

1 【症例報告】

2 医原性椎骨動静脈瘻に対して covered stent を用いて血管内治療に成功

3 した1例

4 岡田卓也¹⁾ 石井暁¹⁾ 定政信猛¹⁾ 甲斐康稔¹⁾ 石橋良太¹⁾ 坂真人¹⁾

5 安藤充重¹⁾ 瀧田亘¹⁾ 宮田悠¹⁾ 西秀久¹⁾ 園田和隆¹⁾ 高下純平¹⁾ 二

6 ツ矢浩一郎²⁾ 永田泉¹⁾

7 1)小倉記念病院脳卒中センター 脳神経外科

8 2)産業医科大学病院 放射線科

9

10 **Correspondence address:** Takuya OKATA

11 Department of Neurosurgery, Stroke center, Kokura Memorial

12 Hospital, Fukuoka, Japan

13 3-2-1 Asano Kokurakita-ku Kitakyushu, Japan

14 Fax: +81-93-511-3240; Tel: +81-93-511-2000; E-mail:

15 taoka302@yahoo.co.jp

16

17 **Keywords:** vertebral arteriovenous fistula, endovascular treatment,

18 covered stent, iatrogenic, pseudoaneurysm

19

20 『本論文を, 日本脳神経血管内治療学会 機関誌「Journal of

21 Neuroendovascular Therapy(脳神経血管内治療)」に投稿するにあたり,

22 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

23 いことを誓約致します。

1 要旨

2 【目的】医原性椎骨動静脈瘻(VAVF)に対して covered stent(CS)を用いて
3 血管内治療に成功した1例を経験したので報告する。

4 【症例】62歳,男性。内頸静脈へのカテーテル挿入後に耳鳴を自覚した。精
5 査のために施行した頸部MRAでVAVFを認め,医原性VAVFと考えた。

6 全身麻酔下,右大腿動脈経由ステント併用コイル塞栓術で瘻孔閉塞を試
7 みたが,困難であったためCS(Fluency 8.0x 40mm)を留置し,VAVFは著明
8 に減少した。術後合併症なく,術後約3.4カ月での血管造影でVAVFは消
9 失していた。

10 【結論】医原性VAVFに対してCSを用いた血管内治療は考慮しても良い方
11 法の一つと考えられた。

12 緒言

13 椎骨動静脈瘻(vertebral arteriovenous fistula: VAVF)は頭蓋外椎骨
14 動脈(vertebral artery: VA)と椎骨静脈(vertebral vein: VV)及び周辺静
15 脈との異常な短絡を形成する稀な病態である。成因には外傷性が最も多く、
16 うち医原性として内頸静脈へのカテーテル挿入、上位頸椎固定術などの整
17 形外科的手術時が知られている。今回、我々は内頸静脈へのカテーテル誤
18 挿入を契機に発症し、コイル塞栓術では治療困難であった椎骨動静脈瘻に
19 対し、covered stent を用いた血管内治療で治癒し得た一例を経験したので
20 報告する。

21 症例呈示

22 症例：62 歳男性

23 主訴：拍動性耳鳴

24 既往歴：心房細動（カテーテルアブレーション後） 高血圧症 脂質異常症

25 現病歴：心房細動に対するカテーテルアブレーション治療を受け術後経過

26 は良好であったが、術後 30 日目頃から右側の拍動性耳鳴を自覚し術後 37

27 日目に近医を受診。頸部雑音が指摘され術後 38 日目に当科紹介となった。

28 来院時所見：右頸部に収縮期血管雑音を聴取。

29 来院時神経学的所見：異常所見なし。

30 生理検査：心電図は洞調律，胸部レントゲン・経胸壁心臓超音波検査では

31 特記すべき異常なし。頸部超音波検査では右 VA に flap と腹側に伴走する

32 VV に脈動を認めた。

33 頭部 MRI/MRA：脳実質・頭蓋内動脈に異常なし(Figure 1A)。

34 頸部 MRA：頭蓋外右 VA 近傍静脈の描出を認めた(Figure 1B)。

35 脳血管撮影：右椎骨動脈撮影で V1 segment に動脈解離と偽性動脈瘤を

36 介した右 VA と右 VV との短絡を認め，emissary radicular vein から硬膜

37 外静脈叢まで逆流していた(Figure 2, 3). 右 VV は右内頸動脈撮影の静脈
38 相で造影され正常灌流に利用されていると考えられた. 左 VA は右 VA に比し
39 細径で, 左椎骨動脈撮影で右 VA への盗血は認めなかった. 強い拍動性耳
40 鳴から治療希望あり, 術後 58 日目に血管内治療を施行した.

41

42 治療方針

43 母血管閉塞術は, 若年で患側 VA が優位側であることから将来の脳梗塞発
44 症リスクを勘案し, 瘻孔閉鎖術が望ましいと考えた. 瘻孔は V1 segment(C7
45 椎体レベル)に位置し, 偽腔側に形成されたと考えられる偽性動脈瘤部と判
46 断し, 同部位に対する選択的経動脈的・経静脈的塞栓術を企図した. コイ
47 ル塞栓術に先立ち, シヤント血流の低減と母血管側へのコイルの逸脱防止を
48 期待して解離部へのステント留置を行う方針とした.

49

50 血管内治療

51 治療 1 週間前から心房細動に対し内服中であったワルファリンは未分画ヘパ
52 リン 10000 単位/日持続静注に切り替え, アスピリン 100mg を追加した. 全身

53 麻酔下に右大腿動脈経由で 9F Optimo(東海メディカルプロダクツ, 愛知)を
54 右鎖骨下動脈に留置し, 右大腿静脈経由で 5F Envoy(Cordis,
55 Johnson&Johnson, Fremont, CA, USA)を右 VV まで誘導した. Optimo よ
56 り Carotid GuardWire(CGW; Medtronic, Minneapolis, MN, USA)を右 V2
57 segment の解離部より十分遠位まで誘導のうえ, Excelsior SL-10(Stryker,
58 Kalamazoo, MI, USA)を CHIKAI 14 200cm(朝日インテック, 愛知)を用い
59 て偽腔経由で経動脈的, 経静脈的に偽性動脈瘤(瘻孔部)まで誘導した.
60 CGW による distal protection 下に, Precise 6.0x30mm(Cordis,
61 Johnson&Johnson, Fremont, CA, USA)を留置したが, シヤント血流量の大
62 きな低減は得られなかった(Figure 4A). 経動脈的に Galaxy helical XS
63 2x8mm(Codman, Neuroendovascular, Johnson&Johnson, Miami, FL,
64 USA)で frame の形成を試みたが, VV への開口部が予想以上に大きく, VV
65 側に容易に逸脱してしまった. 経静脈的にも Galaxy helical XS 2x8mm の
66 留置を試みるも, 同様に VV 側へコイルが逸脱してしまった. 瘻孔形状から選
67 択的塞栓術は困難と判断し, 動脈側に留置していた Excelsior SL-10 を
68 VV 側まで誘導し直し, VV 内でアンカーを形成しようと考えた. Axiom 3D

69 3x10mm(eV3 Endovascular, Covidien, Plymouth, MN, USA)は
70 undersize であったため, Galaxy fill 5x15mm に変更し試みたが, VV 近位
71 側や遠位側にコイルが流れてしまい安定した frame の形成が困難であった
72 (Figure 4A). Covered stent(CS; Fluency 8.0x40mm, Bard Peripheral
73 Vascular Inc., Tempe, AZ, USA)を用いた瘻孔閉鎖を行う方針に変更した。
74 Radifocus guidewire 300cm(テルモ, 東京)を用いて, 右大腿動脈に留置
75 した 9F シースを 9F Arrow sheath 65cm(Arrow International, Inc.,
76 Reading, PA, USA)に exchange し, 右鎖骨下動脈まで誘導した。続き
77 Fluency 8.0mmx40mm(Bard Peripheral Vascular Inc., Tempe, AZ,
78 USA)を解離腔を十分カバーするように留置した。留置直後の右椎骨動脈撮
79 影では遅延相でわずかに右 VV が描出されていたが, high resolution
80 cone-beam computed tomography ではステントの血管への圧着は良好で,
81 endoleak type IV¹⁾と判断し手技を終了した(Figure 5)。術後の抗血栓療
82 法に関しては, 心房細動に対して抗凝固療法が必要であり, 出血性合併症
83 を勘案して抗血小板薬はアスピリン単剤を 12 ヶ月間継続する方針とした。周
84 術期合併症なく経過し, 術後 3 日目より未分画ヘパリン 10000 単位/日はエ

- 85 ドキサバン 60mg/日に置換した。術後 101 日時点(約 3.4 か月後)での脳血
- 86 管撮影でシャントは完全消失し、ステント内狭窄・閉塞は認めなかった
- 87 (Figure 6).

88 考察

89 VAVFはVAとVV及び周辺静脈との異常な短絡を形成する稀な病態であ
90 る。臨床症状は拍動性耳鳴が最も多く²⁾、盗血現象による椎骨脳底動脈系
91 の脳虚血症状(めまい,複視)のほか,拡張した硬膜外静脈による,頭痛・頸
92 部痛・頸部神経根症状³⁾,静脈うっ滞に伴う脊髄症⁴⁾などの報告がある。ま
93 た,高流量シャントを有する場合には高拍出性心不全や,極めて稀であるが
94 くも膜下出血を来した報告もある。特発性を除く成因には,医原性を含む外
95 傷性,動脈硬化性,血管炎,放射線照射など知られている^{5,6)}。このうち外
96 傷性が最も多く68%とする報告があるが,刃傷や銃傷が少ない本邦では諸外
97 国と比べ医原性の割合は高いと推測される^{3,6)}。医原性には内頸静脈へのカ
98 テーテル挿入時の椎骨動脈穿通,上位頸椎固定術などの整形外科的手
99 術が知られている。特発性の場合高位に好発しやすいことに対し,医原性で
100 は低位に好発し,内頸静脈へのカテーテル挿入が原因の場合はV1
101 segmentに発症する^{6,7)}。現在VAVFに対する明確な標準治療はない。外傷
102 性の場合で急性期に自然閉塞に至った症例の報告も散見されるが,一旦シ
103 ャントが確立した場合には自然閉鎖は期待しにくいとされる⁸⁾。従来外科的

104 AVF 閉塞術が行われてきたが、術中出血などの合併症の危険性も高いため
105 ⁴⁾、最近では血管内治療での治療例が多く報告されるようになってきた。

106 母血管閉塞が可能な場合には、経動脈的に離脱式バルーンやコイルを用い
107 た母血管閉塞術⁹⁾¹⁰⁾が最も簡便であるが、母血管温存を要する場合には、
108 経動脈的・経静脈的あるいは複合的に、種々の塞栓材料を用いた瘻孔閉
109 鎖が必要となる。その際、瘻孔の①形態及び②高位¹¹⁾、③シャント流量を踏
110 まえ、瘻孔部のみの閉塞かあるいは流出静脈の閉塞を目指すか、アプローチ
111 ルートや塞栓材料とともに決定する。

112 瘻孔に塞栓材料の充填に十分な空間がない場合では、流出静脈閉塞を検
113 討する。流出静脈の閉塞にあたっては①正確なシャント部位の同定と導出静
114 脈である椎骨静脈叢の解剖学的構築の把握¹²⁾、②V3 segmentより高位の
115 場合では、通常経静脈的アプローチは困難である点¹²⁾¹³⁾には注意する。瘻
116 孔に塞栓可能な空間を有する場合には選択的塞栓術も選択可能である。

117 シャント量が小さい場合ではバルーンアシスト下でのコイル塞栓術も可能とされ
118 るが¹²⁾、high flow シャントの場合では塞栓材料のmigrationの懸念がある。

119 High flow シャント例に対し flow control 下でのコイル塞栓術により根治を
120 得たとの報告もある¹⁴⁾。

121 本例における瘻孔は低位に位置し、術前の想定では瘻孔及びシャント流量
122 は比較的小さく、偽性動脈瘤に対する経動脈的・経静脈的選択的塞栓術
123 により根治可能と考えた。しかし、実際には瘻孔は大きくシャント流量も比較
124 的多かったため、偽性動脈瘤部にコイルを留めることが困難であった。VV 内
125 でコイルをアンカーさせ frame の安定化を図ったが、同じくシャント血流の影響
126 から安定した frame を形成は困難であった。前述の flow control 法の併用
127 によりコイル塞栓術を完遂し得た可能性は残るが、VV 側を塞栓する選択は、
128 シャントによる VV 本幹の拡張と複数の支流への流出がみられたため、適切な
129 塞栓範囲の予測が難しく、相当数のコイルが必要で、venous plexus に流出
130 するドレナージルートが残った場合に脊髄静脈還流が増悪する懸念があること
131 から選択しなかった。本例では損傷した血管の修復が同時可能かつ根治が
132 期待できる CS を用いた瘻孔閉鎖術を代替療法として選択した。

133 わが国で保険適応がある CS は胆管用あるいは冠動脈/伏在静脈グラフトの
134 穿孔用である。現在本邦で入手可能かつ頭頸部に応用可能な CS(full

135 covered type)は6種存在し(Table 1),より新世代のデバイスに Fluency や
136 本邦で2016年12月に上市された Viabahn がある. Viabahn は本邦でも血
137 管損傷で保険認可を受け,関連7学会より適正使用指針が制定された.同
138 指針で示された術者要件は,①関連学会の定める認定医・専門医資格ある
139 いはそれに準ずる経験,②原則100例以上の血管内治療経験(または経験
140 症例数を満たす医師の指導下での治療),③企業の行う教育コースの受講
141 である.また,適応は「参照血管径4.0~12.0mmの胸部・腹部・骨盤内の
142 動脈に外傷性又は医原性血管損傷が生じ,止血困難な血液漏出のある患
143 者の緊急処置に用いる」とされ,椎骨動脈をはじめ大動脈,冠動脈,腕頭動
144 脈,頸動脈,及び肺動脈は適応外とされている.Line upはTable 1で示し
145 たように,ステントグラフト径は5-13mmと幅広く,ステントグラフト長の種類も他
146 のステントに比し豊富なことが特徴である.

147 前述の2つの新世代ステントはいずれも Nitinol 性の自己拡張型ステントで,
148 被覆素材には旧世代デバイスで用いられた polyethylene
149 terephthalate(PET)に比べ血栓形成性が低いとされる
150 polytetrafluoroethylen(PTFE)が採用され,近年ではこれらを用いた治療

151 報告例が散見される。デバイスによりステントの材質・構造，被覆素材，デリバ
152 リーシステムやサイズ展開が異なるが，選択にあたっての注意点の一つに，ス
153 テントのデリバリーカテーテル長がある。短いもの(例えば 80cm 長)と長いもの
154 (例えば 180cm 長)とがあり，短い場合には高位病変や，患者の体格が大きい
155 場合，頸動脈に使用する場合には長さが足りない可能性がある。Fluency は
156 海外では 180cm 長のデリバリーカテーテルも使用可能だが，わが国では 80cm
157 長しか使用できないこともあり，本例では 80cm 長を選択した。また，80cm のデ
158 リバリーカテーテル長を選択した場合，通常のガイディングシースやガイディン
159 グカテーテルは 90cm 長のため留置できない。ロングシースも使用できない点も
160 注意が必要で，本例では 65cm のガイディングシースを使用選択した。被覆
161 素材の違いについては，素材間の優劣は明確ではないものの，PTFE は人工
162 血管として既に広く用いられて，血栓形成性の観点からは PET より適している
163 と考えられる。ステントデリバリーシステムには，自己拡張型とバルーン拡張型
164 がある。バルーン拡張型では血管への圧着性がより期待できるが一方，留置
165 血管の血管解離などの損傷の危険性がある。圧着に高圧を要するため標的
166 血管が既に傷害されている場合には注意を要する。また，柔軟性に欠くため

167 バルーン拡張型ステントであるため留置標的血管に可動性を有する場合に
168 は、自己拡張型ステントの方が適している。

169 椎骨動静脈瘻に対するCSを用いた血管内治療の利点は、①母血管を温
170 存可能な点、②コイル塞栓術における塞栓材料のmigrationやmass effect
171 による神経根症状の増悪などのリスクが回避できる点がある。一方、欠点は
172 ①デリバリーシステムが総じて大径で硬く追従性が不良である点、②留置後
173 のendoleakの発生、③長期成績が不明瞭な点が挙げられる。CS留置後の
174 endoleakは、屈曲部やステント留置部に血管径差のある場合に生じる圧着
175 不良(Type I)や可動部位で生じやすいstent-graft fractureや穿孔などの
176 graft failure(Type III)が原因の場合には治療効果上問題となり得るが、
177 stent-graft porosityが原因であるendoleak(Type IV)では追加治療は要さ
178 ないとされる¹⁾。本例では治療直後にわずかなendoleakがみられたが、
179 high-resolution cone-beam computed tomographyで血管への圧着は良
180 好でgraft failureも明らかでなかった。発生の一因にはPreciseを先に留
181 置していたことが関係していたかもしれない。本例ではType IVと判断し経過観
182 察を続け、約3.4ヶ月で完全消失に至った。

183 頭蓋外頸動脈・椎骨動脈へCSを用いた血管内治療の成績については
184 Alarajらが150例(164治療)のsystematic reviewを報告している¹⁵⁾。疾
185 患の内訳は偽性動脈瘤81例, carotid blowout syndrome 27例, 動静脈
186 瘻23例, その他19例で, 手技成功率は98.2%と高く, 追加治療はendoleak
187 を認めたわずか1例のみとその有用性を示している。椎骨動静脈瘻に限定し
188 た報告例は渉猟し得た限りでは13報, 15例の報告がある¹¹⁾¹⁵⁻²⁶⁾(Table 2)。
189 うち14例では術直後あるいは最終フォローアップ時には完全閉塞に至ってお
190 り, 短期的には有用と考えられる。頭蓋外頸動脈・椎骨動脈領域でのCSを
191 用いた血管内治療の長期成績における合併症の発生率は9.1%(15件/164
192 件)で, うち虚血性脳卒中は1.2%(2件), TIAは3.6%(6件), 急性動脈解離は
193 1.8%(3件)と報告されている¹⁵⁾。また開存率については脳血管造影検査でフ
194 ォローアップされた97例(中央値6ヵ月(4-17..8ヵ月)中, 再狭窄が2.8%(3
195 例), ステント閉塞が8.3%(9例)で認められたと報告されており¹⁵⁾, この成績は
196 頭蓋外頸動脈および頭蓋外椎骨動脈領域をすべて含んだ開存率ではある
197 が通常のステントに比べて高い。CSを用いた治療では慢性期のCSの閉塞を
198 考慮して適応を考える必要があると思われる。

199 周術期及び遠隔期における至適な抗血栓療法のリジメンおよび期間は明らか
200 ではない。既報の抗血栓療法はアスピリン単剤，アスピリン・クロピドグレルの
201 2剤併用，アスピリン・ワルファリンの2剤併用と多様で，継続期間も1ヶ月か
202 ら終生投与と様々である。頸動脈ステント留置術の標準的な抗血栓療法のリ
203 ジメンは抗血小板薬2剤併用を少なくとも1ヵ月，1剤は終生投与である。
204 前述の多数例の検討でCSの遠隔期の閉塞率が高いことから示されており¹⁵⁾，
205 2剤の抗血小板薬の長期投与または抗凝固薬を併用する場合には少なく
206 とも1剤の抗血小板薬の併用が必要ではないかと考えられる。本例では抗凝
207 固療法の併用が必要であったため抗血小板薬は単剤としたが，Alarajらは
208 頸動脈ステント留置術のエビデンスを踏まえ，抗血小板薬2剤併用を6ヶ月，
209 1剤を終生投与のリジメンを採用している¹⁵⁾。GaynorらもCarotid blowout
210 syndromeに対してCS(Viabahn)を用いた15症例の全例で虚血性合併症
211 は認めなかったと報告している²⁷⁾。この報告では全例2剤の抗血小板薬を少
212 なくとも6週間投与していることから，2剤の抗血小板薬がCS閉塞の予防に
213 重要な因子かもしれない。

214 **結語**

215 医原性 VAVF に対して CS を用いて血管内治療に成功した 1 例を報告した。

216 医原性 VAVF に対する CS を用いた血管内治療は選択肢の一つとして考慮

217 しても良い治療法と考えられる。

218 **利益相反開示**

219 本論文に関して、開示すべき利益相反状態は存在しない。

220

221 文献

- 222 1. Stavropoulos SW, Charagundla SR. Imaging techniques for
223 detection and management of endoleaks after endovascular aortic
224 aneurysm repair. *Radiology* 2007; 243: 641-655.
- 225 2. Beaujeux RL, Reizine DC, Casasco A, et al. Endovascular
226 treatment of vertebral arteriovenous fistula. *Radiology* 1992; 183:
227 361-367.
- 228 3. Gobin YP, Duckwiler GR, Vinuela F. Direct arteriovenous
229 fistulas (carotid-cavernous and vertebral-venous).
230 *Neuroimaging Clin N Am* 1998; 8: 425-443.
- 231 4. Kataoka H, Miyamoto S, Nagata I, et al. Venous congestion is a
232 major cause of neurological deterioration in spinal arteriovenous
233 malformations. *Neurosurgery* 2001; 48: 1224-1230.
- 234 5. Halbach VV, Higashida RT, Hieshima GB. Treatment of vertebral
235 arteriovenous fistulas. *AJR Am J Roentgenol* 1988; 150: 405-412.
- 236 6. Vinchon M, Laurian C, George B, et al. Vertebral arteriovenous

- 237 fistulas: a study of 49 cases and review of the literature.
238 *Cardiovasc Surg* 1994; 2: 359-369.
- 239 7. Leape LL, Palacios E. Acute traumatic vertebral arteriovenous
240 fistula. *Ann Surg* 1971; 174: 908-910.
- 241 8. Fukao S, Hashimoto N, Kazekawa K, et al. Percutaneous
242 transvenous embolisation of iatrogenic vertebral arteriovenous
243 fistula. *Neuroradiology* 1995; 37: 400-402.
- 244 9. Herrera DA, Vargas SA, Dublin AB. Endovascular treatment of
245 traumatic injuries of the vertebral artery. *AJNR Am J*
246 *Neuroradiol.* 2008; 29: 1585-1589.
- 247 10. Debrun G, Legre J, Kasbanian M, et al. Endovascular occlusion of
248 vertebral fistulae by detachable balloons with conservation of
249 the vertebral blood flow. *Radiology.* 1979; 130: 141-147.
- 250 11. Yeh CH, Chen YL, Wu YM, et al. Anatomically based approach for
251 endovascular treatment of vertebro-vertebral arteriovenous
252 fistula. *Interv Neuroradiol* 2014; 20: 766-773.

- 253 12. Kai Y, Hamada JI, Mizuno T, et al. Transvenous embolization for
254 vertebral arteriovenous fistula: report of two cases and technical
255 notes. *Acta Neurochir (Wien)*. 2001; 143: 125-128.
- 256 13. Miyachi S: No kekkannai Chiryō Heihosho. Osaka, Medicus
257 Shuppan, 2015, 267. (in Japanese)
- 258 14. Takegami T, Imai K, Umezawa K, et al. Endovascular trapping
259 using a tandem balloon technique for a spontaneous
260 vertebrovertebral fistula associated with neurofibromatosis type
261 1. *No Shinkei Geka*. 2012; 40: 705-709.
- 262 15. Alaraj A, Wallace A, Amin-Hanjani S, et al. Endovascular
263 implantation of covered stents in the extracranial carotid and
264 vertebral arteries: Case series and review of the literature. *Surg
265 Neurol Int* 2011; 2: 67.
- 266 16. Singer RJ, Dake MD, Norbash A, et al. Covered stent placement for
267 neurovascular disease. *AJNR Am J Neuroradiol* 1997; 18: 507-509.
- 268 17. Ruckert RI, Rutsch W, Filimonow S, et al. Successful stent-graft

269 repair of a vertebrojugular arteriovenous fistula. *J Endovasc*
270 *Ther* 2001; 8: 495-500.

271 18. Gonzalez A, Mayol A, Gil-Peralta A, et al. Endovascular
272 stent-graft treatment of an iatrogenic vertebral arteriovenous
273 fistula. *Neuroradiology* 2001; 43: 784-786.

274 19. Amar AP, Teitelbaum GP, Giannotta SL, et al. Covered stent-graft
275 repair of the brachiocephalic arteries: technical note.
276 *Neurosurgery* 2002; 51: 247-252.

277 20. Felber S, Henkes H, Weber W, et al. Treatment of extracranial and
278 intracranial aneurysms and arteriovenous fistulae using stent
279 grafts. *Neurosurgery* 2004; 55: 631-638.

280 21. Sadato A, Satow T, Ishii A, et al. Large vertebral arteriovenous
281 fistula treated with stent-grafts--case report. *Neurol Med Chir*
282 *(Tokyo)* 2003; 43: 250-254.

283 22. Surber R, Werner GS, Cohnert TU, et al. Recurrent vertebral
284 arteriovenous fistula after surgical repair: Treatment with a

285 self-expanding stent-graft. *J Endovasc Ther* 2003; 10: 49-53.

286 23. Priestley R, Bray P, Bray A, et al. Iatrogenic vertebral
287 arteriovenous fistula treated with a hemobahn stent-graft. *J*
288 *Endovasc Ther* 2003; 10: 657-663.

289 24. Saket RR, Razavi MK, Sze DY, et al. Stent-graft treatment of
290 extracranial carotid and vertebral arterial lesions. *J Vasc Interv*
291 *Radiol* 2004; 15: 1151-1156.

292 25. Zingler VC, Strupp M, Brandt T, et al. Stent grafting resolved
293 brachial plexus neuropathy due to cervical arteriovenous fistula.
294 *Eur Neurol* 2004; 52: 250-251.

295 26. Sancak T, Bligic S, Ustuner E. Endovascular stent-graft
296 treatment of a traumatic vertebral artery pseudoaneurysm and
297 vertebrojugular fistula. *Korean J Radiol* 2008; 9: 68-72.

298 27. Gaynor BG, Haussen DC, Ambekar S, et al. Covered Stents for the
299 Prevention and Treatment of Carotid Blowout Syndrome.
300 *Neurosurgery*. 2015; 77: 164-167.

301 Fig.1 A) Head MRA showing hypoplastic left vertebral artery. B)
302 Neck MRA showing abnormal veins around right vertebral artery.

303 Fig.2 Right vertebral angiograms (left anterior oblique view). A)
304 early arterial phase, B) middle arterial phase, C) late arterial phase.

305 A vertebral arteriovenous fistula (VAVF) can be seen between the V1
306 segment (large arrow) and the vertebral vein (small arrow),
307 accompanied with pseudoaneurysm (black arrowhead) at the site of
308 pseudolumen (white arrowhead).

309 Fig.3 A) A reconstructed MIP (Maximum Intensity Profile) image at
310 the same projection angle as Figure 2 demonstrating flap and
311 pseudoaneurysm(pAN). B-C) Axial images depicting location of the
312 slice in Figure 3A.VA: vertebral artery; VV: vertebral vein; pAN:
313 pseudoaneurysm

314 Fig.4 A) Angiogram immediately after deployment of Precise showed
315 no significant change in shunt flow. B) Angiogram showed the coil
316 directing toward proximal part of vertebral vein by shunt flow.

317 Fig.5 A) early arterial phase B) middle arterial phase C) late arterial
318 phase. Lateral view of right vertebral artery angiogram after
319 deployment of Fluency 8×40mm demonstrated minimal residual flow
320 through the fistula (arrow).

321 Fig.6 A) early arterial phase B) middle arterial phase C) late arterial
322 phase. Angiogram obtained 3 months later demonstrating that the
323 fistula has completely occluded.

1 Table 1. Commercially-available covered stents in Japan for potential off-label applications in the
2 endovascular treatment of vertebral arteriovenous fistula.

Covered stent	Wallflex (biliary, fully covered)	Graftmaster	Viabahn	Niti S	Zeostent covered	Fluency Plus
				Full-Covered ComVi		
Manufacturer	Boston Scientific	Abbott Vascular	W.L.Gore & Associates	Century Medical Inc.	Zeon Medical Inc.	C.R. BARD Inc.
Material	nickel-titanium alloy/silicon	stainless steel/ePTFE	nitinol/ePTFE	nitinol/ePTFE	nitinol/polyolefin, polyurethane	nitinol /ePTFE
Construction	inner covered	sandwich	inner covered	inner covered	sandwich	sandwich
	bare end		bare end	full cover end	full cover end	bare end
Foreshortening	40%	maximum 3.2mm (nominal pressure)	0%	20%	4%	0%
SDS	SX	BX	SX	SX	SX	SX
Available diameter	8,10mm	2.8,3.5,4.0,4.5,4.8m m	5-13mm	10mm	8,10mm	8,10mm

Available stent lengths	40,60,80,100,120 mm	16,19,26 mm	2.5,5,10,15, 25 mm	60,70,80 mm	50,60,70,80 mm	40,60,80 m
Available lengths	75,194 cm	143 cm	120 cm	180 cm	40,180 cm	80 cm
Sheath size required	8Fr	2.8-4.0 mm:6Fr(GC) 4.5,4.8 mm:7Fr(GC)	6-12Fr	8/9Fr	9Fr	9Fr
<p>BX: balloon expandable ePTFE: expanded polytetrafluoroethylene GC: guiding catheter SDS: stent delivery system SX: self expanding</p>						

1 Table 2. Literature review of endovascular stent-graft treatment of vertebral arteriovenous fistula.

Author	Etiology*	Symptom	Stent graft used (mm, if available)†	Antithrombotic agent used(dosage, if available)§	Occlusion degree		Stent patency	Thromboemb olism
					Initial	Follow-up (period)		
Singer ¹⁶⁾	Penetrating neck injury	Bruit	Palmaz/Gortex, 4.0 × 39	N/A	C	C (18mon)	Patent	None
Ruckert ¹⁷⁾	IJV catheterizatio n	Tinnitus	Jostent Coronary, 4.0×20	ASA(100mg for 3mon) TIC(75mg for 1mon)	C	C (15mon)	Patent	None
Gonzalez ¹⁸⁾	IJV catheterizatio n	Tinnitus	Wallgraft, 6.0×20	CLOP(for 1mon) ASA(125mg, for 1mon)	C	N/A (9mon)	Patent	None
Amar ¹⁹⁾	Stab injury to the neck	Asymptomatic	Wallgraft, 6.0×20	CLOP(for 6wk)	NC	C (6wk)	Patent	None
Felber ²⁰⁾	V2 post-op(no details available)	N/A	Jostent coronary, 4.0×19	CLOP(75mg for 4wk, loading dose, 300mg) ASA (100mg lifelong)	C	N/A (14mon)	Patent	None

Sadato ²¹⁾	Unknown	Asymptomatic	Palmaz/PTFE, 2.5×39	ASA TIC	C	C (5mon)	Patent	None
Surber ²²⁾	IJV catheterization	Dizziness Bruit	Wallgraft, 7.0×20	CLOP(75mg)	C	C (12mon)	Patent	None
Priestley ²³⁾	Cervical foraminotomy	Tinnitus	Hemobahn	CLOP(75mg) ASA(150mg)	C	C (6mon)	Patent	None
Saket ²⁴⁾	Ascending aortic dissection repair	Congestive heart failure	Jostent coronary, 2.7×20	N/A	C	C (14mon)	Patent	None
Zingler ²⁵⁾	IJV catheterization	Radiculopathy	Jostent Coronary, 4.0 ×12	N/A	C	N/A	N/A	N/A
Sancak ²⁶⁾	Knife wound	Pseudoaneurysm	Jostent Coronary, 4.0×19	CLOP(75mg)	P (2 nd session done)	C (18mon)	stenosis	None

Alaraj ¹⁵⁾	N/A	Neck pain Tinnitus	Fluency	CLOP(75mg) ASA(325mg)	C	C (4mon)	Patent	None
Yeh ¹¹⁾	Neck massage	Pulsatile, Tinnitus, Headache	Jostent	CLOP(75mg for 2mon) ASA(100mg lifelong)	C	R (1wk)	Patent	N/A
	Spontaneous	Headache, SAH	Jostent		C	C (14mon)	N/A	N/A
	Blunt injury	Pulsatile, Tinnitus, neck pain	Viabahn, 5.0×50		C	C (8mon)	Patent	N/A
Current case	IJV catheterization	Tinnitus	Fluency, 8.0×40	ASA(100mg for 12mon) Edoxaban(prescribed for AF)	NC	C (3.4mon)	Patent	None

*IJV: internal jugular vein. †SAH: subarachnoid hemorrhage. ‡PTFE: polytetrafluoroethylene. §ASA: acetylsalicylic acid, CLOP: clopidogrel, TIC: ticlopidine, AF: atrial fibrillation. ||C: complete, NC: near-complete, P:partial, R:recurrent.

Figure 1



Figure 2



Figure 3

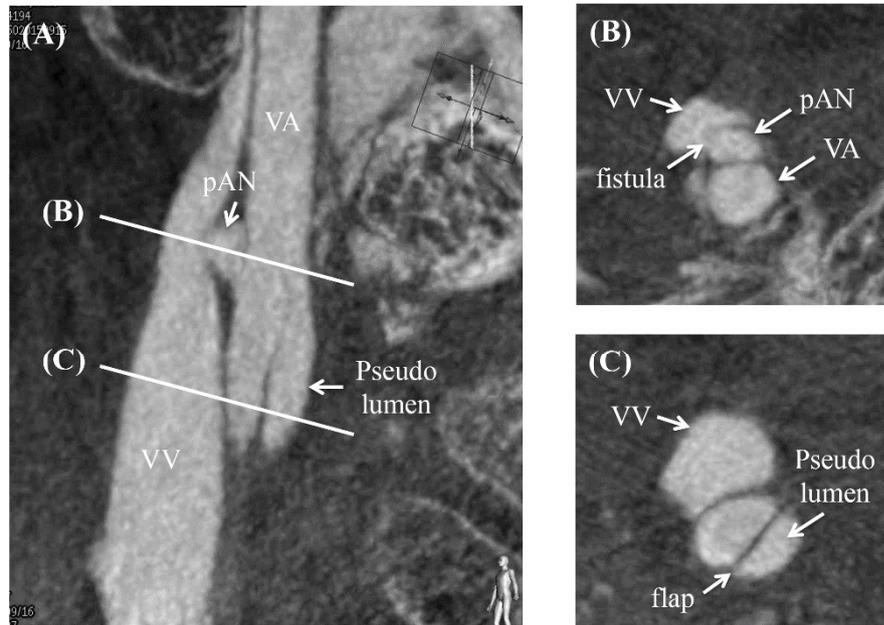


Figure 4

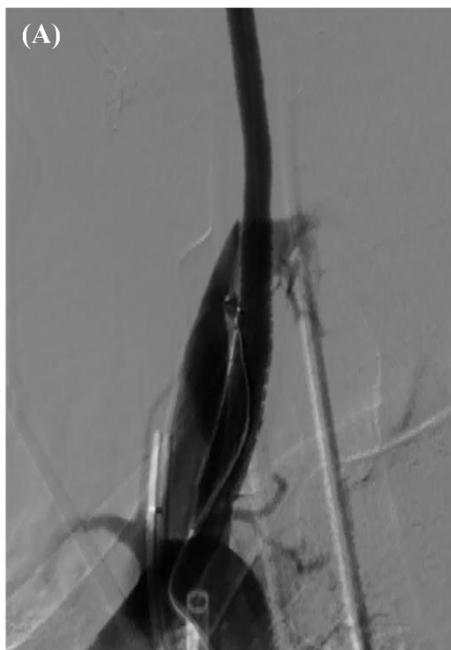


Figure 5

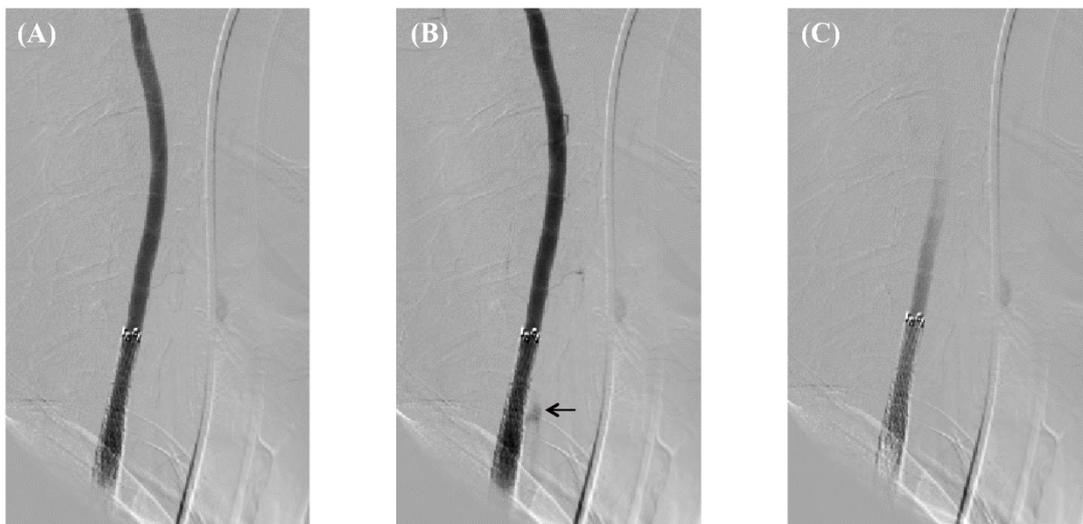


Figure 6

