

1) 論文種別

原著

2) 論文タイトル

破裂椎骨動脈解離性動脈瘤に対するステント併用コイル塞栓術の治療成績. 分枝温存は予後を改善する

3) 全員の著書名

綾部純一, 渡邊正英, 三島弘之, 土屋雄介, 高瀬香奈, 丸山拓実, 益子悠, 田中良英

4) 著者全員の所属施設・部署

国家公務員共済組合連合会横須賀共済病院 脳神経外科

5) 連絡著者の氏名・連絡先

綾部純一

国家公務員共済組合連合会横須賀共済病院 脳神経外科

郵便番号 238-8558

住所 神奈川県横須賀市米が浜通 1-16

電話番号 046-822-2710

メールアドレス jayabe7651@gmail.com

6) キーワード

破裂椎骨動脈解離性動脈瘤, 血管内治療, ステント支援下コイル塞栓術, 治療成績, 分枝温存

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.

「和文要旨」

「目的」椎骨動脈解離性動脈瘤（rVADA）破裂によるくも膜下出血は、急性期再出血の頻度が高く、発症後早期の治療が求められる。我々は、症例に応じて母血管閉塞術（PAO）とステント支援下コイル塞栓術（SAC）を選択し施行しており、治療成績を後方視的に検討し、報告する。「対象と方法」当施設で血管内治療を行ったrVADA20症例を対象とした。男性16例、女性4例。平均年齢52.9歳。PAO10例、SAC10例であった。出血性合併症、虚血性合併症の有無、再治療の有無、90日後のGlasgow Outcome Scale (GOS)を比較検討した。「結果」SAC選択理由は、対側閉塞/細径3例、PICA involved3例、解離部からの穿通枝分岐5例、前脊髄動脈分岐1例であった。全例で再破裂はなかった。症候性虚血性合併症はPAO群4例、SAC群1例。MRI DWIで脳幹部高信号病変はPAO群5例、SAC群1例であった。再治療はPAO群3例、SAC群4例であった。90日後予後良好例（GOS4, 5）はPAO群3例に対して、SAC群8例であり、SAC群で良好であった（ $p=0.0257$ ）であった。「結論」破裂椎骨動脈解離性動脈瘤に対する治療法として、分枝の温存が可能なSACは有用である。至適な抗血小板剤・抗凝固薬の投与量や、stent選択に関して、さらなる症例の蓄積が望まれる。

「緒言」

破裂椎骨動脈解離性動脈瘤はくも膜下出血を生じる。急性期の再破裂率が高く、再出血時の予後は不良であり、再出血予防のため早期治療が望まれる¹⁾²⁾³⁾。血管内治療による母血管閉塞術（parent artery occlusion: PAO）は、診断に引き続いて治療を開始することが可能であり、再出血を防ぐために確立された手技である⁴⁾⁵⁾。一方で、両側解離病変や、対側椎骨動脈閉塞例においては、病変部の閉塞により脳底動脈領域の虚血が危惧される。また、後下小脳動脈が解離部から分岐する病変は、母血管閉塞により同領域の虚血の可能性がある。病側椎骨動脈ならびに後下小脳動脈血流の温存を図るため、ステント支援下コイル塞栓術（stent assisted coiling: SAC）や reconstructive technique の有用性が報告されている⁶⁾⁷⁾。微小解剖学的知見により、椎骨動脈からは延髄部への穿通枝が分岐していることが明らかになっている。また、近年における脳血管撮影装置の発達により、穿通枝の描出も可能となっている⁸⁾。しかし、母血管閉塞術では、脳幹部穿通枝領域の閉塞により Wallenberg 症候群など機能予後を低下させる後遺症が生じる可能性がある⁹⁾¹⁰⁾。脳幹梗塞を防ぎ、機能予後を改善するためには、後下小脳動脈だけでなく穿通枝を温存するステント支援下コイル塞栓術が有用である可能性がある。破裂椎骨動脈解離性脳動脈瘤の治療において穿通枝の温存に着目した治療成績に関する報告は少ない。当院では、破裂椎骨動脈解離性動脈瘤治療に対して、症例毎に詳細な検討を行ったうえで、母血管閉塞術、ステント支援下コイル塞栓術いずれかを選択し、施行しており、本研究では、破裂椎骨動脈解離性動脈瘤に対する治療

成績を、PAO 群、SAC 群で後方視的に検討した。

「対象と方法」

患者背景

2009 年から 2019 年までの期間に当院で血管内治療を行った破裂椎骨動脈解離性動脈瘤によるくも膜下出血患者 20 例を対象とし、診療記録と放射線学的所見を後方視的に検討した。頭部 CT でくも膜下出血と診断し、脳血管撮影で頭蓋内椎骨動脈に fusiform dilatation または pearl and string sign を認めた症例を、破裂椎骨動脈解離性動脈瘤と診断した。脳底動脈病変、後下小脳動脈に限局する病変、外傷性病変、保存的加療や開頭術を行った患者は除外した。

全ての治療は十分な説明と同意のもとに行われた。本研究は当院臨床研究倫理審査委員会で承認され、1964 年のヘルシンキ宣言とその後の改正で定められた倫理基準に従って行われた。opt-out は当院ホームページ上に掲載されている。

治療戦略

くも膜下出血と診断した後、鎮静、必要に応じて挿管し人工呼吸管理とし、収縮期血圧は 140 以下となるよう降圧薬の投与を行った。4 vessel DSA, 3D RA を行い、部位、形状、瘤径、正常血管径、病変周囲からの分枝の評価を行った。対側椎骨動脈、後交通動脈の有無や径を観察し側副血行の評価を行った。可能な場合、3D RA に加えて Cone-Beam CT を撮影し、穿通枝の有無を検討した。脳血管撮

影で診断後、全身麻酔下に治療を施行した。

PAO

両大腿動脈に 5 または 6Fr シースを挿入、5 または 6Fr ガイディングカテーテルを椎骨動脈に誘導した。マイクロカテーテルを、ガイドワイヤーを先行させ病変部に誘導し、離脱式プラチナコイルで塞栓した。拡張部にコイルを留置し同部を閉塞することに主眼を置き、閉塞長は可及的に短くすることを意図した。

SAC

対側椎骨動脈の閉塞または狭窄、低形成など、脳底動脈領域への側副血行が乏しい病変、後下小脳動脈を含む病変、穿通枝が明らかに分岐している病変においては SAC を選択した。ステント留置 30 分以上前に、経鼻胃管より抗血小板剤 2 剤の投与を行い、ステント留置後にヘパリン投与を行った。症例に応じて、trans-cell technique または jailing / half jailing technique を用いてステント留置し、拡張部をコイルで塞栓した。

術後臨床的，放射線学的検討

術後、CT、MRI、Angiography での評価を行った。SAC 群では、全身麻酔を継続とし、翌日 Angiography を再検し、再増大の有無を確認した。臨床経過の評価として、術後出血性合併症の有無、虚血性合併症の有無、MRI DWI 所見、術後 90 日での Glasgow outcome scale (GOS) を用いた。

統計学的解析

SAC 群と PAO 群間で、以下の項目について解析を行った：年齢、性別、術前 Hunt & Kosnik 分類、術前出血、病変側、病変部位、後下小脳動脈を含めた穿通枝の有無、症候性虚血性合併症、術後 MRI DWI での高信号病変、再出血を含めた出血性合併症、90 日後 GOS。数量尺度では Mann-Whitney U-test を、カテゴリー尺度では Fisher's exact test を用いて潜在的危険因子を同定した。P 値は 0.05 以下を統計学的有意と規定した。統計学的解析は JMP pro 12 を用いて行った。

「結果」

統計データと臨床的特徴

合計 20 例、年齢 38 から 76 歳（平均年齢 52.9 歳）、男性 16 例女性 4 例の破裂椎骨動脈解離性動脈瘤患者に治療を行った。術前出血は 8 例に認めたが、搬送前 5 例、救急車内 2 例、初療室 1 例で、入院後再出血例はいなかった。術前 Hunt & Kosnik grade は、Grade I 2 例、Grade II 6 例、Grade III 3 例、Grade IV 7 例、Grade V 2 例であり、重症例は 45% であった。年齢、性別、重症度（H & K grade 4、5）、術前出血のいずれも、SAC 群、PAO 群での差は認めなかった（Table 1）。

血管撮影所見

全例片側病変で、右病変は 9 例（45.0%）であった。後下小脳動脈

分岐部の近位部 (PICA proximal type) 2例、後下小脳動脈を含む病変 (PICA involved type) は4例で、SAC群3例、PAO群1例であった。後下小脳動脈遠位部病変 (PICA distal type) は10例であり、SAC群5例、PAO群5例であったが、SAC群の内4例は頭蓋外から分岐する extracranial PICA であった。VAからPICA分岐がない no PICA は4例で、SAC群2例、PAO群2例であり、いずれも脳底動脈から分岐する AICA-PICA を認めた。no PICA (AICA-PICA) と extracranial PICA を併せ、後下小脳動脈が頭蓋内椎骨動脈から起始をしていない症例は8例であり、全例で穿通枝の描出を認めた。対側椎骨動脈を認めない、または低形成である症例は4例であった。

治療

PAO10例、SAC10例であった。SACを選択した理由は、対側椎骨動脈閉塞1例、対側椎骨動脈 PICA end1例、対側椎骨動脈低形成1例、PICA involved type3例、明瞭な穿通枝5例、前脊髄動脈1例であり、2例の患者は複数の要因を合併していた。SAC群での使用ステントは、Enterprise VRD (Johnson & Johnson Codman, Miami, FL, USA) 5例、Lvis (Terumo, Tokyo)2例、Neuroform (Stryker, Fremont, CA, USA) 2例、冠動脈ステント (balloon expandable stent) 1例であった (table 2)。

術後経過 (Table 3)

MRI 評価を行った SAC10例中4例 (40.0%)、PAO群7例中6例 (85.7%) に、DWI 高信号病変を認めた ($p=0.1340$)。脳幹病変は

SAC1例(10.0%)に対して PAO5例(71.4%)であった($p=0.1409$)。症候性虚血性合併症は、いずれも脳幹病変に起因していた。SAC群1例(10.0%)に対して、PAO群4例(40.0%)であり($p=0.3034$)、画像評価、臨床症状とも有意差はないものの SAC群で少ない傾向を認めた。

両群いずれにおいても、出血性合併症は認めなかった。SAC群中2例で、正常圧水頭症に対して脳室腹腔短絡術を必要とした。抗血小板剤内服下に施行したが、明らかな頭蓋内出血は認めなかった。再治療は SAC群4例、PAO群3例で必要とした。いずれの再治療においても合併症は認めなかった。

90日後予後は、SAC群で GOS5 5例、GOS4 3例、GOS3 2例であり、GOS2、1はなかったが、PAO群では GOS5 2例、GOS4 1例、GOS3 3例、GOS2 1例、GOS1 3例であり (Figure 1)、SAC群で有意に良好であった ($p=0.0257$)。

90日後予後不良例のうち、SAC群2例はいずれも initial damage を原因とし、治療後の虚血性合併症の関与はなかった。PAO群7例では、initial damage3例、重度脳血管攣縮1例であったが、延髄虚血性合併症を3例に認めた。

PAO群、SAC群の代表例を以下に示す。

PAO群 (Figure 2)

62歳男性、Hunt and Kosnik grade3、DSAで左椎骨動脈 V4部、PICA distalに pearl and string signを認めた。対側椎骨動脈の血流は十分であり、母血管閉塞術の方針とした。

全身麻酔下に手技を施行した。右大腿動脈に 7Fr sheath を挿入、7Fr OPTIMO100cm (東海メディカルプロダクツ, 愛知) を左 VA に誘導した。左大腿動脈に 5Fr sheath を挿入し、右 VA に 5Fr guiding catheter を挿入した。Excelsior 1018 (Stryker, Kalamazoo, MI, USA) を左 VA から順行性に拡張部に誘導した。Excelsior SL10 (Stryker, Kalamazoo, MI, USA) を右 VA から union を超えて逆行性に誘導した。18 コイル、10 コイルを用いて拡張部から近位の狭窄部までコイル塊が形成され、母血管閉塞が得られた。全身麻酔覚醒後、右片麻痺を認め、MRI で左延髄 paramedian infarction を認めた。麻痺は重度であり、90 日後 GOS は 3, SD であった。

SAC case (Case 3, Figure 3)

46 歳男性、1 週間続く頭痛を主訴に救急搬送、頭部 CT でくも膜下出血と診断した。Hunt and Kosnik grade2。DSA で右椎骨動脈に紡錘状の拡張を認めた。右椎骨動脈 V4 部から PICA の分岐は認めず、AICA-PICA であったが、背側に穿通枝の分岐を認めたため、ステント支援下コイル塞栓術施行の方針とした。

全身麻酔導入後、右大腿動脈に 7Fr sheath、左大腿動脈に 5Fr sheath を挿入した。7Fr OPTIMO (東海メディカルプロダクツ, 愛知) を右椎骨動脈に留置した。アスピリン 200 mg、シロスタゾール 100 mg を経鼻胃管から投与した。Enterprise VRD 4.5 mm × 22 mm (Codman, Miami, FL, USA) を、拡張部を被覆するように V4 部に留置した。Trans-cell technique で Excelsior SL-10 (Stryker, Kalamazoo, MI, USA) を拡張部へ誘導し、コイル塞栓を行った。ファーストコイル

を挿入後に全身へパリン化を行い、活性化凝固時間（Activated coagulation time, ACT）は 250 秒以上を維持した。穿通枝は温存され、翌日に施行した MRI DWI でも高信号病変は認めなかった。脳血管撮影で、近位部のわずかな拡張を認めたため、コイルを追加した。4 日後に施行した脳血管撮影では再発を認めず、15 日後に自宅退院し、90 日後 GOS は 5, GR であった。

「考察」

解離性脳動脈瘤は破裂によりくも膜下出血を生じる。嚢状瘤とは異なる病理学的変化¹¹⁾であり、早期の再破裂率が高く、早期の治療が必要である¹⁾²⁾³⁾。診断後、可及的早期かつ確実に再破裂予防を得るために母血管閉塞術⁴⁾⁵⁾が確立された手技である。本邦の多施設登録調査である JR-NET3¹²⁾によれば、2010 年から 2013 年までの期間において、610 例の非嚢状椎骨動脈瘤に対して 530 件の母血管閉塞術が行われ、手技成功率は 93.8%であった。59.1%で良好な予後が得られている。15.8%に虚血性合併症、2.6%の出血性合併症を認めるものの、いずれも予後への影響はなかった。しかし、破裂椎骨脳底動脈解離に対する母血管閉塞術の治療成績において、延髄梗塞が予後不良因子であることが示されている。Endo らによれば、47.4%で延髄梗塞を生じ、椎骨動脈の閉塞長が梗塞群で長く、hemimedullary infarction や inferodorsolateral infarction など大きな梗塞は、特に予後不良である⁹⁾。Aihara らは、30%で延髄梗塞が生じ、非重症くも膜下出血例における有意な危険因子であった¹⁰⁾。破裂椎骨動脈解離性動脈瘤治療において、再破裂を防ぐことが第一

の目標であるが、機能予後を視野に入れた治療選択が必要である。

解剖学的検討により、延髄への血流は、VA、PICA から穿通枝があり、さらに網状の吻合が延髄表面にあることが示されている。PICA からの穿通枝と lateral spinal artery の起始部は PICA との位置関係により異なる¹³⁾。頭蓋内椎骨動脈から PICA が分岐する場合、近位であれば椎骨動脈から、遠位であれば PICA から、延髄側面への穿通枝を有する。AICA-PICA からの延髄への穿通枝はなく、椎骨動脈から穿通枝と lateral spinal artery が分岐する。extracranial PICA では、延髄背側への穿通枝を有する。これらの知見は、intracranial PICA の閉塞や、頭蓋内椎骨動脈に PICA が存在しない解離性病変における椎骨動脈の閉塞により、Wallenberg syndrome が出現する危険性を示している。また、延髄腹側には、主に椎骨動脈遠位部や脳底動脈近位部からの穿通枝が分岐している¹⁴⁾。これらの穿通枝は椎骨脳底動脈合流部の近位側 14mm と遠位側 16mm の間から分岐し、foramen cecum medulla oblongata 周囲に多く、対側椎骨動脈や脳底動脈、前脊髄動脈との吻合も認める。しかし、他血管からの吻合がない場合、椎骨動脈遠位部の閉塞は、medial medullary syndrome 出現の可能性がある。脳血管撮影装置の進歩により、頭蓋内動脈穿通枝の描出が可能となっている。特に Cone-Beam CT は高解像度であり、穿通枝の描出に優れている⁸⁾。PICA の分岐と病変の位置関係だけでなく、延髄穿通枝や ASA の分岐を、術前に詳細な評価を行い、把握することで、穿通枝閉塞による延髄梗塞発症を予見し、治療法の検討を行う必要がある。

後下小脳動脈を含む病変や、対側椎骨動脈が低形成または閉塞している椎骨動脈解離性脳動脈瘤に対して、**neck bridge stent** や **flow diverter stent** を用いて順行性血流を温存する治療法が近年報告されている。破裂例における **meta-analysis** では **reconstructive treatment** と **deconstructive treatment** には急性期合併症、再破裂率、平均 23.8 か月の期間内の予後に有意差はなく¹⁵⁾、その後の **meta-analysis** でも **deconstructive treatment** は術直後の完全閉塞率が高いものの長期予後に有意差は認めていない¹⁶⁾。

ステント留置に伴う問題点として、急性閉塞や血栓性塞栓症の危険性があるため、抗血小板剤の投与を必要とすることと、破裂例においては抗血小板薬または抗凝固薬の投与による術後再出血が危惧される。破裂嚢状動脈瘤におけるステント支援下コイル塞栓術での治療成績では、合併症率は未破裂瘤と比較して高い傾向にある。Mutoらは、40例の破裂嚢状瘤に対し **SAC** を施行、術後から抗血小板薬の投与を行い、7.5%のステント閉塞、12.5%の3週間以内の再出血、7.5%の支配領域の虚血性合併症があるも、82.5%で **favorable outcome** が得られており、**simple technique** で難しい場合は適当であるとしている¹⁷⁾。一方で、Bechamらは45例の破裂瘤と47例の未破裂瘤を比較し、破裂瘤での合併症率は11%であり、未破裂瘤2.2%に比較して有意に高く、適応を慎重に考慮すべきであることを述べている¹⁸⁾。両者とも、ステント留置後または手技終了後に抗血小板剤の投与を行っているが、抗血小板剤の効果発現時間を考慮す

ると投与開始時間が遅い可能性がある。我々は、ステント留置前に抗血小板剤を投与し、ファーストコイル挿入後にヘパリン投与を行っている。症候性の虚血性合併症は穿通枝閉塞による 1 例であり、PAO 群での 4 例と比較して低い傾向にあった。また、ステント内血栓や、明らかな遠位塞栓症は認めていない。破裂急性期における投与薬剤、投与量、投与時期につき、定まった見解はないが、ステント留置に伴う虚血性合併症抑制のためには留置前の抗血小板剤が必要と考えられる。

くも膜下出血治療経過において、急性水頭症に対する脳室ドレナージまたは第 3 脳室開窓術、二次性正常圧水頭症に対する脳室腹腔短絡術など、侵襲的処置を必要とする。この際に、抗血小板薬継続の是非が問われる。13 研究の **Meta-analysis** によるとくも膜下出血急性期における第 3 脳室開窓術時、抗血小板単剤は出血リスクを上昇させるが、多くは無症候または小出血であり、DAPT では大出血率が上昇する¹⁹⁾。本シリーズでは、ステント群 10 例中 2 例で脳室腹腔短絡術を必要とし、抗血小板薬 2 剤投与継続下に施行した。この 2 例を含めて術後出血性合併症は認めなかったが、慎重な手術手技を必要とする。

解離性脳動脈瘤は、内弾性板の破綻により生じ、進入した血流が中膜を破壊する。さらに外膜を破壊するとくも膜下出血を生じる。血栓形成に続く膠原繊維の増生が血管壁の修復過程機序であるが、修復には数週間を要する。ステント留置は、分枝温存が得られる他、治癒過程を促進する効果も期待される。**Rat model** で、ステント留

置後 7 日で stent wire 周囲に器質化した fibrin が出現し、14 日で内
膜新生を認めている²⁰⁾。解離性脳動脈瘤に対するステント支援下コ
イル塞栓術は、菲薄化した拡張部にコイルを留置することで血栓を
形成して再出血を防ぎ、ステント留置により母血管血流と分枝血流
の温存を得るだけでなく、破綻血管における治癒過程の促進効果が
得られると考えられる。現在、脳動脈瘤治療において利用可能であ
るステントは 3 種類ある。Laser cut または Braided といった製造
法の違いや、closed または open といった構造上の違いにより、そ
れぞれ特性を有する。またコイル留置においては、Jailing / half-
Jailing technique や trans-cell technique、jack up technique が用
いられる。解離性脳動脈瘤の特に破裂例においては、病変部位は脆
弱化していることが想定されるため、母血管や病変部への stress と
各 device の特性を十分に考慮したうえで、症例に応じた適切な
device や technique の選択が求められる。

SAC 群中 4 例（40%）で再治療を必要とした。1 例は翌日、2 例は
1 か月以内であったが、1 例は 142 日後と長期経過後であった。い
ずれも再出血はなく、血管撮影上、拡張部の再増大を認めたために
コイルを追加し治療を行った。解離性脳動脈瘤病変において、破裂
急性期では内弾性板の破綻に伴い血管壁全体の脆弱化が生じている。
膠原繊維の増生が血管壁の修復機転である¹¹⁾が、膠原繊維増生前
は菲薄化し脆弱で不安定であると考えられる。血管撮影上拡張部へ
の血流が消失しても、脆弱な血管壁は残存していることが再発の原
因である可能性がある。複数回の血管撮影での評価を行い、再発の

有無を慎重に観察し、再治療を検討する必要がある。

本研究には以下の点において限界がある。第一は、解離性脳動脈瘤破裂は嚢状瘤破裂に比較して頻度が少なく、単一施設での症例数には限りがあることである。第二は、全例でMRIによる評価を行っていない。重症例で術後循環呼吸動態が不安定な患者においては、MRIの施行が困難であるが、延髄梗塞出現例や、その部位の評価が不十分である。第三に、ステント使用例における長期予後が不明である。最長で10年を経過しているが、ステント支援下コイル塞栓術患者の多くは2年以内の症例である。穿通枝の温存を図った治療の蓄積と長期予後の解明が望まれる。

「結語」

破裂椎骨動脈解離性動脈瘤に対するステント支援下コイル塞栓術は、再出血予防効果を示すと共に、術後虚血性合併症が少なく、母血管閉塞術と比較して予後は良好であった。後下小脳動脈のみならず、穿通枝を含めた解離部からの分枝を温存することは予後を改善する。至適な抗血小板剤・抗凝固薬の投与量や、stent選択に関して、さらなる症例の蓄積が望まれる。

「利益相反開示」

筆頭著者および共著者全員が利益相反はない。

「文献」

- 1) Yamaura A, Watanabe Y, Saeki N, et.al: Dissecting aneurysms of the intracranial vertebral artery. J Neurosurg 1990; 72: 183-188
- 2) Mizutani T, Aruga T, Kirino T, et.al. Recurrent subarachnoid hemorrhage from untreated ruptured vertebrobasilar dissecting aneurysms. Neurosurgery 1995; 36: 905-911
- 3) Yamada M, Kitahara T, Kuruta A, et.al. Intracranial vertebral artery dissection with subarachnoid hemorrhage. J Neurosurg 2004; 101: 25-30
- 4) Iihara K, Sakai N, Murao K, et.al: Dissecting aneurysms of the vertebral artery: a management strategy. J Neurosurg 2002; 97: 259-267
- 5) Hamada J, Kai Y, Morioka M, et.al: Multimodal Treatment of ruptured dissecting aneurysms of the vertebral artery during the acute stage. J Neurosurg 2003; 99: 960-966
- 6) Ota T, Sato M, Amano T, et.al. Reconstructive endovascular treatment of ruptured vertebral artery dissection involving the posterior inferior cerebellar artery. Acta Neurochir 2016; 158: 1089-1093
- 7) Cho DY, Choi JH, Kim BS, et.al. Comparison of clinical and radiologic outcomes of diverse endovascular treatments in vertebral artery dissecting aneurysm involving the origin of PICA. World Neurosurg. 2019; 121: e22-e31
- 8) Shimada K, Tanaka M, Kadooka K, et.al: Efficacy of high-resolution cone-beam CT in the evaluation of perforators in

vertebral artery dissection. *Interv Neuroradiol* 2017; 23: 350-356

9) Endo H, Matsumoto Y, Kondo R, et.al: Medullary infarction as a poor prognostic factor after internal coil trapping of a ruptured vertebral artery dissection. *J Neurosurg* 2013; 118: 131-139.

10) Aihara M, Naito I, Shimizu T, et.al: Predictive factors of medullary infarction after endovascular internal trapping using coils for vertebral artery dissecting aneurysms. *J Neurosurg* 2018; 129: 107-113.

11) Mizutani T, Kojima H, Asamoto S, et.al: Pathological mechanism and three-dimensional structure of cerebral dissecting aneurysm. *J Neurosurg* 2001; 94: 712-717

12) Nakamura H, Fujinaka T, Nishida T, et. Al. Endovascular therapy for ruptured vertebral artery dissecting aneurysms: Results from nationwide, retrospective, multi-center registries in Japan (JR-NET3). *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2019; 59: 10-18

13) Mercier PH, Brassier G, Fournier H-D, et al. Vascular microanatomy of the pontomedullary junction, posterior inferior cerebellar arteries, and the lateral spinal arteries. *Interv Neurosurg* 2008; 14: 49-58

14) Mahmood A, Dujovny M, Torche M, et.al. Microvascular anatomy of foramen caecum medullae oblongatae. *J Neurosurg* 1991; 75: 299-304

15) Sönmez Ö, Brinjikji W, Murad MH, et al: Deconstructive and reconstructive techniques in treatment of vertebrobasilar

dissecting aneurysms: A symptomatic review and meta-analysis. AJNR 2015; 36: 1293-1298

16) Guan J, Li G, Kong X, et al: Endovascular treatment for ruptured and unruptured vertebral artery dissecting aneurysms: a meta-analysis. J Neurointerv Surg 2017; 9: 558-563

17) Muto M, Giurazza F, Ambrosanio G, et.al: Stent-assisted coiling in ruptured cerebral aneurysms: multi-center experience in acute phase. Radiol med 2017; 122: 43-52

18) Becham RS, Sprengers ME, Majoie CB, et.al: Stent-assisted coil embolization of intracranial aneurysms: complications in acutely ruptured versus unruptured aneurysms. AJNR 2016; 37: 502-507

19) Cagnazzo F, Di Carlo DT, Petrella G, et.al. Ventriculostomy-related hemorrhage in patients on antiplatelet therapy for endovascular treatment of acutely ruptured intracranial aneurysms. A meta-analysis. Neurosurg Rev 2018; 10: 1-10

20) Indolfi C, Esposito G, Cavuto L, et.al: A new rat model of small vessel stenting. Basic Res Cardiol 2000; 95: 179-185

「図表の説明」

Table 1. Demographic data and clinical characteristics of patients

Table 2. Characteristics of stent assisted coiling group

Table 3. Clinical outcome

Figure 1. GOS after 90 days. Clinical Outcomes are compared

between PAO and SAC. P means PAO group and S means SAC group. The prognosis was significantly favorable in the SAC group ($p=0.0257$, OR0.36; 0.11-0.81).

Figure 2. 62-year-old man. A: CT showing the subarachnoid hemorrhage. B: DSA showing pearl and string sign in left vertebral artery distal to posterior inferior cerebellar artery. C: 3D-rotational angiography showing right vertebral artery patent. Post procedural DSA showing antegrade flow from right VA to basilar artery (D) and from left VA to PICA (E). F: postoperative MRI showing left paramedian medullary infarction

Figure 3. 46-year-old man. A: CT showing the subarachnoid hemorrhage in the prepontine cistern. B: DSA showing the dissected aneurysm of right vertebral artery. C: Cone-Beam CT showing the perforating artery originated from dissected lesion. The perforating artery can be successfully preserved on Cone-Beam CT after stent placement (C) and after coil embolization on DSA(D). E: MRI DWI on next day revealed no infarction in brainstem.

Table 1. Demographic data and clinical characteristics of patients

Variable	SAC group	PAO group	p value
No. of cases	10	10	
mean age	54.0	51.7	0.5930
male	7 (70%)	9 (90%)	0.2636
severe SAH (HK 4, 5)	4 (40%)	6 (60%)	0.3711
preoperative rebleeding	4 (40%)	4 (40%)	1.0000
time from arrival to treatment	55.2	31.2	0.0299
< 24 Hr	3 (30%)	8 (80%)	
24-48 Hr	3 (30%)	1 (10%)	
48 Hr<	4 (40%)	1 (10%)	
right side	7 (70%)	2 (20%)	0.0205
location			
PICA distal	5 (50%)	5 (50%)	
[extracranial PICA]	[4]	[0]	
PICA involved	3 (30%)	1 (10%)	
PICA proximal	0	2 (20%)	
no PICA (AICA-PICA)	2 (20%)	2 (20%)	
perforator	9 (90%)	5 (50%)	0.0510
contralateral			
VA occlusion/stenosis	3 (30%)	1 (10%)	0.3558

Table 2. Characteristics of stent assisted coiling group

Case No.	age sex		preoperative condition			Characteristics of the lesion				Treatment			Antiplatelet			Complication			Prognosis		
			HK	rebleed	duration from Adm to Op	Side	Location	Perforator	ASA	Contralateral VA	Stent	1st Coil	total coil No.	ASA	CLP	CLZ	Symptomatic Infarction	DWI HI lesion	Rebleed	Retreat	GOS @90d
1	75	M	2	no	96	R	PICA distal (extracranial PICA)	present	present	occlusion *	Tsunami 3-15	GDC10 360 soft 4-8	8	[75]	100	no	no	no		4	
2	42	M	3	prehp	96	L	PICA involved *	present	present *	patent	Neuroform EZ 3.5-30		0	200	100	no	no	no	POD 14	5	
3	46	M	2	no	48	R	non PICA (AICA-PICA)	present *	not described	patent	Enterprise 17	Target ULTRA helical 4-15	3	200	100	no	PICA area distal	no	POD 1	5	
4	50	M	4	prehp	24	R	PICA distal (extracranial PICA)	present *	not described	patent	Enterprise 23	Target NANO 3-10	4	300	200	no	no	no		3	initial damage NPH
5	49	M	4	no	48	R	PICA involved *	not described	proximal (V2)	PICA end *	Lvis 4.5-23	ED3.5-8 ultra3-8	5 3	300	225	no	no	no		3	initial damage
6	53	F	4	prehp	48	R	PICA distal (extracranial PICA)	present *	distal	patent	Enterprise 28	Target ULTRA 3.5-8	4	300	200	no	PICA area distal	no		5	
7	56	M	2	prehp	24	L	non PICA (AICA-PICA)	present * 3 branches	proximal (V2)	patent	Enterprise 30	XL 360 soft 3-9	9	300	200	no	PICA area distal	no	POD 142	5	
8	60	F	4	no	24	R	PICA distal (extracranial PICA)	present	distal	hypoplastic *	Neuroform Atlas 3.0-21	ED Extrasoft 3-4	6	300	[200]	no	no	no		4	
9	53	M	2	no	72	R	PICA distal	present * 3 branches	not described	patent	Enterprise 39	ED Extrasoft 2.5-3	7	300	200	hemiparesis	paramedian medulla	no	POD 17	4	Cerebral infarction
10	57	F	2	no	72	L	PICA involved *	present	not described	patent	Lvis 4.5-23	ED Extrasoft 2.0-2	1	300	300	no	no	no		5	

prehp: pre hospital. PICA: posterior inferior cerebellar artery. AICA: anterior inferior cerebellar artery. ASA: anterior spinal artery. VA: vertebral artery. ASA: aspirin. CLP: clopidogrel. CLZ: cilostazol. POD: post operative day. M & M: mortality and morbidity. *: the reason for choosing SAC

Table 3. Clinical outcome

Variable	SAC group	PAO group	p value
	10	10	
Hemorrhagic complication	0	0	
Ischemic complication			
DWI hyperintensity	4 (40%)	6 (60%)	0.1340
medulla lesion	1 (10%)	5 (50%)	0.1409
※not examined	0	3 (30%)	
symptomatic	1 (10%)	4 (40%)	0.3034
Retreatment	4 (40%)	3 (30%)	0.6392
Outcome (GOS at 90d)			
5	5 (50%)	2 (20%)	
4	3 (30%)	1 (10%)	
3	2 (20%)	3 (30%)	
2	0	1 (10%)	
1	0	3 (30%)	

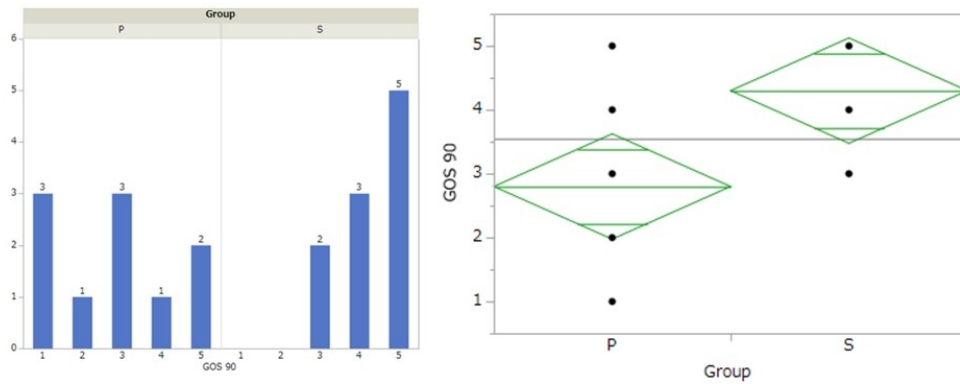


Fig1

254x190mm (96 x 96 DPI)

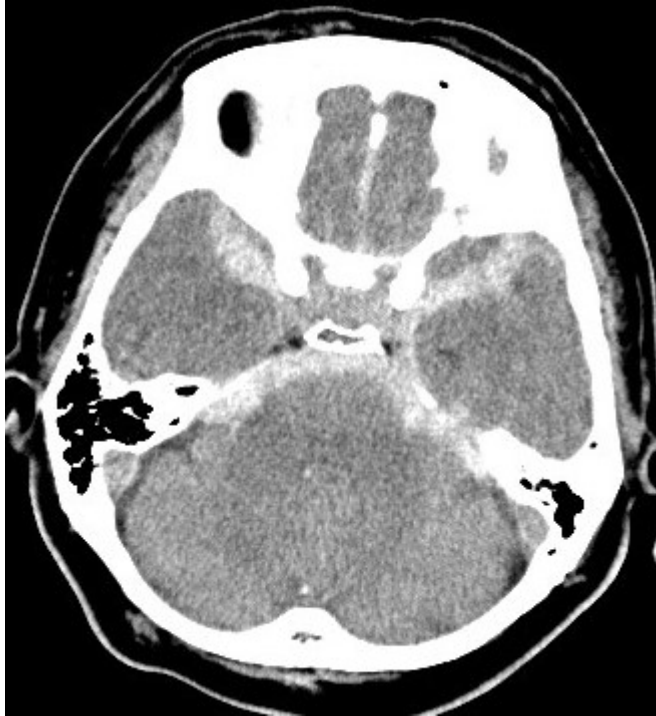


Figure 2A

86x94mm (96 x 96 DPI)

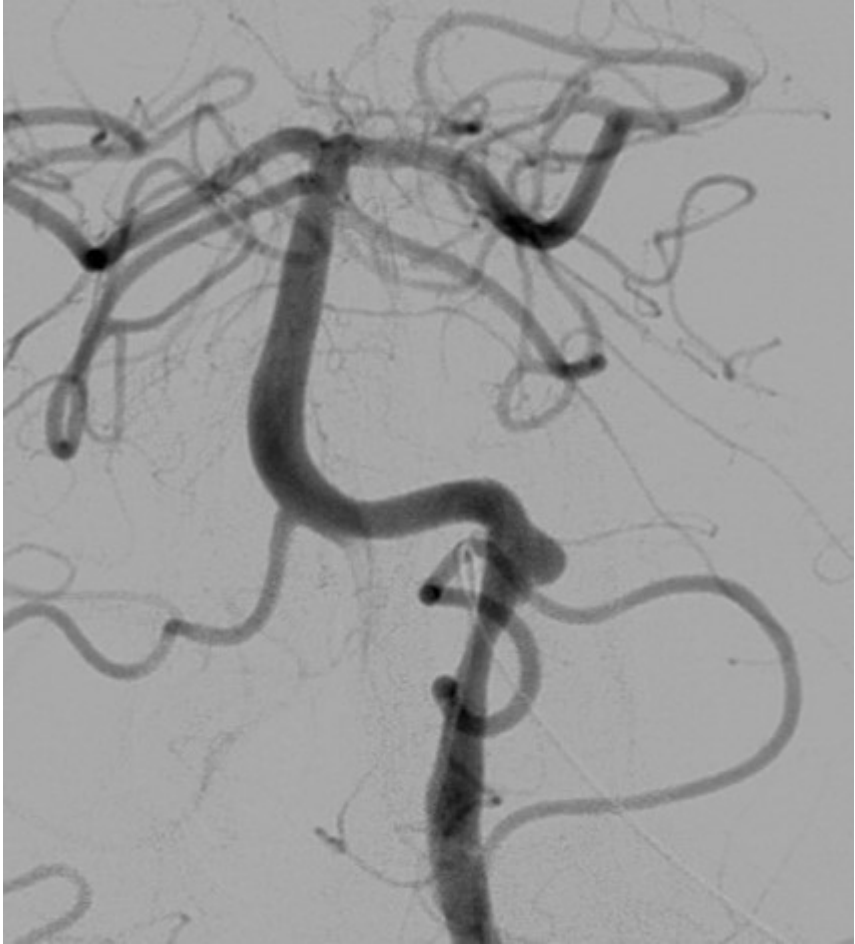


Figure 2B

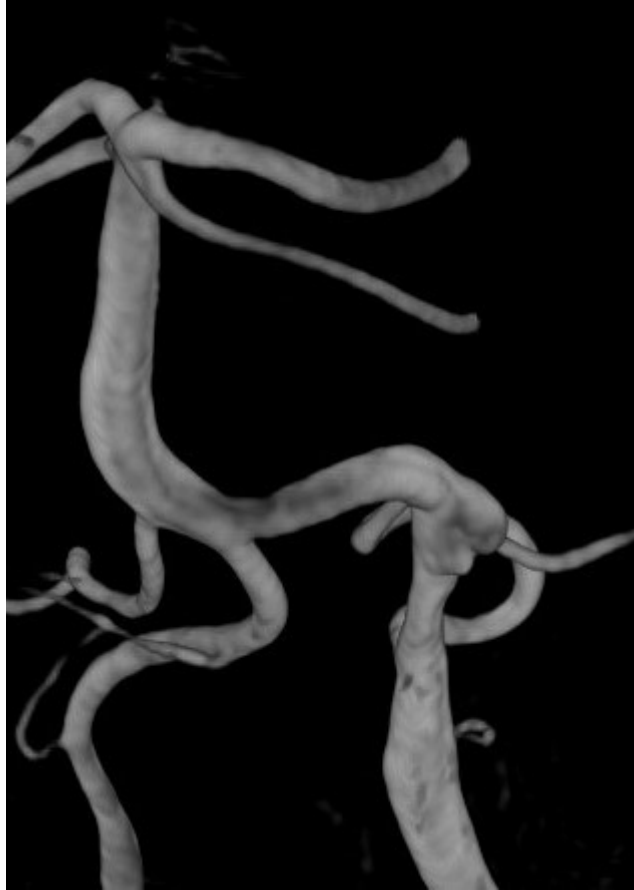


Figure 2C

83x117mm (96 x 96 DPI)



Figure 2D

254x190mm (96 x 96 DPI)

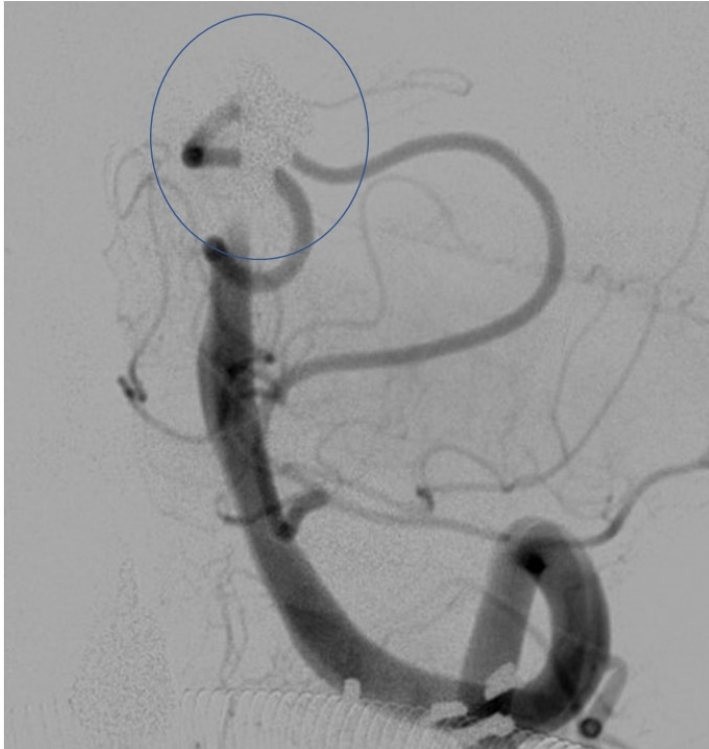


Figure 2E

254x190mm (96 x 96 DPI)

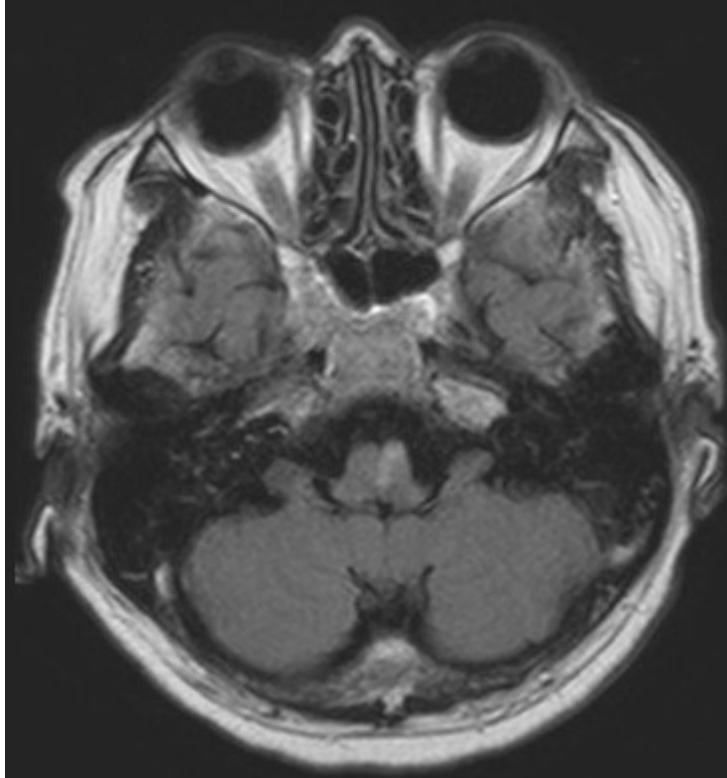


Figure 2F

96x102mm (96 x 96 DPI)

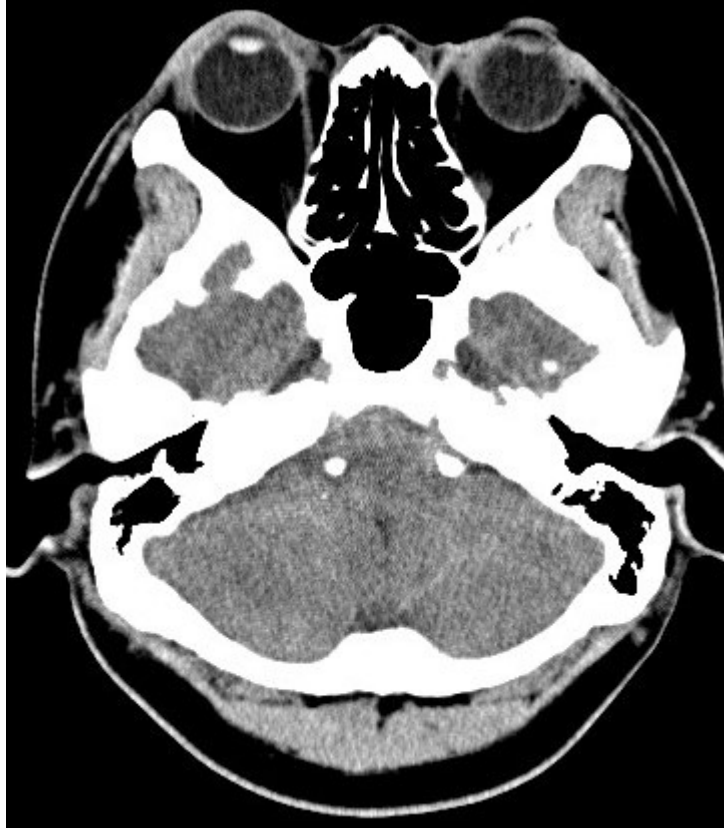


Figure 3A

95x109mm (96 x 96 DPI)



Figure 3B

254x190mm (96 x 96 DPI)



Figure 3C

254x190mm (96 x 96 DPI)



Figure 3D

254x190mm (96 x 96 DPI)

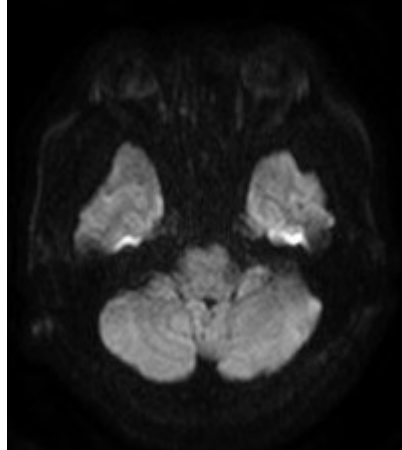


Figure 3E

52x59mm (96 x 96 DPI)