonance imaging. *J Nippon Med Sch*. 2011 ; 78:367-373

14) Miki Y. Brain MRI: differences between 3T and 1.5T. *Clin Neurol* 2011;51:949-950

15) Hashemi RH, Bradley WG, Jr., Lisanti CJ: MRI The Basics third edition, Tokyo Japan, 2011, Medical sciences international, ltd. 344

16) Kühn A L, Hou S Y, Spilberg G, et al. Visualization of a small hidden intracranial aneurysm during endovascular thrombectomy for acute MCA occlusion. *J Vasc Interv Neurol* 2014;7:47-49

17) Hashi K. Is it appropriate to exclude patients with unruptured intracranial aneurysms from the indication for intravenous thrombolysis with rt-PA for acute cerebral infarction? *Jpn J Stroke* 2008;30:72-76

18) Kuribara T, Haraguchi K, Ogane K, et al. 3D-FIESTA Magnetic Resonance Angiography fusion imaging of distal segment of occluded middle cerebral artery. *Neurol Med Chir* 2015;55:805-808

19) Kato Y, Dembo T, Takeda H, et al. Outer contour of Middle cerebral artery revealed by sylvian valleculla-parallel anatomic scanning-magnetic resonance imaging. Arch Neurol. 2010;67:1278-1279

図表の説明

Table 1. Summary of the patients whose MAS-MRI could be compared with cerebral angiography. NIHSS: National Institute of Health Stroke Scale

TICI: Thrombolysis in cerebral infarction

MAS-MRI: MCA Anatomical scanning-MRI

M1: Middle cerebral artery horizontal segment

ICA: Internal carotid artery

C1: Supraclinoid segment

C3: Cavernous segment⁶⁾

Trevo: Trevo XP ProVue (Stryker. Kalamazoo, MI,USA)

Solitaire: Solitaire Platinum (Medtronic)

ADAPT: A Direct Aspiration first Pass technique

Figure 1. 82-year-old female with sudden consciousness disturbance and left hemiparesis.

A: MRA presents the right Middle cerebral artery(:MCA) occlusion.

B: The Occluded MCA from the proximal to the distal side of the MCA occluded point can be seen by MAS-MRI. Arrow heads show the form of MCA.

C: 3D image of MCA Anatomical Scanning(: MAS)-MRI shows the occluded MCA from the proximal to the distal three-dimensionally. The arrow heads show the occlusion point.

D: The right internal carotid angiogram post thrombectomy. Arrow heads show the recanalization point.

Figure 2. 77-year-old-male with repeated left hemiparesis and dysarthria.

A: MRA presents the right MCA occlusion. The occlusion point can be pointed out with arrow heads on MRA. B: It is possible to see the total form of occluded M1 (horizontal segment) by MAS-MRI. The occluded MCA can be seen by MAS-MRI. Arrow heads show the form of M1 from the proximal side till the distal side of the occluded point. M1 was steeply descending. The part of blood vessel wall was in contact with the brain, therefore the form of M1 was totally invisible.

C. The right internal carotid angiogram shows M1 occlusion.

D. The right internal carotid angiogram shows recanalization of the occluded vessel.

E. MRA post thrombectomy. Arrow heads show the recanalization point.

Figure 3. 84-year-old female with consciousness disturbance.

A: MRA shows occlusions on both sides of the MCA with arrow heads.

B: Bifurcation aneurysms on both sides of the MCA can be seen on MAS-MRI. Arrow heads show aneurysms.

Fig.4. 89-year-old-male with consciousness disturbance and right hemiparesis.

A: MRA on arrival shows left ICA occlusion. ICA can be followed till ICA C1.

B: We could see the form of ICA bifurcation by MAS-MRI.

C: The left Internal Carotid Artery (ICA) angiogram shows ICA occlusion.

D: The left ICA angiogram shows recanalization of the occluded vessel.

E: MRA post thrombectomy.

Fig.5 54-year-old-male with consciousness disturbance, left conjugate deviation and right hemiparesis.

A: MRA on arrival shows right M1 occlusion.

B: MAS-MRI shows the part of form of M1, though it might be difficult to figure out the overall because a part of M1 is in contact with brain.

C: The left internal carotid angiogram shows M1 occlusion.

D: The left internal carotid angiogram shows recanalization of the occluded vessel.

E: MRA post thrombectomy.

No.	Sex	Age	NIHSS on arrival	Occlusion site	Classification	Device	Reperfusion time(min)	TICI grade	Comparison with MAS-MRI evaluator1	Comparison with MAS-MRI evaluator2	3D MAS-MRI	mRS
1	M	73	23	Rt.M1 proximal	cardioembolic	Trevo	15	2b	excellent	excellent	—	4
2	F	78	21	Rt.ICA C1	cardioembolic	Solitaire, Trevo	52	2b	excellent	excellent	—	5
3	F	76	16	Lt.M1 proximal	atherothrombotic	Trevo Solitaire	18	3	good	good	—	6
4	M	77	5	Rt.M1 distal	atherothrombotic	Solitaire	25	3	good	good	—	0
5	F	86	10	Rt.ICA C3	cardioembolic	ADAPT technique	13	3	excellent	excellent	—	3
6	M	54	20	Lt.M1 proximal	cardioembolic	Solitaire	19	3	good	poor	—	3
7	M	58	8	Rt.M1	atherothrombotic	Solitaire	26	2b	good	good	—	0
8	M	89	22	Lt.ICA C1	cardioembolic	Solitaire	24	3	excellent	excellent	—	1
9	M	84	22	Lt.M1 distal	cardioembolic	Trevo	50	3	excellent	excellent	+	3
10	F	82	22	Rt.M1 proximal	cardioembolic	Trevo	25	3	excellent	excellent	+	4

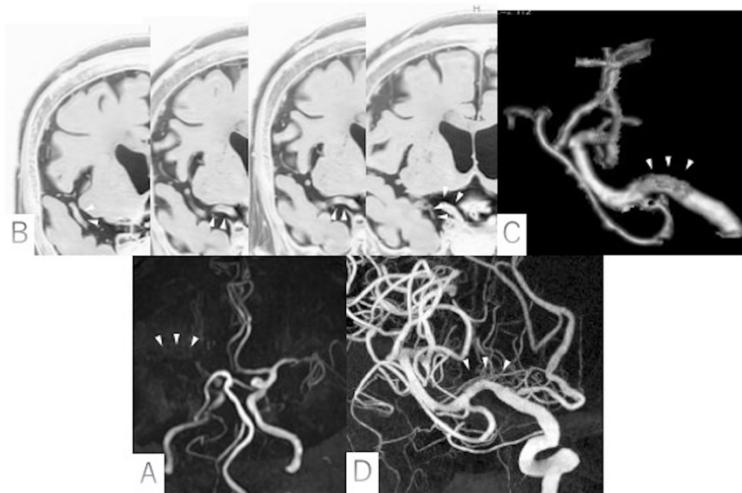


Figure 1

338x190mm (300 x 300 DPI)

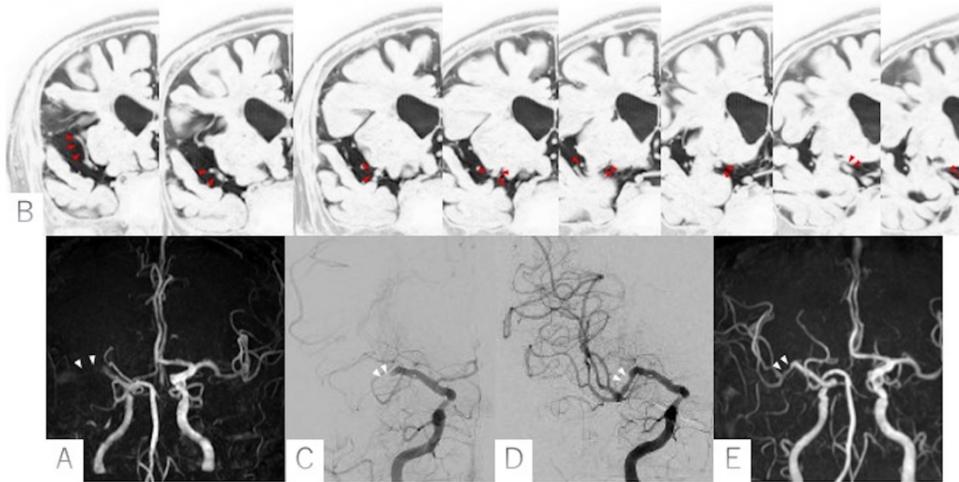


Fig.2

338x190mm (300 x 300 DPI)

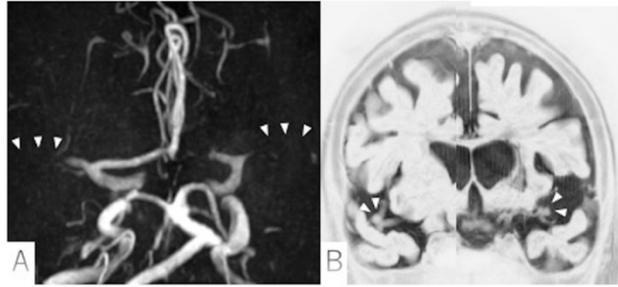


Figure 3

338x190mm (300 x 300 DPI)

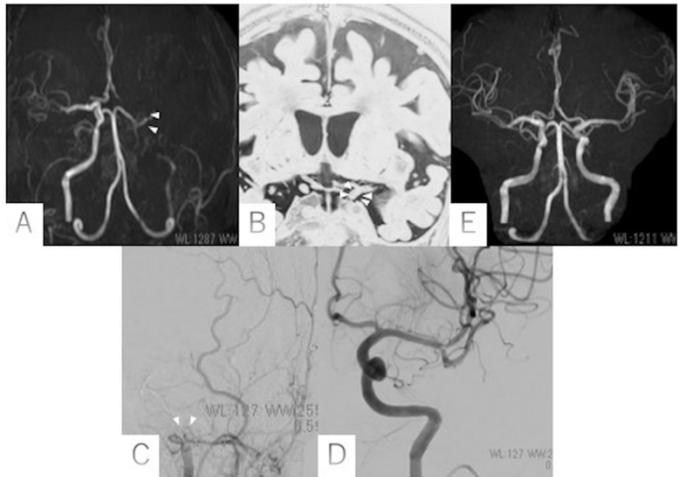


Fig.4

338x190mm (300 x 300 DPI)

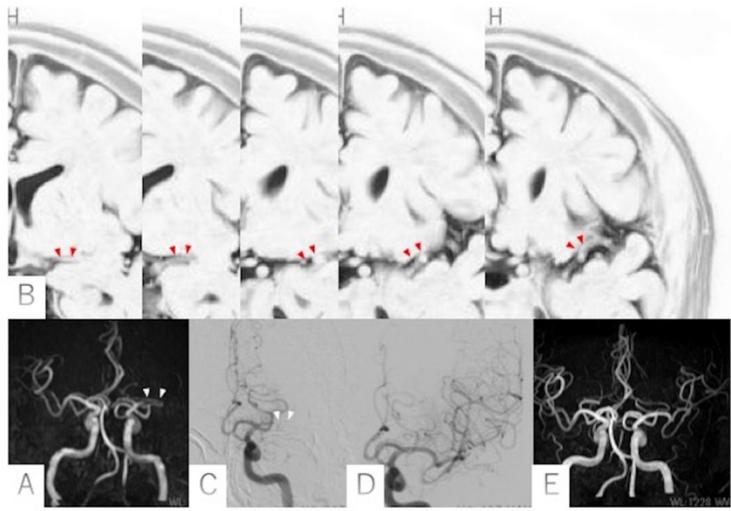


Fig.5

338x190mm (300 x 300 DPI)