

1) 論文種別

症例報告

2) 論文タイトル

Open cell stent 併用 coil 塞栓術時に stent migration し trouble shooting しえた 3 例

3、4) 著者、所属施設・部署

富尾亮介¹、植杉剛²、赤路和則¹

¹ 公益財団法人脳血管研究所附属 美原記念病院 脳神経外科

² 同 脳卒中部門

5) 連絡著者の氏名・連絡先

富尾亮介

公益財団法人脳血管研究所附属 美原記念病院 脳神経外科

群馬県伊勢崎市太田町366

E-mail: tomy0807@hotmail.com

Phone: 0270-24-3355

Fax: 0270-24-3359

7) キーワード

Stent, Neuroform atlas, trouble

8) 宣言

本論文を、英文誌「Journal of Neuroendovascular Therapy(JNET)」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。

要旨

目的：当院で Neuroform Atlas を使用した 36 例中、術中 stent migration を認めたのは 3 例だった。該当する 3 症例について展開時の状況、展開時に問題を生じた要因、塞栓結果、合併症有無について検討を行った。

症例：stent 展開時に問題があったのは比較的初期の 2 例で内頸動脈瘤と中大脳動脈瘤が 1 例ずつだった。いずれも simple pull 操作による展開中、stent の proximal marker が遠位へと移動し、瘤内への stent migration を来した。他に、中大脳動脈瘤の 1 例では trans-cell の際に stent migration を認めた。いずれの症例も recovery 可能で coil 塞栓を行い合併症は認めなかった。結語：Neuroform Atlas stent は安全で使用しやすい一方、展開中の先進や展開後の migration を起こしうるため注意を要する。

緒言

Neuroform Atlas(Stryker Neurovascular, CA, USA)は Neuroform stent を改良し開発された microstent である。Open cell と closed cell の hybrid 構造を有するが、主には open cell stent の特徴を持つために展開が容易、且つ tortuous な血管や分岐部でも kinking や twisting に強いとされる。また lower-profile, low metal to artery ratio (6-12%)を特徴とし、遠位においても delivery が容易である他、血栓塞栓症 risk を軽減することが期待されている¹⁻⁶。しかしながら一旦展開すると recapture は不可能で、やり直しは出来ない。また、low profile, low metal to artery ratio であるが故に構造的に以前の Neuroform stent よりも弱い。当院での Neuroform Atlas 使用症例の中で、展開中もしくは展開後に stent migration を来した 3 症例について検討した。

症例報告

2017 年 4 月より当院で脳動脈瘤 coil 塞栓術(全 162 例、未破裂症例 104 例)に際して Neuroform Atlas を使用したのは 36 例(stent 併用 coil 塞栓術は全 45 件)だった。その中で stent 展開時および展開後に stent migration があった未破裂脳動脈治療 3 例について詳細に報告する。当院での脳動脈瘤 coil 塞栓術時の stent 使用に関しての基準は、wide neck 動脈瘤で他の technique では術中術後の coil 逸脱 risk が高いと判断(脳血管内治療専門医 2 名以上の合議によって)された場合としている。また、未破裂例では動脈瘤 size 5mm 以上を目安としている。術前の抗血小板剤使用に関しては術前 14 日前からの Aspirin 100mg/day, Clopidogrel 75mg/day の double anti-platelet therapy (DAPT)を全例で施行し、術前日の Verify now による血小板機能評価でいずれかの薬剤が治療域に達していなかった場合には Cilostazol 200mg/day を術前日から追加した。PRU 低値(90 以下)を術前日に認めただけの場合には手術は予定通りに行ったものの、術当日より Clopidogrel を減量した。本報告に

あたっては美原記念病院倫理委員会での倫理申請および承認を経ている(No.094-08)。

全 36 症例のうち Neuroform Atlas の展開時に問題が生じたのは比較的初期の 2 例で大型内頸動脈瘤と中大脳動脈瘤が 1 例ずつだった。いずれも simple unsheath(simple pull)操作による展開中、stent の proximal marker が遠位へと移動し、stent 近位端の瘤内への migration を来していた。

症例 1 の 45 歳女性の大型未破裂右傍鞍部内頸動脈瘤(内側型)では、動脈瘤 dome は 17mm、横径は 13mm×12.5mm、neck は 8mm だった(Figure 1A,B)。2017 年 4 月に Neuroform Atlas 4.5mm×30mm 併用の coil 塞栓術を企図した。先に瘤内に coil 塞栓用の Echelon14 を誘導。その後 Excelsior XT-17(XT-17)からの Neuroform Atlas の展開を行った。しかし、simple pull 操作による stent 展開中に stent の近位端が先進し、瘤内に滑落した(Figure 1C)(動画 1)。本症例では neck bridge stenting は行えなかったが、jailing technique と trans cell technique を併用し double catheter technique で塞栓した。瘤内 stent 外と瘤内 stent 内をいずれも塞栓し volume embolization ratio(VER)27.4%、neck remnant となった(Figure 1D)。術後合併症は認めなかった。治療後は Aspirin 100mg+Clopidogrel 75mg 継続、治療 6 か月後の follow up で recanalization を認め、その後再治療を要している。

症例 2 は 69 歳女性の右中大脳動脈(MCA)瘤であり、dome は 6.3mm、横径 5.3×5.8mm、neck は 4.5mm だった(Figure 2A,B)。本症例については開頭 clipping 術による治療が根治性で上回ると判断されたが、患者本人の希望により coil 塞栓術が選択された。2018 年 8 月に Neuroform Atlas 3.0mm×21mm 併用での coil 塞栓を企図した。Coil 塞栓用の Echelon10 を瘤内に先に誘導し、M2 superior trunk に XT-17 を誘導、Neuroform Atlas を展開した。Simple pull 操作で展開を行ったところ、XT-17 を引くと Neuroform Atlas の Proximal marker が先進した(動画 2)。結果として動脈瘤より proximal 側の stent が全体に先進し、瘤内に stent が折りたたまれるように嵌入した(Figure 2C)。この時、stent が嵌入し始めた際に system pull を試みたが、smooth に stent を引き戻せなかったため、simple pull 操作でそのまま stent を M1 にかけて展開した。瘤内 neck 付近に stent が嵌入する形となったが、jail していた Echelon10 と trans cell technique で誘導した XT-17 によって瘤内の stent 内外を塞栓することで VER は 33%、一部僅かに body filling となった(Figure 2D)。術後合併症は認めなかった。本症例は治療後 1 年 Aspirin 100mg+Clopidogrel 75mg 継続とし、塞栓性合併症は認めなかった。1 年後の follow up で再発は認めていない。

症例 3 は 80 歳女性の中大脳動脈瘤で、動脈瘤は dome 6.6mm、横径 8.2mm×7.7mm、neck 7mm だった。動脈瘤 neck 近傍の M1 distal に狭窄(2.1mm 径)を認めていた(Figure 3A,B)。術前検査で動脈瘤 dome に複数の穿通枝が癒着しているため開頭術では穿通枝障害の risk が高く、short M1 であることや、高齢での治療であることを鑑み、coil 塞栓術を選択した。Neuroform Atlas 4.0mm×21mm による stent 併用 coil 塞栓術を企図した。先に瘤内に Echelon10 を誘導、次に M2 inferior trunk に XT-17 を誘導し、M1 にかけて Neuroform Atlas を展開した。Jail していた Echelon10 に加えて trans-cell で XT-17 を瘤内に誘導し

stent assist + double catheter とすることで、superior trunk 起始部を温存する選択的瘤内塞栓を企図した。しかし XT-17 を trans cell で瘤内に誘導する際に、先端を U 字に shaping していた micro guidewire の先端が Neuroform Atlas の近位端を押し込み、瘤内への stent の migration を認めた(動画 3)。Neuroform Atlas の近位端は幸いなことに superior trunk の orifice の辺りに移動し、いわゆる horizontal stenting と似た形となったため、jail していた Echelon10 と新しく瘤内に誘導した XT-17 で選択的な coil 塞栓が可能だった(Figure3C)。Double catheter にて coil 塞栓し、VER24.1%, body filling だが、dome 先端部を中心として意図した部位の塞栓が可能だった(Figure 3D)。術後合併症なく、Aspirin 100mg + Clopidogrel 75mg 継続で治療後 1 年塞栓性合併症なし、動脈瘤塞栓部位の recanalization も認めていない。

考察

これまでの報告によれば stent 併用 coil 塞栓術での stent 展開に関わる technical failure は 3-5%と程度とされ、Neuroform Atlas に関しては 0-11.1%と報告により開きがある¹⁻⁵。我々の経験した 36 例の内、simple pull 操作での Neuroform Atlas 展開中に近位端が先進していく現象が 2 例で認められ、いずれも瘤内に stent が滑落、もしくは嵌入した。同様の現象が起きる要因の 1 つは、展開直前の stent 走行は microcatheter 内で血管腔内の最短距離に近い route を通っているのに対して、展開後は血管走行をなぞることによって、展開前後で stent 走行が変化することと考えられる。展開後の stent の方がより長い route を通るため、stent の展開によって distal end が固定された状態では stent の近位端は展開前と比較して distal 側に移動することになる。この現象は血管径が大きな場合にはより顕著となり、血管腔が細い場合には小さくなるため、内頸動脈では大きく、中大脳動脈などの末梢では小さい。今回、症例 1 の内頸動脈瘤で展開中の近位端の先進が認められた要因は展開前後の stent 走行差に起因するところが大きいと考えられる。そのため、open cell stent では stent の展開前後の短縮がないということが利点だが、stent 展開前の proximal marker の位置を参考にして neck bridge の可否を判断するのは危険である。Neuroform atlas を含む open cell stent では、術前に展開後の stent 走行を予測し distal end の位置を定めることで展開前の近位端の位置によらず、通常は意図通りの neck bridge が可能である。本症例では展開前後での stent 走行差があり、予定よりも distal からの展開となったにも関わらず、展開前の proximal marker の位置を参考にしてしまったことが stent 滑落の原因だった。また、症例 1 に関しては working angle を瘤と内頸動脈が重ならぬように設定したことで、内頸動脈 C2 部の距離を透視画像上で短めに認識したことが一因として挙げられる。Stent が留置される部位の血管走行を正確に把握できる working angle を適宜設定することが必要だが、本例のような大型動脈瘤では瘤と母血管走行が透視上重なりやすく、stent 留置に際して理想的な working angle を取るのが難しいことも多い。術前術中の三次元的な血管走行の把握が必要と考えられる。一方、症例 2 の中大脳動脈瘤例で stent が先進し瘤内に嵌入した際には、比較的血管腔の細

い遠位での展開だった。そのため、展開前後の stent 走行差による影響は小さく、別の要因が考えられた。Quintana らは 29 例の case series の中で同様の stent 先進による展開位置不良を 1 例で経験し報告している⁶。この 1 例は前交通動脈瘤に対して A1-A2 にかけて Neuroform Atlas を展開しようとした際に生じており、症例 2 と同様に比較的遠位での展開時だった。Simple pull 操作では microcatheter の内腔を通る delivery wire を固定し、microcatheter のみを引き抜くことで、unsheath によって stent を展開する。Neuroform Atlas に関しては同手技がメーカー推奨となっている。これは stent の delivery wire を push することで stent が過度に押し込まれ collapse を防ぐためとされている。Microcatheter の走行が直線であれば simple pull で stent の先進は起きにくい、microcatheter の走行が蛇行している状況では simple pull を行うだけでも stent には先進する力が働いてしまう。これは microcatheter が牽引され直線化する際に、相対的に microcatheter よりも硬い delivery wire が microcatheter 内腔を先進するためだと考えられる。実際に in vitro ではあるが、中空の silicon 製の蛇行した血管 model を利用し、simple pull 操作のみで Neuroform Atlas を展開すると明らかな stent の先進が認められ、瘤内に stent が嵌入した(動画 4)。このため、delivery 用の microcatheter の蛇行が強い状況で simple pull での stent 展開を行うと、delivery wire と stent には先進する力が働くことは事実と考えられる。特に症例 2 のように Neuroform Atlas を留置する M2 から M1 にかけての分岐角が鋭角の場合には、simple pull 操作で stent が先進した際に stent が瘤内に嵌入する可能性があるため注意が必要である。このような症例で Neuroform Atlas を用いる際には展開用の microcatheter と co-axial に distal access catheter (DAC)を用いることが有用である。DAC を併用することで Simple pull 操作での stent の先進を抑えることが出来る。MCA や前交通動脈(Acom)瘤の場合、細径の M1 や A1 にまで DAC を進めることは血流の妨げとなり血栓塞栓症 risk を高めるため注意が必要である。この場合、内頸動脈終末部に DAC を進めるだけでも十分に stent 展開時の microcatheter の蛇行軽減や操作性向上に効果があると考えている。また DAC の使用が困難な状況で Simple pull 操作での展開中に stent 先進を示唆する proximal marker の先進などを認めた場合には、simple pull 操作のみに拘ることなく、適宜 system pull で system 全体の tension の調整を行うべきと考えられる。System pull を行う際には stent の distal end が十分に開いていることを確認し、delivery wire の tension を取る程度の加減に注意しなければならない。過度の system pull によって stent 全体が proximal に滑落する可能性があるからである。また、症例 2 のように Neuroform Atlas が瘤内へ嵌入した後に system pull で抵抗を感じた際には嵌入した Neuroform Atlas の cell 同士が絡まり合っている可能性があり、無理な pull は危険と考えられる。本例のように stent が嵌入した場合でも瘤内塞栓自体は可能だったことから、嵌入した stent の整備を試みるよりも、瘤内に嵌入した stent をそのまま展開しきつてからの coil 塞栓に切り替えた方が安全な場合もある。

Neuroform Atlas 展開後の trans cell technique による microcatheter の stent 内通過は stent の migration を起こしやすいため注意が必要である。Neuroform Atlas は遠位への delivery が容易

であることや、metal to artery ratioが低いという特徴を持つが、逆に Original の Neuroform stent と比較して展開後の stent 安定性は低い。遠位で用いる場合には細径の 3mm の Neuroform Atlas を使用する頻度が高く、trans cell の際に micro guidewire や catheter が stent に干渉しやすい。そのため、展開された 3mm の Neuroform Atlas に対して trans cell technique を用いることは可能であれば控え、jailing technique を用いる方が安全と考えられる。Trans cell technique を用いる場合には留置された stent の安定性を高める目的で 30mm 長の Neuroform Atlas 選択が有用と考えられる。我々は遠位で Neuroform Atlas を使用する際には血栓塞栓症 risk 低減のため、金属量を減らす目的で 3mm 径 21mm 長の Neuroform Atlas を選択してきた。しかしながら、本症例のように trans cell technique による microcatheter 誘導を予定している場合にはより留置後に安定性の高い 30mm 長の選択を検討すべきだったと考えられる。また、stent への干渉を可能な限り抑えるための注意も必要である。trans cell technique で microcatheter を誘導するには micro guidewire の先端を U 字形状とし、先端が stent strut に引っ掛からぬように留意するのが一般的だが、症例 3 のように micro guidewire 先端の U 字形状が血管径に対して十分に小さく成形出来ていない場合には逆に U 字形状とすることで stent を押し込んでしまうため注意が必要である。Neuroform Atlas の留置部位に狭窄を認める場合には狭い stent 内に microcatheter を通さなければならず、stent が動く risk がより高い。我々が経験した 32 例の Neuroform Atlas 使用症例では、2 例で展開時の瘤内への stent の移動、1 例で展開後に trans cell technique による stent の移動を認めた。3 例とも意図した通りの stent 位置とはならなかったが、全例で合併症なく coil 塞栓は可能だった。Neuroform Atlas は metal to artery ratio が 6-12%(4.5 mm の血管に Neuroform Atlas を留置した時が 6%、2.0 mm の血管に留置した時が 12%) と他の stent と比較して低いことから血栓塞栓症が比較的起こりにくく安全性が高いと考えられている³。また、破裂急性期を含まない過去の報告で血栓塞栓症の risk はおおよそ 2.7-5.2% となっている^{3,5-7}。stent の cell が大きいことから trans cell による microcatheter の瘤内への誘導も難しくない⁸。これらの特徴から、Neuroform Atlas は trouble が生じた場合にも血栓性合併症を生じにくく、trouble 後の recovery も比較的容易で安全性の高い stent と考えられる。しかしながら、recapture が不可能で展開後の安定性が従来 Neuroform Stent と比較して低いことから、今回提示したような trouble が起こる可能性を孕んでいる。Stent が不適切に展開された際には血栓塞栓症の risk が高まると考えられ、破裂急性期を含めた case series では 14.8% で血栓塞栓症を認めたとする報告がある⁹。このため、いかに Neuroform Atlas の metal to artery ratio が低いとは言え、血液凝固能が亢進している状況や抗血小板剤が十分に有効でない場合の血栓塞栓症 risk は軽視できるものではない。術前からの十分な抗血小板薬の投与、術中の適切な抗凝固はいずれも血栓塞栓症を避けるために必要と考えられる。

結語

Neuroform Atlas は delivery と展開が容易とされる一方で recapture は不可能であり、展

開中に stent 近位端が先進しうるため注意を要する。また、展開後も microcatheter や guidewire による干渉で Neuroform Atlas は移動しやすい。

利益相反の開示

筆頭著者および共著者全員が利益相反はない

文献

1. Caragliano AA, Papa R, Pitrone A, et al. The low-profile Neuroform Atlas stent in the treatment of wide-necked intracranial aneurysms - immediate and midterm results: An Italian multicenter registry. *J Neuroradiol* 2019; pii: S0150-9861(18)30391-2.
2. Goertz L, Dorn F, Siebert E, et al. Safety and efficacy of the Neuroform Atlas for stent-assisted coiling of intracranial aneurysms: A multicenter experience. *J Clin Neurosci* 2019; pii: S0967-5868(19)30806-9.
3. Jankowitz BT, Hanel R, Jadhav AP, et al. Neuroform Atlas Stent System for the treatment of intracranial aneurysm: primary results of the Atlas Humanitarian Device Exemption cohort. *J Neurointerv Surg.* 2019;11(8):801-806.
4. Semeraro V, Ganimede MP, Lucarelli NM, et al. Rescue Stenting Using Neuroform Atlas Stent During Coiling Protrusion for Ruptured Intracranial Aneurysms. *World Neurosurg* 2019; pii: S1878-8750(19)31171-4.
5. Ulfert C, Pham M, Sonnberger M, et al. The Neuroform Atlas stent to assist coil embolization of intracranial aneurysms: a multicentre experience. *J Neurointerv Surg.* 2018;10(12):1192-1196.
6. Quintana EM, Valdes PV, Deza EM, et al. Initial experience and one-year follow-up with Neuroform Atlas Stent System for the treatment of brain aneurysms. *Interv Neuroradiol* 2019; Apr 2:1591019918819087.
7. Tsai JP, Hardman J, Moore NZ, et al. Early post-Humanitarian Device Exemption experience with the Neuroform Atlas stent. *J Neurointerv Surg* 2019; pii: neurintsurg-2019-014874.
8. Ciccio G, Robert T, Smajda S, et al. Double stent assisted coiling of intracranial

bifurcation aneurysms in Y and X configurations with the Neuroform ATLAS stent: immediate and mid term angiographic and clinical follow-up. J Neurointerv Surg 2019; pii: neurintsurg-2019-015175.

9. Ten Brinck MFM, de Vries J, Bartels RHMA, et al. NeuroForm Atlas Stent-Assisted Coiling: Preliminary Results. Neurosurgery 2019; 84(1):179-189.

図表の説明

Figure1

大型未破裂右傍鞍部内頸動脈瘤(内側型)。動脈瘤 dome は17mm、横径は13mm×12.5mm、neck は8mm だった。A : working angle を模した 3DRA 像、B : 側面像。C : Neuroform Atlas 4.5mm 30mm の近位端が瘤内に滑落し展開された。D : 水色線は展開された Neuroform Atlas のおおよその位置。瘤内 stent 内外を coil 塞栓し、neck remnant, volume embolization ratio 27.4%。

Figure2

未破裂右中大脳動脈瘤、dome6.3mm、横径 5.3×5.8mm、neck4.5mm。A: working angle を模した 3DRA, B: working angle。C: Neuroform Atlas 3mm 21mm 展開後。オレンジ線は陥入した Neuroform Atlas を示す。水色線部分は瘤内 stent 外を塞栓した部位で緑線部分は瘤内 stent 内を塞栓した部位。D: coil 塞栓後。一部 body filling、volume embolization ratio 33%。

Figure3

未破裂右中大脳動脈瘤、dome 6.6mm、横径 8.2mm×7.7mm、neck 5mm。A: working angle を模した 3DRA, B: 動脈瘤近位の M1 に狭窄部あり(2.1mm 径程度)。C: stent 展開後の transcatheter technique による microcatheter 誘導時に stent 近位側が瘤内に移動した。オレンジ線が移動後の stent の位置を示す。D:coil 塞栓後。Body filling、volume embolization ratio 24.1%。

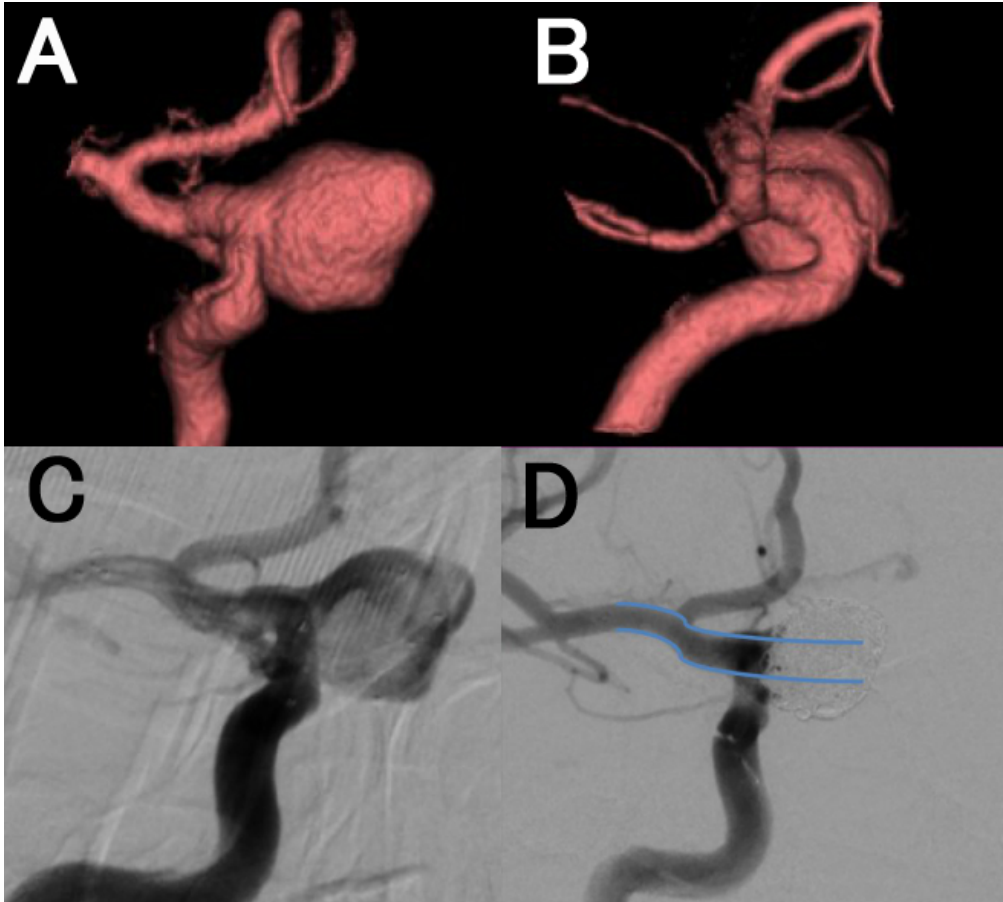


Figure1

55x49mm (300 x 300 DPI)

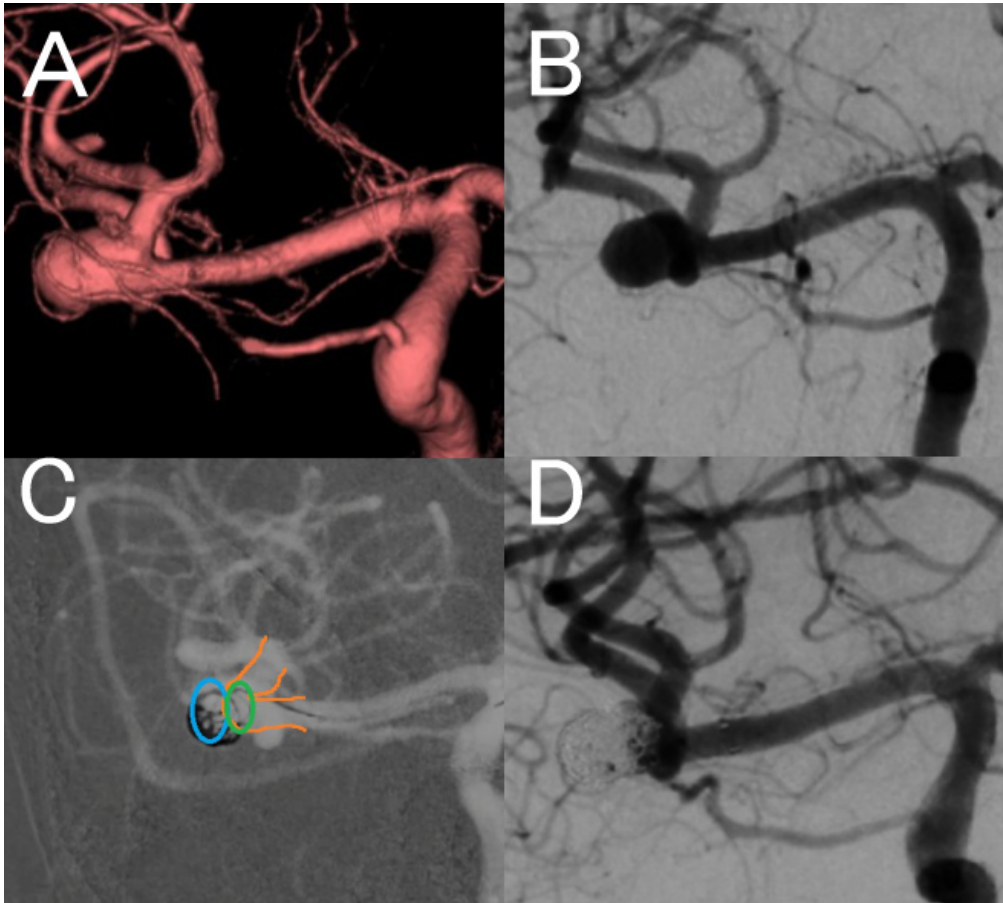


Figure2

55x49mm (300 x 300 DPI)

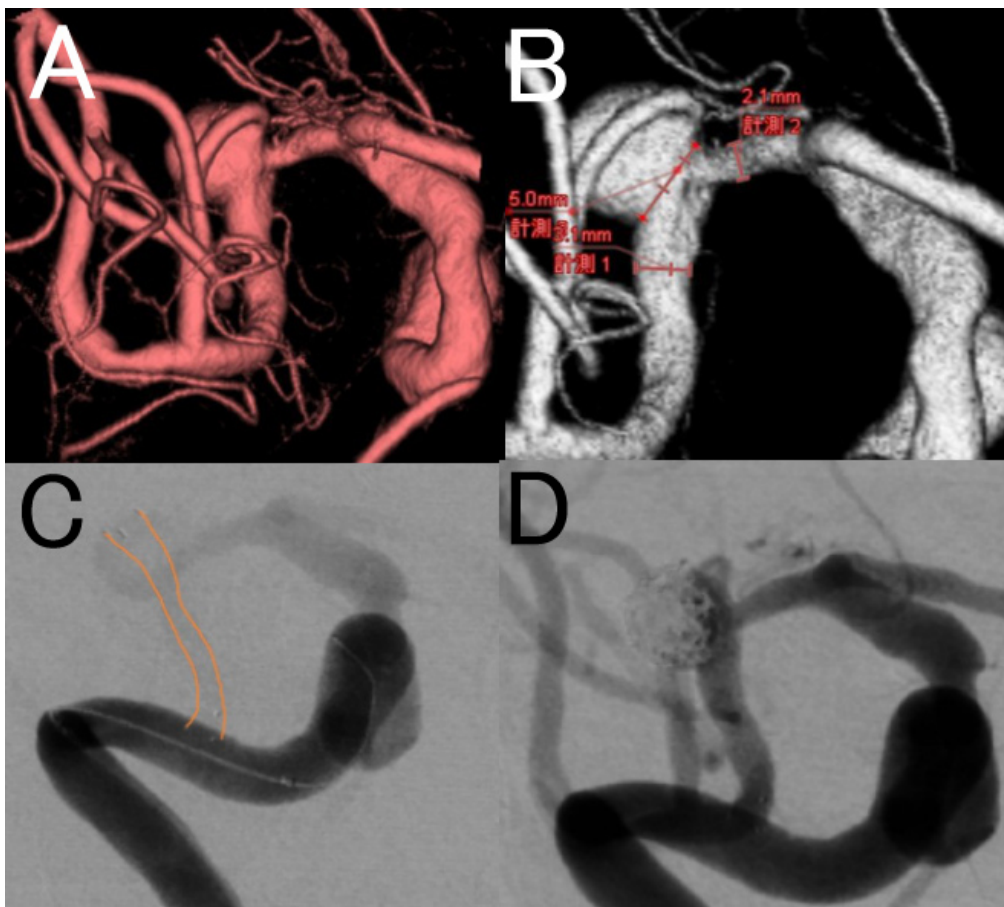


Figure3

55x49mm (300 x 300 DPI)