

テクニカルノート

ステント型血栓回収デバイスによる再開通率向上の工夫：Corkscrew penetrating method

A novel technique for higher success rates of recanalization with stent clot retriever: Corkscrew penetrating method

大島 共貴、今井 資、佐藤 雅基、後藤 俊作、山本 太樹、西澤 俊久、島戸 真司、
加藤 恭三

Tomotaka Ohshima, MD., Tasuku Imai, MD., Masaki Sato, MD., Shunsaku Goto, MD., Taiki
Yamamoto, MD., Toshihisa Nishizawa, MD., Shinji Shimato, MD., and Kyoza Kato, MD.

刈谷豊田総合病院 脳神経外科

Department of Neurosurgery, Kariya Toyota General Hospital

大島 共貴 刈谷豊田総合病院 脳神経外科

〒448-8505 刈谷市住吉町 5-15

電話番号：0566-21-2450、FAX：0566-22-2493

メールアドレス：tomotaka.oshima@toyota-kai.or.jp

Address: 5-15 Sumiyoshi-cho, Kariya 448 8505, Japan.

Phone: +81-566-21-2450, Fax: +81-566-22-2493

E-mail address: tomotaka.oshima@toyota-kai.or.jp

Key words: acute ischemic stroke, recanalization, stent clot retriever

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。

要旨

【目的】ステント型血栓回収デバイスが十分に拡張しないような硬い血栓に対する回収方法を、in vitro と in vivo で検証した。【方法と症例提示】シリコン製血管モデルを用いて、ステント型血栓回収デバイスが十分に展開しないような硬い血栓に対する有効な回収方法を検討した。ガイドワイヤーの先端形状をJ型にして、マイクロカテーテルが血栓と血管壁の間を、らせん状に貫通するように誘導してステントを展開する、Corkscrew penetrating method の安全性と再現性を確かめた。77歳、女性。路上で倒れていたところを発見され、当院へ救急搬送された。右完全片麻痺と失語を認めた。左中大脳動脈近位部閉塞と診断し、血管内機械的血栓回収療法を施行した。ステント型血栓回収デバイスによる再開通を試みたが、硬い血栓と思われ、1 pass では再開通を得なかった。そこで、2 pass 目はCorkscrew penetrating method を行った。ステントを回収すると、硬く長い血栓がステントにらせん状に巻き付いていた。完全再開通を得て、右半身麻痺は劇的に改善した。【結論】本法は、ステント型血栓回収デバイスの展開に抵抗して絡まないような硬い血栓に対して有効である可能性が示唆された。

緒言

急性期脳主幹動脈閉塞症に対する機械的血栓回収療法において、ステント型血栓回収デバイスの使用は迅速かつ高率に再開通が獲得でき、内科的治療に優る転機改善効果が証明されている^{1,2)}。しかしながら、ステントの展開に抵抗するような硬い血栓では回収に失敗したり、時間がかかったりすることがある。我々は、ステント型血栓回収デバイスが十分

に拡張せず、取り込まないような硬い血栓に対して、マイクロカテーテルをらせん状に誘導する方法を考え、Corkscrew penetrating method と名付けた。本法の有効性について検証報告する。

方法と症例提示

血管モデルでの実験

目的：Corkscrew penetrating method の有効性と再現性を証明するため、本法を血管モデルで検証した。**方法：**市販の粘土を乾燥させて硬くしたものを血栓に見立てた。直径 3mm のシリコン製血管モデル内に、水道水を還流させて行った。**結果：**Trevo XP ステンツ型血栓回収デバイス(Stryker Neurovascular, Fremont, CA, USA) 4×20mm を Push and Fluff 法^{3,4)}を用いて展開して引き抜いても、疑似血栓はステントに絡まっておらず全く動かなかった(Fig.1)。この状態の想像図を Fig.2 にシェーマで示す。次に、ワイヤー先端を J 型にして、血栓に当たったところの直線部までマイクロカテーテルを追従させ、ワイヤーを一旦カテーテル内まで引き抜くという操作を繰り返した。この動きによって、血栓と血管壁の間をらせん状に進入させることが可能と考えた。この一連の状態を in vitro での観察に基づいた想像図として Fig. 3 にシェーマで示す。この方法を Corkscrew penetrating method と名付けた。本法で誘導したマイクロカテーテルにより Trevo を展開すると、ステントが血栓に対してらせん状に陥入して疑似血栓を回収することができた(Fig. 4)。これらの所見は再現性を示し、Solitaire 2 ステンツ型血栓回収デバイス (Medtronic, Minneapolis, MN, USA) と、Revive ステンツ型血

栓回収デバイス (Codman, Johnson & Johnson, Miami, FL, USA) においても同様の結果であった。

症例

77 歳、女性。犬の散歩中、路上に倒れていたところを通行人が発見し、当院へ救急搬送された。右半身完全麻痺と全失語を認め、National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS)⁵⁾ 20 点であった。心電図上、心房細動を認めた。頭部 CT では陳旧性微小脳梗塞を認めたのみで、Alberta Stroke Program Early Computed Tomographic Score (ASPECTS)⁶⁾ は 10 点であった。頭部 MRI にて左中大脳動脈起始部閉塞と診断した。発症時間が不明であり、recombinant tissue plasminogen activator (rt-PA) の静脈内投与はせずに、機械的血栓回収療法を施行した。

局所麻酔下、右大腿動脈に 9F シースを挿入した。9F Cello (Medtronic, Minneapolis, MN, USA) をガイディングカテーテルとして左頸部内頸動脈まで誘導した。DSA を行くと、左中大脳動脈閉塞を認めた (Fig.5)。ヘパリン 4,000 単位を静脈内投与して、activated clotting time (ACT) が 200 秒以上を維持するようにした。Penumbra 5Max ACE (Penumbra Inc, Alameda, California, USA)、Marksman マイクロカテーテル (Medtronic)、Chikai 14 マイクロガイドワイヤー (Asahi Intecc, Aichi, Japan) の組み合わせで誘導した。我々はステント型血栓回収デバイスによる再開通療法を第一選択としており、Penumbra 5Max ACE からの吸引は行わなかった。Chikai の先端は 5mm を 45° に形成した。その先端が左中大脳動脈の血栓に当たると、ワイヤー先端が跳ね返されるような抵抗があった。Marksman を押し付けながら進めると、末梢の真腔に到達できた。Trevor XP ステント型血栓回収デバイス (Stryker Neurovascular) 4×20mm を Push and Fluff 法^{3,4)} を用いて展開したが、透視下にステントの拡張は十分に得られ

ず、硬い血栓と思われた(Fig.6)。この状態の想像図を Fig.2 にシェーマで示す。5 分間待機したあとステントを回収したが、再開通は得られなかった。そこで、2 pass 目は Corkscrew penetrating method を行った。5 分間の待機を省略して展開直後にステントを回収した。Fig.7 に Corkscrew penetrating method で展開した直後の画像を示す。回収したステントを観察すると、硬く長い血栓がらせん状に巻き付いた形で回収されていた(Fig.8)。Thrombolysis in cerebral infarction (TICI) grade 3 の再開通が得られ(Fig.9)、直後より右半身麻痺は劇的に改善し、翌日には manual muscle testing (MMT) 5 まで改善した。術後は特に合併症なく経過した。失語も徐々に改善し、術後 20 日目に NIHSS 4 点、modified Rankin Scale (mRS) 2 でリハビリ施設へ転院となった。

考察

急性期脳主幹動脈閉塞症に対する機械的血栓回収療法において、ステント型血栓回収デバイスの使用は迅速かつ高率に再開通が獲得でき、内科的治療に優る転機改善効果が証明されている^{1,2)}。また、2 つの大規模無作為試験の再開通率は TICI 2 以上で 79.6%と報告されており、Merci 血栓回収デバイスの 49%と比べて圧倒的に有効であった^{7,8)}。ステント型血栓回収デバイスにおいても再開通が得られにくい条件として、部位では脳底動脈、遠位内頸動脈が挙げられ、形態では分岐部閉塞、タンデム閉塞、既存の狭窄、血栓の特徴では硬いもの、長いものなどが挙げられている^{9,10,11,12)}。これらの病変ではしばしば再開通に失敗したり、再開通までに長時間を要して期待通りの症状改善が得られなかったりすることがある。我々は、これまでに Trevo の展開状態によって、血栓の「質」が評価できるのでは

ないかを検証報告した¹³⁾。Trevoはその拡張状態が透視下である程度把握できる。Push and Fluff法で展開したTrevoを、さらに近位マーカー2個分の長さを押し込むことによって強制拡張させ、血栓の硬さを評価した。また、その中でステント型血栓回収デバイスが拡張せず捕捉できないほどに硬い血栓が最も再開通治療に難渋すると考察し、バルーンによる血管形成が有効ではないかと報告した。しかし、血管形成術では血栓を回収して解析できないので、本当に硬い血栓であったのか、あるいは潜在した狭窄病変であったのか曖昧であった。我々は、硬い血栓と判断した際、心原性塞栓症が強く疑われる症例、他の脳動脈に動脈硬化を認めない症例、側副血行路の発達が乏しい症例などには、積極的に本法を1 pass目から導入するようにした。これは、血管モデルによる検証実験で迅速に、かつ安全性も担保できる形で本法を遂行できると考えられたためである。

マイクロガイドワイヤーとマイクロカテーテルが、血栓を貫通する状況を *in vitro* で検証した。当初は、疑似血栓の中心をワイヤーとカテーテルが通過すれば回収率が上がるのではないかと考えた。ところが、ワイヤーの先端形状をS型などに形成しても、血栓と血管壁の間を通ってしまい、血栓の中心を貫くことはできなかった。次に、血栓と血管壁の間を通すしかないのならば、らせん状に貫通できないかと考えた。カテーテルの先端を2mm、90°に *steam-shape* すると、確かにらせん状に貫通したが、血栓を末梢側に押し動かしてしまふことと、らせんのピッチが細か過ぎてステント型血栓回収デバイスの通過を妨げるという問題に直面した。一方、Fig.3のようにJ型に形成したワイヤーの先行と収納を繰り返してカテーテルを誘導する方法は、適度に緩やかなピッチのらせん形状を作ることが可能であった。ステントを展開すると、ステントが開こうとする力と、らせんが戻ろうとする

力の両方で血栓をしっかりと包み込んだ。ステントを引き抜く過程においても、らせんが戻ろうとする力がさらに働き、血栓を把持し続けると思われた。

これらの *in vitro* での所見は再現性を示し、4名の脳血管内治療に携わっている脳神経外科医がそれぞれ何度行っても迅速に施行可能であり、かつ同じ結果が得られた。Solitaire 2 ステント型血栓回収デバイス (Medtronic) と、Revive ステント型血栓回収デバイス (Codman) においても同様の結果であった。

本法の限界の1つは、一旦ワイヤーをカテーテルに収納してから再び先進させる動作が複数回あることで、ワイヤーによる穿通枝迷入や血管壁穿通のリスクが高まることである。透視画像を注視しながら、指先の感覚に細心の注意を払う必要がある。普段から使い慣れているマイクロガイドワイヤーを用いることを推奨したい。また、本法は単一施設・単一チームの少数例の経験に過ぎないので、症例の蓄積が必要である。

結語

ステント型血栓回収デバイスが十分に拡張せず、取り込まないような硬い血栓に対して、マイクロカテーテルをらせん状に誘導する Corkscrew penetrating method を検証報告した。本法は1 pass 目で再開通が得られなかったような症例に対しても、有効である可能性が示唆された。

利益相反開示

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

文献

- 1) Goyal M, Menon BK, van Zwam WH, et al. Endovascular thrombectomy after large-vessel ischemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from five randomized trials. *Lancet*, 2016; 387:1723-1731.
- 2) Campbell BC, Hill MD, Rubiera M, et al. Safety and efficacy of Solitaire stent thrombectomy: individual patient data meta-analysis of randomized trials. *Stroke*, 2016; 47:798-806
- 3) Haussen DC, Rebello LC, Nogueira RG. Optimizing clot retrieval in acute stroke: the push and fluff technique for closed-cell stentriever. *Stroke*, 2015; 46:2838-2842.
- 4) Wiesmann M, Brockmann MA, Heringer S, et al. Active push deployment technique improves stent/vessel-wall interaction in endovascular treatment of acute stroke with stent retrievers. *J Neurointerv Surg*, 2016; Mar14:Epub ahead print
- 5) Bruno A, Saha C, Williams LS. Using change in the National Institutes of Health Stroke Scale to measure treatment effect in acute stroke trials. *Stroke*, 2006; 37: 920-921.
- 6) Barber PA, Demchuk AM, Zhang J, et al. Validity and reliability of a quantitative computed tomography score in predicting outcome of hyperacute stroke before thrombolytic therapy. ASCPECTS Study Group. Alberta Stroke Programme Early CT Score. *Lancet*, 2000; 355: 1670-1674.
- 7) Salver JL, Jahan R, Levy EI, et al. Solitaire flow restoration device versus the Merci Retriever in patients with acute ischemic stroke (SWIFT): a randomized, parallel-group, non-inferiority trial. *Lancet*, 2012; 380:1241-1249.

- 8) Nogueira RG, Lutsep HL, Gupta R, et al. Trevo versus Merci retrievers for thrombectomy revascularization of large vessel occlusions in acute ischaemic stroke (TREVO 2): a randomized trial. *Lancet*, 2012; 380:1231-1240.
- 9) Baek JM, Yoon W, Kim SK, et al. Acute basilar artery occlusion: outcome of mechanical thrombectomy with Solitaire stent within 8 hours of stroke onset. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2014; 35:989-993.
- 10) Gratz PP, Jung S, Schroth G, et al. Outcome of standard and high-risk patients with acute anterior circulation stroke after stent retriever thrombectomy. *Stroke*, 2014; 45:152-158.
- 11) Mendonca N, Flores A, Pagola J, et al. Trevo versus Solitaire a head-to-head comparison between two heavy weights of clot retrieval. *J Neuroimaging*, 2014; 24:167-170.
- 12) Safety and efficacy of mechanical thrombectomy using stent retrievers in the endovascular treatment of acute ischemic stroke: a systematic review. *Interv Neurol*, 2015; 3:149-164.
- 13) Ishikawa K, Ohshima T, Nishihori M, et al. Treatment Protocol based on Assessment of Clot Quality during Endovascular Thrombectomy for Acute Ischemic Stroke using the Trevo Stent Retriever. *Nagoya J Med Sci*, 2016; 78(3):255-265.

図表の説明

Fig. 1: 血管モデルでの実験の写真を示す。**A:** Push and Fluff 法で展開しても硬い血栓にステントが陥入していない。**B:** ステントを回収すると血栓は動かずすり抜けた。

Fig. 2: A: ワイヤーが血栓を穿通した状態の想像図をシェーマで示す。血栓と血管壁の間を通っている。**B:** スtent展開後の想像図。硬い血栓は取り込まれない。

Fig. 3: A: J型のワイヤーが硬い血栓に当たった状態。**B:** ワイヤーの直線部分までカテーテルを被せる。**C:** ワイヤーを一旦カテーテル内に格納する。**D:** もう一度ワイヤーを抵抗があるところまで進める。**E:** これを繰り返すとカテーテルはらせん状に誘導される。**F:** らせん状にstentが展開される。

Fig. 4: Corkscrew penetrating method の血管モデルでの写真を示す。**A:** マイクロカテーテルの先端は30°に形成した。**B:** マイクロガイドワイヤー先端はJ型に形成した。**C:** カテーテルが緩やかならせん状に進入したところ。**D:** stent展開直後。**E:** stentを引き戻すと、血栓も回収できた。

Fig. 5: A: 術前の左内頸動脈撮影を示す。左中大脳動脈閉塞を認める。**B:** ガイディングカテーテルとマイクロカテーテルからの二重撮影を示す。白矢印は血栓を指す。

Fig. 6: Push and fluff 法で展開したstentの写真。白矢印の間は硬い血栓により扁平化している。矢印はstent近位マーカを示す。

Fig. 7: Corkscrew penetrating method で展開したstentの写真。白矢印の間に血栓が位置する。

Fig. 8: 回収された血栓の写真を示す。硬く長い血栓であった。

Fig. 9: stent回収後の左内頸動脈撮影。完全再開通が得られた。

Fig. 1

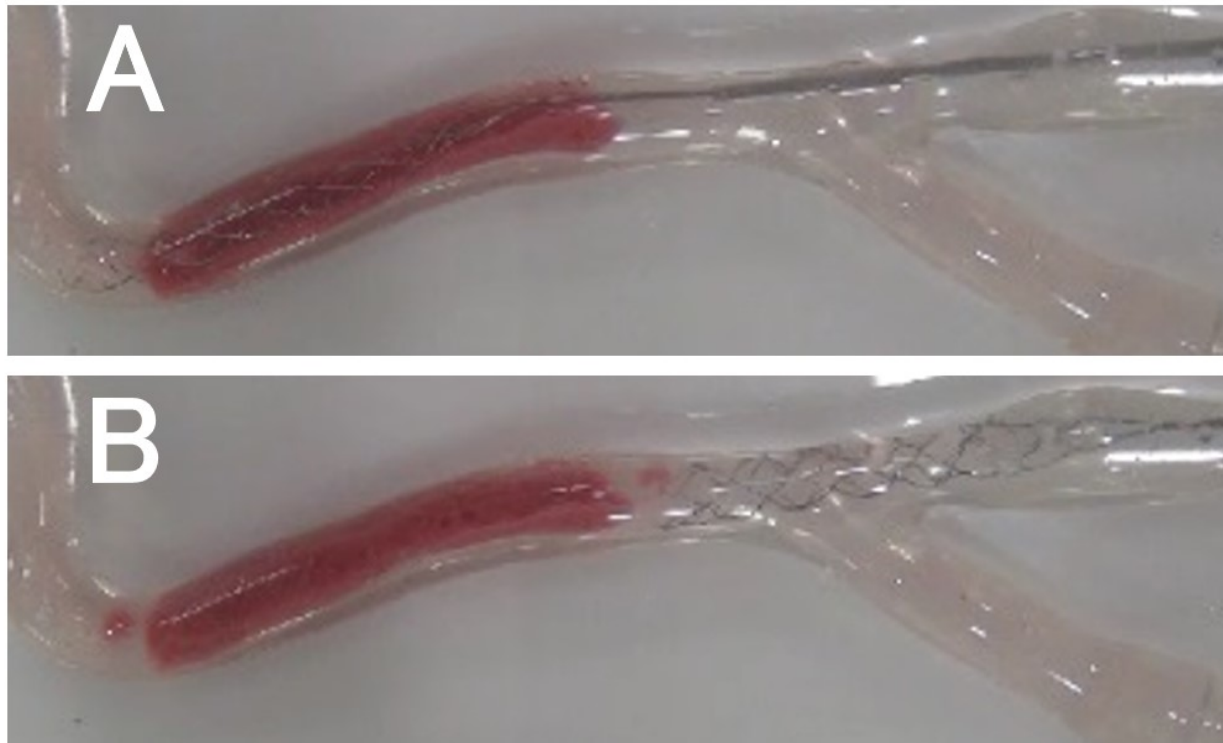


Fig.2

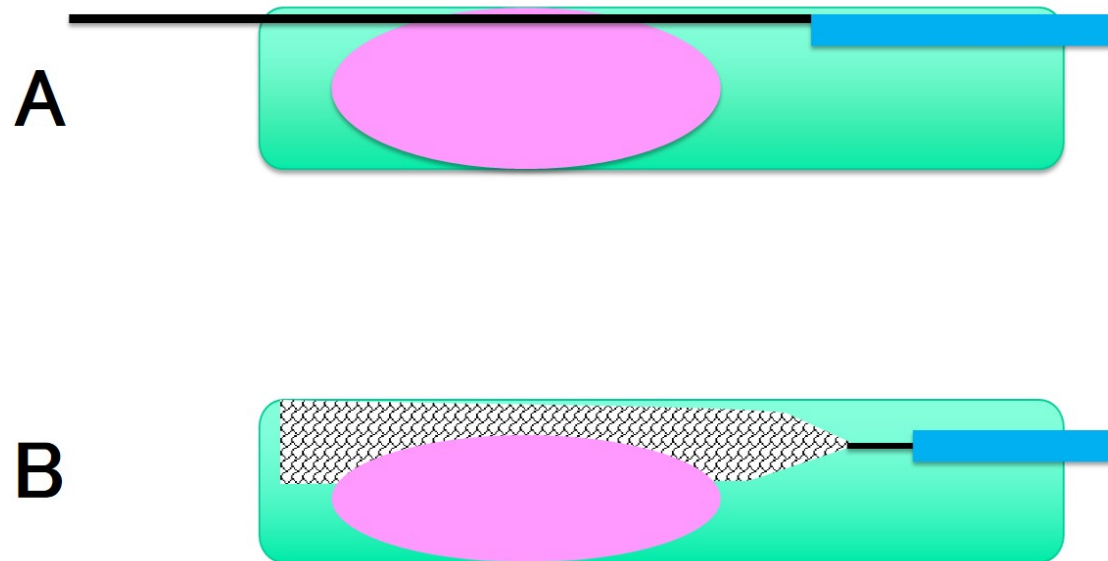


Fig.3

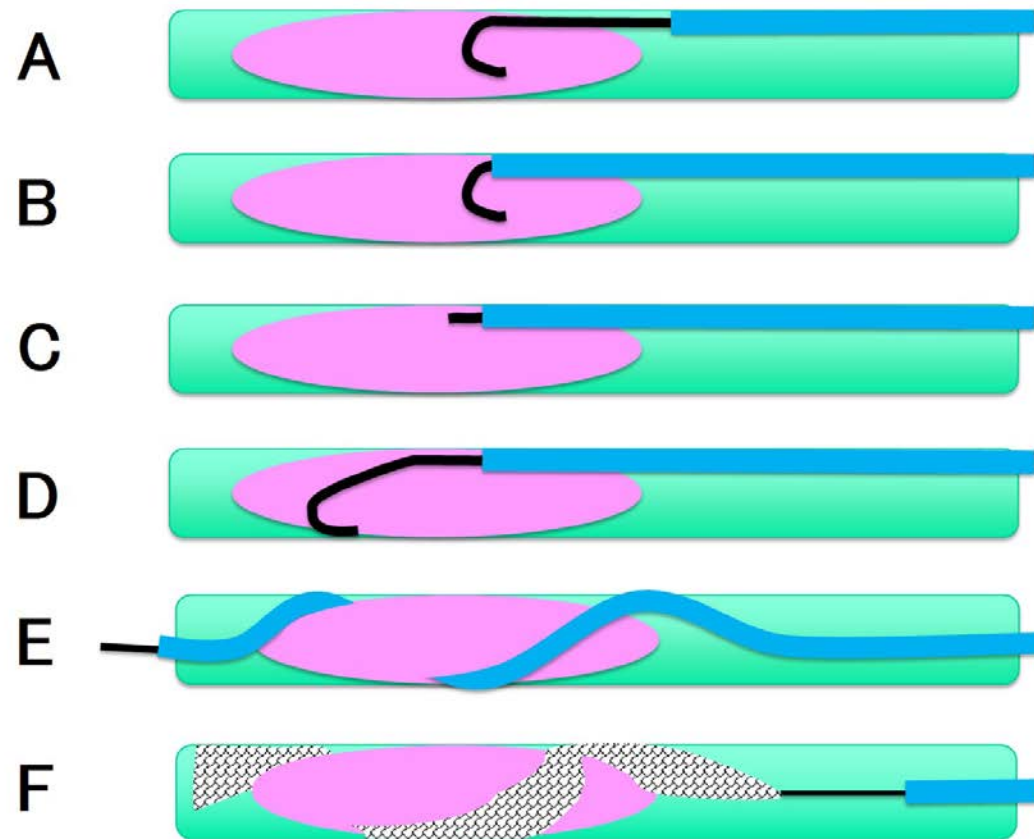


Fig. 4

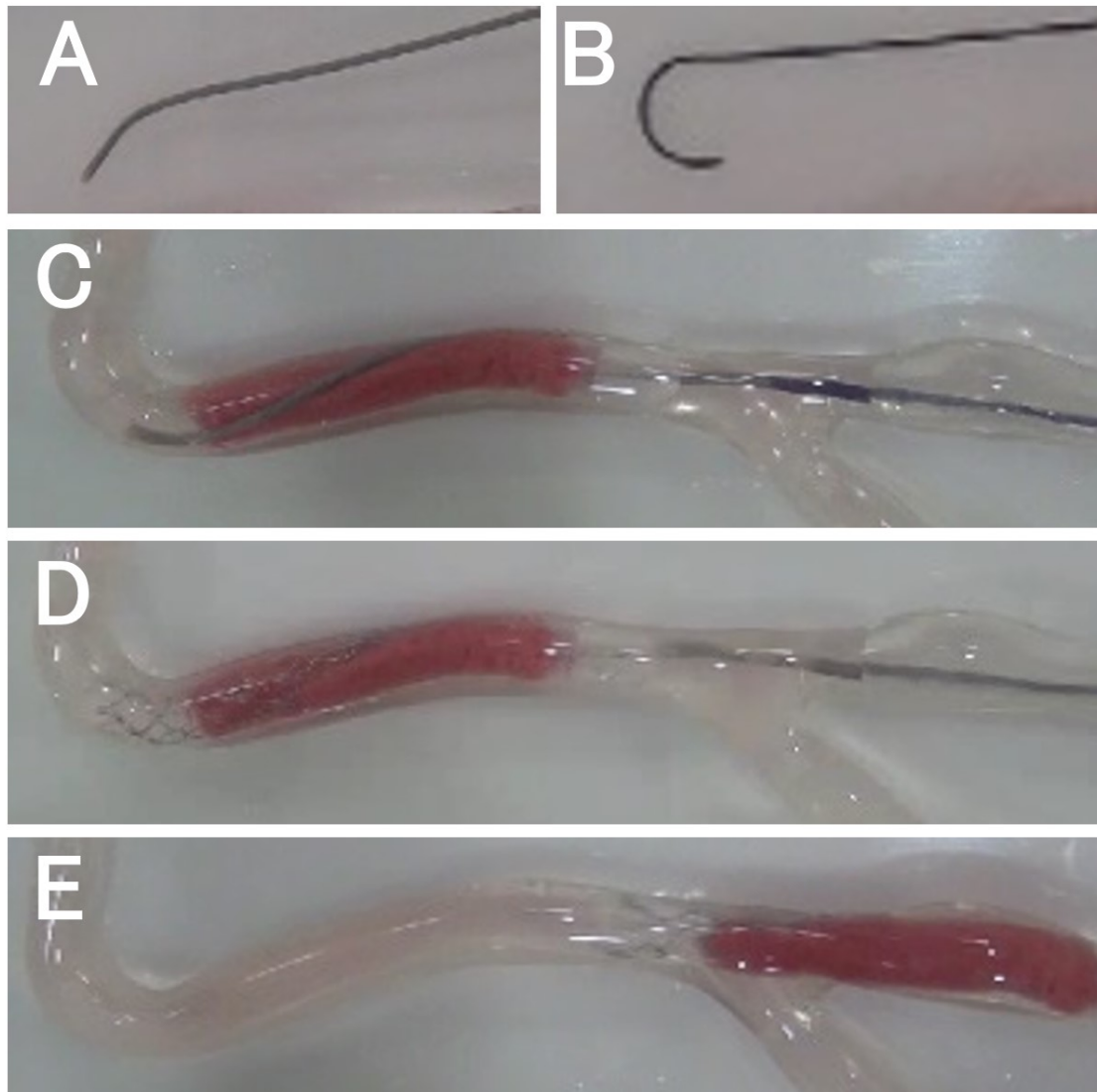


Fig. 5A



Fig. 5B



Fig. 6



Fig. 7

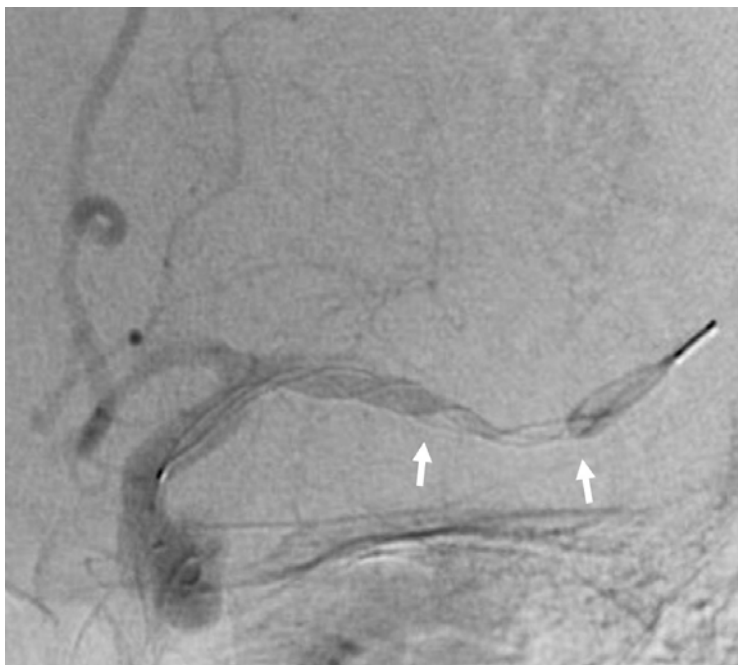


Fig.8



Fig. 9

