

1) 論文種別

症例報告

2) 論文タイトル

動脈瘤クリッピング術後再発 IC-PC 動脈瘤に対して crossing Y-configuration stenting によるコイル塞栓術を施行した一例

3) 全員の著者名

佐藤慎治¹⁾, 小久保安昭¹⁾, 川並香菜子¹⁾, 板垣 寛¹⁾, 松本康史²⁾, 園田順彦¹⁾

4) 著者全員の所属施設・部署 (論文が執筆された所属)

1) 山形大学医学部 脳神経外科

2) 広南病院 血管内脳神経外科

5) 連絡著者の氏名・連絡先 (所属施設 / 部署名, 住所, 電話番号, メールアドレス)

<連絡先: 山形大学医学部 脳神経外科 佐藤慎治 〒990-9585
山形県山形市飯田西 2 丁目 2-2 Tel: 023-628-5349 E-mail:
shinjisato.yamagata@gmail.com>

6) キーワード crossing Y-configuration stenting, coil embolization, recurrent aneurysm, IC-PC aneurysm

7) 宣言「本論文を, 日本脳神経血管内治療学会 機関紙 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】 Y-configuration stenting は terminal type の動脈瘤の報告が多いが、IC-PC 動脈瘤の報告は少ない。再発 IC-PC 動脈瘤に対して crossing Y-stenting による瘤内塞栓術が有効だった一例を経験したので報告する。【症例】 57 歳，女性。2 度のクリッピング術後に再発した IC-PC 動脈瘤に対して、2 本の Neuroform Atlas を用いて crossing Y-stenting による瘤内塞栓術を行った。1 年後の脳血管撮影で再発を認めない。【結論】 再発を繰り返す IC-PC 動脈瘤に対する crossing Y-stenting によるコイル塞栓術は有効な治療の選択肢である可能性がある。

緒言

脳動脈瘤クリッピング術後の同部位での再発は、破裂、未破裂動脈瘤にかかわらず 10 年間で 1% 未満と報告されている^{1) 2)}が、再発動脈瘤への追加治療は困難な場合が多い^{3) 4)}。開頭術、血管内治療のどちらの場合でも、治療戦略は症例毎に検討が必要となる。コイル塞栓術の adjunctive technique として 2 本のステントを併用した Y-configuration stenting (Y-stent-assisted coiling: Y-SAC)⁵⁾があるが、これまでの報告では脳底動脈先端部動脈瘤や前交通動脈瘤、中大脳動脈瘤での報告が多い^{6) 7)}。これに対して、内頸動脈-後交通動脈分岐部 (IC-PC) 動脈瘤はステント併用の場合、内頸動脈 (ICA) に 1 本のステントを留置しての治療になることが多く、Y-SAC まで

必要になることが少ないため症例報告は少ない⁸⁾。今回、くも膜下出血（subarachnoid hemorrhage：SAH）に対するクリッピング術後も SAH を繰り返した再発 IC-PC 動脈瘤に対して crossing Y-SAC が有効であった 1 例を経験したので文献的考察を含めて報告する。なお、この報告は、山形大学医学部の倫理委員会による承認を受けている。

症例呈示

患者：57 歳，女性

主訴：特になし（治療希望）

既往歴：計 3 回の SAH

家族歴：特記すべきことなし

現病歴：55 歳で初回 SAH を発症，Hunt & Kosnik：H&K grade II，破裂右 IC-PC 動脈瘤に対して前医で右前頭側頭開頭にてクリッピング術を施行された。術後 modified Rankin Scale：mRS 1 で自宅退院した。1.5 年後に SAH を再発，H&K grade IV，右 IC-PC 動脈瘤再発と診断し，前医でクリッピング，LP シャントを行い，mRS 1 で自宅退院した。2 年後 SAH 再々発，H&K grade II，左 IC-PC 動脈瘤破裂であり，前医にて左前頭側頭開頭でクリッピング術を施行された。術後検査の際に右 IC-PC 動脈瘤再発を指摘され，追加治療目的に当科紹介初診となった。

初診時現症：JCS 1，明らかな四肢麻痺は認めないが，嗅覚脱失，近時記憶障害があり，mRS 1 である。

画像所見：初回（Fig. 1A, B），再発時（Fig. 1C, D），再々発時（Fig. 1E, F）の CT，当科入院時画像所見（Fig. 2）である。今回再発し

た動脈瘤は DSA で 2 本のクリップの後外側で、右後交通動脈 (Pcom) に騎乗し、ICA から Pcom にわたる広頸かつ不整形な最大径 7mm の動脈瘤であった (Fig. 2A, B, C). ICA 径 4mm, Pcom 径起始部 3.5mm, 末梢は 2mm であった。左椎骨動脈撮影で右後大脳動脈 P1 以遠は良好に描出された (Fig. 2D)。

治療経過：動脈瘤は右 IC-PC 分岐部から繰り返し再発しており、動脈瘤頸部を含めて tight に塞栓するために crossing Y-SAC によるコイル塞栓術を行う方針とした。手術 10 日前からアスピリン 100mg とクロピドグレル 75mg の抗血小板薬 2 剤併用療法を開始し、手術 2 日前に Verify Now (Accumetrics Inc., San Diego, CA, USA) を確認した。全身麻酔下に 6Fr ロングシースを留置し全身ヘパリン化、活性化凝固時間 (activated clotting time: ACT) を 300 秒に延長させた。右 ICA cervical segment 高位に 6Fr FUBUKI (朝日インテック、愛知) を留置した。コイル塞栓は jail technique で行うため、RESTAR (メディコスヒラタ、大阪) を瘤内に留置した。続いて、Excelsior XT-17 (XT-17) (Stryker, Kalamazoo, MI, USA) を右中大脳動脈 M1 遠位まで誘導した。Neuroform Atlas 4.5mm × 21mm (Stryker) を右 M1 近位から動脈瘤を越えた ICA C2 部まで展開し、XT-17 は抜去した。続いて Excelsior SL-10 (SL-10) (Stryker) を trans cell で Pcom に誘導し、Pcom から右後大脳動脈 P1 部まで SL-10 を留置した。Neuroform Atlas 4.0mm × 21mm を Pcom から ICA C3 部まで展開し、crossing Y-SAC とした (Fig. 3A)。Target 360 XL soft 6mm × 10cm (Stryker) で動脈瘤頸部にも十分に framing を形成し (Fig. 3B)、計 11 本、45cm で塞栓し、Raymond Roy Occlusion Classification に

おける class 1⁹⁾ で終了した (Fig. 3C).

術後経過: 術後新たな脱落症状や血栓性合併症は認めなかった (Fig. 4A). 術後 6 か月, 12 か月 (Fig. 4D, E) に脳血管撮影を行い, coil compaction や動脈瘤再発, 血栓性合併症はなかった. その後年 1 回 MRI を施行し術後 3 年経過した現在も明らかな再発所見なく (Fig. 4F), 外来で経過観察中である.

考察

動脈瘤に対する開頭クリッピング後の再発動脈瘤は破裂, 未破裂動脈瘤にかかわらず 10 年間で 1% 未満と報告されている^{1) 2) 3)}. クリッピング術後の動脈瘤再発に関して David らは 102 例 160 瘤で検討し, 完全閉塞が達成された 147 瘤 (91.8%) 中の 2 瘤 (1.5%) で再発し, 年間再発率は 0.52% であった. また, dog ear 状に残存した 8 瘤中 1 瘤で増大, 1 瘤で破裂し, 残存部分がある場合には年間出血率は 1.9% であった¹⁰⁾. クリッピング術後再発動脈瘤に対する再開頭では, 動脈瘤周囲の癒着やクリップにより処置が困難なことが多く^{3) 4)}, Drake らはクリッピング術後再開頭の際には術中破裂が生じやすく, 重篤な合併症率が 7.0%, 死亡率 5.2% と報告している¹¹⁾. クリッピング後の再治療にコイル塞栓術を選択する際には, クリップにより動脈瘤頸部が形成され, narrow neck となり高い完全閉塞が得られる^{12) 13)} との報告もある.

本症例では右 IC-PC 動脈瘤が繰り返し再発しており, 再増大部位と考えられる動脈瘤頸部を含めて tight に塞栓する必要があった. 再開頭によるクリッピング術も検討したが, すでに過去 2 度右前頭

開頭治療歴があり，高度の癒着が予想されたこと，動脈瘤は2本のクリップの裏側にある Pcom 起始部から発生しており，術野の視認性が不良（Fig. 2）であることが予想されたため，血管内治療の方針とした．

しかし，動脈瘤は広頸であり，ステント併用コイル塞栓術が必要であった．ICA にステントを展開し Pcom を sacrifice し動脈瘤ごと塞栓する方法が最も根治性が高いと考えられた．椎骨動脈撮影では右 P1 から右 PCA が描出されているが，Pcom 径は起始部 3.5mm，末梢でも 2mm と太く，Pcom を閉塞させることで Pcom 穿通枝である tuberthalamic artery の脳梗塞のリスクはある¹⁴⁾と考えられた．再々発瘤であったが，治療計画時には未破裂動脈瘤であり，Pcom 閉塞による脳梗塞発症の可能性を考慮し，Pcom を温存するため，Y-SAC による瘤内塞栓術の方針とした．

Y-SAC は2本のステントを Y 字状に留置する adjunctive technique であり，2004 年に Chow らにより初めて報告された⁵⁾．その後 terminal type の動脈瘤での報告は多数^{6) 7)}あり，IC bifurcation での報告は散見されるものの，IC-PC 動脈瘤での報告は少ない^{8) 15) 16) 17) 18)}．Cagnazzo らが報告した 27 研究，744 例 750 瘤のメタ解析では，Y-SAC による完全塞栓率は 95.4%，再開通率は 3%，治療関連合併症 8.9%，morbidity 2.4%，mortality 1.1%であった．また，その割合は Y-SAC に使用するステントで異なり，Enterprise (Codman & Shurtleff, Raynham, Massachusetts, USA) では完全塞栓率 96%，治療関連合併症率 6.5%，LVIS および LVIS Jr (MicroVention, Tustin, California, USA) で完全塞栓率 92%，合併症率 11%，Neuroform (Stryker)

で完全塞栓率 94%、合併症率 14%であった⁶⁾。 Neuroform での合併症率が他のステントより高く報告されたが、旧世代の Neuroform EZ (Stryker) が大部分の症例で用いられたためであり、金属含有量の少ない Neuroform Atlas では Aydin らの 30 例の検討で完全塞栓率 93.3%、手技関連合併症 6.7%、morbidity 3.3%と少ないものであった¹⁹⁾。

Y-SAC には、1 本目のステントの網目にもう 1 本のステントが交差するように留置する crossing Y-SAC と、2 本のステントを同時に平行に展開する kissing Y-SAC がある。Cagnazzo らのメタ解析では crossing Y-SAC は 92%、kissing Y-SAC は 8%に施行されていた⁶⁾。Sato らは Y-SAC の 38 例を検討し、crossing Y-SAC、kissing Y-SAC とともに 19 例ずつで患者背景に差はなかったが、kissing Y-SAC はより大型、広頸動脈瘤で使用され、部位では BA bifurcation、胎児型 PcomA、ICA bifurcation で選択され、前交通動脈 (Acom) や中大脳動脈 (MCA) の遠位動脈瘤で crossing Y-SAC が選択される傾向があったと報告している⁸⁾。

治療に必要なマイクロカテーテルの本数は、kissing Y-SAC では瘤内塞栓用のカテーテルとステントを同時に展開するための 2 本のステント用カテーテルの計 3 本が必要で、大口径のガイディングカテーテルを要する。対して、crossing Y-SAC は瘤内塞栓用のカテーテルと、ステント展開用のカテーテルの計 2 本で手技が可能である。合併症率は crossing Y-SAC で 8.4%、kissing Y-SAC で 12.7%とされる⁶⁾。最近では Y-SAC の欠点である血栓性合併症のリスクを低減させるため 2 本のステントが重ならないように T 字型に留置する T-

configuration stenting (T-stent-assisted coiling : T-SAC) の有用性が報告されている²⁰⁾が, Pcom に留置するステントの proximal end を ICA に留置したステントと隙間なく留置する必要があり, 手技的な難しさがある. Aydin らの報告では IC-PC 動脈瘤に対して T-SAC を行った 8 例中 3 例で Pcom の閉塞による血栓性合併症が生じており, 必ずしも Y-SAC よりも合併症リスクが少ないとは言い切れない²⁰⁾.

本症例では 2 本の Neuroform Atlas による crossing Y-SAC を選択した. ICA に対する Neuroform Atlas の選択の理由は, 比較的容易に proximal end の位置をコントロールできることであり, Pcom に対してはステント展開不良による血栓性合併症を避けるためである. ICA に展開する 1 本目のステントは M1 近位部からステントを展開し, ICA C2 部までの展開に留めることで ICA siphon 部にはステントが展開されないようにコントロールした. そのため, 2 本目のステント用のマイクロカテーテルで ICA のステントの真腔を確保しやすくなり, Pcom の選択, カテーテル誘導が容易であった. 1 本目のステントサイズは動脈瘤頸部の ICA 径が 4.5mm であり, 十分に頸部を被覆できるように, また, proximal end の位置をコントロールしやすいように短めの 4.5mm × 21mm を選択した. 2 本目は PcomA 遠位径が 2.0mm, Pcom 起始部が 3.5mm, ICA C3 部が径 4.0mm であり, 近位端が migration しないように ICA 径に合わせて 4.0mm × 21mm 長を選択した.

これまで IC-PC 動脈瘤に対する Y-SAC の報告が少なく, 渉猟し得た限り, crossing Y-SAC は 4 例^{15) 16) 17) 18)}, kissing Y-SAC は 8 例⁸⁾ の計 12 例であった. 治療内容の詳細が記載されていたのは

crossing Y-SAC の 2 例^{15) 18)} のみで, Kim らは 2 本とも Enterprise を用いて術後合併症なし, 3 か月間のフォローで再発なく¹⁵⁾, Raper らは 2 本とも Neuroform Atlas を使用し, 術後合併症なく 5 か月間のフォローで再発なし¹⁸⁾ と報告している. Y-SAC の報告が少ない理由としては, 治療自体に Y-SAC を要する症例が少ないことに加え, 細い Pcom の場合, ステントが十分展開されないと血栓性合併症のリスクが高くなるためと推察される. 本症例では右 P1 は椎骨動脈撮影で順行性に描出され, Pcom は胎児型でないにもかかわらず起始部の直径は 3.5mm, 末梢でも 2.0mm と太く, Pcom 内で十分なステント展開が可能であった. Neuroform Atlas の添付文書上の推奨最小血管径は 2.0 mm とされる. 一方, Endo らは Pcom の sacrifice による tuberothalamic artery 領域の脳梗塞発症のリスクとして, Negative P1 visualization, Pcom 径が $1.8\text{mm}\pm 0.4\text{mm}$ より太いこと, Pcom/P1 1.6 ± 0.2 以上と報告している¹⁴⁾. したがって, 胎児型 Pcom を含め Pcom を sacrifice できないような症例の中で, Pcom 径が太くステント留置が可能な場合には crossing Y-SAC はより血栓性合併症のリスクが低く, 治療の選択肢になる可能性がある.

結語

動脈瘤クリッピング術後再増大 IC-PC 動脈瘤に対して crossing Y-SAC によるコイル塞栓術を施行し, 術後経過が良好だった症例を経験した. IC-PC 動脈瘤で Pcom を sacrifice できない症例の中で, Pcom 径が太くステント留置が可能な場合には Crossing Y-SAC は治療の選択肢になる可能性がある.

謝辞

本内容は第36回学術総会座長推薦を頂きました。この場を借りて感謝申し上げます。

利益相反の開示

松本康史は、住友ベークライト株式会社から特許使用料、株式会社カネカメディックス、株式会社メディコスヒラタ、富士システムズ株式会社から講演料等の謝金を受けている。

参考文献

- 1) Tsutsumi K, Ueki K, Usui M, et al. Risk of recurrent subarachnoid hemorrhage after complete obliteration of cerebral aneurysms. Stroke 1998; 29: 2511-2513.
- 2) Tsutsumi K, Ueki K, Usui M, et al. Risk of subarachnoid hemorrhage after surgical treatment of unruptured cerebral aneurysms. Stroke 1999; 30: 1181-1184.
- 3) Shimizu H, Yanagisawa T, Endo H, et al. Surgery for aneurysms that are Residual or Recurrent after open or endovascular surgery. Surg Cereb Stroke (Jpn) 2015; 43: 212-217.
- 4) Kajimoto R, Shimada K, Kano T, et al. Effect of endovascular coil embolization for recurrent cerebral aneurysms following surgical clipping. Jpn J Stroke 2018; 40: 249-254.
- 5) Chow MM, Woo HH, Masaryk TJ, et al. A novel endovascular

treatment of a wide-necked basilar apex aneurysm by using a Y-configuration, double-stent technique. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004; 25: 509-512.

- 6) Cagnazzo F, Limbucci N, Nappini S, et al. Y-stent-assisted coiling of wide-neck bifurcation intracranial aneurysms: a meta-analysis. *AJNR Am J Neuroradiol* 2019; 40: 122-128.
- 7) Granja MF, Cortez GM, Aguilar-Salinas P, et al. Stent-assisted coiling of cerebral aneurysms using the Y-stenting technique: a systematic review and meta-analysis. *J NeuroIntervent Surg* 2019; 11: 683-689.
- 8) Sato K, Matsumoto Y, Kanoke A, et al. Y-configuration stenting for coil embolization of complex intracranial aneurysms: distinguishing between use of crossing-Y and Kissing-Y. *World Neurosurg* 2021; 146: e1054-e1062.
- 9) Mascitelli JR, Moyle H, Oermann EK, et al. An update to the Raymond-Roy occlusion classification of intracranial aneurysms treated with coil embolization. *J Neurointerv Surg* 2015; 7: 496-502.
- 10) David CA, Vishteh AG, Spetzler RF, et al. Late angiographic follow-up review of surgically treated aneurysms. *J Neurosurg* 1999; 91: 396-401.
- 11) Drake CG, Friedman AH, Peerless SJ. Failed aneurysm surgery. Reoperation in 115 cases. *J Neurosurg* 1984; 61: 848-856.
- 12) Forsting M, Albert FK, Jansen O, et al. Coil placement after

- clipping: endovascular treatment of cerebral aneurysms following incomplete clipping. *J Neurosurg* 1996; 85: 966-969.
- 13) Cekirge HS, Islak C, Firat MM, et al. Endovascular coil embolization of residual or recurrent aneurysms after surgical clipping. *Acta Radiol* 2000; 41: 111-115.
 - 14) Endo H, Sato K, Kondo R, et al. Tuberothalamic artery infarctions following coil embolization of ruptured posterior communicating artery aneurysms with posterior communicating artery sacrifice. *AJNR Am J Neuroradiol* 2012; 33: 500-506.
 - 15) Kim TG, Kim SH, Cho KG, et al. Endovascular treatment of internal carotid-posterior communicating artery wide-necked aneurysm using 2 Enterprise stents in Y-configuration. *Clin Neurol Neurosurg* 2013; 115(7): 1117-1120.
 - 16) Bang JS, Kim CH, Kwon BJ, et al. The difficulties and risks of Y-stent-assisted coiling: A comparison of first and second stenting procedures. *World Neurosurg* 2016; 88: 146-153.
 - 17) Castano C, Terceno M, Remollo S, et al. Endovascular treatment of wide-neck intracranial bifurcation aneurysms with 'Y'-configuration, double Neuroform stents-assisted coiling technique: Experience in a single center. *Interv Neuroradiol* 2017; 23(4): 362-370.
 - 18) Raper DMS, Rutledge WC, Winkler EA, et al. Y-stent technique for treatment of wide-necked posterior communicating artery aneurysm associated with fetal posterior cerebral artery: Technical report.

World Neurosurg 2020; 133: 173-177.

- 19) Aydin K, Balci S, Sencer S, et al. Y-stent-assisted coiling with low profile Neuroform Atlas stents for endovascular treatment of wide-necked complex intracranial bifurcation aneurysms. Neurosurgery 2020; 87: 744-753.
- 20) Aydin K, Stracke CP, Barbuoglu M, Yamac E, et al. Long-term outcomes of wide-necked intracranial bifurcation aneurysms treated with T-stent-assisted coiling. J Neurosurg 2019; 6: 1-10.

図表の説明

Fig.1 (A) CT scan at 1st admission showing diffuse and thick subarachnoid hemorrhage (SAH) in the basal cistern. (B) CTA at 1st admission showing right IC-PC aneurysm (white arrow) . (C) CT scan at 2nd admission showing diffuse and thin SAH in the basal cistern. (D) CTA at 2nd admission showing recurrent right IC-PC aneurysm (white arrow) . (E) CT scan at 3rd admission showing SAH localized to left side of the basal cistern. (F) CTA at 3rd admission showing de novo left IC-PC aneurysm (white arrow head) and re-recurrent right IC-PC aneurysm (white arrow) .

Fig.2 (A, B, C) Lateral view of the preoperative digital subtraction angiography (DSA), digital angiography (DA) and 3D rotational angiography (3D-RA) of right internal carotid artery, demonstrating a right IC-PC aneurysm which was irregular shaped and wide neck. (D)

Antero posterior view of the left vertebral angiography, demonstrating antero grade visualization of the right posterior cerebral artery (positive P1).

Fig.3 (A) Intraoperative right carotid angiography in a working projection for stenting. Dual stents were deployed Y-configuration. The first stent is shown by the red line and the second stent is shown by the green line. (B) Intraoperative right carotid angiography in a working projection for coiling. First coil covered the aneurysmal sac well, including the aneurysmal neck. (C) Right internal carotid angiography obtained immediately after coiling revealing the complete obliteration of aneurysm.

Fig.4 (A) Diffusion-weighted imaging on the first day after surgery revealed no infarction. (B, C) Right internal carotid DSA and DA obtained immediately after coiling. (D, E) Follow up right internal carotid DSA and DA on the 12 months after coiling revealing the complete obliteration of aneurysm. (F) Follow up right internal carotid high resolution MRA on the 3 years after coiling revealing the complete obliteration of aneurysm.

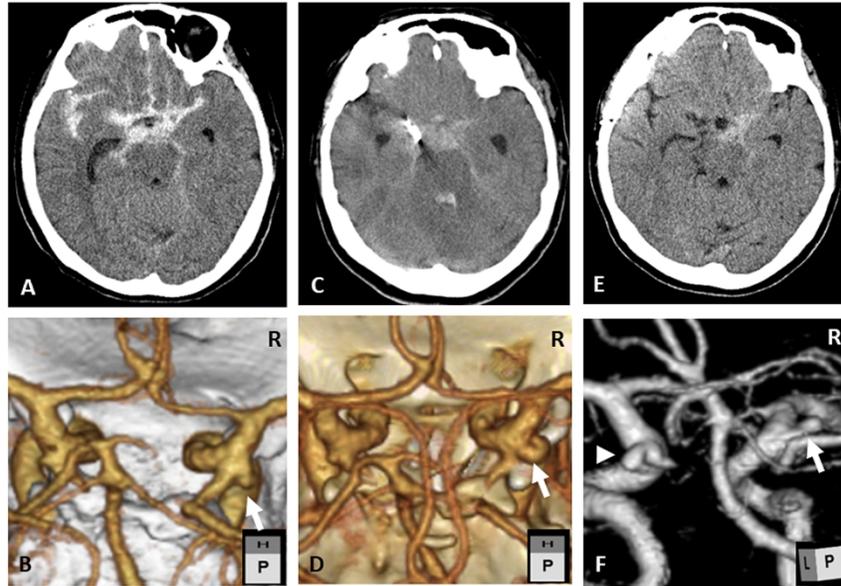


Fig.1

199x150mm (300 x 300 DPI)

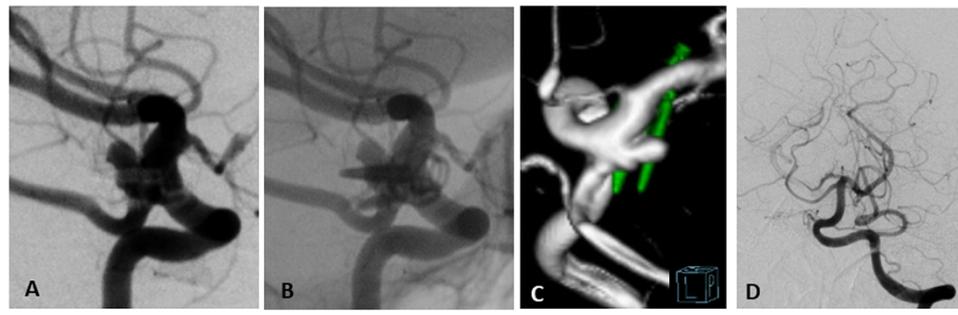


Fig.2

199x150mm (300 x 300 DPI)

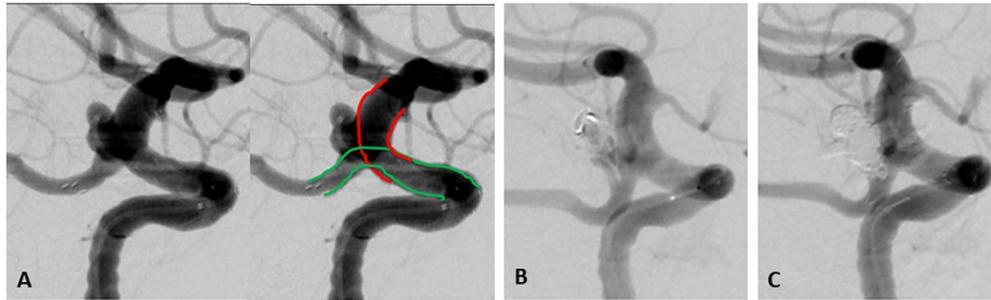


Fig.3

199x150mm (300 x 300 DPI)

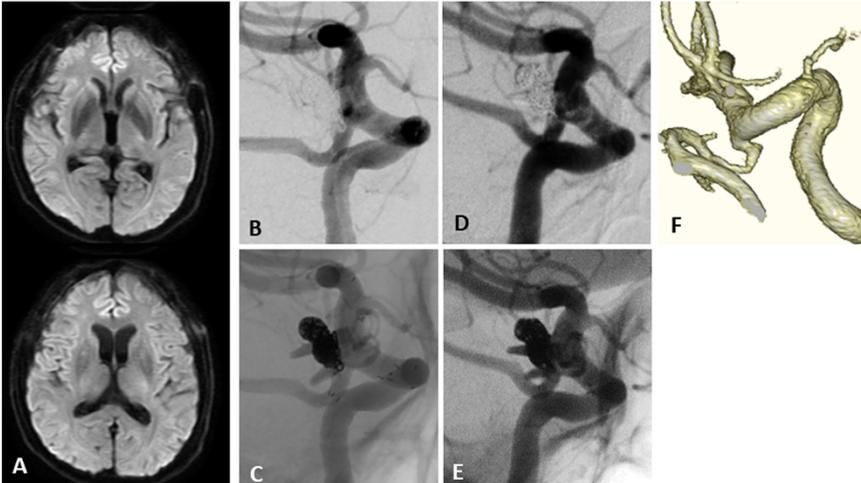


Fig.4

199x150mm (300 x 300 DPI)