

1) テクニカルノート

2) 機械的血栓回収術中に血栓近位端の位置を把握する方法 : Pull the  
Trigger Sign

3) 根本未緒<sup>1,2</sup>, 大島共貴<sup>1,3</sup>, 横田麻央<sup>1</sup>, 阿藤文徳<sup>1</sup>, 川口礼雄<sup>1</sup>, 松尾  
直樹<sup>1</sup>, 齋藤 清<sup>2</sup>, 宮地 茂<sup>1,3</sup>

4) 愛知医科大学 脳神経外科<sup>1</sup>

福島県立医科大学 脳神経外科<sup>2</sup>

愛知医科大学 脳血管内治療センター<sup>3</sup>

5) 大島 共貴 (愛知医科大学 脳神経外科 : 480-1195 愛知県長久手市  
岩作雁又1番地 TEL : 056-62-3311 Mail: [tmtkoh@gmail.com](mailto:tmtkoh@gmail.com))

6) acute endovascular thrombectomy, clot position, contact aspiration,  
ischemic stroke, stent clot retriever

7) 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.

## 機械的血栓回収術中に血栓近位端の位置を把握する方法：Pull the Trigger Sign

### 要旨

目的：機械的血栓回収術において血栓の位置を正確に把握する方法を“pull the trigger sign” (PTS)と名付けたため報告する。

症例：血栓より遠位血管に誘導したマイクロカテーテル先端から選択造影を行ったときに、遠位血管に停滞した造影剤が（弾丸）ステントリトリーバーを展開する途中で（引き金）流れ出す現象（発射）に着目し、造影剤が流れ出すときのマイクロカテーテル先端部が血栓近位端に一致するという仮説を立て *in vitro* 実験を行った。仮説通りステントが血栓近位端に一致したときに停滞する造影剤は流れ出した。臨床においても血栓近位端での吸引カテーテルとの確実な **contact aspiration** が可能であった。

結論：PTSを把握することでより迅速かつ高率な初回再開通が期待できる。

### 緒言

急性期脳梗塞に対する機械的血栓回収術において、血栓の位置を正確に把握することは、迅速な再開通を成功するために極めて重要な事項である。特に、吸引カテーテルによる **contact aspiration** 法では、血栓の近位端を正確に捉えることが必須となる<sup>1</sup>。また、近年普及してきているステントリトリーバーと吸引カテーテルの併用療法にとっても、第一パスからの確実な **contact aspiration** は手技の成否と患者の転帰に関わると

考えられる<sup>2</sup>。血栓の近位から造影を行っても、盲端部には造影剤が届かないため、血栓の大きさを過大評価してしまうことが多い<sup>3</sup>。

我々は、血栓の近位端を把握する方法としてステント展開時に停滞した造影剤が遠位に流出する現象に着目した。マイクロカテーテルより遠位に停滞した造影剤を弾丸に、ステントの展開を引き金に見立てると、造影剤が流れ出した（発射）部位のマイクロカテーテルの位置が、血栓の近位端に一致するのではないかという仮説を立て、この徴候を **Pull the Trigger Sign (PTS)** と名付けた（図 1）。PTS を実証する目的に、シリコン血管モデルで検証実験を行った。さらに、実臨床での有効性を検証した。

#### 症例提示

**Pull the Trigger Sign (PTS)** の再現性を確認する目的に実験を行った。ファインバイオメディカル社製のシリコン血管モデル（ファインバイオメディカル、岡山）を使用した。灌流ポンプは **Endovascular Surgical Simulator IX-01**（ファインバイオメディカル）を使用し、条件は水道水、拍動 60/分、37℃とした。疑似血栓には **FLARP NOISE PUTTY**（**JATRU Inc., Jacksonville, FL, USA**）を使用した。停滞する造影剤の代わりに、食紅で着色した水道水を色つき水として使用した。

生体内の側副血行路からの順行性血流を維持するために、バルーン付きガイディングカテーテルは使用しなかった。8Fr. Roadmaster（ニプロ株式会社、大阪）、**REACT 71** 吸引カテーテル（**Medtronic, Irvine, CA, USA**）、**Marksman 27** マイクロカテーテル（**Medtronic**）を使用した。ステントリトリーバーは、**Solitaire Platinum 4×40**（**Medtronic**）を使用し

た。手技は ASAP 法<sup>4</sup>の手順に従って行ったが、近位バルーンによる閉塞は省略した。合計 6 回の PTS 検証を行った。

当院で行った機械的血栓回収術の連続 30 症例を後方視的に検証した。検討項目は、閉塞部位、マイクロカテーテルの位置、末梢側の造影剤停滞現象の有無とした。造影剤停滞現象の定義は、ステント誘導時にも造影剤が存在していることとした。

血管モデルによる検証結果を図 2 に示す。マイクロカテーテルの遠位層に停滞した色付き水は、ステントをある部位まで展開すると流れ出した。その部位は、図 2 に示した予想通り疑似血栓の近位端であった。その部位に吸引カテーテル先端部を誘導すれば、確実な contact aspiration が行えることを確認できた。10 回の試技全てで同じ結果を得た。

連続 30 例の後方視的研究の結果を表 1 に示す。全体の 12 例（40%）で造影剤停滞現象がみられた。中大脳動脈垂直部（M2）以遠閉塞の 6 症例は 5 例（83.3%）に停滞現象がみられた。M2 以遠にマイクロカテーテルを誘導した症例は 17 例あり、そのうち 11 例（64.7%）に停滞現象がみられた。12 例中、近位からの造影と血栓近位端がほぼ一致していたのは 4 例であった。残りの 8 例は血栓が過長評価されており、その差は平均 9.3mm（標準偏差 5.8mm）であった。

代表症例

症例：74 歳女性

既往：心房細動、心不全の既往あり、DOAC を内服していた。

主訴：意識障害、右半身麻痺、失語

現病歴：自宅の風呂場で倒れているところを家族が発見し、当院へ救急搬送となった。

初療時現症：Japan coma scale II -30、Glasgow coma scale E2V1M4。左共同偏視と右半身重度麻痺、重度の失語症を認め、National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS)は28点であった。発症130分後の頭部magnetic resonance imaging (MRI) diffusion weighted image (DWI)で左中大脳動脈と左前大脳動脈の灌流領域に淡い高信号を認め、DWI-Albertra Stroke Programme Early CT Score (DWI-ASPECTS)は7点であった。Fluid attenuated inversion recovery (FLAIR)では急性期脳梗塞領域の信号変化はほとんどなく、magnetic resonance angiography (MRA)でM2での閉塞を認め、再開通療法を行う方針とした。抗凝固薬内服中を考慮してtissue plasminogen activator (tPA)静注は行わなかった。発症から170分で局所麻酔下に大腿動脈穿刺で脳血管撮影を行った。MRA同様、左中大脳動脈垂直部の閉塞を認めた(図3.A)。9Fr Optimo (東海メディカルプロダクツ, 愛知)を左内頸動脈まで誘導し、Phenom27マイクロカテーテル (Medtronic)、React71吸引カテーテル (Medtronic)を同軸にして閉塞部位まで誘導を行った。近位バルーンで内頸動脈を閉塞させ、Eiger 風馬 0.014inch (メディカルイノベーション, 東京)を用いて、Phenom27を血栓の遠位M2まで誘導した。選択的造影を行うと、マイクロカテーテル先端部より造影剤の停滞現象が見られた(図3.B)。Solitaire Platinum 4×40 (Medtronic)を展開する途中で、停滞していた造影剤が流れ出した(PTS: 図3.C)。React 71を血栓近位端と思われる部位まで誘導し、ASAP法<sup>4</sup>にて回収を行なった(図3.D)。初回パスでThrombolysis in cerebral infraction Grade 2bの再開通を得た(図3.E)。

発症から 180 分、大腿動脈穿刺から 14 分であった。回収したステントには血栓が付着しており、また、ポンプ内にも血栓が確認された（図 3.F）。

術後経過：術翌日の MRI/MRA では、左中大脳動脈の描出は良好であったが、梗塞巣は明瞭化し、NIHSS は 24 点であった。失語と右上下肢不全麻痺は残存し、発症後 25 日目に modified Rankin Scale 4 で回復期リハビリ病院へ転院となった。

## 考察

急性期脳梗塞に対する機械的血栓回収術において、血栓の位置を正確に把握することは、迅速な再開通を成功するために極めて重要な事項である。吸引カテーテルによる contact aspiration 法の有効性は、ステントリトリーバーによる回収法に対して非劣勢が証明されているが<sup>5,6</sup>、血栓の近位端を正確に捉えることが必須となる。また、近年普及してきているステントリトリーバーと吸引カテーテルの併用療法にとっても、第一パスからの確実な contact aspiration は手技の成否と患者の転帰に関わると考えられる<sup>2</sup>。通常、血栓の近位側から造影を行っても、盲端部には造影剤が届かないため、血栓の大きさを過大評価してしまうことが多い<sup>3</sup>。手技中に血栓の近位端を知る方法として、pigtail 型ガイドワイヤーの挙動で探る方法が報告されているが、全ての症例において正確に把握することはできない<sup>7</sup>。Ohshima らは、一度血栓を通り越したマイクロカテーテルを引き抜きながら造影して“リアルカニ爪サイン”を描出する方法を報告しているが、マイクロカテーテルの再誘導のリスクと時間がかかってしまう欠点がある<sup>3</sup>。

我々が着目するきっかけとなった症例は、右中大脳動脈水平部（M1）近位部閉塞の所見であったが、マイクロガイドワイヤーで抵抗を感じたのは M1 遠位であった。ステントレトリバーを展開していくと、中大脳動脈垂直部（M2）で停滞していた造影剤が流れ始めたため、造影剤が流れ出した部位のマイクロカテーテルの位置が、血栓の近位端に一致するのではないかという上記の仮説を立てるに至った。（図 1）。

この仮説を証明するために行ったシリコン血管モデルの実験において、カテーテル先端部より先の末梢に停滞した色付き水は、血栓の遠位端には到達しなかった。この所見によっても、血栓は過長評価されやすいことがわかった。ステントを展開して（引き金を引いて）きても、血栓の途中では色付き水は流れず（弾丸は発射せず）、毎回血栓の近位端に到達した時点で流れ出した（発射された）。Solitaire Platinum は、マーカが長軸方向の 1cm ごとに設置されているので、どの部位まで展開したときに色付き水が流れ始めたのかを把握しやすかった。

この現象におけるピットフォールは、マイクロカテーテルの遠位に造影剤が停滞する症例は実臨床において限られていることである。表 1 のように全 30 症例の 40%であった。内頸動脈閉塞では造影剤は一瞬で流れてしまい観察されなかった。一方、M2 以遠閉塞では 83.3%、M2 以遠にマイクロカテーテルを誘導した症例では 64.7%と高率に停滞現象がみられた。その他の問題点としては、柔らかい血栓のときにステント拡張による一時再開通が得られないときや、ステントのアクティブゾーンで血栓を捉えきれていないときは、PTS が現れない可能性がある。このような状況下では、造影剤停滞はみられてもステント展開により造影剤が

流れ出さないと思われる。しかしながら、本研究で造影剤停滞がみられた 12 例では、全てステント展開中に造影剤の流出が観察された。また、ガイディングバルーンによる血流遮断をしていると、近位血流が停滞したり、前交通動脈・後交通動脈など解剖学的条件により血流方向が変わったりする影響でこのサインが出ない可能性がある。M1 閉塞においては、マイクロカテーテルが十分遠位 (M2) に誘導されていても、潜在的な leptomeningeal anastomosis の発達具合によっては、一方の M2 から他方の M2 へ造影剤が流れてしまい、PTS を得られないこともあり得る。従って、同じ M1 遠位閉塞においても、M2-M2 間の交通に左右される。

我々は、造影剤の停滞がみられたときは、血栓近位端を把握できるチャンスと捉えて注意深く観察するようにしている。代表症例で示したとおり、我々が第一選択としている ASAP 法<sup>4</sup>において、PTS は全く手技の手順やデバイスを変更する必要がない。我々は、PTS をチーム内で共有しているため、操作室の放射線技師が Solitaire のどこのマーカーに吸引カテーテルを誘導すればよいかを助言してくれることもある。本研究の有効性をより確かなものにするためには、さらなる症例の蓄積と検証が必要である。

## 結語

機械的血栓回収術中に、血栓の近位端を把握することができる PTS を報告した。PTS によって血栓近位端がわかれば、特にステントリトリバーと吸引カテーテルの併用療法において、確実な contact aspiration

が可能となる。PTSを観察して活かすことで、より迅速かつ高率な再開通が得られると思われる。

#### 利益相反の開示

大島共貴と宮地 茂は日本メドトロニック社（東京）より講演料等の謝金を受けている。筆頭著者およびその他共著者に開示すべき利益相反はない。

#### 参考文献

1. Turk AS, Frei D, Fiorella D, et al. ADAPT FAST study: a direct aspiration first pass technique for acute stroke thrombectomy. *NeuroIntervent Surg* 2014;6:260–264.
2. Texakalidis P, Giannopoulos S, Karasavvidis T, et al. Mechanical Thrombectomy in Acute Ischemic Stroke: A Meta-Analysis of Stent Retrievers vs Direct Aspiration vs a Combined Approach. *Neurosurgery* 2020; 86: 464–477.
3. Ohshima T, Niwa A, Kawaguchi R, et al. Novel Technique for Detection of Actual Position of Clot During Endovascular Clot Retrieval: Assessment of Microcatheter Withdrawing Angiography. *World Neurosurg.* 2020;137, 229–234.
4. Goto S, Ohshima T, Ishikawa K, et al. A Stent-Retrieving into an Aspiration Catheter with Proximal Balloon (ASAP) Technique: A Technique of Mechanical Thrombectomy. *World Neurosurg* 2018; 109: e468–e475.

5. Lapergue B, Blanc R, Gory B, et al; ASTER Trial Investigators. Effect of endovascular contact aspiration vs stent retriever on revascularization in patients with acute ischemic stroke and large vessel occlusion: the ASTER randomized clinical trial. *JAMA* 2017; 318, 443–452.
6. Turk AS, Siddiqui A, Fifi JT, et al. Aspiration thrombectomy versus stent retriever thrombectomy as first-line approach for large vessel occlusion (COMPASS): a multicentre, randomised, open label, blinded outcome, non-inferiority trial. *Lancet* 2019; 393: 998–1008.
7. Ohshima T, Ishikawa K, Goto S, et al: Relationship Between Clot Quality and Microguidewire Configuration During Endovascular Thrombectomy for Acute Ischemic Stroke. *World Neurosurg* 2017; 107, 657–662.

#### 図の説明

図 1. Pull the Trigger Sign のシェーマを示す。A: 停滞造影剤を弾丸に、ステント展開を引き金に見立てた。B: ステントを赤矢印まで展開すると弾丸は発射される。C: 赤矢印は血栓近位端に一致するため、確実な contact aspiration が可能である。

図 2. 血管モデルを用いた再現実験の写真の時系列を示す。A: 白矢頭はガイディングカテーテル先端部、黒矢頭は吸引カテーテル先端部、黒矢印はマイクロカテーテル先端部を指す。\*は疑似血栓を示す。B: 黒矢印はマイクロカテーテル先端部、白矢印は停滞した色付き水を指す。C: 黒矢頭はステント先端部、黒矢印はマイクロカテーテル先端部を指す。血栓に近位端までステントを展開すると、色付き水は流れ出した（白矢印）。D: ステントのマーカによって、確実な contact aspiration がで

きた。E: \*は回収される疑似血栓を示す。F: 白矢頭はガイディングカテーテル先端を指す。血栓は回収された。

図 3. A: 左内頸動脈撮影正面像を示す。白矢印は中大脳動脈垂直部の閉塞部位を指す。R は右側を示す。B: 術中透視画像を示す。黄色矢印は停滞した造影剤を指す。白矢印はマイクロカテーテルの先端、白矢頭はステントマーカを指す。C: ステントを白矢印の部位まで展開したところで、停滞していた造影剤は流れ出した。D: 白矢印の部位まで吸引カテーテルを誘導した。E: 再開通後の左内頸動脈撮影正面像を示す。白矢印は開通した血管を指す。F: 回収された血栓の写真を示す。白矢印はステントに付着していた血栓、白矢頭は吸引ポンプ内に回収された血栓。

表1. 症例のまとめ

	症例数	造影剤停滞症例数 (%)
全症例	30	12 (40)
閉塞部位		
頭蓋外IC	3*	0
頭蓋内IC	5	0
近位M1	9	2 (22.2)
遠位M1	7	5 (71.4)
M2以遠	6	5 (83.3)
MC誘導部位		
頭蓋外IC	2	0
頭蓋内IC	2	0
近位M1	3	0
遠位M1	6	1 (16.7)
M2以遠	17	11 (64.3)

IC: 内頸動脈, M1: 中大脳動脈水平部, M2: 中大脳動脈垂直部, MC: マイクロカテーテル

\* タンデム閉塞の1例は遠位M1に分類した。

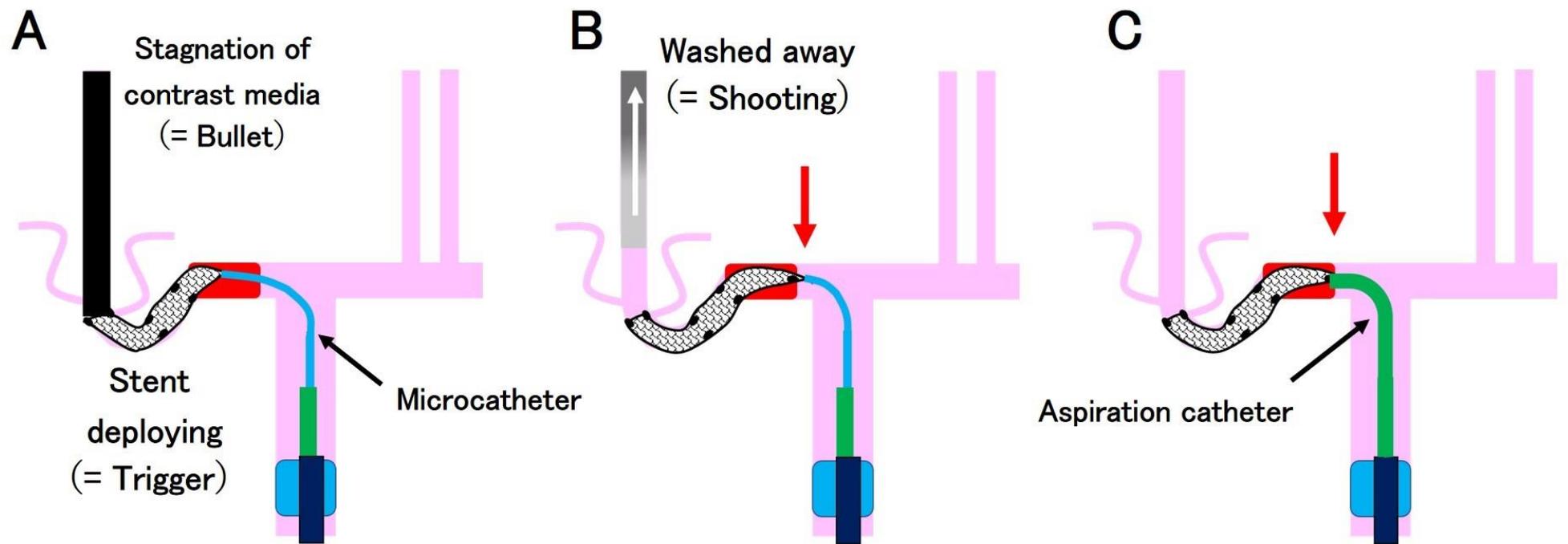


Figure 1

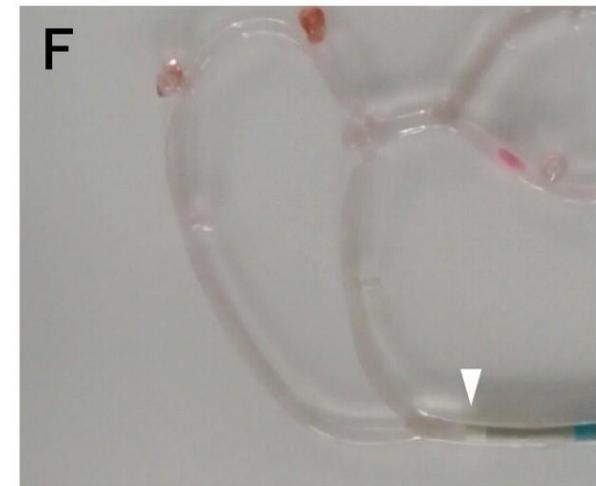
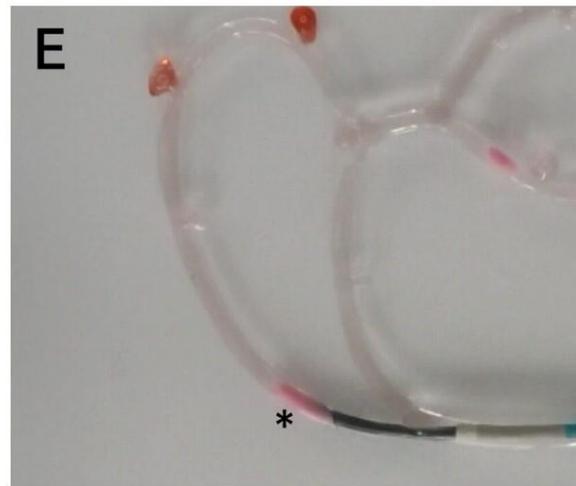
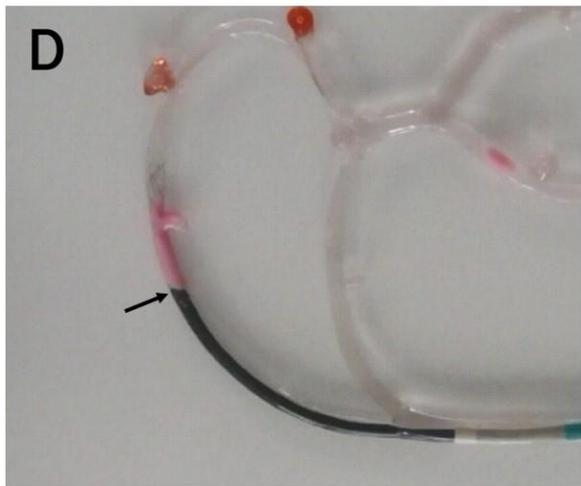
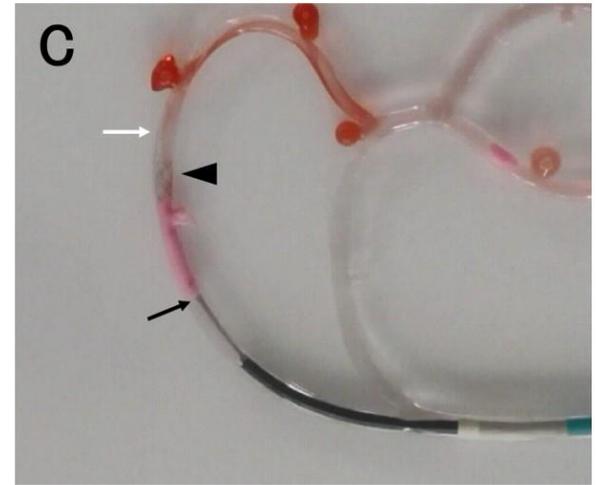
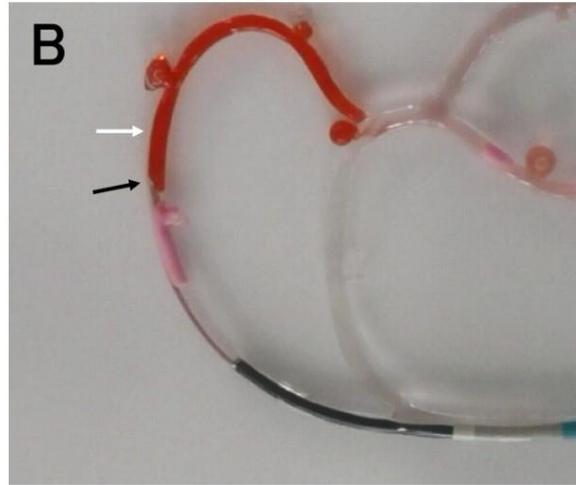
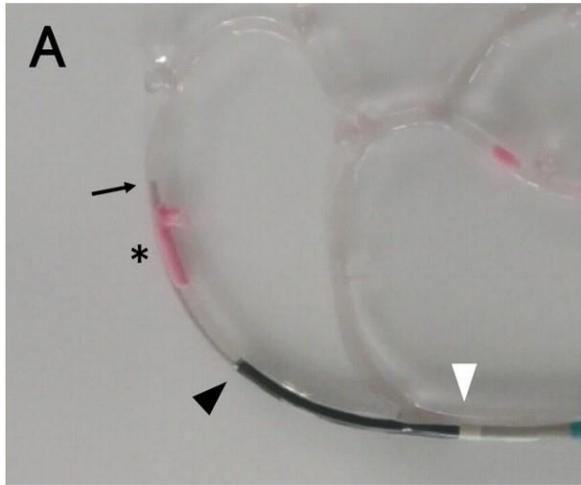


Figure 2

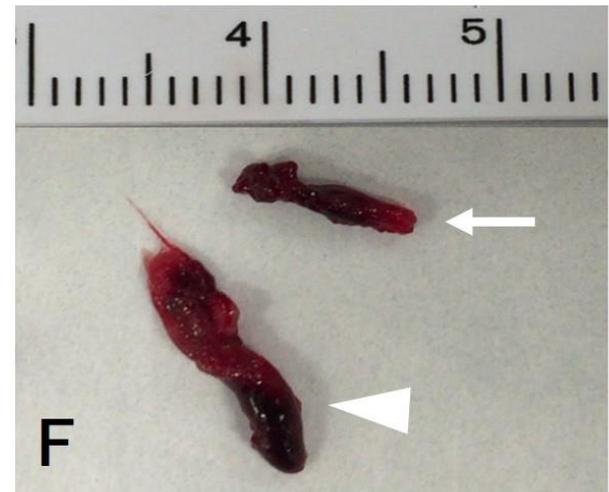
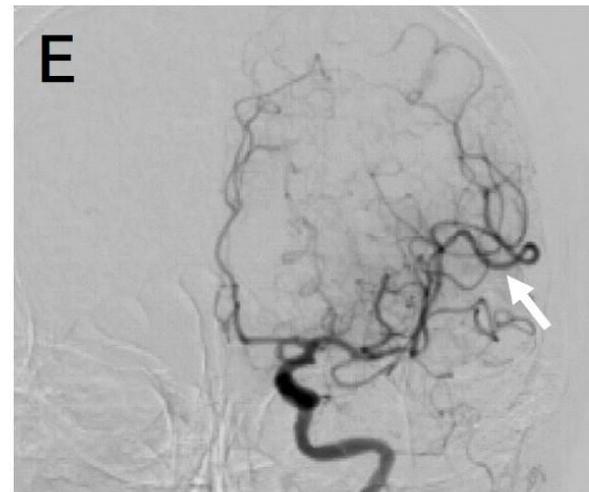
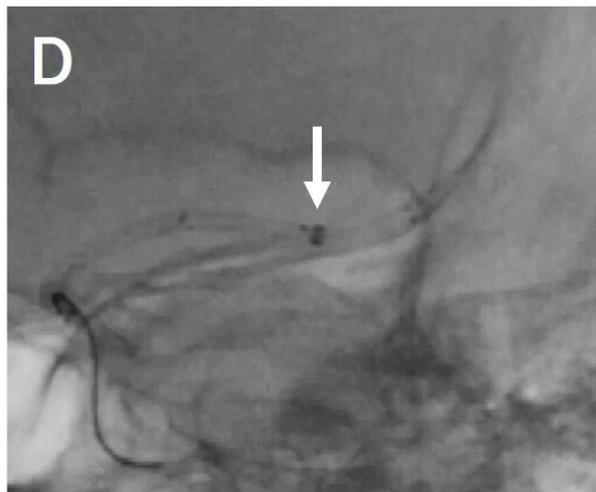
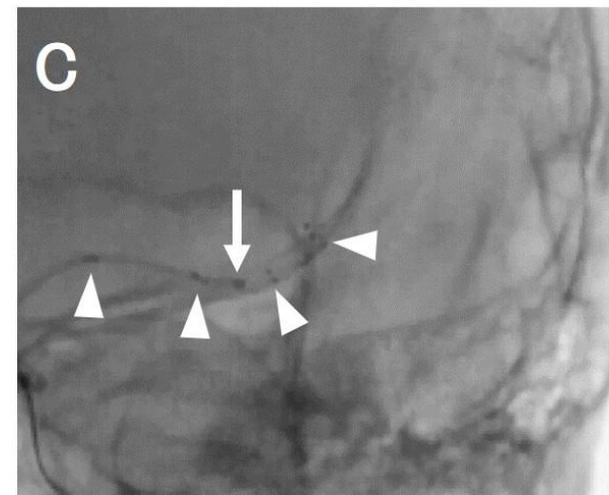
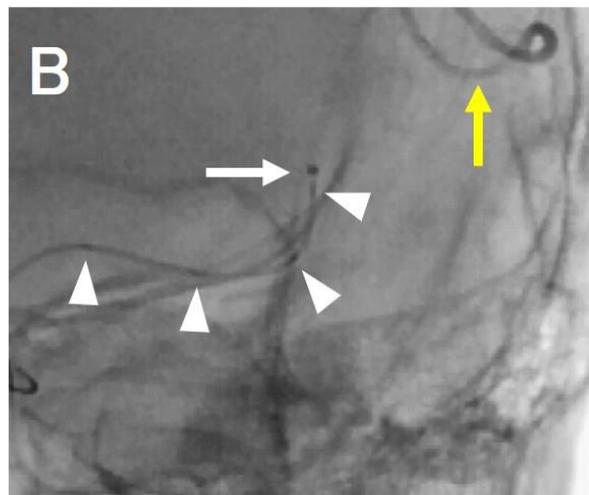
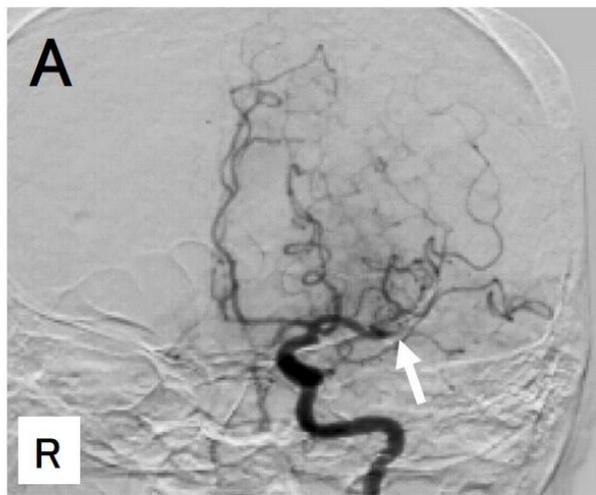


Figure 3