

- 1) 症例報告
- 2) 頸動脈管近傍の遠位内頸動脈狭窄に対して頸動脈ステント留置術を施行した 6 症例の報告  
Carotid Artery Stenting to Internal Carotid Artery Stenosis at the Distal Cervical Portion near the Carotid Canal: A Report of Six Cases
- 3) 溝部 敬、中村 貢、本岡 康彦、蘆田 典明、杉原 正浩
- 4) 兵庫県立姫路循環器病センター 脳神経外科
- 5) 連絡先：溝部 敬 兵庫県立姫路循環器病センター/脳神経外科、〒670-0981 兵庫県姫路市西庄甲 520、079-293-3131、[tmizobe@hbhc.jp](mailto:tmizobe@hbhc.jp)
- 6) internal carotid artery stenosis, distal cervical portion, carotid artery stenting
- 7) 本論文を、日本脳神経血管内治療学会 機関紙「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しないし投稿されていないことを誓約致します。

1 頸動脈管近傍の遠位内頸動脈狭窄に対して頸動脈ステント留置術を施行  
2 した 6 症例の報告

3 Carotid Artery Stenting to Internal Carotid Artery Stenosis at the  
4 Distal Cervical Portion near the Carotid Canal: A Report of Six Cases  
5

6 目的:頸動脈管近傍の遠位内頸動脈狭窄症に対して遠位塞栓防止デバイ  
7 ス (EPD) 併用頸動脈ステント留置術 (CAS) を施行した 6 症例を報告する。

8 症例提示:2008 年 4 月 1 日から 2016 年 12 月 31 日の間、当院で血管内治  
9 療を行った連続 504 例の内頸動脈狭窄症中、**頸動脈管近傍の頸部遠位部**  
10 **における内頸動脈狭窄症を 6 例認め、Carotid Guardwire PS 併用 CAS を**  
11 **施行した。6 症例は全て男性、年齢は 68-80 歳(中央値 78.5 歳)、3 例が**  
12 **症候性であった。術前の平均狭窄率は 91.0%(80-96%)で、術後は**  
13 **10.3%(0-27%)であった。術中の血液回収では 5 例に肉眼的 debris を確認**  
14 **した。27%狭窄の残存を認めた症例では、術後の CTA で頸動脈管入行部に**  
15 **石灰化プラークを確認した。CAS 周術期から 30 日以内に脳卒中、心筋梗**  
16 **塞、死亡を認めず、1 例に拡散強調画像上新たな虚血性病変を認めた。6**  
17 **症例の追跡期間は平均 28 ヶ月(7-66 ヶ月)で、同側脳卒中、再狭窄は認め**  
18 **なかった。**

19 結語: 頸動脈管近傍の遠位内頸動脈狭窄症に対して、EPD 併用 CAS は有効  
20 な治療選択の一つであると考えられた。

21

22

## 1 Introduction

2 頸部内頸動脈狭窄症に対しては塞栓予防デバイス (Embolic  
3 protection device: EPD)併用の頸動脈ステント留置術 (Carotid artery  
4 stenting: CAS)が施行され<sup>1), 2), 3)</sup>、頭蓋内動脈狭窄症に対しては EPD 及  
5 びステントを併用しない血管形成術 (Percutaneous Transluminal  
6 Angioplasty: PTA)が主に施行されている<sup>4), 5), 6)</sup>。

7 しかしながら、頸動脈管近傍の遠位内頸動脈狭窄症に対しては CAS、ス  
8 テントを併用しない PTA のいずれが適切な治療方法であるかは不明であ  
9 る。当施設で、頸部遠位部における内頸動脈狭窄症に対して EPD 併用 CAS  
10 を施行した 6 症例を、臨床及び画像所見とともに報告する。

11

## 12 Case Presentation

13 -患者背景-

14 2008 年 4 月 1 日から 2016 年 12 月 31 日の間、頸動脈管近傍の頸部遠位  
15 部において 6 例の内頸動脈狭窄症を認めた。6 例は全て男性、年齢は 68-80  
16 歳 (中央値 78.5 歳)、3 例が症候性であった (table 2)。同部位は稀に動脈  
17 解離を認めるが、6 例において明らかな外傷歴、突然の頭痛及び頸部痛の既  
18 往歴はなく、Marfan 症候群と考えられる所見は認められなかった。また、高血圧、  
19 糖尿病、脂質代謝異常症、慢性腎機能障害、喫煙歴などのいずれかの動脈硬  
20 化促進因子を有していることや、6 例中 3 例に冠動脈疾患 (coronary artery  
21 disease; CAD)を、2 例に末梢動脈疾患 (peripheral artery disease; PAD)を合併  
22 するなど、計 5 例に全身の動脈硬化性変化が認められたことから (table 1)、6 例  
23 の狭窄病変は動脈硬化が原因である可能性が高いと判断した。尚、喫煙歴は  
24 CAS 施行時または 1 年以内に喫煙している群 (current) と CAS 施行 1 年以

1 上前に中止した群(exsmoker)に分けた。

2 治療適応は the Stenting and Angioplasty with Protection in  
3 Patients at High Risk for Endarterectomy (SAPPHIRE trial)<sup>1)</sup>におけ  
4 る criteria を元に、症候性で 50%以上、無症候性で 80%以上の内頸動脈  
5 狭窄症とした。

6 -CAS 手技-

7 術前の血管撮影所見にて EPD 留置部位の血管径が 6 例全例で 3.5mm 未  
8 満であったため、EPD は Carotid Guardwire PS (Medtronic, Santa Rosa,  
9 CA (CGW))を併用した。

10 少なくとも CAS 施行 4 日前に、Aspirin 100mg と Clopidogrel 75mg  
11 を内服していた。

12 ヘパリンを静脈内投与(100IU /kg)し、activated clotting time(ACT)  
13 が 300 以上となる様に適宜追加し、経大腿より病変部にアプローチした。  
14 8F. Brite tip (Cordis Endovascular systems, Miami. Lakes, FLA,  
15 U.S.A.)を総頸動脈まで誘導し、CGW を posterior loop を越えて留置し、  
16 4.0mm に inflate して血流遮断後、前拡張、ステント留置、後拡張を行っ  
17 た。ステントは錐体部近位部から頸部遠位部までの屈曲した内頸動脈壁  
18 への密着性を考慮して、open-cell type の Precise (Cordis, J & J,  
19 Fremont, CA, U.S.A.)を選択し、全長 30mm または 20mm 以下のものを使  
20 用した。前拡張には全例 3.0mm 径のバルーンを用い、後拡張には 3.5mm  
21 から 4.5mm 径のバルーンを用いた。拡張圧は全例当該バルーンに規定さ  
22 れている nominal 圧とした。後拡張後に Export aspiration catheter  
23 (Medtronic, Minneapolis, Minn)を CGW のバルーン近位部に留置し、25ml  
24 のシリンジを用いて肉眼的に debris が消失するまで最低 100ml の血液回

1 収を施行し、肉眼的 debris を認めた場合は、debris 消失後に 2 回の血液  
2 回収を追加した。回収した血液は 2 枚重ねの 4 つ折りガーゼに濾してガ  
3 ーゼ上の debris の有無を観察し、肉眼的 debris の消失後 CGW を deflate  
4 して回収した。

5

6 -CAS 後臨床所見及び画像所見-

7 術後 30 日以内の全脳卒中、心筋梗塞、死亡を Major Adverse Events  
8 (MAEs) とした。神経症状は一過性脳虚血発作 (transient ischemic  
9 attack; TIA) と虚血性脳卒中に分けて評価した。

10 MRI (3T, Intra; Philips Medical Systems, Best, Netherlands) は CAS2  
11 日前と CAS2 日後に撮像し、diffusion-weighted imaging (DWI) にて新た  
12 な虚血病変の有無と病変数を評価した。DWI は SE-EPI により撮像した  
13 (TR/TE 3,545/70msec、スライス厚 = 5mm、スペーシング = 1.2mm、B 値 =  
14 1,000 秒/mm<sup>2</sup>、FOV=240mm)。

15

16 -症例 1 (Case. 3) -

17 68 歳男性、左上肢麻痺を主訴とする一過性脳虚血発作を発症し、MRA  
18 上右内頸動脈狭窄が TIA の責任病巣と疑われたため当院に紹介となった。  
19 TIA 発症から 14 日目に脳血管撮影を施行し、右内頸動脈の頸部遠位部に  
20 おいて 90% 狭窄を認めたため、発症 28 日目に CAS を施行した (Fig. 1A-F)。

21 TIA 発症時より Clopidogrel 75mg が開始されており、CAS4 日前から  
22 Aspirin 100mg を追加した。

23 右大腿動脈より 8F. Brite tip (90cm) を右総頸動脈に誘導後、CGW を  
24 posterior loop を越えて留置し 4.0mm に inflate した。Bandidoot

1 3.0-40mm(Kaneka, Osaka, Japan)で20秒間の前拡張後、Precise 6.0-30mm  
2 を留置した。Aviator Plus 4.5-30mm(Cordis, J & J, Bridgewater, NJ)  
3 で20秒間の後拡張後、Export aspiration catheterをCGW近位部に留置  
4 し、血液回収を行った。1回目から4回目までの回収血液中に肉眼的  
5 debrisを認めたが、その後2回の回収血液中に肉眼的 debrisが認められ  
6 なかったため、CGWをdeflateした。CGWによる血流遮断は14分45秒で  
7 あった。術後MRI上急性期脳虚血病変を認めなかった。また、頸動脈エ  
8 コー上(Toshiba Aplio500, Tochigi, Japan)、右頸部ICA起始部におい  
9 て術前の拡張末期血流速度は5.2cm/sと低値でpulsatility index(PI)  
10 値は4.1と高く、外頸動脈様の血流波形を示していたが、術後拡張末期  
11 血流速度は19.3cm/s、PI値は1.1と改善を認めた(Fig.1G, H)。術中、  
12 術後に神経症状を認めることなく、術後5日目に独歩退院した。

13

14 -症例2(Case. 4)-

15 80歳男性、右片麻痺を主訴とするTIAを繰り返すため当院へ紹介入院。  
16 脳血管撮影上、左内頸動脈の頸部遠位部において96%の狭窄症を認めたた  
17 め、TIA発症より約50日後にCASを施行した(Fig.2A-F)。

18 TIA発症前よりAspirin100mgとClopidogrel75mgが投与されていた。

19 局所麻酔下に右大腿動脈より8F.Brite tip(80cm)を左総頸動脈に誘導  
20 後、CGWをposterior loopを越えて留置し4.0mmにinflateした。Coyote  
21 ES 3.0-40mm(Boston Scientific Corp, Marlborough, MA01752 U.S.A.)  
22 で20秒間の前拡張後、Precise 6.0-30mmを留置したが病変部全体をカバ  
23 ー出来ていなかったため、Precise 7.0-30mmを約5mmオーバーラップさ  
24 せて近位部に留置した。Bandicoot 4.0-20mm(Kaneka, Osaka, Japan)で

1 20秒間の後拡張をおこなったが、遠位部で十分な拡張を得られなかった  
2 (Fig. 2)。原因としてプラークの石灰化が考えられたため、頸動脈管内に  
3 おいて圧を高めての拡張は危険と判断し、nominal 圧以上の拡張は行わな  
4 かった。次に Export aspiration catheter を CGW 近位部に留置し 4 回目  
5 から 6 回目までの回収血液中に肉眼的 debris を認めたが、その後 2 回の  
6 回収血液中に肉眼的 debris が認められなかったため、CGW を deflate し  
7 た。CGW による血流遮断は 15 分 25 秒であった。CAS3 日後の CTA で、頸  
8 動脈管入行部及び頸部遠位部においてプラークの石灰化を認めた  
9 (Fig. 3A, B)。術後 MRI 上急性期脳虚血病変を認めなかった。また、頸動  
10 脈エコー上、左頸部 ICA 起始部における拡張末期血流速度は術前 6.8cm/s  
11 と低値であったが、術後は 12.5cm/s と改善していた (Fig. 2G, H)。術中、  
12 術後に神経症状を認めることなく、術後 6 日目に独歩退院した。

13

#### 14 -症例のまとめ-

15 頸動脈管近傍の遠位内頸動脈狭窄症に対する CAS の成功率は 100% であ  
16 った。術前の平均狭窄率は 91.0%(80-96%) で、術後は 10.3%(0-27%) と改  
17 善した (table 2)。CGW による血流遮断による神経症状を呈することはな  
18 かった。術中に用いたステント、バルーン、回収血液量などの data は  
19 table 2 に示す。症例 4 以降、術前に CTA で頸動脈管内の石灰化プラーク  
20 の評価を行った。

21 最初の症例で、ステントの posterior loop 近傍へ誘導が 40mm 長のス  
22 テントでは困難であったため、病変長に関係なく 20mm あるいは 30mm の  
23 短めのステントを用いることとした。病変全体をカバーできない場合に  
24 は、症例 1、4、6 の様に、2 本のステントをオーバーラップさせて留置し

1 た (table 2)。また後拡張のバルーンにおいて、その通過性は屈曲の程度  
2 に関与すると考えられるため、適切なバルーン長を選択することが必要  
3 と考えられた。

4 後拡張後 CGW 近位部に Export aspiration catheter を留置して血液回  
5 収を行ったところ、6 例中 5 例で回収血液中に肉眼的 debris を認め、  
6 debris の量が多い症例では血液回収を追加して行った (table 2)。CGW  
7 は平均 2.9mm(2.1-3.4)径の ICA に留置し全例 4.0mm で拡張、血流遮断を  
8 行ったが、deflate 後の血管撮影で留置部位に血管損傷、拡張所見は認め  
9 なかった。

10 CAS 後 30 日以内に、TIA 及び虚血性脳卒中を含め、心筋梗塞、死亡な  
11 ど MAEs は認めなかった。また、6 例中 1 例(症例 5)において、同側前頭  
12 皮質に 2 箇所、後頭葉皮質に 1 箇所の、計 3 箇所に新たな DWI 病変を認  
13 めた (table 2)。

14 6 症例の追跡期間は平均 28 ヶ月 (7-66 ヶ月)で、追跡期間中に同側脳卒  
15 中、再狭窄は認めず、原因不明の死亡を 1 例 (CAS 33 ヶ月後)認めた。

16

## 17 Discussion

18 2008 年 4 月 1 日から 2016 年 12 月 31 日までに内頸動脈狭窄症に対して  
19 当院で施行した血管内治療群連続 504 症例中、頸部内頸動脈狭窄症は 464  
20 例 (92.1%)、頭蓋内内頸動脈狭窄症は硬膜内が 7 例、硬膜外が 33 例の計  
21 40 例 (7.9%)であった。その中で頸動脈管近傍の頸部遠位部狭窄は 6 例と  
22 内頸動脈狭窄症治療症例の中で 1.2%と稀であった。

23 外頸-内頸分岐部の頸部内頸動脈狭窄症に対しては EPD 併用 CAS<sup>1), 2), 3)</sup>  
24 が標準治療の一つとなっている。頭蓋内動脈狭窄症に対するステント併

1 用 PTA は SSYLVIA trail<sup>7)</sup>、Wingspan HDE trial<sup>8)</sup>、SAMPRIS<sup>9)</sup>で成績不良  
2 であるが、Marks<sup>4),5)</sup> らは 36 例及び 120 例、Dumont<sup>6)</sup>らは 24 例の頭蓋内  
3 動脈狭窄に対してバルーンのみでの PTA を施行し、30 日以内の MAEs が  
4 0-5.8%と比較的良好な成績を報告しており、ステントを併用しない PTA  
5 が望ましいことが示されている。一方で、頸部遠位部における内頸動脈  
6 狭窄症に対しては適切な治療方法が不明である。

7 当施設では最初の症例の際、術中 embolic event 合併のリスク回避を  
8 最優先として CGW 併用 CAS を施行した。後拡張後の回収血液中に肉眼的  
9 debrisを確認したため、以後同部位における内頸動脈狭窄症に対しては  
10 同様の方法で CAS を行うことが適切と判断した。実際、後拡張後の血液  
11 回収では 6 例中 5 例に肉眼的 debris を認めており、EPD を併用しなければ  
12 術中 embolic event のリスクが高いことを示唆している。Hayashi K.<sup>10)</sup>  
13 らは ICA petrous portion 近傍の狭窄にはプラークが関連していること  
14 を報告しており、また、Ito K.<sup>11)</sup>らは 31 例の同部位の狭窄に対して EPD  
15 を併用せずに冠動脈用の balloon-expandable stent を用いた血管形成術  
16 を施行し、4 例(12.9%)の塞栓合併症を報告していることから、同部位  
17 の血管形成術には protection device の併用が望ましいと考えられた。  
18 外頸-内頸分岐部の頸部内頸動脈狭窄症に対する proximal protection 併  
19 用 CAS では、MAEs が 3.2~3.8%、DWI 陽性率が 14.3~45.2%と良好な成績  
20 が報告されているが<sup>12), 13)</sup>、頸部遠位部における内頸動脈狭窄症に対す  
21 るステント併用血管形成術においても、Imai K ら<sup>14)</sup>が報告している様に  
22 proximal protection 併用 CAS は有効な治療選択肢の一つである。術中塞  
23 栓合併症予防の他に、ステント留置後に吸引カテーテルの誘導が不要で  
24 あり解離病変に対しても安全性が高いことや、バルーン付きガイドイン

1 グカテーテルの同軸バルーンを拡張することによって stent 誘導の際の  
2 バックアップ強化にもなるなど、手技的に大きな利点があると考えられ  
3 る。しかしながら、今回は 6 症例中 5 例が type III の大動脈弓で、残り  
4 1 例が bovine arch (case. 2、左 ICA 狭窄)であり、アクセス困難の可能  
5 性があった。CAS の技術的に困難な手技の一つはガイディングカテーテル  
6 の留置であり、バルーン付きガイディングカテーテルは従来のガイディ  
7 ングカテーテルと比較して操作性と追従性に劣っているため、今回は操  
8 作性を重視して通常のカテーテルを採用した。また、以前  
9 我々が報告した様に<sup>15)</sup>当施設での distal protection 併用 CAS の成績が  
10 文献上の proximal protection 併用 CAS の成績と大きな差がないことか  
11 らも distal protection 併用 CAS を行う方針とした。

12 同部位では稀に解離性病変が認められ、Ohta H ら<sup>16)</sup>は 13 例の頭蓋内外  
13 に及ぶ内頸動脈解離に対して一部に CGW または FWEZ を併用して血管形成  
14 術を施行している。また、Azumi M ら<sup>17)</sup>は頸部遠位部の内頸動脈解離に  
15 対して CGW 併用 CAS が有用であった 3 例を報告している。いずれも一部  
16 の症例に proximal protection を用いていた。今回 EPD 留置血管径が  
17 3.5mm 未満であったため CGW を用いたが、留置血管径に関わらず CGW の方  
18 が FilterWire EZ (Boston Scientific, Natick, MA, USA (FWEZ))や Spider  
19 FX (Medtronic, Minneapolis, MN, USA)などのフィルター型 EPD よりも  
20 利点が多いと考えられた。まず、CGW の方が術中塞栓予防において確実性  
21 が高い。次に、FWEZ 及び Spider FX の先端 profile が 3.2F であるのに対  
22 して CGW では 2.8F と細く通過性が良好であること、Precise stent の  
23 struts が立った場合に retrieval sheath での回収が困難となる可能性が  
24 あることから、手技的に CGW の方に利点が多いと考えられた。一方で、

1 バルーン型 EPD では血流遮断による intolerance 例は文献上 10%程度  
2 <sup>18), 19)</sup>とされ、虚血性神経症状を呈する危険性が一定の頻度で内在してい  
3 るため、虚血耐性が低い症例では鎮静または全身麻酔を考慮する必要が  
4 ある。

5 また、同部位のステント併用 PTA 後再狭窄率は 12.9-23.5%と高いこと  
6 が報告されているが <sup>11), 20)</sup>、今回の 6 症例では平均 28 ヶ月 (7-66 ヶ月)の  
7 追跡期間中に再狭窄は認めていない。Ito K. らの報告で <sup>11)</sup>、6-14 ヶ月以  
8 内に再狭窄を来した 4 症例における残存狭窄率が平均 20%(10-40%)であ  
9 るのに対し、今回の 6 症例では平均 10%(0-27%)と低いことが要因の一つ  
10 であると推測された。

11 **頸動脈管近傍の頸部遠位部の内頸動脈狭窄症に対する CAS 手技は外頸-**  
12 **内頸動脈分岐部の頸部内頸動脈狭窄症に対する CAS と同様であったが、**  
13 **以下 2 点の留意すべき特異な所見を認めた。**

#### 14 1. ステントの誘導

15 内頸動脈の錐体部近位部から頸部遠位部までの屈曲部位にステントを  
16 留置することになるため、その誘導及び留置が課題と考えられた。最初  
17 の症例でステントの posterior loop 近傍へ誘導が 40mm 長のステントで  
18 は困難であったことを踏まえ、ステントの良好な誘導のためには 30mm 長  
19 以下の短めのステントを用い、病変長によっては症例 1、4、6 の様にス  
20 テントをオーバーラップさせて病変部全体をカバーする方法が適切と考  
21 えられた。また、今回 Precise stent が全例誘導可能であったが、誘導  
22 が極めて困難な症例では、Precise よりもシャフトが細く剛性が弱い  
23 Wingspan stent (Stryker Neurovascular, Kalamazoo, Michigan, USA) を  
24 併用することも治療選択の一つと考えられる。

1

## 2 2. 石灰化

3 頸動脈管内の内頸動脈に石灰化プラークが存在した場合、バルーンで  
4 の拡張によって頸動脈管と石灰化プラークに囲まれた血管壁が損傷する  
5 可能性があるため、術前 CTA で頸動脈管内を走行する内頸動脈の石灰化  
6 プラークの有無を診断することが重要であると考えられた。CTA 上石灰化  
7 プラークを認めた際は、推測される正常血管径よりも小さい径のバル  
8 ーンを用いて slow inflation を行い、過度の拡張圧をかけないことが安全  
9 と考えられる。

10

## 11 Conclusion

12 頸動脈管近傍の遠位内頸動脈狭窄症に対して EPD 併用 CAS を施行した  
13 6 症例を提示した。EPD 併用 CAS は、同部位における内頸動脈狭窄症に  
14 対して有効な治療選択の一つと考えられた。

15

## 16 Disclosure Statement

17 筆頭著者及び共著者全員に利益相反はない。

18

## 19 References

- 20 1) Yadav JS, Wholey MH, Kuntz RE, et al. Protected carotid-artery  
21 stenting versus endarterectomy in high-risk patients. *N Eng J Med*  
22 2004; 351: 1493-1501
- 23 2) Brott TG, Hobson RW 2nd, Howard G, et al. Stenting versus  
24 endarterectomy for treatment of carotid-artery stenosis. *N Engl*

- 1        *J Med* 2010; 363: 11-23
- 2    3) Iyer SS, White CJ, Hoplins LN, et al. Carotid artery  
3        revascularization in high-surgical-risk patients using the  
4        Carotid WALLSTENT and FilterWire EX/EZ: 1-year outcomes in the  
5        BEACH pivotal group. *J Am Coll Cardiol* 2008; 51: 427-434
- 6    4) Marks MP, Marcellus ML, Do HM, et al. Intracranial angioplasty  
7        without stenting for symptomatic atherosclerotic stenosis:  
8        long-term follow-up. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005; 26: 525-530.
- 9    5) Marks MP, Wojak JC, Al-Ali F, et al. Angioplasty for symptomatic  
10       intracranial stenosis: clinical outcome. *Stroke* 2006; 37:  
11       1016-1020.
- 12   6) Dumont TM, Sonig A, Mokin M, et al. Submaximal angioplasty for  
13       symptomatic intracranial atherosclerosis. *J Neurosurg* 2016; 125:  
14       964-971.
- 15   7) SSYLVIA Study Investigators. Stenting of symptomatic  
16       atherosclerotic lesions in the vertebral or intracranial arteries.  
17       *Stroke* 2004; 35: 1388-1392.
- 18   8) Bose A, Hartmann M, Henkes H, et al. A novel, self-expanding,  
19       nitinol stent in medically refractory intracranial  
20       atherosclerotic stenoses: the wingspan study. *Stroke* 2007; 38:  
21       1531-1537.
- 22   9) Chimowitz MI, Lynn MJ, Derdeyn CP, et al. Stenting versus  
23       aggressive medical therapy for intracranial arterial stenosis.  
24       *N Engl J Med* 2011; 15: 993-1003.

- 1 10) Hayashi K, Seyama H, Yamada K, et al. The stenting to internal  
2 carotid artery stenosis (ICS) in petrous portion. *Interv*  
3 *Neuroradiol* 2006; 12:193-196
- 4 11) Ito K, Kai Y, Hyodo A, et al. Long term outcome of angioplasty  
5 or stent placement for stenosis of the cavernous or petrous  
6 portion of the internal carotid artery. *Neurol Med Chir* 2011;  
7 51: 813-818
- 8 12) Bijuklic K, Wandler A, Hazizi F, et al. The PROFI study  
9 (prevention of cerebral embolization by proximal balloon  
10 occlusion compared to filter protection during carotid artery  
11 stenting): a prospective randomized trial. *J Am Coll Cardiol*  
12 2012; 59: 1383-1389
- 13 13) Montorsi P, Caputi L, Ciceri E, et al. Microembolization  
14 during carotid artery stenting in patients with high-risk,  
15 lipid-rich plaque. *J Am Coll Cardiol* 2011; 58: 1656-1663
- 16 14) Imai K, Mori T, Izumoto H, et al. Successful stenting seven  
17 days after atherothrombotic occlusion of the intracranial  
18 internal carotid artery. *J Endovasc Ther* 2006; 13: 254-259
- 19 15) Mizobe T, Nakamura M, Motooka Y, et al. Outcomes between 30  
20 days and 1 year after carotid artery stenting using FilterWire  
21 EZ: clinical results and diffusion-weighted MRI findings in 262  
22 consecutive patients. *JNET* 2017; 11: 8-17
- 23 16) Ohta H, Natarajan SK, Hauck EF, et al. Endovascular stent  
24 therapy for extracranial and intracranial carotid artery

- 1       dissection: single-center experience. *J Neurosurg* 2011; 115:  
2       91-100
- 3   17)       Azumi M, Matsubara S, Kinoshita K, et al. Efficacy of  
4       stenting for high cervical internal carotid artery dissection  
5       presenting with cerebral ischemia: a report of three cases. *JNET*  
6       2016; 10: 144-151
- 7   18)       Powell RJ, Alessi C, Nolan B, et al. Comparison of  
8       embolization protection device-specific technical difficulties  
9       during carotid artery stenting. *J Vasc Surg* 2006; 44: 56-61
- 10  19)       Iyer V, de Donato G, Deloose K, et al. The type of embolic  
11       protection does not influence the outcome in carotid artery  
12       stenting. *J Vasc Surg* 2007; 46: 251-256
- 13  20)       Turk AS, Levy EI, Albuquerque FC, et al. Influence of patient  
14       age and stenosis location on wingspan in-stent restenosis. *AJNR*  
15       *Am J Neuroradiol* 2008; 29: 23-27

16

## 17   Figure Legends

18   Figure 1. Angiogram of patient 3(A-F). Angiograms of right common carotid  
19   artery (anteroposterior view: A; lateral view: D) show severe stenosis (arrow)  
20   at the distal cervical, petrous junction of right internal carotid artery before

1 carotid artery stenting (CAS). Fluoroscopic images (anteroposterior view: B;  
2 lateral view: E) show a placed stent (white arrow head) and the inflated  
3 balloon of Carotid Guardwire (dotted white arrow). Angiograms of right  
4 common carotid artery (anteroposterior view: C; lateral view: F) show  
5 dilatation of a stenotic lesion (arrow) after CAS.

6 Ultrasonic waveforms of the right internal carotid artery in cervical  
7 bifurcation pre-CAS (G) and post-CAS (H). Ultrasonic waveforms show the  
8 improvement of blood flow velocity, especially end-diastolic blood flow  
9 velocity after CAS.

10 Figure 2. Angiogram of patient 4 (A-F). Angiograms of left common carotid  
11 artery (anteroposterior view: A; lateral view: D) show severe stenosis (arrow)  
12 at the distal cervical, petrous junction of internal carotid artery before carotid

1 artery stenting (CAS). Fluoroscopic images (anteroposterior view: B; lateral  
2 view: E) show a placed stent (white arrow head) in B and residual stenosis  
3 (dotted arrow) in E. Angiograms of left common carotid artery  
4 (anteroposterior view: C; lateral view: F) show dilatation of stenotic lesion  
5 (arrow) in C and residual stenosis (dotted arrow) in F after CAS.

6 Ultrasonic waveforms of the left internal carotid artery in cervical bifurcation  
7 pre-CAS (G) and post-CAS (H). Ultrasonic waveforms show the improvement  
8 of blood flow velocity, especially end-diastolic blood flow velocity after  
9 CAS.

10 Figure3. CTA findings of patient 4 after carotid artery stenting. CTA (coronal  
11 section: A; sagittal section: B) demonstrates calcified plaque in the proximal  
12 portion of left carotid canal (white arrow), which are seen through the stent

- 1 struts in coronal view, and calcified plaque along the vessel wall (white dotted
- 2 arrow).

Table 1. Clinical characteristics of the six patients

| Case No. | Sex/Age (yr) | HT  | DM  | DL  | CKD | PAD | CAD | current smoker | exsmoker |
|----------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|----------|
| 1        | Man/79       | yes | yes | yes | yes | No  | yes | Yes            | No       |
| 2        | Man/78       | yes | yes | yes | yes | No  | yes | Yes            | No       |
| 3        | Man/68       | yes | No  | No  | yes | No  | yes | No             | Yes      |
| 4        | Man/80       | yes | yes | yes | No  | yes | No  | No             | Yes      |
| 5        | Man/80       | yes | yes | yes | yes | No  | No  | No             | No       |
| 6        | Man/70       | yes | yes | yes | No  | yes | No  | No             | Yes      |

HT, hypertension; DM, diabetes mellitus; CKD, chronic kidney disease; PAD, peripheral artery disease; CAD, coronary artery disease

Table 2. Summary of the six patients in CAS

| Case No. | Sex/Age<br>(yr) | Side | Symptoms | Degree of stenosis (%)<br>Pre-CAS / Post-CAS | Vessel diameter of<br>CGW placement (mm) | Lesion length<br>(mm) | Precise stent (mm) | Used pre- balloon<br>(mm) | Used post-balloon<br>(mm) | volume of<br>aspirated<br>blood (ml) | gross debris<br>on gauze |
|----------|-----------------|------|----------|--|--|-----------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| 1        | Man/79          | L    | No       | 94 / 12                                      | 3.0                                      | 39.7                  | 6.0-30, 6.0-20     | SterlingES 3.0-40         | SterlingES 4.0-40         | 150                                  | Yes                      |
| 2        | Man/78          | R    | No       | 90 / 23                                      | 3.3                                      | 10.0                  | 6.0-30             | Submarine 3.0-20          | Submarine 3.5-20          | 100                                  | No                       |
| 3        | Man/68          | R    | Yes      | 90 / 0                                       | 3.4                                      | 9.6                   | 6.0-30             | Bandicoot 3.0-40          | AviatorPlus 4.5-30        | 150                                  | Yes                      |
| 4        | Man/80          | L    | Yes      | 96 / 27                                      | 2.8                                      | 33.7                  | 6.0-30, 7.0-30     | CoyoteES 3.0-40           | Bandicoot 4.0-20          | 200                                  | Yes                      |
| 5        | Man/80          | L    | No       | 80 / 0                                       | 2.5                                      | 12.3                  | 7.0-30             | Bandicoot 3.0-40          | AviatorPlus 4.0-30        | 100                                  | Yes                      |
| 6        | Man/70          | R    | Yes      | 96 / 0                                       | 2.1                                      | 31.4                  | 6.0-20, 6.0-30     | Bandicoot 3.0-40          | Bandicoot 4.0-20          | 150                                  | Yes                      |

CAS, carotid artery stenting; CGW, Carotid Guardwire PS





