

症例報告

**Title**

頚動脈ステント留置術中にステント内部への折れ込みを呈した2例

**Authors**

奈良岡征都、嶋村則人、松田尚也、片貝武、藤原望、大熊洋揮

**Affiliation**

弘前大学医学部 脳神経外科

**Corresponding author**

奈良岡 征都 MD, PhD.

弘前大学医学部脳神経外科

青森県弘前市在府町 5. 036-8562

Tel: 0172-39-5115 Fax: 0172-39-5116

e-mail: [nessun@hirosaki-u.ac.jp](mailto:nessun@hirosaki-u.ac.jp)

**Key words**

carotid artery stenting, stent deformation, open-cell stent

## **Disclosures**

本論文を英文誌「JNET」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

## 要約

### 【目的】

内頸動脈狭窄（ICA）狭窄に対し、open-cell stent を用いて頸動脈ステント留置術（CAS）を行ったところ、ステント内部への折れ込み（内反変形）をきたした 2 症例について報告する。

### 【症例】

症例 1：64 歳男性。脳ドックにて右内頸動脈高度狭窄を指摘された。狭窄は偏心性であり、石灰化を伴う soft プラークが疑われた。CAS 目的に入院、MOMA と GuardWire 併用による protection 下に PRECISE を留置したが、追加の後拡張にてもステントの十分な拡張が得られず、Cone-beam CT を施行したところステント内反変形が判明した。症例 2：60 歳男性。咽頭癌に対する放射線加療後、5 年目の follow up にて左内頸動脈高度狭窄を指摘された。石灰化を伴わない long lesion の soft プラークが疑われた。MOMA と GuardWire 併用による protection 下に PROTÉGÉ を留置したが、後拡張後 IVUS にてステント内血栓が疑われ、cone-beam CT にてステント内反変形と判明した。追加治療は施行せずに経過観察とした。いずれの症例も、術後ステント内での血栓形成や虚血性合併症を認めず、m-RS 0 にて退院となった。

### 【結論】

PRECISE と PROTÉGÉ それぞれで内反変形を経験した。ステント内反変形を回避する工夫として、ステントのオーバーサイズに注意するほか、ステントと干渉しないデバイスの選択、過度の後拡張を行わない、などが考えられた。また、内反変形後の修復は困難であり、抗血小板薬継続と長期的な画像 follow up が必要と考えられた。

## 【緒言】

頸動脈ステント留置術中に stent strut が屈曲変形するなどの報告は散見されているが、ステント内部への折れ込み（以下 内反変形）の報告は稀である<sup>1-7)</sup>。これまで、open-cell ステントである PROTÉGÉ RX (PROTÉGÉ; Covidien, Irvine, CA, USA) の内反変形が渉猟し得た範囲で 3 例報告されているが、<sup>5-7)</sup> PRECISE Pro RX (PRECISE; Cordis, Miami, FL, USA) での内反変形報告は渉猟し得なかった。今回経験した、PRECISE および PROTÉGÉ におけるステント内反変形について文献的考察を含め報告する。

## 【症例呈示】

症例 1：64 歳男性。高血圧症、糖尿病に対して内服加療中。特に TIA などのエピソードはなかったが、希望により近医脳ドックを受診、MRA にて右内頸動脈狭窄症が疑われた。精査目的の頸動脈エコーにて右内頸動脈に狭窄率 85%、最大流速 375 cm/s、低輝度のソフトプラークを認めた。MRI Black Blood 法にて高輝度で、不安定ソフトプラークと考えられた。頸部 CT angiography では、右内頸動脈に NASCET 80% の狭窄および著明な石灰化を認めた (Fig.1)。インフォームドコンセントの後、頸動脈ステント留置術の方針となった。9Fr Mo.Ma Ultra (MOMA; Medtronic, Minneapolis, MN, USA) を右頸動脈に誘導し、Proximal protection 下に PercuSurge GuardWire (GuardWire; Medtronic, Santa Rosa, CA, USA) を狭窄部遠位へ誘導した。Sterling 3×30mm (Boston Scientific, Natick, MA, USA) による前拡張後に PRECISE 10×40mm を留置した (Fig.2)。Aviator Plus 5.5×20mm (Aviator; Cordis, Johnson & Johnson, Fremont, CA, USA) を 12 気圧まで拡張し、Debris を回収した。

血栓吸引カテーテルを抜去する際に抵抗感があり、Intravascular ultrasound (IVUS)にて確認すると、ステント中央部に血管内腔に突出する陰影を認めた(Fig.3 右)。Plaque protrusionを疑い、Aviator 6×20mmでの拡張を追加したものの、IVUS所見は改善しなかった。そこで、Cone beam CTを施行したところ、stent strutの内反変形が認められた(Fig.3 左)。高度石灰化部位にて内反変形にステントの破損を合併したと考えられた。血栓形成や血流障害は来さなかったため追加治療は行わずに30分間の観察後、手技を終了した。周術期合併症なく、MRI異常も無く、m-RS 0にて退院となった。

症例 2：60歳男性。咽頭癌に対して92 Gyの放射線照射歴があり、治療後5年目の定期follow up CTにて右内頸動脈閉塞、左内頸動脈狭窄が疑われた。頸動脈エコーでは低輝度プラークを認め、狭窄率80%、最大流速330 cm/sであった。神経学的異常所見は認めなかった。頸部CT angiographyにて石灰化は認めなかった(Fig.4)。脳血管撮影では左内頸動脈にNASCET 75%の狭窄を認めた。MOMAとGuardWire併用により、PROTÉGÉ 10×60mmを留置した(Fig.5)。ステント展開から後拡張(Aviator 6.0×40mm)までトラブルなく行ったが、IVUSにてStent中央部に血管内腔に突出する陰影を認め、cone beam CTにてstent strutの内反変形が認められた(Fig.6)。Aviatorにて再度後拡張を施行したがIVUS所見は不変であった。経過観察のみにて手技を終了し、周術期合併症なくm-RS 0にて退院となった。どちらの症例も、術後6ヶ月間はアスピリン100mg/dおよびクロピドグレル75mg/dの併用を行い、その後はクロピドグレル単剤内服を継続している。1年後follow upの血管撮影にてステント内狭窄なく、

血流遅延なく m-RS 0 であった。

#### 【考察】

ステント内反変形は、渉猟し得た範囲で 3 例報告されている (Table 1)<sup>5-7)</sup>。これまでに報告された PROTÉGÉ でのステント内反変形の要因として、Tetuo らは、long, eccentric stenosis with calcification がリスクであるとしているのに対し、Seo らは、石灰化病変を伴っていない病変においても long, eccentric stenosis 症例での内反変形を報告している。一方、Murakami らは、石灰化を伴わない高度狭窄症例での内反変形の原因を、MOMA デバイス併用によるステントと太いカテーテルシャフトとの干渉によるものと考察している (実験的検討については後述)。また、報告された内反変形した PROTÉGÉ ステントはいずれも直径 10mm、長さ 60mm であり、口径差が大きく、長いステントの展開も、内反変形をきたす要因の一つと考えられた。我々の PRECISE 使用例については、総頸動脈径が 7.4mm に対して 10mm ステントを使用したため、一層口径差があり、変形した可能性がある。PROTÉGÉ は PRECISE に比べて free cell area が大きい分 (PROTÉGÉ 10.71mm<sup>2</sup> > PRECISE 5.89mm<sup>2</sup>) radial force が弱く、より内反変形をきたし易かったと考えられる。また、岡本らは実験的検討から、PROTÉGÉ の連結構造特性に言及している。すなわち、PROTÉGÉ は PRECISE に見られるようなリンク (cell 連結ブリッジストラット) が存在せず、前後の頂点同志にずれの無い Peak to Peak 構造になっており、周方向で 3 点の頂点同志が直接連結されている。リンクが存在しないため PRECISE に比べて連結部の柔軟性に乏しいため、高度狭窄部では血管との

間に隙間が生じやすい。また、周方向の連結部はしっかり開きやすいのに対して連結部以外は開きづらく、均一にストラットが展開しない問題が発生しやすいことも内反変形の一因と考えられた。<sup>8)</sup>一方で、Murakami らの実験的検討では PROTÉGÉ と PRECISE どちらにおいても、不整形の固い狭窄病変で後拡張を行った場合や比較的太いデバイスがステントに干渉する場合、内反変形を起こしうることを報告している<sup>5)</sup>。すなわち、PROTÉGÉ と PRECISE どちらも open-cell ステントの特性として凹凸に順応性が高いため、不整形の硬い狭窄病変や MOMA などの太いメインシャフトの凹凸にも密着して内側に凸の形状を呈する。これに後拡張時の過拡張が加わることで、ステント展開時に生じた内側への凸形状が拡大・進展して内反変形につながる可能性が考えられた。

本症例 1 においても、PRECISE 展開時に MOMA のメインシャフトに押されることで軽度の内側への凸変形が生じ、過拡張で内反変形が完成した可能性が考えられた。これまでの PROTÉGÉ での内反変形報告における考察と同様に、高度狭窄・石灰化は本症例においても認められた。さらに、留置血管に対して PRECISE 症例では 2mm を超える径の大きいステントの使用や、内頸動脈と総頸動脈の大きな口径差に伴って内頸動脈部位にて拡張しきれないステントが過拡張によって内反変形をきたす原因となった可能性が示唆された。

症例 1 では内反変形にステントの破損が合併していたが、ステントの変形や破損は一般的に 1.9%～29.2%とされている。<sup>1)2)</sup>特に内頸動脈と外頸動脈の分岐角度が 45 度以上の病変や石灰化病変で起こりやすいとの報告があり、<sup>1)3)</sup>破損に関しては closed-cell stent の方が open-cell stent に比べて生じやすいと

されるが、詳細な機序は未だに不明である。<sup>4)</sup>

ステント内反変形を回避する確定的な手技は未だ確立されていないが、内反変形を回避するための工夫として、オーバーサイズのステントを使用しないよう注意する他、高度石灰化症例では比較的ステントとの干渉が少ない GuardWire とバルーン付きガイディングカテーテルによる seatbelt & air bag 法を用いる、あるいは、Open cell stent を用いて後拡張 balloon size を控え目にする、などが考えられた。

一内反変形をきたしてしまった際は、後拡張を繰り返してもステント内反の修復は困難とされる。症例 1 では、修復を企図した追加の拡張によって、かえってステントの破断を惹起した可能性も示唆された。

神経学的予後に関しては、一般的な stent deformation に伴う遅発性脳梗塞は約 1%程度と報告されており、予後不良とステントの変形や破損は関連がなかったとする報告も見られている<sup>2-4)</sup>。しかし、ステントの変形および破損と内反変形とでは、内腔狭小化やステント長期暴露を伴う点で根本的に異なる。抗血小板剤の減量や中止によって内腔閉塞の恐れもあり、抗血小板剤の継続と長期的な画像 follow up が必要と考えられた。

#### 【結語】

PRECISE と PROTÉGÉ それぞれでステントの内反変形を経験した。ステント内反変形を回避する工夫として、ステントがオーバーサイズにならないように注意するほか、プロテクションデバイスの選択や高度石灰化病変における後拡張バルーンを選択などにも留意する必要がある。ひとたび内反変形が形成される



と、その後の修復は困難であり、抗血小板薬継続による長期的な観察を要すると考えられた。

## Disclosures

筆頭著者および共著者全員に利益相反はない。

## References

1. Ling AJ, Mwipatayi P, Gandhi T, et al. Stenting for carotid artery stenosis: fractures, proposed etiology and the need for surveillance. *J Vasc Surg* 2008; 47: 1220-1226.
2. Varcoe RL, Mah J, Young N, et al. Prevalence of carotid stent fractures in a single-center experience. *J Endovasc Ther* 2008; 15: 485-489.
3. Coppi G, Moratto R, Veronesi J, et al. Carotid artery stent fracture identification and clinical relevance. *J Vasc Surg* 2010; 51: 1397-1405.
4. Chang CK, Huded CP, Nolan BW, et al. Prevalence and clinical significance of stent fracture and deformation following carotid artery stenting. *J Vasc Surg* 2011; 54: 685-690.
5. Murakami T, Shigematsu T, Kadono Y, et al. Stent folding deformation in carotid artery stenting with open-cell stent: a case report. *J Neuroendovascular Ther* 2015; 9: 260-265.
6. Tetsuo Y, Matsumoto H, Nishiyama H, et al. A Case of

Folding Deformation of PROTÉGÉ Stent during Carotid Artery Stenting with Distal Embolic Protection. *J Neuroendovascular Ther* 2017; 131-135.

7. Seo K-D, Lee K-Y, Kim BM, et al. Delayed cerebral infarction due to stent folding deformation following carotid artery stenting. *Korean J Radiol* 2014; 15: 858-861.
8. Y. Okamoto, H. Inukai, H. Kobayashi, H. Yamada, T. Yagi, K. Iwasaki, R. Shiurba MU. In-vitro practical test of stenting using human stenotic carotid artery model by double layer silicon rubber. *Ther Eng* 2011; 23: 197-207.

## Figure legends

Fig.1 症例1：3D-CTA 右内頸動脈狭窄及び石灰化（矢印）

Fig.2 MOMA および GuardWireによるプロテクション下に  
PRECISE 10×40mm留置、a: 術前、b: 最狭窄部2.6mm、  
c: stent誘導、d:後拡張（Aviator 5.5×20mm）、e: 拡張  
後

Fig.3 右；後拡張後の最終血管撮影AP viewおよびIVUS、左；  
cone-beam CTによるPRECISE stent strut 内反変形（矢  
印は各高位でのstent断面）

Fig.4 3D-CTA 左内頸動脈狭窄及び右内頸動脈閉塞（症例2）  
狭窄部（矢印）に石灰化は見られない。

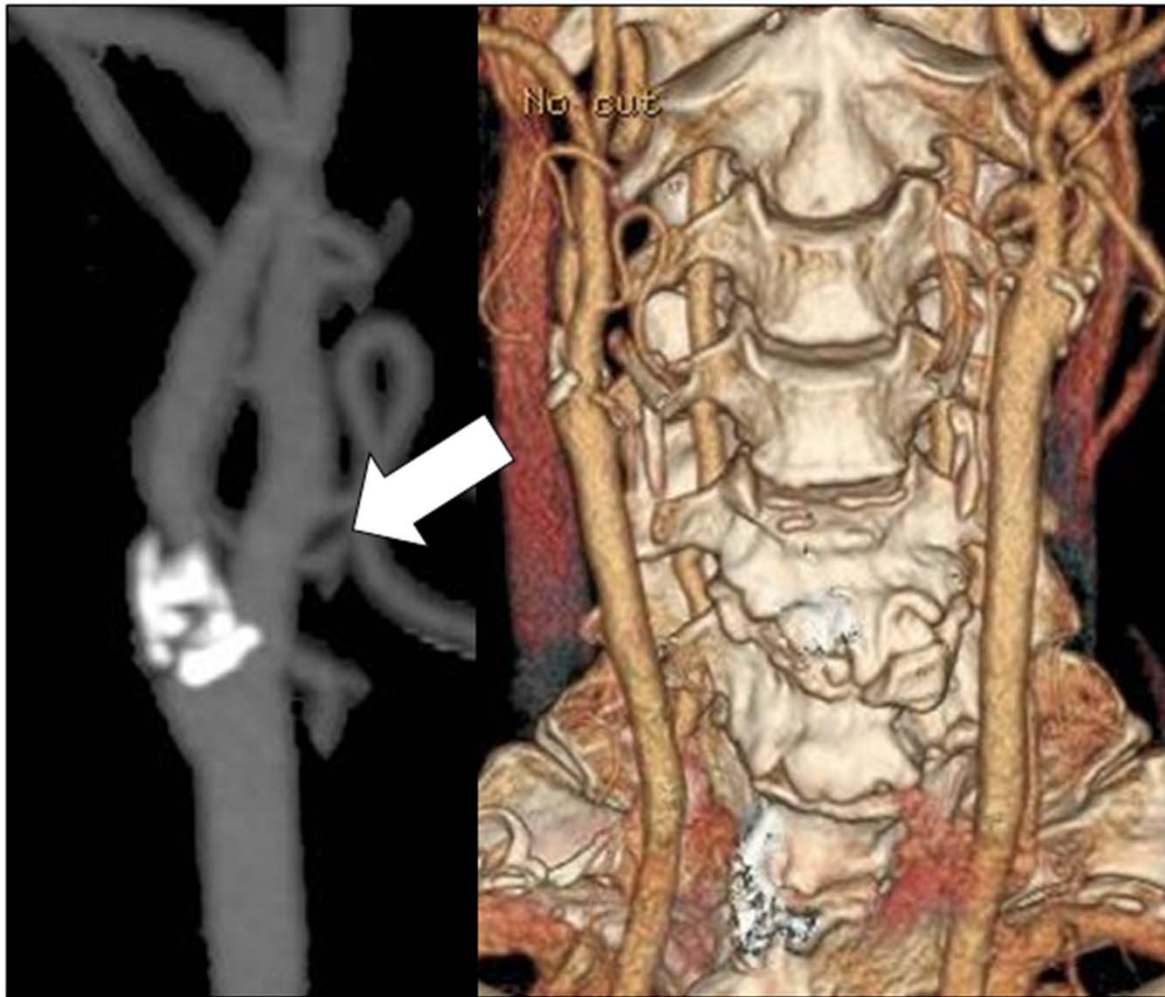
Fig.5 MOMA および GuardWireによるプロテクション下に  
PROTÉGÉ 10×60mm留置、a: 術前、b: MOMAにてECA  
遮断、c: ステンツ誘導、d: ステンツ展開直後、e: 最終  
像

Fig.6 左；後拡張後の最終血管撮影AP viewおよびIVUS、右；  
cone-beam CTによるPROTÉGÉ stent strut 内反変形  
（矢印は各高位でのstent断面）

Table1 ステンント内反変形成例一覧

	NASCET 狭窄率(%)	IC 径 / CC 径 (mm)	狭窄長 (mm)	石灰化	Protection devis	Stent (mm)	Postdilation balloon (mm)
<i>Murakami T, 2015<sup>5)</sup></i>	90	N/A	N/A	なし	MOMA	PROTÉGÉ 10×60	Aviator 6.0×40
<i>Tetsuo Y, 2017<sup>6)</sup></i>	70	5.9 / 9.2	35	あり	Spider FX	PROTÉGÉ 10×60	Rx-Genety 4.5×40
<i>Seo K, 2014<sup>7)</sup></i>	80	N/A / 9.0	40	なし	N/A	PROTÉGÉ 10×60	N/A
<i>This report case1</i>	80	3.9 / 7.4	24	あり	MOMA GuardWire	PRECISE 10×40	Aviator 5.5×20
<i>This report case2</i>	75	4.6 / 8.8	34	なし	MOMA GuardWire	PROTÉGÉ 10×60	Aviator 6.0×40

NASCET: the North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial, IC: internal carotid artery, CC: common carotid artery, N/A: Not applicable



AP

Fig.1

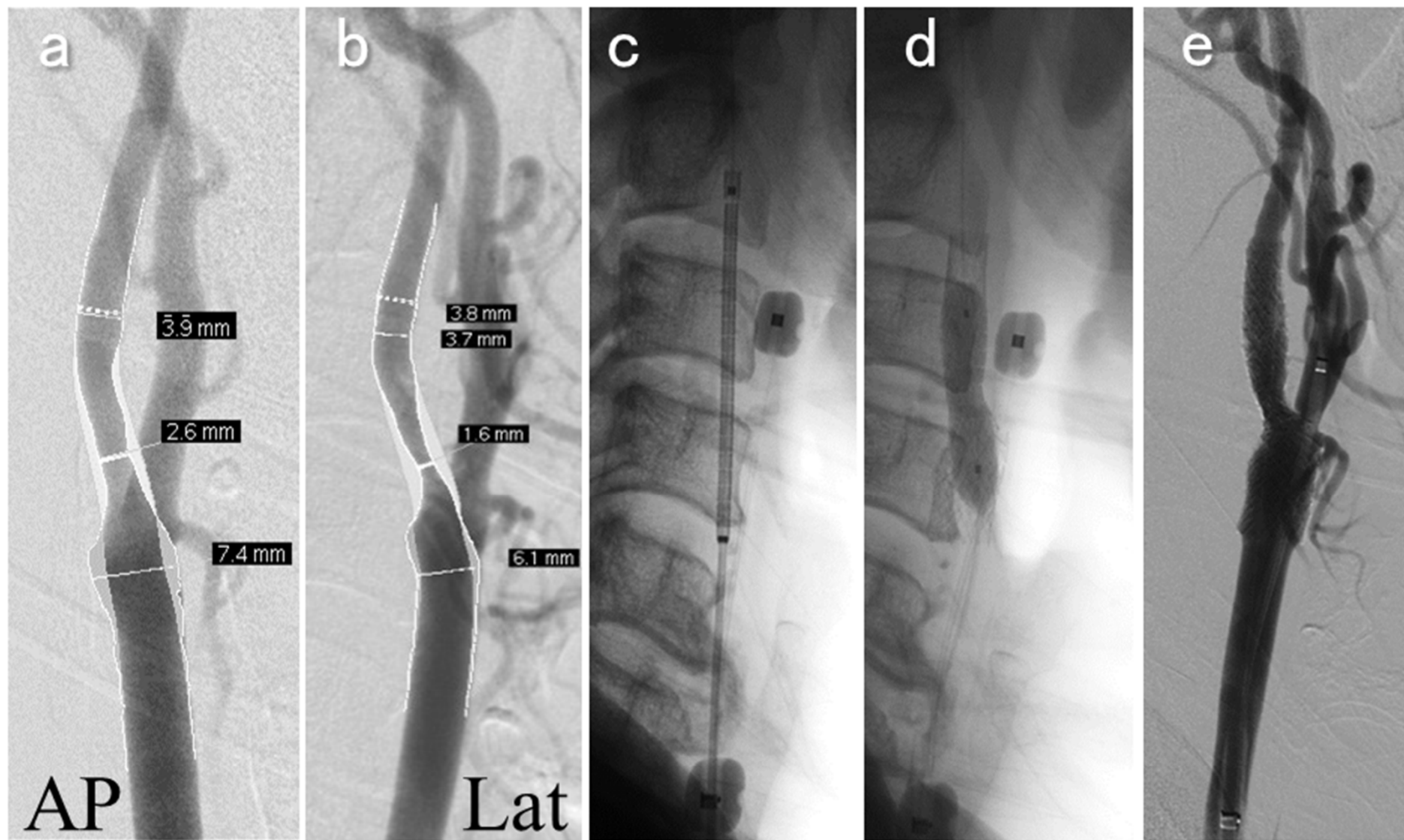


Fig.2

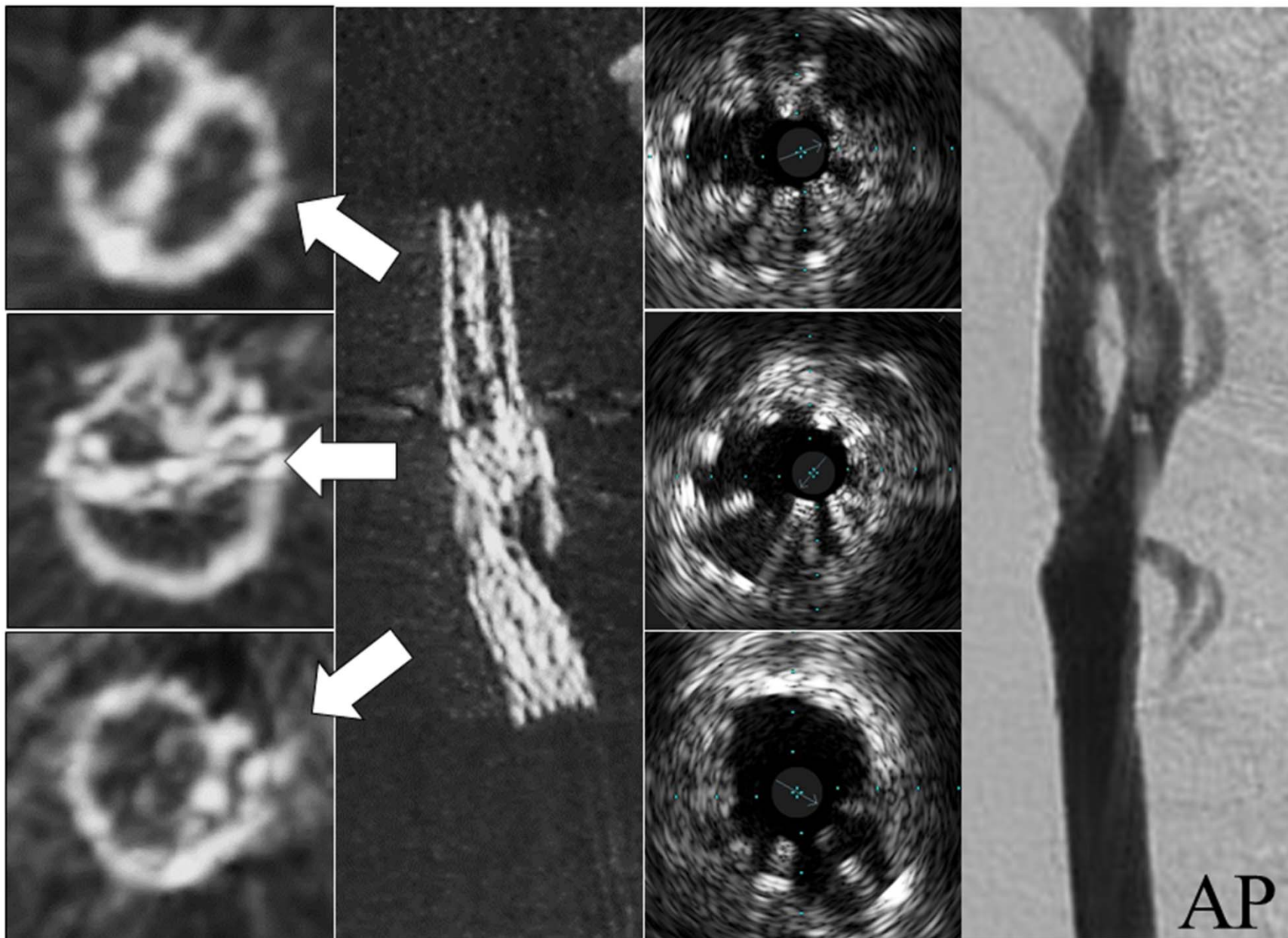
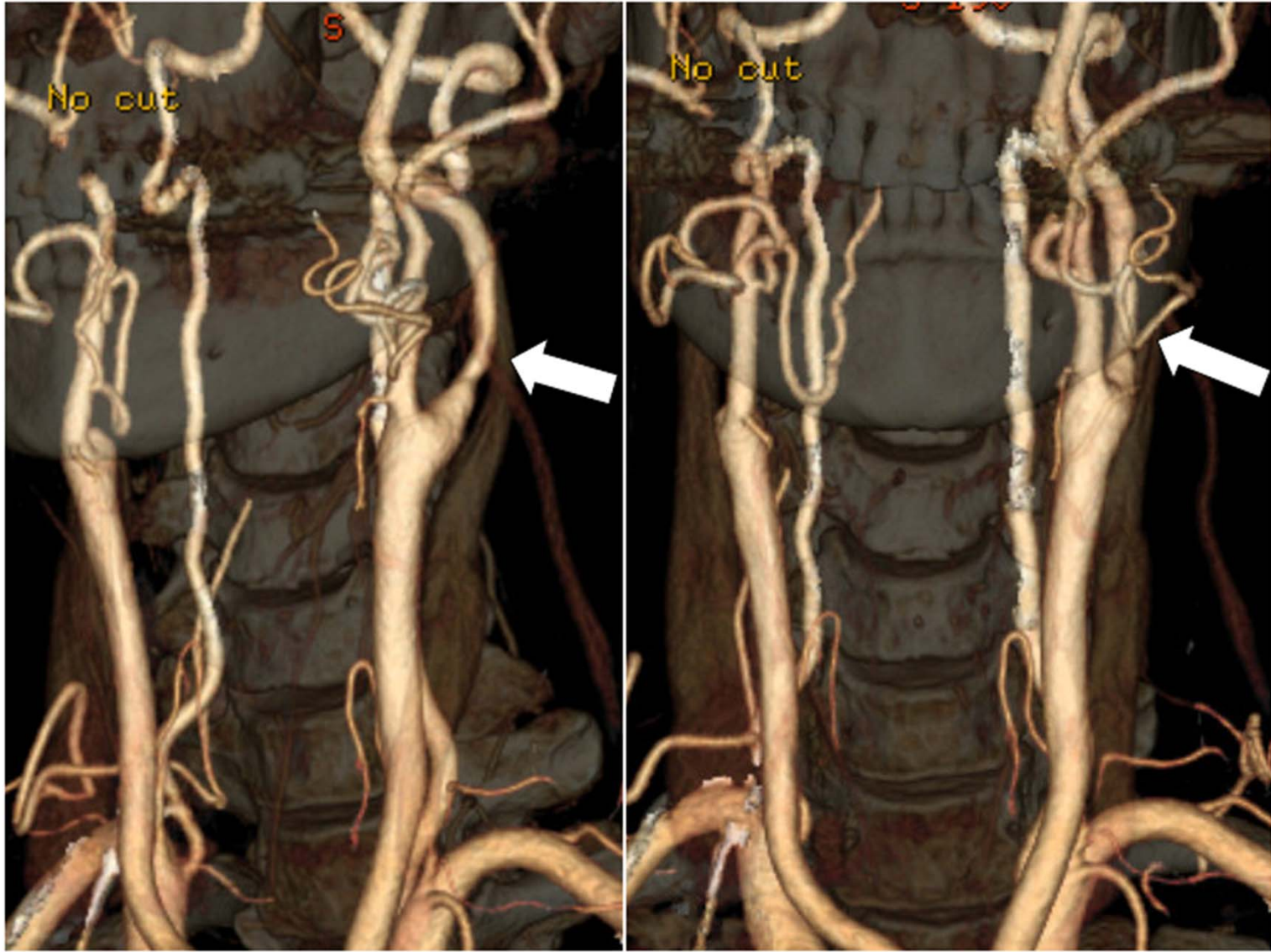


Fig.3



LAO

AP

Fig.4



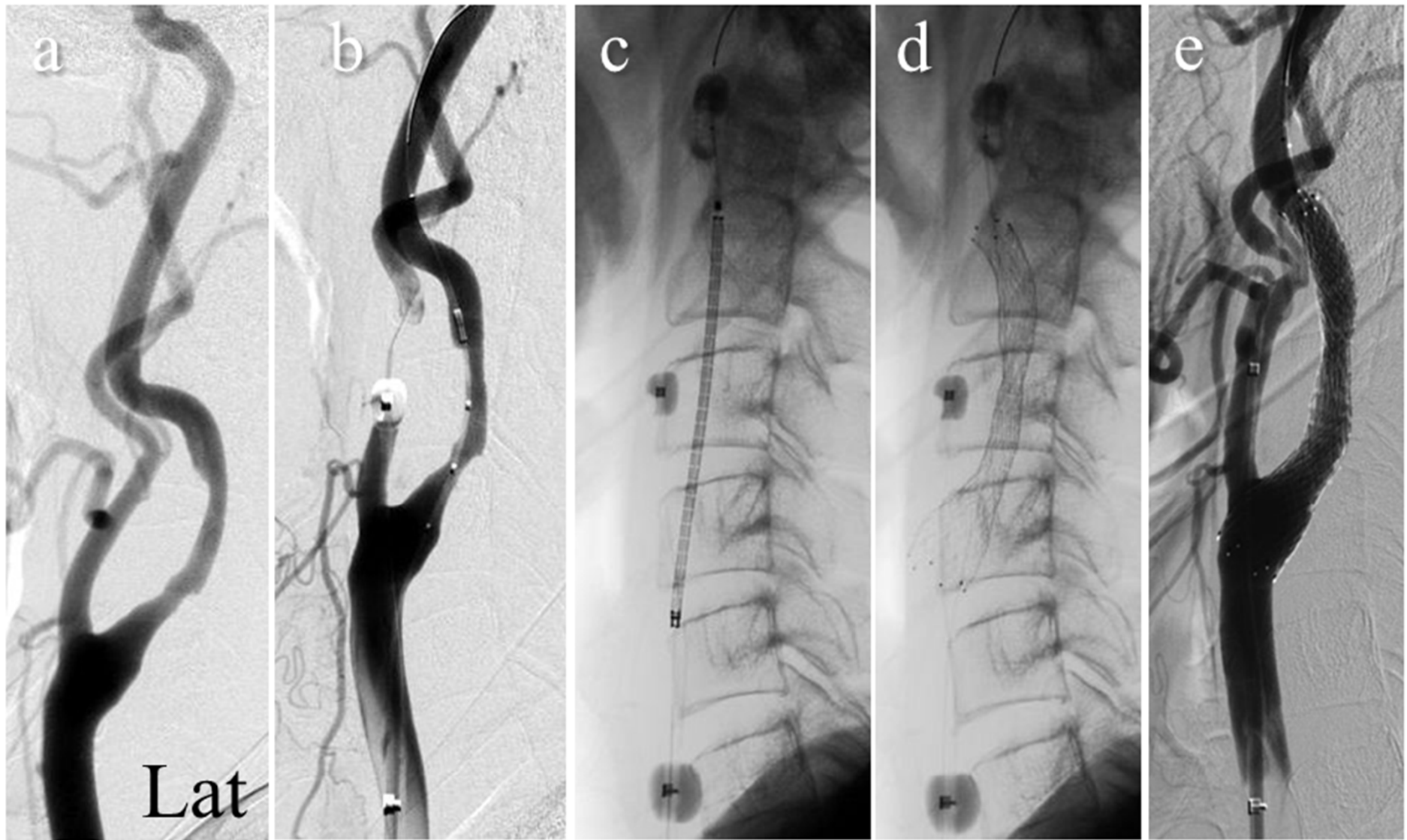


Fig.5

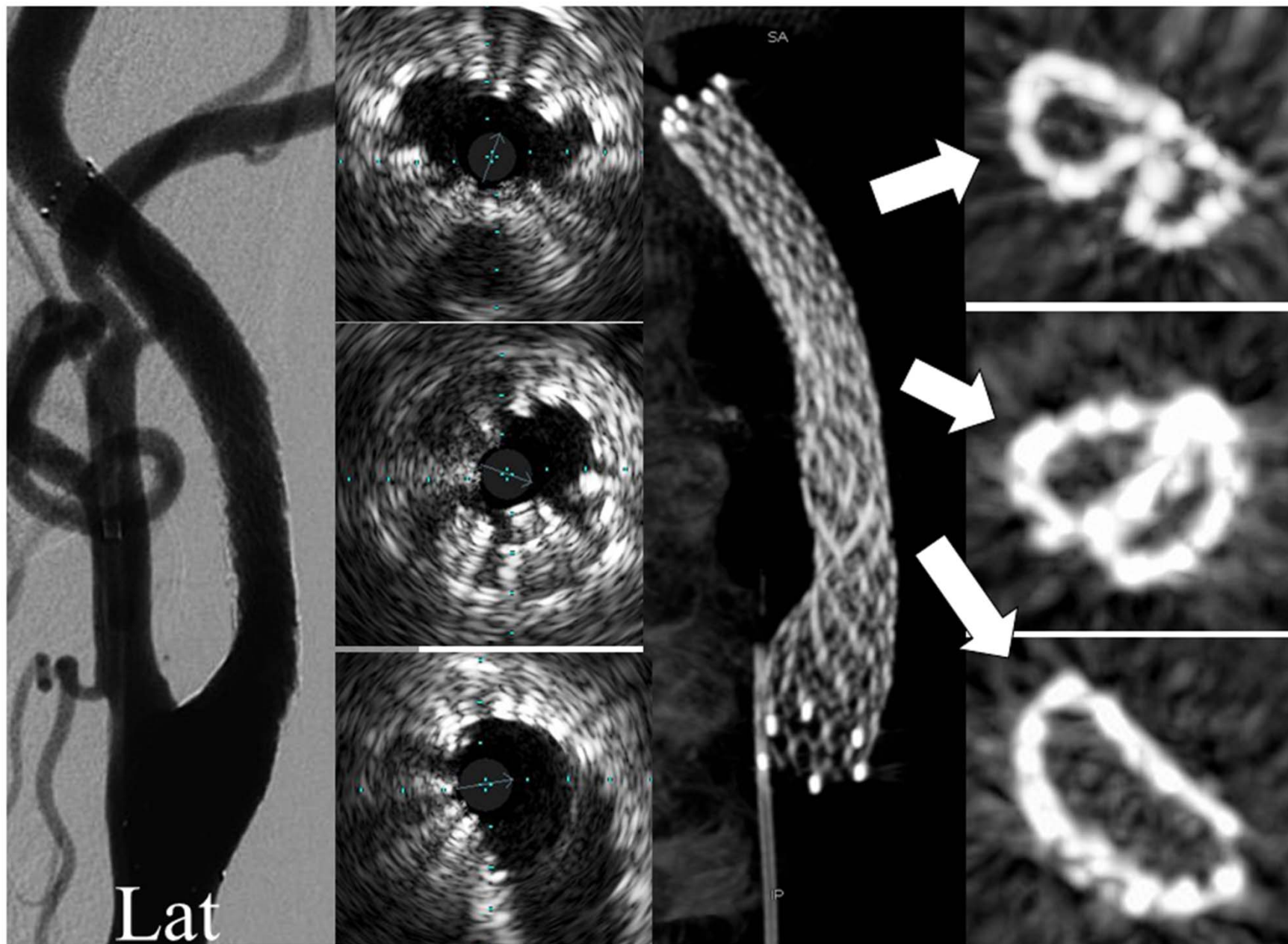


Fig.6