

1) テクニカルノート

2) 広頸内頸動脈後交通動脈分岐部動脈瘤に対する T-stent または Half T-stent を用いた塞栓術

3) 中條敬人^{1,2}, 寺田友昭¹, 岡田秀雄³, 坂口顕弘¹, 高野駿¹, 西山徹¹, 梅峯有砂¹, 田中優子¹, 山家弘雄¹, 松本浩明¹, 水谷徹²

4) 1. 昭和大学藤が丘病院 脳神経外科, 2. 昭和大学医学部 脳神経外科学講座, 3. 和歌山労災病院

5) 中條敬人

昭和大学医学部 脳神経外科学講座

〒142-8666 東京都品川区旗の台1-5-8

tel: 0337848000, takatosp@med.showa-u.ac.jp

6) Coil embolization, T-stent technique, Half T-stent technique, Internal carotid posterior communicating artery bifurcation, Wide-necked aneurysms

7) 宣言

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.

広頸内頸動脈後交通動脈分岐部動脈瘤に対する T-stent または Half T-stent を用いた塞栓術

和文要旨

【目的】広頸内頸動脈後交通動脈分岐部(IC-PC)瘤で後交通動脈(P-com)が瘤から分岐し胎児型で、P-comが閉塞不可能な症例に対し、TまたはHalf T-stentを用いた塞栓術で4症例を治療した。その有用性と問題点を報告する。

【症例】T-stent, Half T-stentが2例ずつに実施されていた、平均年齢は70.3歳、全例女性、1例が破裂瘤、T-stent, half T-stentそれぞれの瘤サイズは平均12mm, 平均7.4mm, ネックサイズは平均8.5mm, 平均6.7mmであった。カテーテル先端をS字型またはpigtail型に形状形成することでP-comを確保でき、全例でステント留置は成功した。T-stentの1例で再発を認め、再治療に至った。

【結論】広頸かつP-comが瘤から分岐し胎児型で閉塞不可能なP-comを有するIC-PC瘤に対し、TまたはHalf T-stent techniqueを用いた塞栓術は有効である。

緒言

内頸動脈後交通動脈分岐部(IC-PC: internal carotid artery-posterior communicating artery)動脈瘤において、wide neckでposterior communicating artery (P-com)がドームから分岐し、かつP1が低形成なfetal typeのP-comの場合、P-comを温存しなければならないため血管内治療が困難である。近年は、同様の広頸動脈瘤

に対してステントを用いた様々な手法により塞栓術が行われている¹⁻⁴⁾。また我々のような T-stent⁵⁻⁷⁾ の他に Y-stent technique⁸⁻¹⁰⁾ , あるいはそれ以外の異なったステント留置^{11,12)} による治療報告もある。

T-stent は Bifurcation type の広頸動脈瘤に対して母血管と分岐血管にそれぞれステントを挿入し、双方が重ならないように留置し、ネックを形成する方法である (Fig.1 A, B) 。それに対して、Half T-stent は分岐血管から留置する 1 本のステントで動脈瘤のネックカバーが可能な場合に用いる方法であり、T-stent の一部分を利用した方法であることから「Half T-stent technique」と命名した (Fig.1 C, D) 。

今回、我々は上記の理由で治療困難な IC-PC 動脈瘤に対して T-stent または Half T-stent を用いて治療した 4 例を経験した。

症例提示

対象

対象は当院または関連施設において、T または Half T-stent を用いて塞栓術を実施した 4 例の IC-PC 動脈瘤とした。

結果 (Table 1)

T-stent, Half T-stent がそれぞれ 2 例に実施しており、平均年齢 70.3 (58-78) 歳、すべて女性であった。T-stent の 2 例は偶発的に発見され、Half T-stent の 1 例が動眼神経麻痺、もう 1 例が破裂瘤であった。動脈瘤とネックのサイズは T-stent で平均 12 (12, 12) mm, 平均 8.5 (8.9, 8.0) mm, Half T-stent で平均 7.4 (7.2, 7.6) mm, 平均 6.7 (6.3, 7.0) mm であった。P-com を確保するためのカテーテ

ルシェイプは S 字型または pigtail 型に形状を形成した。留置したステントはすべて Neuroform Atlas (NF) (Stryker, Kalamazoo, MI, USA) であった。T-stent で Internal carotid artery (IC) に留置するステントは NF, LVIS blue (Microvention TERUMO, Tustin, CA, USA) を 1 例ずつ用いた。全例で P-com の確保とステント留置は成功し、P-com は温存された。また、神経学的所見の悪化を伴う合併症を含め、周術期合併症は認めなかった。観察期間は平均 6.3 (1-12) か月であった。治療直後の塞栓状態は Neck remnant (NR) であったが、IC に NF を留置した T-stent の 1 例で再発を認め再治療に至った。

代表症例：T-stent technique

症例 1: 72 歳, 女性 (偶発発見, 最大径 12mm, 未破裂動脈瘤, 増大傾向, 前脈絡叢動脈の癒着が予想) (Fig.2 A-C)

治療: 塞栓術の 2 週間前から dual antiplatelet therapy (DAPT) を開始した。IC に留置した 8Fr 親カテーテルから 6Fr 中間カテーテルを IC petrous portion まで挿入し、瘤回しで Excelsior SL-10 (Stryker, Kalamazoo, MI, USA) を middle cerebral artery (MCA) 末梢に、S shape した Headway 17 (Microvention TERUMO, Tustin, CA, USA) を P-com に挿入した (Fig.2 D)。IC 近位に留置した別の 5Fr 親カテーテルから Excelsior SL-10 を瘤内に挿入した。MCA から IC に 4.5×30mm を展開, 術中のステント滑落を防ぐためにステント断端は展開せずにカテーテルを引いた状態で固定, P-com には NF 3.5×21mm を挿入しネックまで展開, 同様に断端は展開せず固定, Cone-beam CT にてステント展開状態を確認後に瘤内塞栓を行った (Fig.2 E)。その後, 内頸動脈側のステント, P-com 側のステントを展開し, NR

で終了した (Fig.2 F) . 術後は特に問題なく退院したが, 術後 6 か月から coil compaction を認め (Fig.2 G) , 1 年後に増悪傾向のため, LVIS blue 追加による再塞栓を行い, その後 1 年では再発を認めていない (Fig.2 H) .

症例 2 では同様の方法で MCA から IC には LVIS blue 4.5×23mm を留置, P-com には NF 3.5×21mm を留置し瘤内塞栓を行った. 術後 6 か月で再発を認めていない. 代表症例: Half T-stent technique

症例 3: 78 歳, 女性 (眼瞼下垂, 最大径 7.2mm, 未破裂動脈瘤) (Fig.3 A, B)

治療: 塞栓術の 2 週間前から DAPT を開始した. IC に留置した 8Fr 親カテーテルから 6Fr 中間カテーテルを IC petrous portion まで挿入, pigtail shape した Headway 17 を P-com に (Fig.3 C) , Excelsior SL-10 を瘤内に挿入した. P-com に NF 4.0×21mm をネックまで展開, 断端は展開せず固定, cone-beam CT にてステント展開状態を確認後に瘤内塞栓を行った (Fig.3 D, E) . ステントを展開し NR で終了した (Fig.3 F) . 術後は特に問題なく退院し, 術後 6 か月で再発はないが, 眼瞼下垂の改善も認めていない.

症例 4 では開頭術を拒否されたため, 発症日に Double catheter technique で塞栓術を行ったが, P-com を温存した塞栓が不可能であった. そこで家族への十分な説明と同意のもと, 同日, DAPT のローディング後にステント併用の塞栓術を行った. 本症例は当院の高度新規医療技術・未承認新規医療品等審査委員会及び倫理委員会により承認済みである (承認番号 01-22, F2019C88) . 術後の再破裂はきたさなかったが, 最終的には重症くも膜下出血のため術後 26 日

に死亡した。

すべての症例において、血栓塞栓性合併症や出血性合併症は認めなかった。長期間のフォローではないが、現段階での再発症例は 1 例で再治療が行われ、その後の再発は認めていない。

考察

Bifurcation type の広頸動脈瘤に対して T-stent による塞栓術の有効性は報告されている⁵⁻⁷⁾。当院における T-stent や Half T-stent を用いた脳動脈瘤に対する血管内治療の適応は、広頸かつ閉塞不可能な分岐血管が瘤から起始し、直達術やその他の technique を用いた血管内手術では治療が困難なものに限定している。また Half T-stent で十分に neck をカバーできない例では T-stent を考慮する。適応可能な動脈瘤部位としては、IC-PC や basilar tip, basilar artery-superior cerebellar artery, anterior communicating artery などが挙げられる。

Half T-stent はネックを小さくするためのものであり、flow diversion 効果は期待できないため、最大径が 10-12mm 以上の大型瘤ではコイル塞栓が可能であっても再発リスクは高いため T または Y-stent を考える。また、大型の瘤に対しては、使用するステントの種類も LVIS blue などのある程度の flow diversion 効果の期待できるもの、Enterprise 2 (Johnson & Johnson, Raynham, Miami, FL, USA) のように血管の直線化を図り inflow zone をずらすなどの特性を持ったステントを母血管に留置することも戦略として考えておくことが重要である。Half T-stent は最大径が 9mm 以下の瘤でステントを置くことにより分岐血管とネックが温存でき、他の adjuvant

technique を用いなくても安全にコイル塞栓ができると判断された場合に用いる。

複数のステントを用いることは血栓塞栓性合併症が増加すると報告があるが⁸⁻¹⁰⁾、X や Y-stent と比べてステントの重なりは少ないため血栓性合併症が比較的少ない可能性がある^{5,13)}。しかし、分枝の分岐角度は急峻であることが多く、マイクロカテーテル (MC) の誘導、ステント展開時のステント先端位置調整にはそれなりの技術が必要となる。特に今回の症例のように分岐血管がドームから分岐している場合、その血管の確保は容易ではない。しかし、3D イメージから MC の形状を予測し、Pigtail や S-shape にすることで末梢の確保が可能となる。ステント留置の際には遠位端の位置合わせが非常に重要であるが、MC の誘導後には血管伸展が生じてしまうため正確なステント展開位置の決定が困難となる。そこで MC 誘導前の DSA にて目安となる分枝からの距離を計測しておき、遠位端の展開位置を決定することが必要である。ステント展開の際にはその種類にかかわらず、屈曲の強い血管の場合はステント滑落予防のため 21 mm 長のステントを用いている。分岐血管に留置するステントは、全例で NF を使用している。NF は resheath できないというデメリットはあるが、展開操作はシンプルで屈曲部でも確実に展開でき血管圧着性に優れており、ほとんど短縮しないため最初の展開位置さえ間違えなければ、近位端を合わせることはさほど困難ではない。海外では resheath 可能で展開が容易なタイプの LEO Baby (Balt, Montmorency, France) などがあるが、国内で使用可能なステントでは、Enterprise 2 の場合、より大口径の MC が必要となってしまうた

めに分岐血管の確保と誘導が困難になる可能性がある。また、LVIS Jr. (Microvention TERUMO, Tustin, CA, USA) の場合、血管の屈曲部分ではステント展開のためにより高度な MC 操作が必要で、上手く展開できない場合には血管閉塞に至る場合もあり得る。ステント留置可能な分岐血管径は、これまでの経験から 1.5mm まで、それを下回る場合は血管閉塞の危険性が高くなると考えられる。また、ステント近位端 (動脈瘤の distal neck) の展開の際には、母血管の遠位方向にステントを展開するため、MC を母血管遠位にややループ状に押すような状態でステントを展開する工夫 (Microcatheter looping technique)¹⁴⁾ や瘤内へのステント滑落を防ぐため、ステントを完全に展開する以前に部分的または完全な瘤内塞栓を行う必要がある。

対象となる動脈瘤は広頸で大型のものとなるので、症例 1 のように再発してしまう場合もあるため、再発時の治療オプションについても検討しておかななくてはならない。血栓性合併症の懸念があるため、ステントは 1 枚が理想的であることは間違いない。しかし、症例 1, 2 のように Half T-stent で neck を十分カバーできない症例では、やむを得ず T-stent となる。母血管には、原則として flow diversion 効果が期待できる braided stent を留置する方が良いと考えられる。Flow diverter (FD) による治療が適応となる場合があるが、胎児型の P-com を有する動脈瘤においては完全閉塞が得られにくいという報告があり¹⁵⁾、閉塞できない分岐血管の動脈瘤の場合、FD 留置は慎重に検討すべきである。症例 1 では瘤のネック部分の血管の強い屈曲により、初回に braided stent を留置できなかった。初回治療時より再発の可能性を考え、再発時には scaffolding technique¹⁶⁾

でステント内ステントとして LVIS blue を留置する予定としていた。
再治療で LVIS 留置後は再発を認めていない。

あくまでも広頸大型動脈瘤が対象となるので長期フォローアップが
必要と考えられる。

結語

広頸かつ P-com が瘤から分岐し、かつ胎児型で閉塞できない P-com
の IC-PC AN に対して、T または Half T-stent technique を用いた塞
栓術は血管内治療を行う上での一つの選択肢となり得る。

利益相反の開示

本論文に関して、筆頭著者および共著者全員に開示すべき利益相反
状態が存在しない。

文献

1. Chen Z, Niu Y, Tang J, et al. Endovascular treatment of posterior communicating artery aneurysms in the presence of the fetal variant of posterior cerebral artery. *Interv Neuroradiol.* 2015; 21: 456-461.
2. Cho YD, Lee WJ, Kim KM, et al. Stent-assisted coil embolization of posterior communicating artery aneurysms. *AJNR AM J Neuroradiol.* 2013; 34: 2171-2176.
3. Cho YD, Kang HS, Kim JE, et al. Modified protection using far proximal portion of self-expandable closed-cell stents for embolization of wide-necked intracranial aneurysms. *Neuroradiology.* 2014; 56: 851-857.

4. Liu YQ, Wang QJ, Zheng T, et al. Single-centre comparison of procedural complications, clinical outcome, and angiographic follow-up between coiling and stent-assisted coiling for posterior communicating artery aneurysms. *J Clin Neurosci*. 2014; 21: 2140-2144.
5. Aydin K, Sencer S, Barburoglu M, et al. Midterm results of T-stent-assisted coiling of wide-necked and complex intracranial bifurcation aneurysms using low-profile stents. *J Neurosurg*. 2017; 127: 1288-1296.
6. Morinaga Y, Nii K, Hiraoka F, et al. Three cases with wide-necked cerebral aneurysms in whom the T-stent technique was useful. *JNET*. 2018; 12: 409-415.
7. Yagi R, Miyachi S, Hiramatsu R, et al. A case of large broad-necked aneurysm at the posterior communicating artery treated with T-stent technique. *JNET*. 2017; 11: 272-276.
8. Akgul E, Aksungur E, Balli T, et al. Y-stent-assisted coil embolization of wide-neck intracranial aneurysms. A single center experience. *Interv Neuroradiol*. 2011; 17: 36-48.
9. Cho YD, Park SW, Lee JY, et al. Nonoverlapping Y-configuration stenting technique with dual closed-cell stents in wide-neck basilar tip aneurysms. *Neurosurgery*. 2012; 70: 244-249.
10. 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*

- Neurosurg. 2013; 115: 1117-1120.
11. Cho YD, Kim KM, Lee WJ, et al. Retrograde stenting through the posterior cerebral artery in coil embolization of the posterior communicating artery aneurysm. *Neuroradiology*. 2013; 55: 733-739.
 12. Park JW, Cheong JH, Choi KS, et al. Retrograde stent-assisted coil of wide-neck or branch-incorporated posterior communicating artery aneurysm. *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg*. 2016; 18: 124-128.
 13. Kono K, Terada T. Hemodynamics of 8 different configurations of stenting for bifurcation aneurysms. *AJNR AM J Neuroradiol*. 2013; 34: 1980-1986.
 14. Jeon HJ, Park JH, Lee JY, et al. Endovascular coiling for a wide-neck bifurcated aneurysm with anterograde horizontal stenting via microcatheter looping: A technical case report. *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg*. 2018; 20: 181-186.
 15. Lorenzo R, Waleed B, Harry C, et al. Effect of fetal posterior circulation on efficacy of flow diversion for treatment of posterior communicating artery aneurysms: A multi-institutional study. *World Neurosurgery*. 2019; 127: 1232-1236.
 16. Ocal O, Peker A, Balci S, et al. Placement of a stent within a flow diverter improves aneurysm occlusion rates. *AJNR AM J Neuroradiol*. 2019; 40: 1932-1938.

図表の説明

Fig. 1: T-stent technique and Half T-stent technique for wide-necked aneurysm of the bifurcation type.

A: Schema showing the partial deployment of two stents in the parent artery and other branch.

B: Schema showing the fully deployment of the stents without overlapping each other after partial or full coil embolization.

C: Schema showing the partial deployment of the stent through the non-main branch of bifurcation.

D: Schema showing the fully deployment of the stent without bridging of parent artery after partial or full coil embolization.

Fig. 2

A: Reconstructed 3D-rotational angiography (3D-RA) of the right internal carotid artery (ICA). The unruptured aneurysm was located at the right internal carotid artery-posterior communicating artery (P-com). The adhesion of the anterior choroidal artery to the aneurysmal wall was predicted (arrow),

B, C: DSA of the right internal carotid artery (working angle).

D: Image before and after the S shaped microcatheter deployment.

E: Cone-beam CT after the stent deployment (arrow: ICA, Neuroform Atlas 4.5×30, arrowhead: P-com, Neuroform Atlas 3.5×21).

F: DSA just after embolization. The aneurysm was obliterated with small neck remnant.

G: DSA findings after 6 months from the initial embolization

demonstrated the recurrence of the aneurysm.

H: DSA just after retreatment (additional stent deployment and coil embolization).

Fig.3

A, B: DSA (working angle) and reconstructed 3D-rotational angiography of the right internal carotid artery. The unruptured aneurysm was located at the right internal carotid artery-posterior communicating artery (P-com).

C: Images before and after the pigtail shaped microcatheter navigation.

D: Cone-beam CT findings after the stent deployment (arrow: P-com, Neuroform Atlas 4.0 × 21), and the microcatheter navigation (arrowhead).

E: Images after the first coil introduction followed with stent deployment (arrow: P-com, Neuroform Atlas 4.0 × 21).

F: DSA just after embolization. The aneurysm was obliterated with neck remnant.

Table 1 Characteristics of patients and clinical outcome.

Case	Age/Sex	Status	Maximum size (mm)	Neck size (mm)	Shaping of MC	Method of stent deployment	Device (IC/P-com)	Immediate angiographic result	Procedural complication	Follow-up at 6 mo	Re-treatment
1	72/F	Incidental	12	8.9	S	T	NF / NF	NR	None	Recurrence	LVIS / Coiling
2	58/F	Incidental	12	8.0	S	T	LVIS / NF	NR	None	No recurrence	None
3	78/F	Ptosis	7.2	6.3	Pigtail	Half T	None / NF	NR	None	No recurrence	None
4	73/F	SAH	7.6	7.0	Pigtail	Half T	None / NF	NR	None	No follow-up (Dead)	None

MC: microcatheter, IC: Internal carotid artery, P-com: Posterior communicating artery, mo: months, T: T-stent technique, NF: Neuroform Atlas, NR: Neck remnant, LVIS: LVIS blue, SAH: Subarachnoid hemorrhage

Fig.1 A

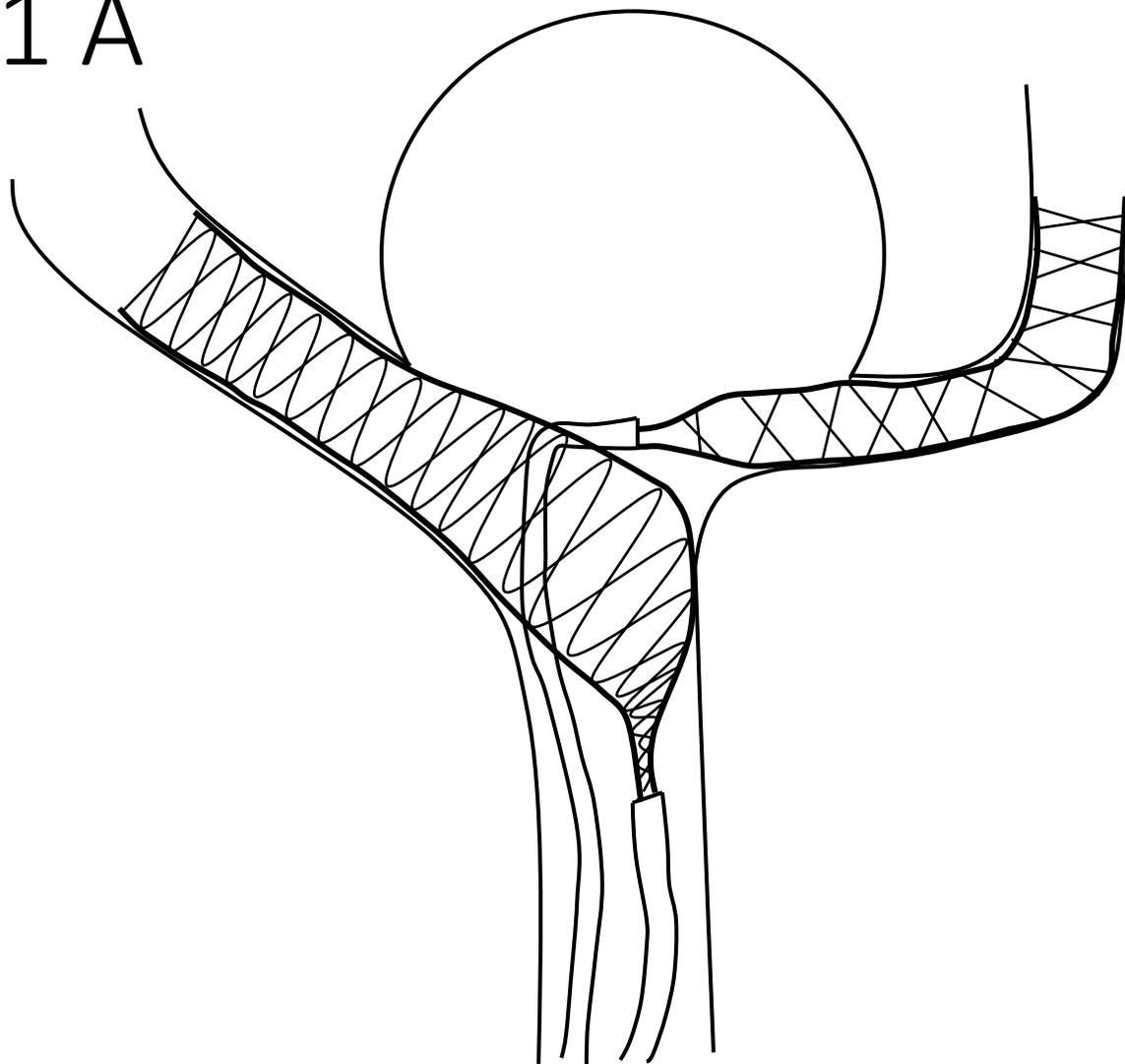


Fig.1 B

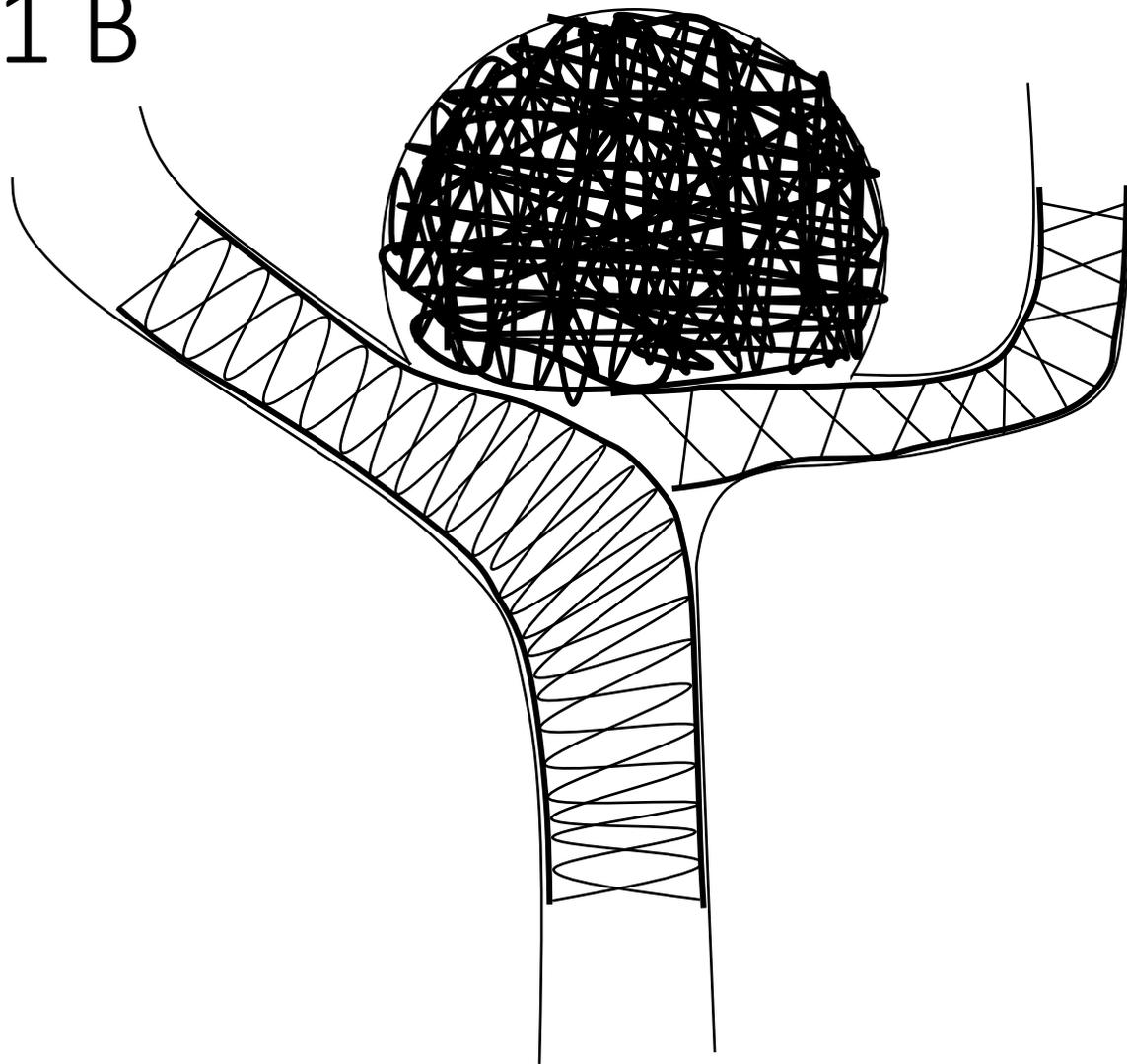


Fig.1 C

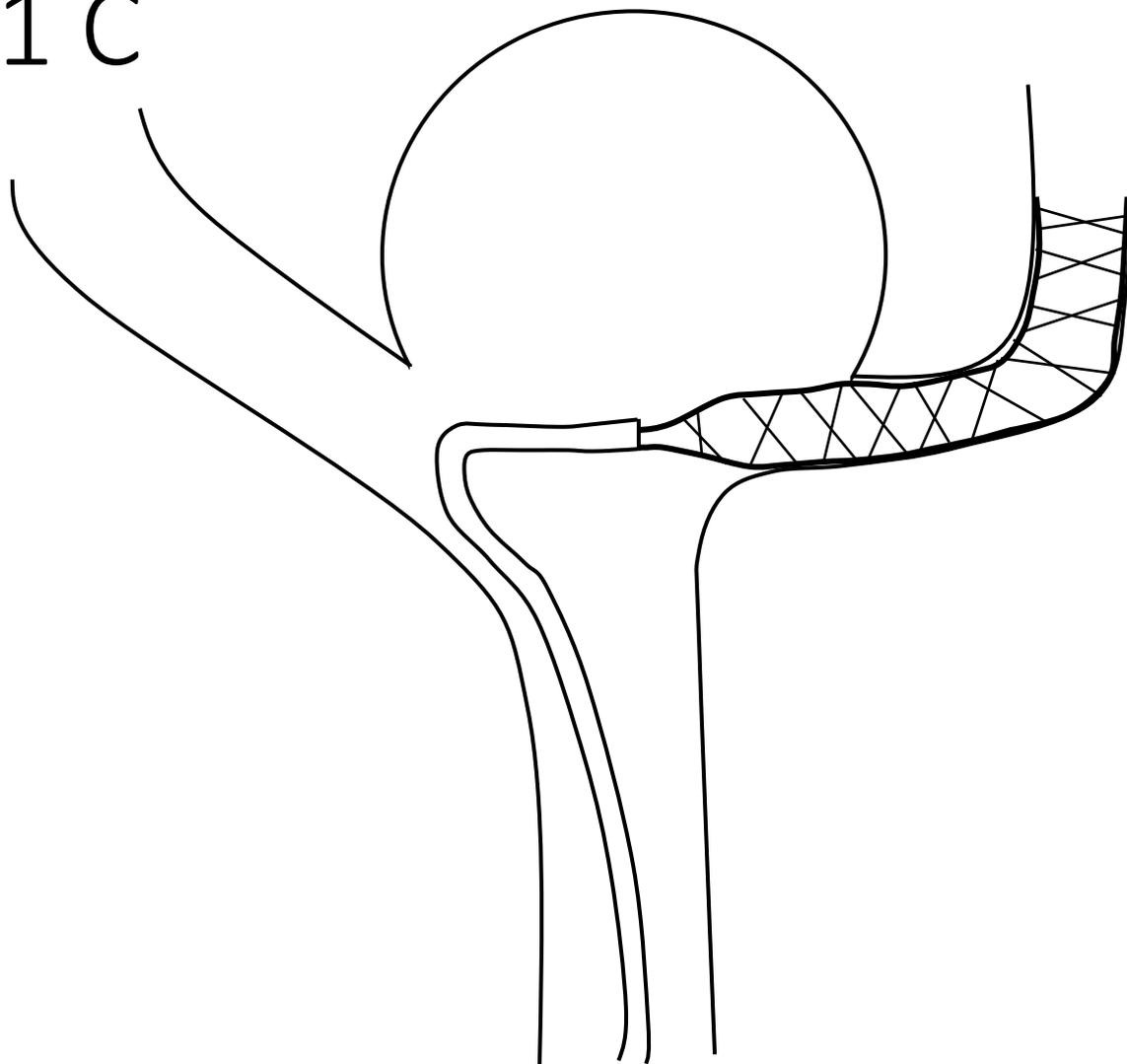


Fig.1 D

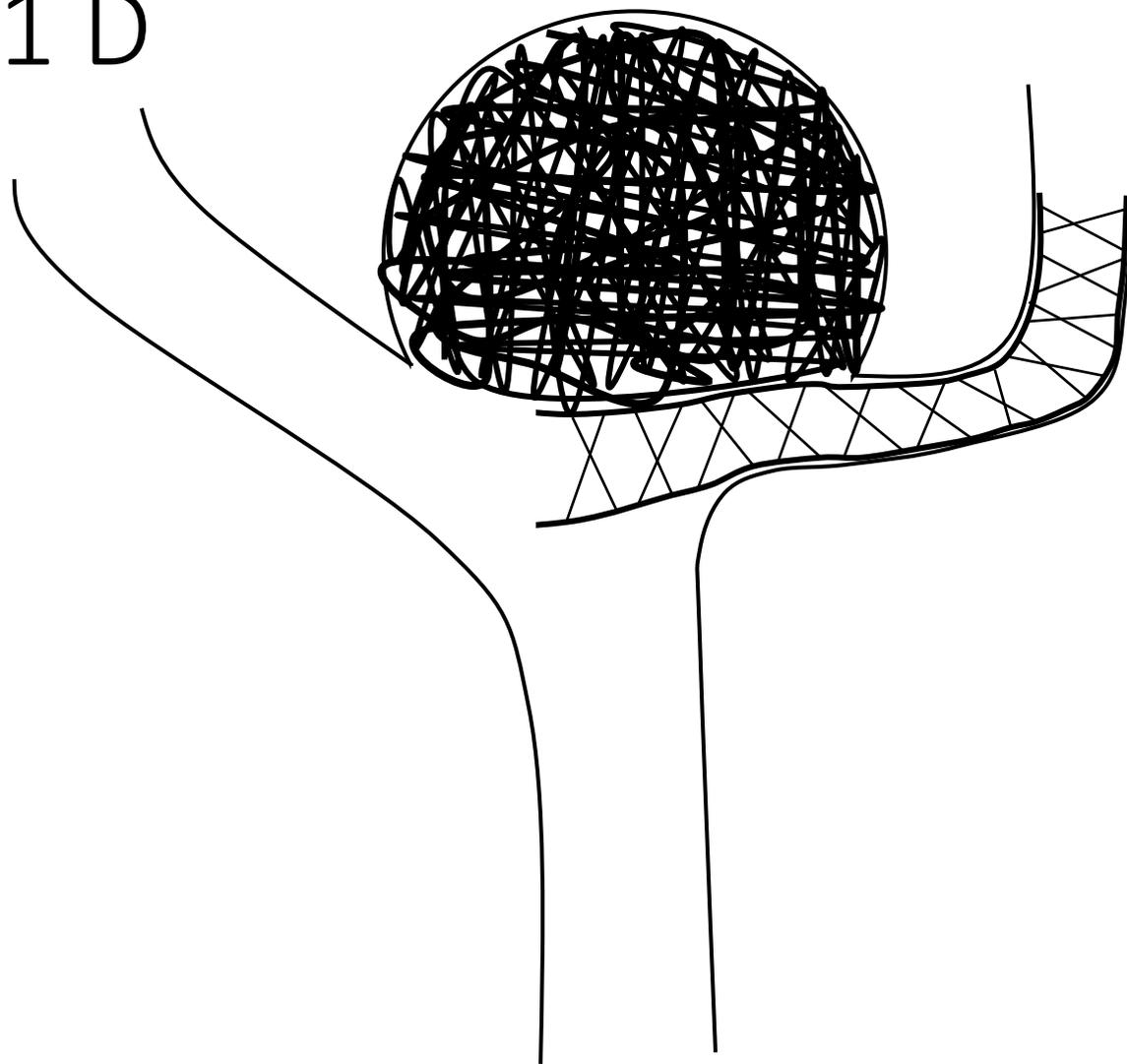


Fig.2 A

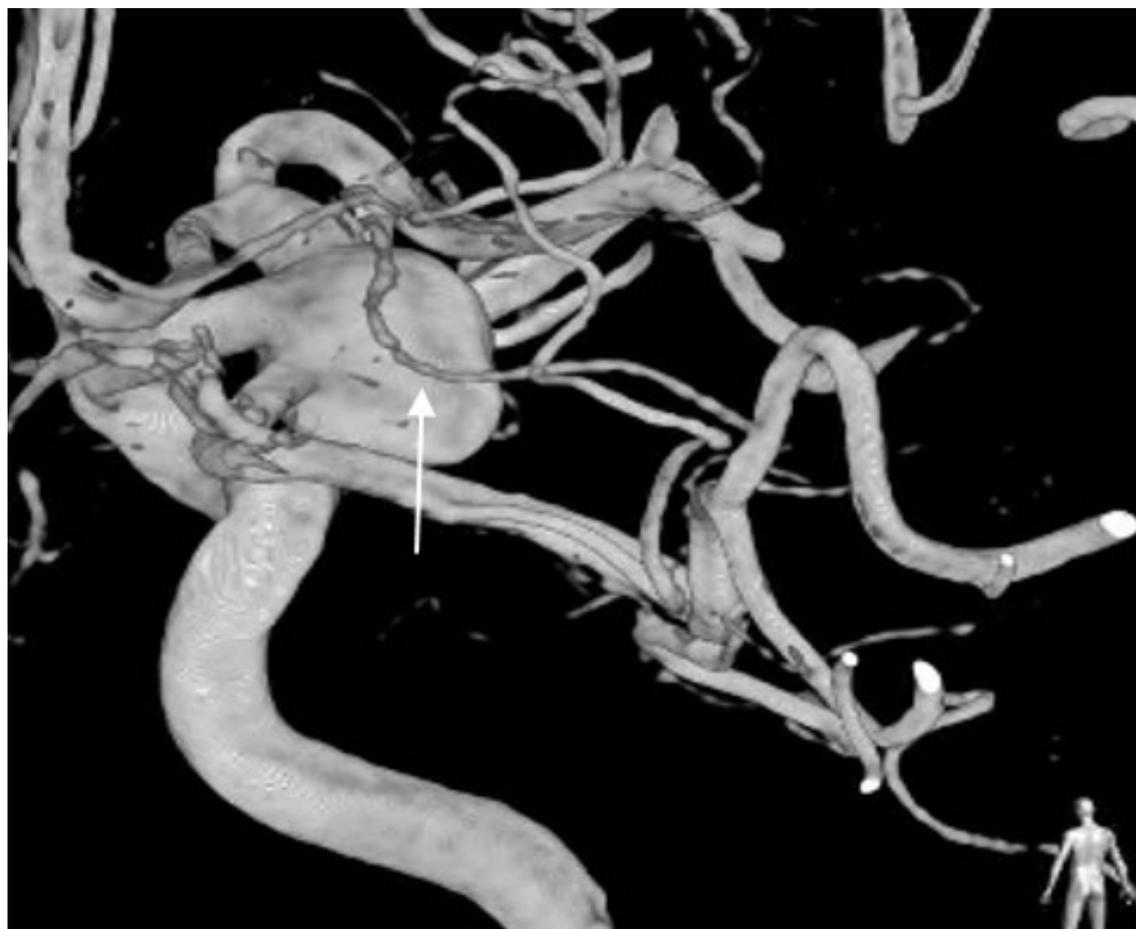


Fig.2 B

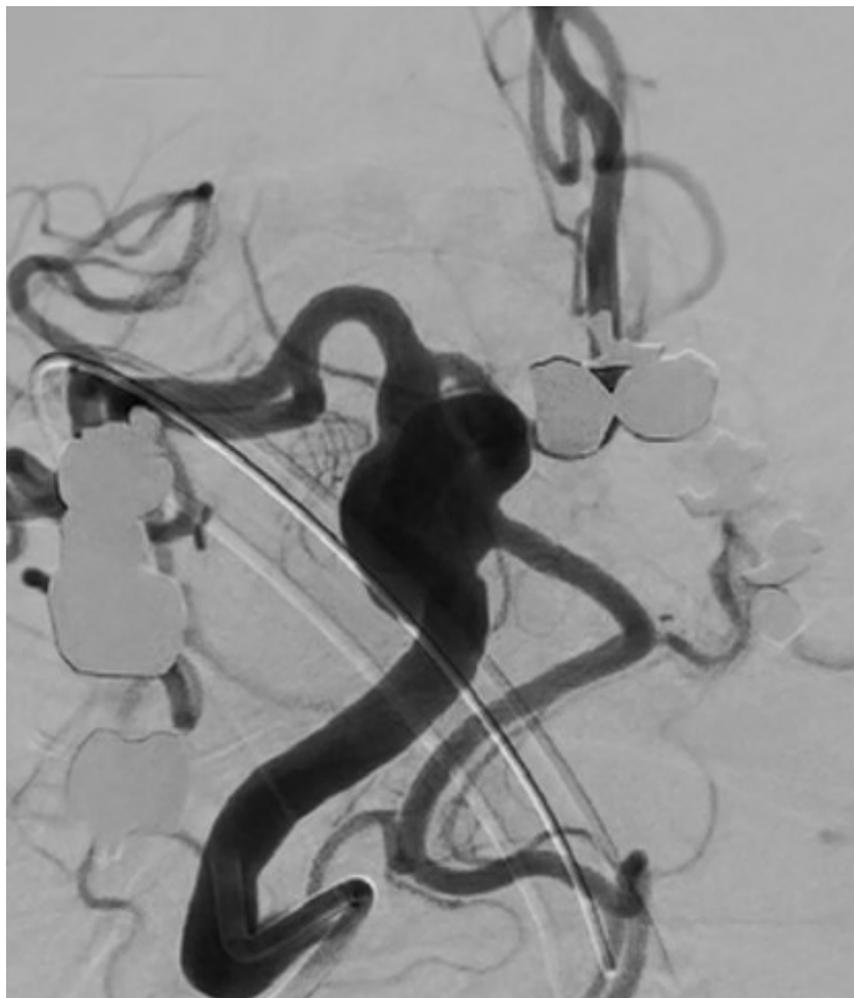


Fig.2 C



Fig.2 D



Fig.2 E

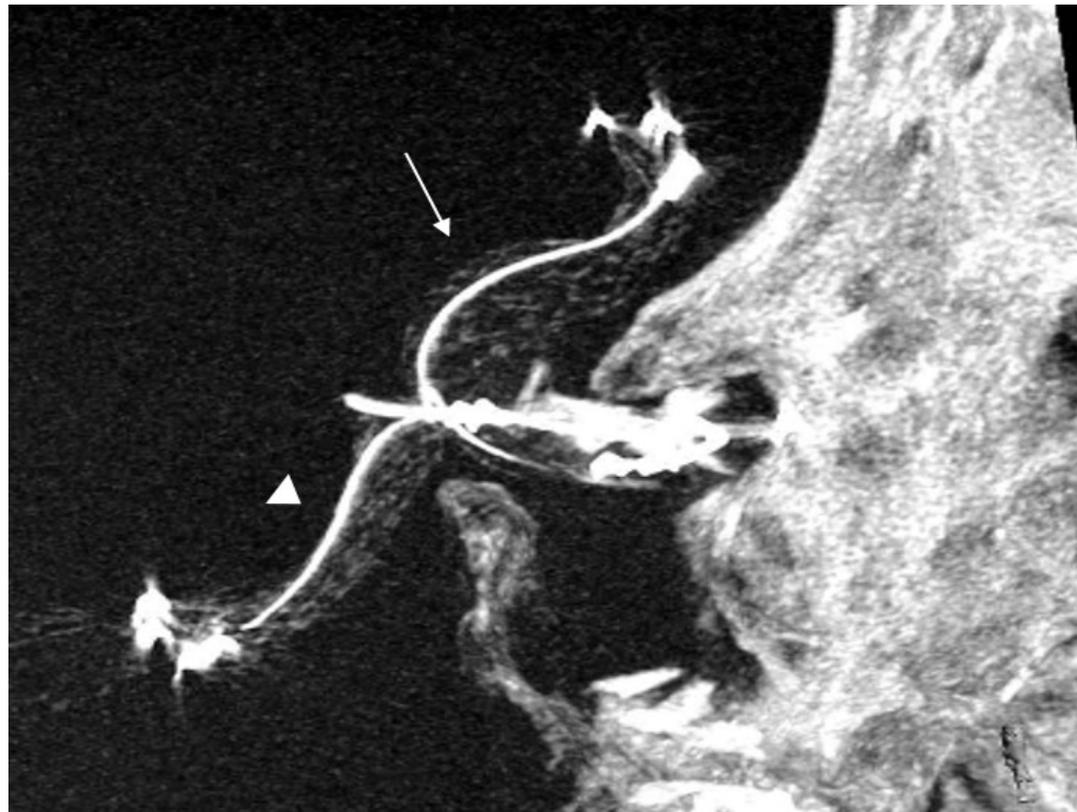


Fig.2 F

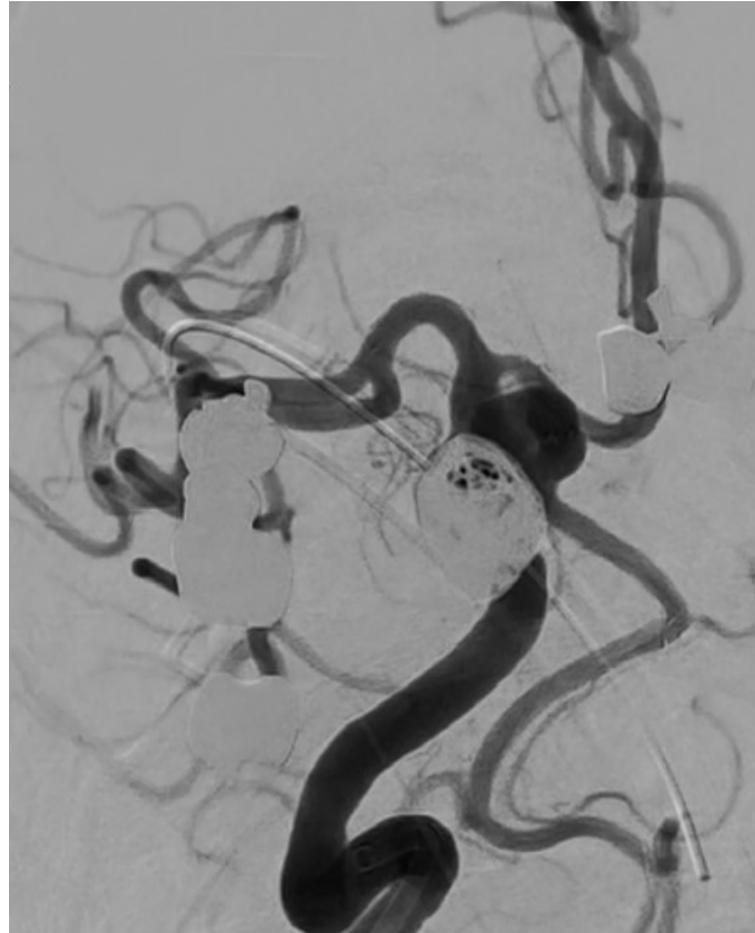


Fig.2 G

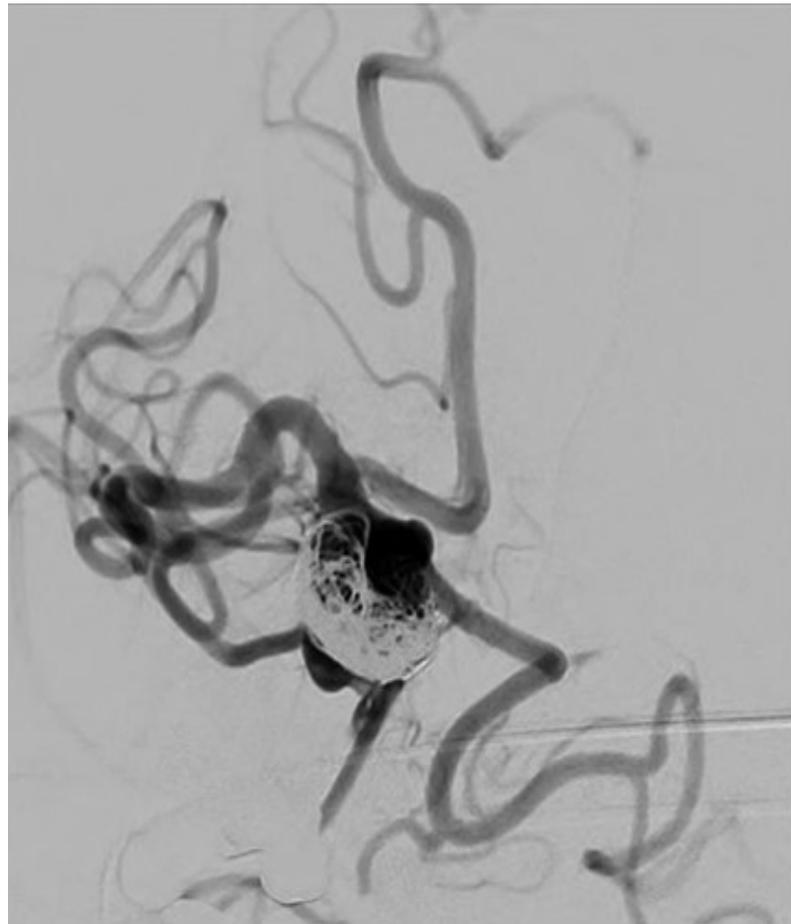


Fig.2 H

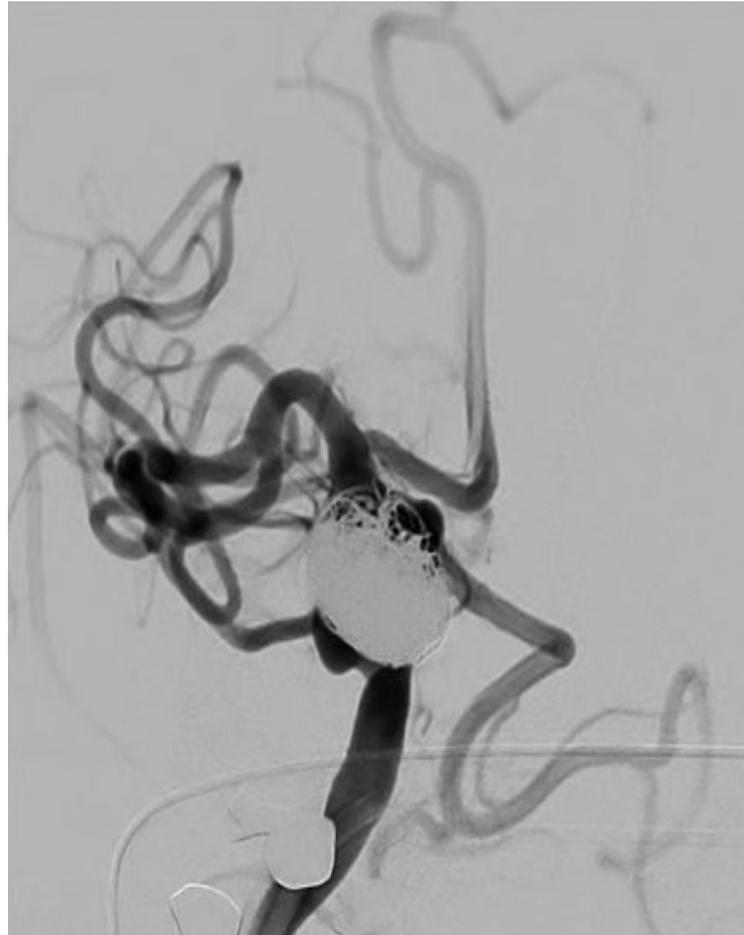


Fig.3 A

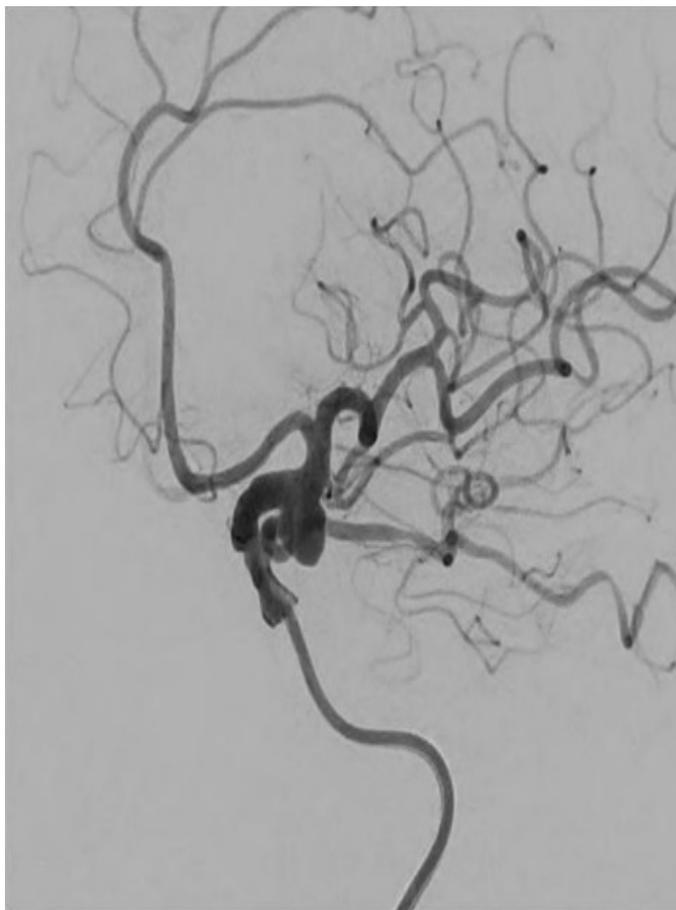


Fig.3 B

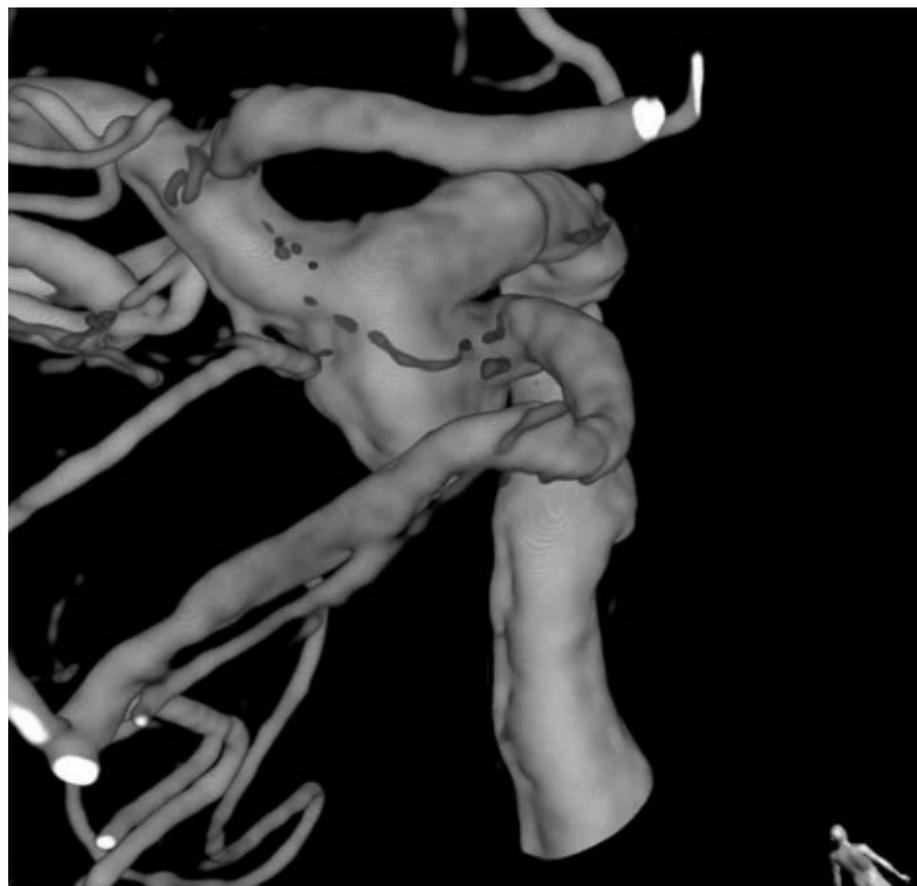


Fig.3 C

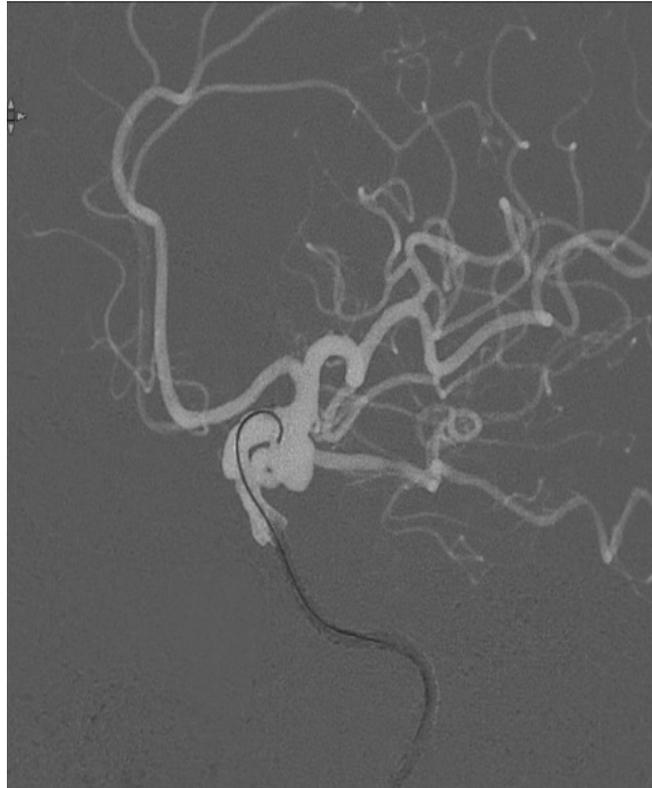


Fig.3 D



Fig.3 E

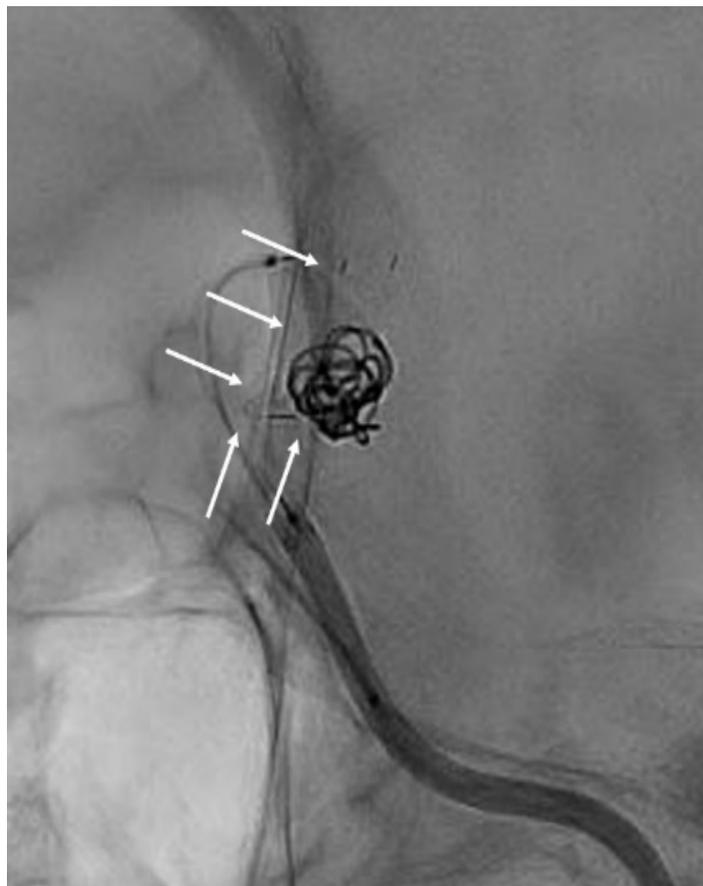


Fig.3 F

