

Case Report

High-Resolution Cone-beam CT によるシャントポイント同定により経動脈的 target embolization が可能であった医原性椎骨動静脈瘻の1例

High-Resolution Cone-beam CT localization of an iatrogenic vertebral arteriovenous fistula for trans-arterial target embolization

国立病院機構 九州医療センター 脳血管センター・臨床研究部 脳血管内治療科

徳永 聡 三本木 良紀 鶴崎 雄一郎 津本 智幸

So Tokunaga Yoshiki Sambongi Yuichiro Tsurusaki Tomoyuki Tsumoto

Department of Neuroendovascular Therapy, Clinical Research Institute, National Hospital Organization Kyushu Medical Center

連絡著者：徳永 聡

所属：神戸市立医療センター中央市民病院 脳神経外科

〒650-0047

兵庫県神戸市中央区港島南町 2-1-1

Tel: 078-302-4321 Fax: 078-302-7537

Department of Neurosurgery, Kobe City Medical Center General Hospital

2-1-1, Minatojiminamimachi, Chuo-ku Kobe-City, Hyogo 650-0047, Japan

Tel: +81-78-302-4321 Fax: +81-78-302-7537

E-mail: tokunaga_so@yahoo.co.jp

Key Words: vertebral arteriovenous fistula, cone-beam CT, high-resolution cone-beam CT, target embolization

宣言

本論文を、日本脳神経血管内治療学会 機関誌「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。

- 1 和文要旨：
- 2 目的：
- 3 椎骨動静脈瘻は主に外傷に起因するまれな疾患であり、頸部の穿通性外傷や頸椎の術後等、
- 4 医原性に発生することが知られている。今回、頸静脈誤穿刺により生じた医原性椎骨動静脈瘻
- 5 に対し、High Resolution Cone-beam CT (HR-CBCT) でシャントポイントを同定することで
- 6 target embolizationにより根治可能であった1例を経験した。文献的考察を加え報告する。
- 7 症例：
- 8 76歳女性。狭心症に対してPCIを施行された既往があり、その定期検査目的で心臓カテーテル
- 9 検査が行われた。その際、右橈骨動脈および右内頸静脈よりアプローチされ、右頸部を数回の
- 10 試験穿刺後に6Fシースを右内頸静脈に留置した。同時期より耳鳴を自覚するようになり、頸部
- 11 の血管雑音を指摘され当院紹介となった。MRI、血管造影検査により左椎骨動脈動静脈瘻と診
- 12 断した。術前に施行したHR-CBCTにより2カ所のシャントポイントが同定可能であった。経動
- 13 脈的にシャントポイントを超えて静脈側でのtarget embolizationを施行し、シャント血流は消
- 14 失し、耳鳴および血管雑音の消失を得た。
- 15 結論：
- 16 経動脈的target embolizationでの根治が可能であった医原性椎骨動静脈瘻の1例を報告した。
- 17 椎骨動静脈瘻のシャントポイント同定にHR-CBCTが有用であった。
- 18

1 緒言

2 椎骨動静脈瘻は主に外傷に起因する稀な疾患であり、頸部の穿通性外傷、頸動脈および頸静
3 脈への誤穿刺後、また頸部および頸椎の術後に発生することが知られている。今回、われわれ
4 は頸静脈誤穿刺により生じた医原性椎骨動静脈瘻を経験した。術前にHigh-Resolution
5 Cone-beam CT (HR-CBCT) を撮影し、シャントポイントを同定することで経動脈的target
6 embolizationが可能であったので、文献的考察を加えて報告する。

7

8 症例呈示

9 患者：76歳、女性

10 主訴：耳鳴

11 既往歴：狭心症

12 家族歴：特記事項なし

13 現病歴：X-1年3月他院循環器内科において、狭心症に対して経皮的冠動脈形成術(percutaneous
14 coronary intervention; PCI)を施行された。同年10月同院にて心臓カテーテル検査が施行さ
15 れた。右橈骨動脈および右内頸静脈の2カ所から穿刺された。その際、右頸部において数回の
16 試験穿刺ののち6Frシースが内頸静脈に留置された。検査終了時、右頸部皮下血腫形成および
17 シャント形成が頸動脈エコー検査で確認された。検査後12日目の頸動脈エコー検査でシャント
18 消失が確認され、自宅退院となった。11月頃より耳鳴が出現、その後耳鳴の増悪を認めため、
19 X年1月近医脳神経外科クリニックを受診された。診察上、右頸部の血管雑音が聴取され、シ
20 ャント疾患を疑い、当科紹介となった。

21 神経学的所見：脊髄症状、神経根症状等の神経学的異常所見は認めない。

22 経過：MRA、MRA元画像(Fig.1 A, B)で右椎骨動脈周囲に異常血管網を認め、右椎骨動静脈
23 瘻が疑われた。血管造影検査で右椎骨動脈撮影(Digital Subtraction Angiography; DSA)にお
24 いて右椎骨動脈V1-2 segmentで動静脈短絡を認め、動脈相早期に椎骨静脈叢が描出され、右椎
25 骨動静脈瘻と診断した(Fig.1 C)。通常の右椎骨動脈撮影正面像、側面像ではシャントポイント
26 の同定は困難であった(Fig.1 C)。Carotid GUARDWIRE PS (Codman, Johnson & Johnson,
27 Raynham, MA, USA)を用いてシャント部を超えて第3/4頸椎レベルで右椎骨動脈の閉塞を行
28 った上で右椎骨動脈撮影(Fig.1 D)を行ったがシャント部同定には至らなかった。また、シャ
29 ント部の近位である第7頸椎レベルでCarotid GUARDWIRE PSをinflateさせた状態で左椎
30 骨動脈撮影(Fig.1 E)を行ったが、同様にシャント部の同定は困難であった。また、右椎骨動
31 脈のバルーン閉塞試験(Balloon Occlusion Test; BOT)を施行し虚血耐性があることを確認し
32 た。

1 血管内治療：治療に先立ち抗血小板療法としてバイアスピリン100mg/日およびクロピドグレル
2 75mg/日内服を開始した。局所麻酔下に右上腕動脈より6Fロングシースを留置した。6F ENVOY
3 XB (Codman, Johnson & Johnson, Raynham, MA, USA) と4F Tempo (Cordis, Johnson &
4 Johnson, Fremont, CA, USA) のco-axial systemでENVOY XB先端を右椎骨動脈 (第7頸椎レ
5 ベル)に留置した。まず、HR-CBCTを撮影した。HR-CBCTはAllura Clarity血管造影装置 (Allura
6 Clarity FD20, Philips, Best, The Netherlands) を用いて、3倍希釈造影剤全量45mlを2ml/sec
7 で手動的に注入しながら、管電圧80kv、30fr/sec、20.8sec scanで撮影した。AlluraClarity FD20
8 シリーズに統合された専用コンソールであるXtraVisionワークステーションで、Maximum
9 Intensity Projection (MIP) 画像を再構成し、0.2mmのthin sliceでシャントポイントを検討
10 (Fig.2 A-C) した。右椎骨動脈第6頸椎椎体レベルから外側前方および内側後方の2ヶ所にシャ
11 ント形成を認め、これら2カ所のシャントポイントは一直線上に存在しており、誤穿刺により椎
12 骨動脈が串刺し状に貫かれた結果、椎骨動静脈瘻が形成されたことがわかった。また、シャ
13 ントのorificeは小さいことが確認された。HR-CBCTによりこれら2カ所のシャントポイントが同
14 定出来ており、BOTで虚血耐性があることが確認されていることから、治療方針としては、ま
15 ずは経動脈的にシャントポイントを超えてvenous pouchを選択的に塞栓 (target embolization)
16 し、これで根治出来ない場合は母血管閉塞を行う方針とした。

17 HR-CBCTの三次元再構成によりシャントポイントへのマイクロカテーテル誘導に有用な
18 working angleとして左前斜位20度が最適であると判断した。Excelsior SL10 (Stryker,
19 Kalamazoo, MI, USA) をシャントポイントへ誘導し、シャントポイントを超えてExcelsior
20 SL10先端をvenous pouchに留置し超選択造影を行い、シャントポイントを超えていることを確
21 認した (Fig.3 B) 。続いてHyperGlide (Medtronic, Minneapolis, MN, USA) 4mm*10mm
22 をシャントポイントに誘導しballoon assistで母血管にコイルが逸脱しないようにしながらコ
23 イル塞栓を行った。内側後方のシャントポイントに対して、VFC (Micro Vention TERUMO,
24 Tustin, CA, USA) 3-6mm×10cm 2本、Target NANO (Stryker, Kalamazoo, MI, USA) 360
25 3mm×6cm 3本の計5本のコイルで塞栓を行った。内側後方のシャントが消失したことを確認し
26 たのち、続いて外側前方のシャントポイントに対しても同様に、balloon assist下にコイル塞栓
27 を行った。VFC 3-6mm×15cm 1本、VFC 3-6mm×6cm 1本、EDコイル ExtraSoft 2mm×4cm 3
28 本、Target NANO Helical 1.5mm×2cm 2本の計7本のコイルで塞栓を行った。HR-CBCT (Fig.2
29 D-F) でvenous pouchからシャントポイントにかけてコイルが充填されていることを確認した。
30 右椎骨動脈撮影を行うと右椎骨動脈は温存され、術前に認めていたシャントは消失していた
31 (Fig.3) 。

32 術後経過：術直後より耳鳴は消失し、聴診上も血管雑音は消失した。術翌日に施行した頭部MRI

1 検査では明らかな虚血性合併症は認めなかった。術後10日で自宅退院とした。現在も当科外来
2 で経過観察を継続しており、術後1年が経過しているが再発はみられない。

3 4 考察

5 椎骨動静脈瘻は一般的に頭蓋外椎骨動脈とその周囲の椎骨静脈・静脈叢との間に形成される
6 比較的稀なシャント疾患である。その成因は、特発性、外傷性、血管炎、放射線等が報告され
7 ている¹⁻⁴⁾。外傷性としては、カイロプラクティックや転落外傷等の間接的な外傷に伴うもの
8 ほか、本症例の如くカテーテル誤挿入によるものや頸椎手術時の **pedicle screw** 誤挿入⁵⁾による
9 医原性のものである。椎骨動静脈瘻の症状としては、典型的には、拍動性耳鳴、頸部痛、拡張
10 した静脈の圧迫による脊髄症状や神経根症状が知られている。出血発症は稀とされているが、
11 くも膜下出血で発症した報告⁶⁾もみられる。

12 椎骨動静脈瘻の治療方法として血管内治療が主流となる以前は、直達術による治療が主に行
13 われてきた。椎骨動脈が椎間孔に入る第6頸椎レベルから頭蓋頸椎移行部までの高位病変では、
14 術野が深く狭いため、主に **proximal ligation** が選択される。しかし、優位側椎骨動脈の **ligation**
15 では、椎骨脳底動脈循環不全によるめまい、構音障害、失神や脊髄虚血による四肢麻痺などの
16 合併症が約8%にみられると報告⁷⁾されており、可能であれば椎骨動脈の順行性血流の温存が望
17 まれる。従って、血管内治療による母血管温存が可能となる現在では、**proximal ligation** は、
18 治療の第一選択にはなりにくい。また、第6頸椎レベル以下の低位病変では、母血管を閉塞さ
19 せることなくシャントの遮断が外科的に可能⁷⁾となることがあるが、解剖学的にシャントを直接
20 結紮することが困難な場合も多く、満足のいく結果が得られていない。病変の高位、低位によ
21 らず、直達術は血管内治療と比較すると合併症リスク、侵襲度ともに高い治療といえる。

22 血管内治療としては、母血管閉塞術 (**Parent Artery Occlusion; PAO**)、ステントグラフトを
23 留置する方法^{8,9)}、**Detachable balloon** を使用したシャント閉鎖¹⁰⁾、経動脈的・経静脈的 **target**
24 **embolization** 等、血管内治療の発展とともに様々な治療が行われてきた。各治療の比較を **Table**
25 に示す。PAO に関しては、シャントポイントが同定できない場合や **target embolization** で根治
26 が得られない場合に選択される。手技自体は比較的容易であるが、**high-flow** シャントの場合は
27 シャント血流が多く **coil migration** の危険があり、そのような場合は **double catheter** を用いる
28 方法^{2,11)}や、椎骨動脈をシャントの中枢側と遠位側の両方でバルーンを用いて血流をコントロー
29 ルする **tandem balloon technique** の報告³⁾がある。PAO は、直達術による **ligation** と同様、椎
30 骨動脈閉塞による虚血症状の出現が危惧される。また、大量のコイルを必要とすることが多い
31 ため医療経済的に非効率である。ステントグラフトに関しては、母血管の温存が可能で、母血
32 管の口径差が小さい場合は手技が容易である一方、問題点として、現時点で **off-label** 使用とな
33 ること、椎骨動脈径が細径である場合に急性閉塞する危険があること、また、血管壁との密着

1 が不十分な場合は endoleak を起こし根治が得られない可能性があることが挙げられる。そのう
2 え、target embolization を試みた後でも施行可能な手技であるため治療の第一選択には成り難
3 い。Detachable balloon は現在製造されておらず入手困難であり、今後使用する機会はないと
4 思われるが、以前は椎骨動静脈瘻の治療に多く用いられてきた。orifice が大きい場合は、
5 Detachable balloon のみで orifice を閉塞させることが可能であるが、orifice が小さい場合や
6 high-flow シヤントである場合は、誘導、留置が困難であり、その適応は非常に限られたもので
7 あった。target embolization のうち経静脈的塞栓術¹²⁾は、経動脈的塞栓術と同様にシヤントポ
8 イントと罹患椎骨静脈・静脈叢の把握が必須となる。この治療方法は、椎骨動脈の正常血流を
9 温存可能であり、遠位塞栓を起こすリスクも低いが、椎骨静脈・椎骨静脈叢は屈曲蛇行が強い
10 ことが多く、マイクロカテーテルの罹患部への誘導が困難な場合や静脈叢の穿通性出血の危険
11 もある。target embolization のうち経動脈的塞栓術は、本症例の如く、経動脈的にシヤントポ
12 イントを超えて venous pouch へアプローチできる場合に限り適応となる。従って、治療には、
13 術前のシヤントポイント、椎骨静脈・静脈叢の情報が必要不可欠となるため、術前計画の時点
14 で塞栓部位を明確に把握しておくことが治療を成功に導くことにつながる。手技自体の難易度
15 は高いことが多いが、椎骨動脈の温存が可能で、少量のコイルで治療可能であることから医療
16 経済的にも有用と考えられる。一方、target embolization では母血管が温存できないことが
17 22-43%あると報告される¹³⁾。target embolization を困難とさせる要因として、orifice が大きい
18 症例が挙げられ、このような症例では、balloon assist では治療困難なことが多く、stent assist
19 が必要となる。target embolization の問題点として、不完全閉塞や再開通が 8-9%にみられると
20 報告されており¹³⁾、術後は厳重な経過観察が必要である。

21 椎骨動静脈瘻を target embolization で治療するためには、シヤントポイント、罹患椎骨静脈・
22 静脈叢の位置関係の把握が必要不可欠であるが、high-flow シヤントのことが多く、MRA や通
23 常の血管撮影のみでは診断困難である。シヤントポイントの同定に関しては、balloon guiding
24 catheter、balloon catheter を用いる方法、血管内超音波 (Intra Vascular Ultra Sound; IVUS)
25 の利用¹⁴⁾等の報告がみられる。本症例においても、シヤント部遠位にバルーンを留置して位置
26 を変えて罹患側椎骨動脈を閉塞させて撮影を繰り返すことでシヤントポイントを同定しようと
27 試みたが困難であった。また、シヤント部近位で罹患側椎骨動脈を閉塞させ、対側椎骨動脈撮
28 影を行ったがシヤントポイント同定には至らなかった。なお今回は試みていないが、シヤント
29 ポイントの近位もしくは遠位を閉塞させた状態で、動脈相早期で 3D-Rotational Angiography
30 (3D-RA) を撮影することでシヤントポイントが同定できた可能性がある。HR-CBCT の場合、
31 不要な静脈も描出されることがあり、3D-RA と比較してより詳細な読影が必要となるが、逆に
32 動脈、orifice、静脈の連続性や venous pouch の存在が把握出来るため、マイクロカテーテルの
33 誘導位置、コイルのサイズ選択等の治療戦略決定に有用である。本症例では、HR-CBCT の MIP

1 画像を再構成することでシャントポイントの同定、venous pouch の把握が可能であった。
2 脳血管内治療全般にわたり HR-CBCT の有用性に関しては、これまで多くの報告がみられる。
3 脳動静脈奇形に対するガンマナイフの術前計画¹⁵⁾、頭蓋内ステントや Flow diverter 留置後の術
4 後評価^{16,17)}、頸動脈ステント留置術における術前プラーク性状評価¹⁸⁾等、様々な場面で用いら
5 れている。HR-CBCT により 3 次元的な解剖学的構造が把握でき、任意の断面、スライス幅で
6 再構成することにより目的とする血管、骨、軟部組織の位置関係を可視化させることが容易と
7 なった。さらに HR-CBCT は 3-5 倍に希釈した造影剤を使用するため、1 回の撮像に必要な造影
8 剤量はわずか 5ml 程度で、低容量造影剤で高精細画像が得られるため、造影剤使用を制限した
9 い症例に関しても使用可能である。本症例では、治療後に再度 HR-CBCT を撮影し、術前に撮
10 影したものと比較することで治療の効果判定も可能であった。

11 HR-CBCT の問題点として、体動による影響が大きく、患者の協力がなければ高精細な画像は
12 撮像できない。そのため、可能であれば全身麻酔下、もしくは呼吸停止下での撮像が望まれる。
13 また、HR-CBCT は 1 回の撮影で Effective Dose: 0.5mSv、Peak Skin Dose: 29.2mGy の被曝
14 となり、3D-RA の Effective Dose: 0.16mSv、Peak Skin Dose: 8.3mGy と比較して、約 3.5 倍
15 の放射線被曝である。しかしながら、HR-CBCT で得られるシャントポイントの情報により、治
16 療の際の通常 DSA の撮影回数が抑えられるため、トータルの放射線被曝量は減ると考える。

17

18 結語

19 経動脈的target embolizationでの根治が可能であった医原性椎骨動静脈瘻の1例を報告した。
20 椎骨動静脈瘻のシャントポイント同定にHR-CBCTが有用であった。

21

22 利益相反の開示

23 筆頭著者および共著者全員が本論文に関連し、開示すべき利益相反状態は存在しない。

24

- 1 文献
- 2 1) Vinchon M, Laurian C, George B, et al. Vertebral arteriovenous fistulas: a study of 49
3 cases and review of the literature. *Cardiovasc Surg* 1994; 2: 359-369.
- 4 2) 伊藤 理, 西村 中, 石堂 克哉, 他. 神経根症状で発症した特発性椎骨動静脈瘻の 1 例. *No*
5 *Shinkei Geka* 2011; 39: 775-781.
- 6 3) 竹上 徹郎, 今井 啓輔, 梅澤 邦彦, 他. Neurofibromatosis Type 1 に合併した椎骨動静脈瘻
7 に対する tandem balloon technique. *No Shinkei Geka* 2012; 40: 705-709.
- 8 4) Goyal M, Willinsky R, Montanera W, et al. Spontaneous vertebrovertebral arteriovenous
9 fistulae. Clinical features, angioarchitecture and management of twelve patients.
10 *Intervent Neuroradiol* 1999; 5: 219-224.
- 11 5) Ra IH, Min WK. Vertebral arteriovenous fistula following C2 pedicle screw fixation.
12 *Spine J* 2013; 13: 1413-1414.
- 13 6) 日宇 健, 吉岡 努, 北川 直毅, 他. くも膜下出血で発症した椎骨動静脈瘻の 1 例. *No*
14 *Shinkei Geka* 2009; 37: 667-671.
- 15 7) 石黒 太一, 川島 明次, 米山 琢, 他. 医原性椎骨動静脈瘻に対して外科治療が奏功した 2 例.
16 *No Shinkei Geka* 2011; 39: 269-274.
- 17 8) Sadato A, Satow T, Ishii A, et al. Large vertebral arteriovenous fistula treated with
18 stent-grafts case report. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2003; 43: 250-254.
- 19 9) Gonzalez A, Mavol A, Gil-Peralta A, et al. Endovascular stentgraft treatment of an
20 iatrogenic vertebral arteriovenous fistula. *Neuroradiology* 2001; 43: 784-786.
- 21 10) Halbach VV, Higashida RT, Hieshima GB, et al. Treatment of vertebral arteriovenous
22 fistulas. *AJR Am J Roentgenol* 1988; 150: 405-412.
- 23 11) Patro SN, Gupta AK, Arvinda HR, et al. Combined transarterial and percutaneous
24 coiling of a spontaneous vertebrovertebral fistula associated with neurofibromatosis
25 Type 1. Case report. *J Nurosurg* 2009; 111: 37-40.
- 26 12) Kai Y, Hamada J, Mizuno T, et al. Transvenous embolization for vertebral arteriovenous
27 fistula: Report of two cases and technical notes. *Acta Neurochir (Wien)* 2001; 143:
28 125-128.
- 29 13) Beaujeux RL, Reizine DC, Casasco A, et al. Endovascular treatment of vertebral
30 arteriovenous fistula. *Radiology* 1992; 183: 361-367.
- 31 14) 吉岡 努, 北川 直毅, 森川 実, 他. 血管内エコー (IVUS) , balloon catheter が有用であつ
32 た椎骨動静脈瘻の 1 例. *No Shinkei Geka* 2004; 32: 597-602.
- 33 15) Safain MG, Rahal JP, Raval A, et al. Use of cone-beam computed tomography

- 1 angiography in planning for gamma knife radiosurgery for arteriovenous
2 malformations: a case series and early report. *Neurosurgery* 2014; 74: 682-695.
- 3 16) Flood TF, van der Bom IMJ, Strittmatter L, et al. Quantitative analysis of
4 high-resolution, contrast-enhanced, cone-beam CT for the detection of intracranial
5 in-stent hyperplasia. *J NeuroInterv Surg* 2015; 7: 118-125.
- 6 17) Kizilkilic O, Kocer N, Metaxas GE, et al. Utility of vasoCT in the treatment of
7 intracranial aneurysm with flow-diverter stents. *J Neurosurg* 2012; 117: 45-49.
- 8 18) Tanabe J, Tanaka M, Kadooka K, et al. Efficacy of high-resolution cone-beam CT in the
9 evaluation of carotid atheromatous plaque. *J NeuroIntervent Surg* 2016; 8: 305-308.
- 10

1 Figure legends:
2 Fig.1
3 A and B: Cervical MRA (A) and axial time-of-flight sequence (B) on admission show filling of
4 a venous plexus (arrow) around the right vertebral artery (V1-V2 segment).
5 C: Right vertebral catheter angiogram (Anteroposterior view) shows an extensive
6 paravertebral venous plexus opacifying during the the arterial phase.
7 D: Right vertebral catheter angiogram during occlusion of the right vertebral artery distal to
8 the arteriovenous fistula.
9 E: Left vertebral catheter angiogram during occlusion of the right vertebral artery proximal
10 to the arteriovenous fistula.
11
12 Fig.2
13 A-C: pre-operative HR-CBCT MIP images, D-F: post-operative HR-CBCT MIP images
14 Arrow: anterolateral shunt point, Arrow head: posteromedial shunt point
15 A, D: axial view, B, E: coronal view, C, F: sagittal view
16
17 Fig.3
18 A: Preoperative right vertebral catheter angiogram (Anteroposterior view).
19 B: Intraoperative super selective angiogram (Left anterior oblique view, 20-degree) shows
20 that microcatheter tip is placed into the ideal venous pouch.
21 Arrow: HyperGlide 4mm*10mm, Arrow head: microcatheter tip
22 C: Fluoroscopy after target embolization shows the coil mass in the shunt points and venous
23 pouches.
24 D: Final catheter angiography shows complete occlusion of the shunt points and patency of
25 the right vertebral artery.
26
27 Table
28 Characteristics of each treatment
29 TAE; trans-arterial embolization, TVE; trans-venous embolization

| | Parent Artery Occlusion | Stent Graft | Target Embolization (TAE) | Target Embolization(TVE) |
|------|-------------------------|-------------|---------------------------|--------------------------|
| 血行動態 | 母血管温存不可能 | 母血管温存可能 | 母血管温存可能 | 母血管温存可能 |
| 止血効果 | 確実な止血 | endleakリスク | 再開通リスク | 再開通リスク |
| 合併症 | 虚血性合併症 | 急性閉塞 | 遠位塞栓 | 穿通性出血 |
| コスト | 大量のコイル必要 | Off-label使用 | 少量のコイルで治療可能 | 比較的大量のコイルが必要 |

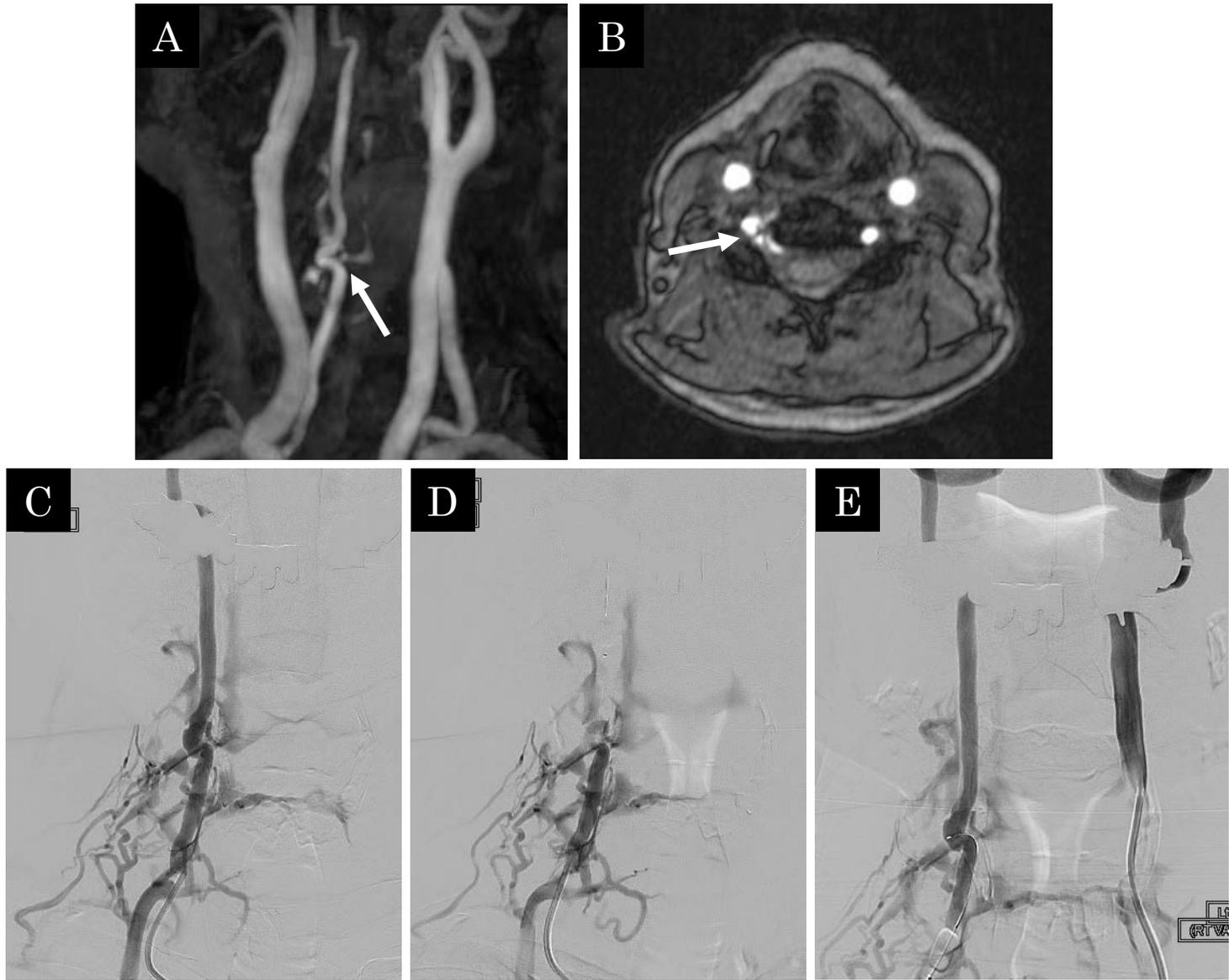


Fig.1

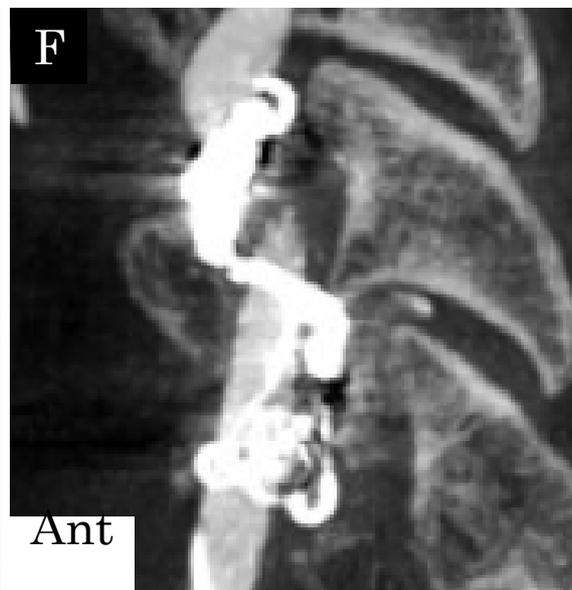
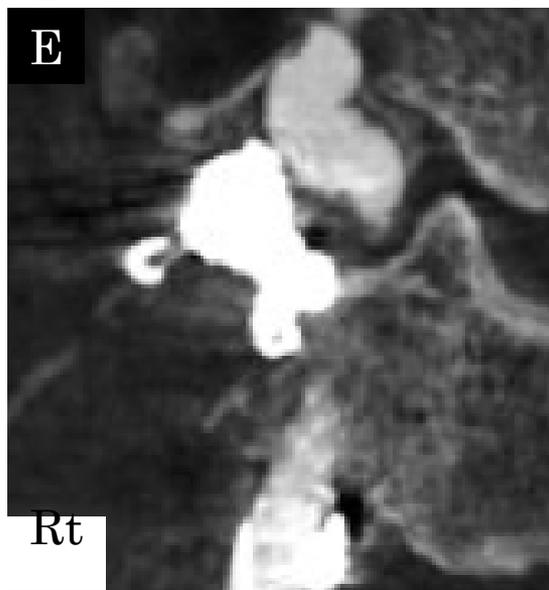
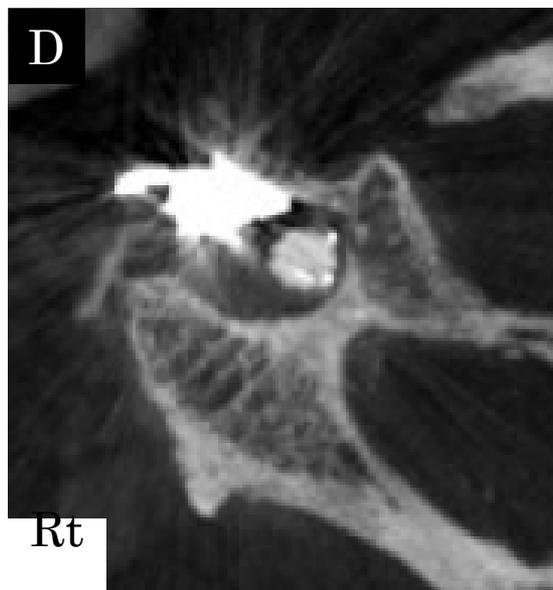
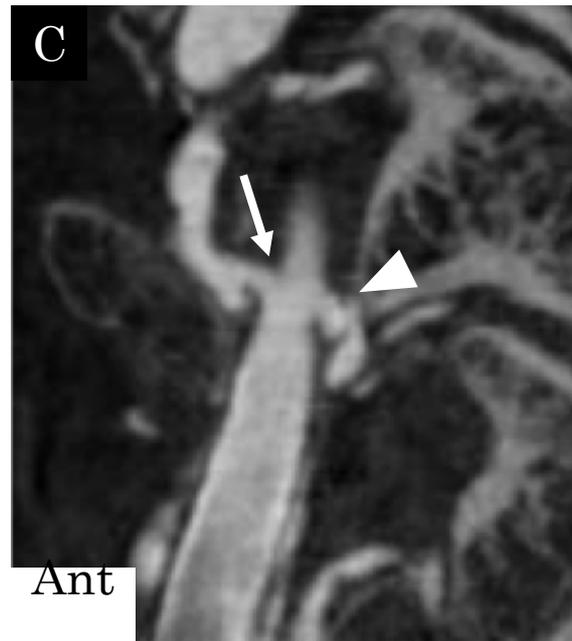
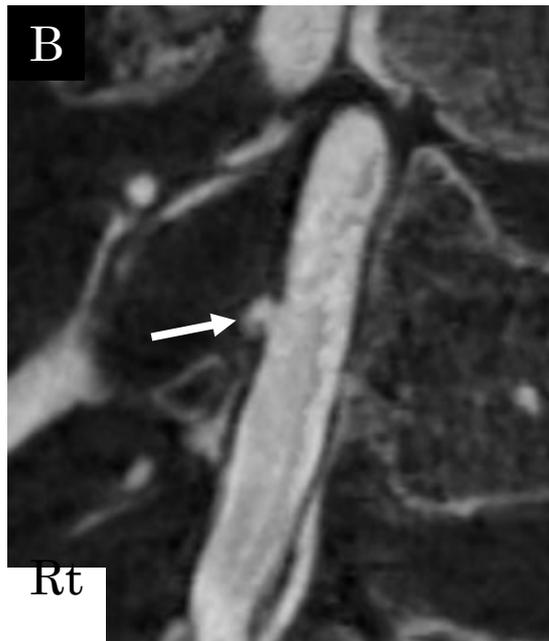


Fig.2

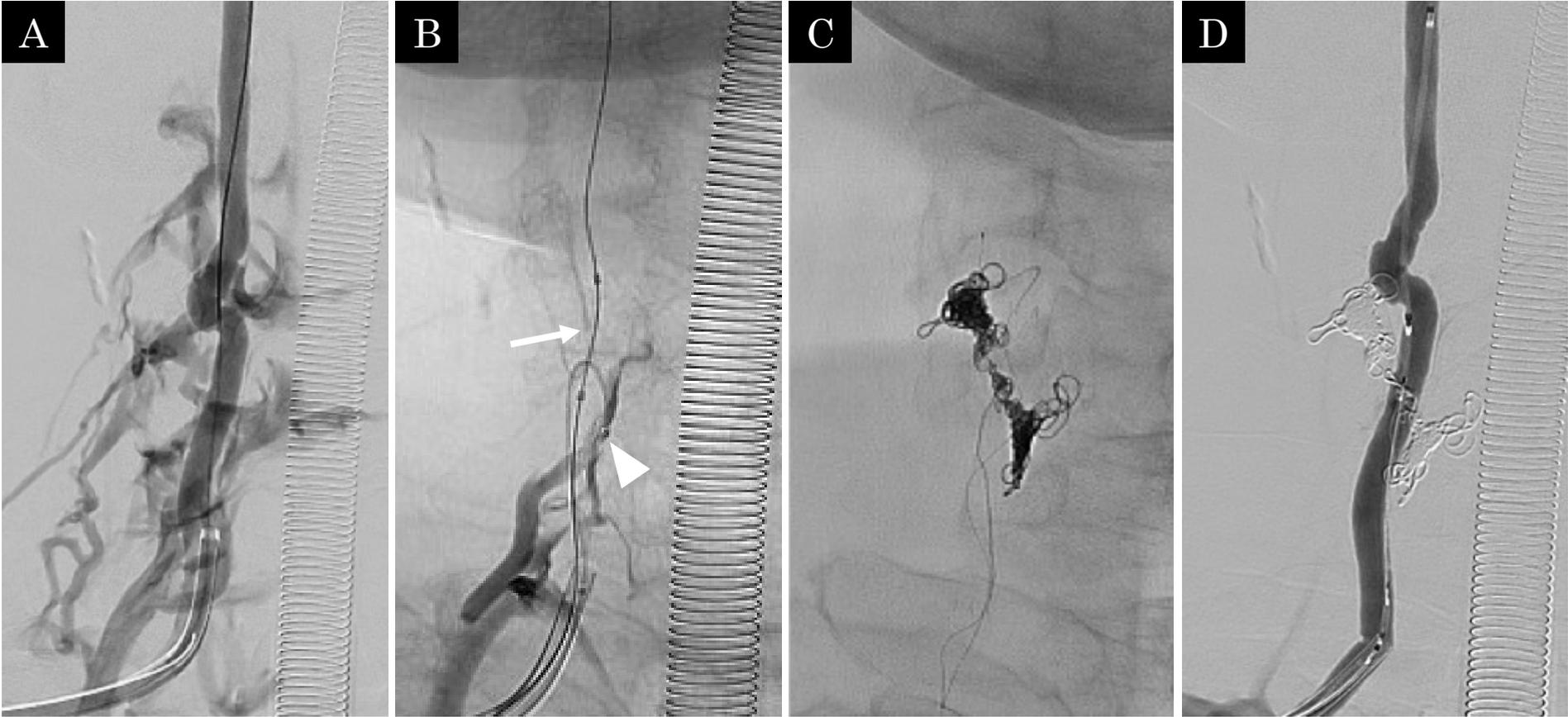


Fig.3