

総説

脳血管内治療における問題提起-解決型のアイデア

大島 共貴 愛知医科大学 脳神経外科

〒440-1195 愛知県長久手市岩作雁又1番地1

電話番号：0561-62-3311、FAX：0561-62-2879

メールアドレス：tmtkoh@gmail.com

Key words: endovascular therapy, guidewire, microcatheter, techniques

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。論文から引用した画像は、全てオリジナルを改変しています。

和文要旨

【目的】脳血管内治療において、ビギナーからベテランまでが安全かつ迅速に手術を遂行するための工夫は重要である。我々の「細かい工夫」が生まれた過程と代表例を報告する。【方法】手術中に難渋した事項を、自分自身への質問・問題として提起する習慣をつけた。明確な問題提起があると、しばらくしてから解決策のアイデアが思い浮かんだ。アイデアはスマートフォンや付箋にメモとして残し、血管モデルなどでの検証実験をしたのち、臨床で有効性を試した。【結果】これらの問題提起-解決型アイデアはいくつか学会発表、論文発表することができた。Paper Rail Method、Modified Pigtail Shape Microguidewire、Microcatheter *in vivo* Printing Method、Microcatheter Shaping Cast、Wireless Trans-cell Approach を代表例として示す。いずれも既存のデバイスや身近にある安価な道具を用いており、誰でも可能な工夫である。【結論】「細かい工夫」を思いついた問題提起-解決型の思考過程と具体例を紹介した。

緒言

脳血管内手術に限らず、誰もが安全に行える手術を確立することは重要である。我々は、日ごろから安全かつ迅速な手術を遂行するための「細かい工夫」を編み出してきた。先日、あるワークショップにて我々の「細かい工夫」をまとめて発表する機会を頂いた。演題名は「脳血管内治療における私の（細かすぎて伝わらない？）工夫」とした。発表内容の大項目は3つ設定し、1. 手元操作の工夫、2. マイクロガイドワイヤー先端形状の工夫、3. マイクロカテーテルの形成と形状の工夫、とした。主に YouTube で公開している

実験動画と、約 10 本の論文から引用した内容となった。本稿では、これらのアイデアが生まれたきっかけを明らかにするとともに、代表例を紹介する。

方法

手術中に悩んだことや困ったことを、自分自身への質問・問題として提起する習慣をつけた。明確な問題提起があると、その場で解決できなくても、しばらくしてからアイデアが思い浮かぶことが多かった。散歩中、雑談中、車の運転中など様々な状況下でアイデアが浮かんだ。アイデアは忘れないようにスマートフォンや付箋にメモとして残すように心がけた。後日、血管モデルなどを用いて *in vitro* 検証を行った。検証で得られた動画は YouTube で配信して、多くの先生方からご意見を伺うことでテクニックの精度をあげたり、論文での考察を深めたりした。さらに、臨床に導入して有効性を確認した。

結果

1. Paper Rail Method

上司に同行して出張先で頸動脈ステント留置術を行った。その施設の血管撮影室内は薄暗く、上司がワイヤー端へのデバイス挿入に苦渋しているように感じた。**問題**「ワーキングテーブルが暗くても（老眼でも）迅速にデバイス挿入できる方法はないか?」。指の腹で 2D にして入れる方法はあるが、さらに 1D に近い方法を探した。滑らかなレールとなるもの、かつどこでも安価に手に入るものを考えた。**解決**「散歩中に、覆布テープの裏面を思いついた」（図 1: Paper Rail Method）¹⁾。上司へアイデアを

報告すると、即採用して頂いた。YouTube でも再生回数の多い人気の動画となった。

近くのものが見えにくいベテランだけに有用な方法ではなく、精神的に動揺したビギナーにも非常に有効な方法であった。

2. Modified Pigtail Shape Microguidewire

やる気のある若手脳外科医に、脳動脈瘤コイル塞栓術を経験させたいと思った。**問題**

「ビギナーでも安全にマイクロカテーテル操作できる方法はないか?」。マイクロガイドワイヤーを頭蓋内動脈へ誘導するときに、最も危険なのはワイヤー先端が不用意に穿通枝や動脈瘤内へ迷入することと考えた。そこで、**解決**「ワイヤー先端形状を Pigtail 型として、さらに血管選択を可能にするため Modified Pigtail 型とした」(図 2)

2,3,4)。また、ビギナーにとっては術中破裂時に対処するためのバルーンカテーテルを誘導することもストレス(指導者にとっても)と感じた。開頭術においては、破裂部を展開する前にテンポラリークリップのスペースを確保するのは常識である。**解決**「前方循環のコイル塞栓術全例で 8Fr. バルーンガイドを用いた」^{5,6,7,8)}。のちに、Modified Pigtail 型のワイヤーは、カテーテル交換やバルーン拡張時のアンカー、血栓回収時の血栓穿通など様々な手技に安全かつ有効であることがわかった^{9,10)}。Modified Pigtail 型は、先端ラウンド部分を小さく形成するのに多少のスキルが必要なため、プリシェイプワイヤーを開発した。

3. Microcatheter *in vivo* printing method

ある日のコイル塞栓術において、内頸動脈サイフォン屈曲の途中にある動脈瘤へのマイクロカテーテル誘導が非常に難しかった。**問題**「適切にマイクロカテーテル先端を

形状付けする方法はないか？」。手術終了後に使用済みのカテーテルを観察すると、母血管の形状が緩やかに残っていることを発見した。**解決**「一旦カテーテルを体内に入れて曲がり具合を記憶させてはどうか」。37℃に温めた血管モデルで検証したところ、3分間カテーテルを押し付け気味に留置すると、曲げるべき部位と方向がプリントされていることをみつけた（図 3: *in vivo* printing method）¹¹⁾。臨床においても有用であった。

4. Microcatheter Shaping Cast

プリシェイプや一度形成したマイクロカテーテルを再形成したいとき、付属のマンドレルを挿入すると先の形状が不明となり、思い通りの形状付けが難しい状況に直面した。**問題**「マンドレルを入れるのではなく、外から形状付けできないか？」。硬膜切開で用いる、有鉤ゾンデにカテーテル先端をはめてみた。しかし、ゾンデは硬すぎて形状付けできなかった。手元にある道具を集めて観察していたとき、手作りのギプスを思いついた。**解決**「ワイヤーのインサーターにマンドレルを4~5巻きしてギプスを作った」¹²⁾。らせん状の筒にカテーテル先端を入れてヒートガンで形状付けをした（図 4: Microcatheter Shaping Cast）。

5. Wireless Trans-cell Approach

ステント留置後にトランスセルでマイクロカテーテルを誘導しようとしたが、ワイヤーは先行するもののカテーテルが追従しにくかった。**問題**「容易にトランスセルできる方法はないか？」。ワイヤー先行ではステントストラットの角でカテーテル先端が進入を阻まれる。そこで、円柱の先端を小さく45°に曲げて先進させると、正面から

はラウンド形、側面からは90°になることを発見した。**解決**「カテーテル先端を小さく45°に曲げて、ワイヤレストランスセルアプローチ」（図5: Wireless Trans-cell Approach）¹³⁾。血管モデルで実験すると、カテーテル先端はステントストラットを自らかき分けるように進入した。

考察

上記のアイデアは戦略的に畏まって生まれた訳ではなく、偶然に発見したもの（セレンディピティ）ばかりである。しかし、全てのアイデアは困ったことに対する明確な問題提起が先行していた。頭の中に問題として残っていると、特に何もしていないときに解決策が生まれる。過去には、バラエティー番組のリズムネタから「ステント相撲」というアイデアを思いついた^{14,15,16)}。もちろん、全く採用されないアイデアもたくさんあるが、日ごろから問題提起-解決型思考の訓練をしていると、手術中の予期せぬトラブルにも反射的に未知の引き出しが開くような気がしている。そして、思いついたアイデアはメモを残すことも大切だと思っている。また、アイデアにキャッチーなネーミングを付けるのも面白く、「Corkscrew method」⁹⁾、「ASAP法」¹⁷⁾、「コイルをとめるな！」などメモが残っている。私の場合、幼稚なアイデアを温かく受け入れてくれる上司・同僚の存在も非常に大きい。

実験にて思い描いた結果にならなかつたり、上司に受け入れられなかつたりすることも多々あり、try and errorの連続である。例えば、海綿静脈洞部硬膜動静脈瘻に対して、磁場式ナビゲーションシステムを用いて経皮的上眼静脈穿刺を試みたことがある。しかし、ナ

ビゲーシヨンの誤差にてうまく留置針を誘導・固定することができなかった。また、ガイディングカテーテルの誘導に関して、2つのバルーンを相補的に利用する「親子バルーン法」¹⁸⁾というアイデアは、有用であるが保険上の制約で汎用できないという問題に直面した。さらに、日ごろの血管内手術中に少し役立つような細かい工夫は、論文化・製品化することが難しく、YouTubeでの供覧にとどまっているものもある。

結語

問題提起-解決型の思考で生まれた「細かすぎて伝わらない工夫」を紹介した。我々の脳血管内治療の分野は、まだ少しの工夫で学会発表・論文発表ができる発展途上にあると思う。多くの方々と脳血管内治療の面白さを共有したい。

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) Ohshima T, Miyachi S, Matsuo N, et al: Novel Technique for Rapid and Accurate Insertion of a Microguidewire Tail Into Low-Profile Devices During Endovascular Procedures: The Paper Rail Method. *J Endovasc Ther* 2018; 25: 614-616.

- (2) Sato M, Ohshima T, Ishikawa K, et al: A Novel Technique of Safe and Versatile Microguidewire Shaping with Neuroendovascular Therapy: Modified Pigtail Method. *J Neuroendovasc Ther* 2017; 11, 266-71.
- (3) Ohshima T, Shamim Ul Haq Siddiqi, Miyachi S, et al: Usefulness of modified pigtail-shaped microguidewire guidance for microcatheter navigation in difficult vasculatures during neuroendovascular interventions. *Nagoya J Med Sci* 2018; 80: 551-557.
- (4) Ato F, Ohshima T, Miyachi S, et al: Efficacy and Safety of a Modified Pigtail-Shaped Microguidewire during Endovascular Thrombectomy. *Asian J Neurosurg* 2019; doi: 10.4103/ajns.AJNS_28_19.
- (5) Tajima H, Ohshima T, Goto S, et al: Usefulness of the 8Fr Optimo as a guiding catheter during endovascular treatment for intracranial aneurysms : original article. *J Neuroendovasc Ther* 2015; 9, 16-21.
- (6) Ohshima T, Dash Chinmaya, Belayev A, et al. 8-F balloon guide catheter for embolization of anterior circulation aneurysms: an institutional experience in 152 patients. *Nagoya J Med Sci* 2017; 79, 435-41.
- (7) Ohshima T, Miyachi S, Matsuo N, et al: Efficacy of the proximal balloon flow control method for endovascular coil embolisation as a novel adjunctive technique: A retrospective analysis. *Interv Neuroradiol* 2018;24, 375-378.

- (8) Ansari A, Ohshima T, Goto S, et al: Double-balloon Trapping for Coil Embolization of Ruptured Internal Carotid Artery Aneurysm: A Novel Technique *Asian J Neurosurg* 2019; doi: 10.4103/ajns.AJNS_134_17.
- (9) Ohshima T, Imai T, Sato M, et al: A Novel Technique for Higher Success Rates of Recanalization with Stent Clot Retriever: Corkscrew Penetrating Method. *J Neuroendovasc Ther* 2017; 11, 94-98.
- (10) 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.
- (11) Ohshima T, Imai T, Goto S, et al: A Novel Technique of Microcatheter Shaping with Cerebral Aneurysmal Coil Embolization: In Vivo Printing Method. *J Neuroendovasc Ther* 2017; 11, 48-52.
- (12) Ohshima T, Kawaguchi R, Maejima R, et al: A Novel Technique for Microcatheter Additional Shaping During Intracranial Aneurysmal Coil Embolization: Microcatheter Shaping Cast. *Asian J Neurosurg* 2019; doi: 10.4103/ajns.AJNS_130_19
- (13) Ohshima T, Kawaguchi R, Maejima R, et al: A Novel Technique for Stent-Assisted Coil Embolization of Intracranial Aneurysms: The Wireless Trans-Cell Approach. *Asian J Neurosurg* 2019; doi: 10.4103/ajns.AJNS_163_19.
- (14) Ohshima T, Goto S, Yamamoto T, et al: Experimental evaluation and training of stent clot retrieval: the confront clot scrambling method. *Nagoya J Med Sci* 2017; 79, 401-406.

- (15) Kawaguchi R, Ohshima T, Nagano Y, et al. Experimental Evaluation of Stent Clot Retrieval by the Confront Clot Scrambling Method using an Equitable Automatic Withdrawal Machine. *Asian J Neurosurg* 2018; doi: 10.4103/ajns.AJNS_285_18.
- (16) Ohshima T, Kawaguchi R, Nagano Y, et al. Experimental Direct Measurement of Clot-Capturing Ability of Stent Retrievers. *World Neurosurg* 2019; 121, 358-363.
- (17) 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, 468-475.
- (18) Ohshima T, Ishikawa K, Goto S, et al. Parent and Child Balloon Technique for Navigating Guide Catheters During Neurointerventions. *World Neurosurg* 2017; 106, 409-412.

図表の説明

図 1: Paper Rail Method の写真を示す。A: 覆布テープは初めから畳まれた状態で梱包されている。台紙裏面の谷折り（黒矢頭）を利用する。B: 左手のワイヤー後端と右手のカテーテルを約 30° のなす角で溝に誘導すると、C: IVUS やバルーンのデリケートな部分に触れなくとも容易に誘導できる。

図 2: Modified Pigtail 形状の設計図を示す。先端のラウンドは血管に優しく、穿通枝への迷入を防ぐ。手前の屈曲によってトルクをかけると血管選択ができる。

図 3: *in vivo* printing method の写真を示す。A: 37°Cの血管モデル内に 3 分間留置したのち回収したマイクロカテーテル。B: プリントされた 2 か所を steam で追加形成している。C: 3D 血管撮影を参考にして、マンドレルを用いて先端部も形成した。

図 4: Microcatheter Shaping Cast の写真を示す。A, B, C: マンドレルをインサーターに巻き付けてギプスを作成。D, E, F: カテーテルをヒートガンで熱形成した。

図 5: 上段に Wireless Trans-cell Approach のコンセプトをシェーマで示し、下段に実験の写真を示す。ガイドワイヤーを先行させてストレートのカテーテルを誘導しようとしても、ステントストラットの角に進入を阻まれる。一方、先端を小さな 45° に形成してカテーテルのみで誘導すると、ストラットをかき分けるように容易に進入できた。白矢印：瘤内に先行したガイドワイヤー、白矢頭：ステントに阻まれたストレートカテーテル、黒矢頭：ステントを容易にすり抜けた。

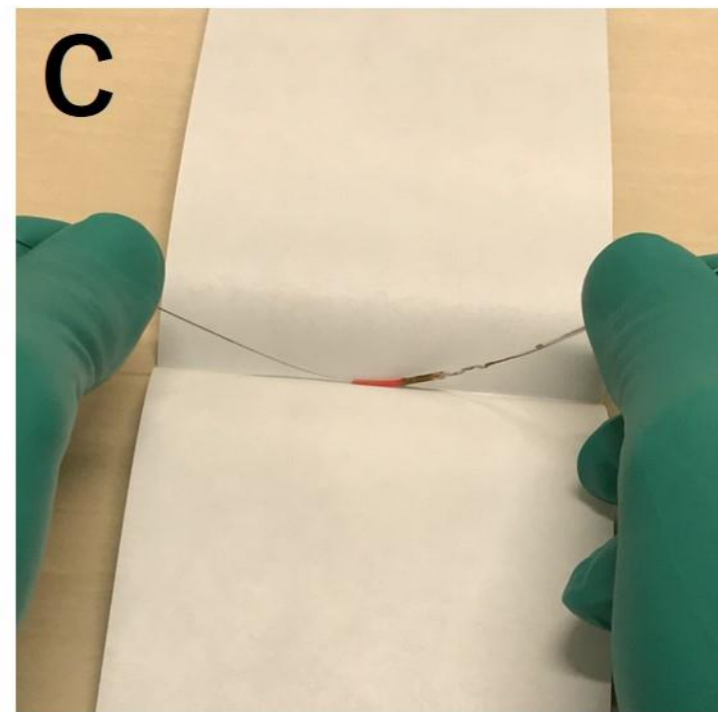
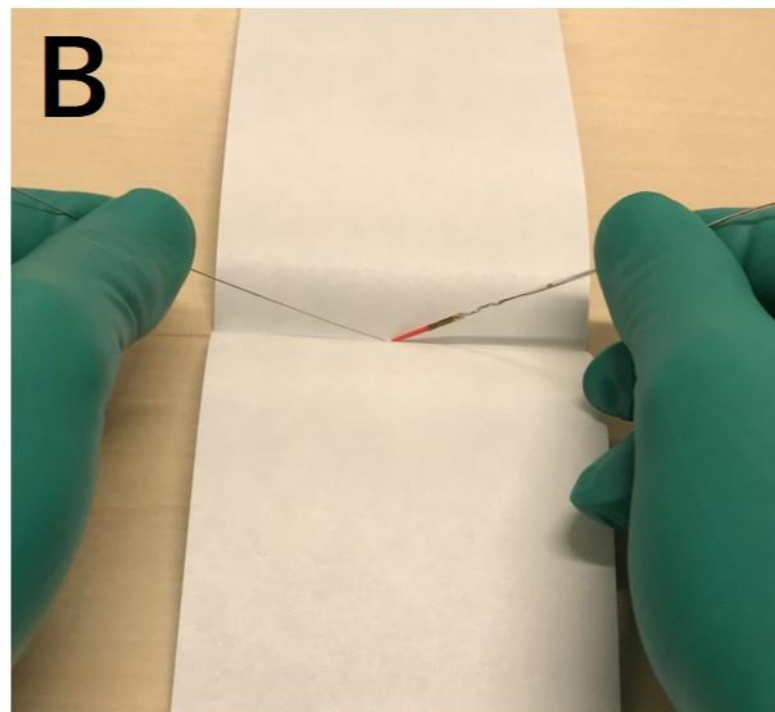
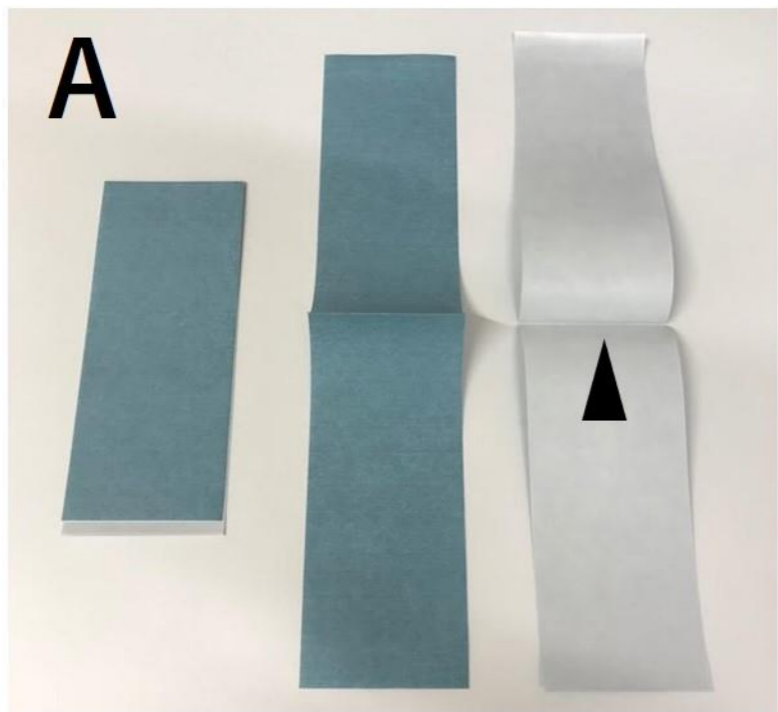


Fig.1

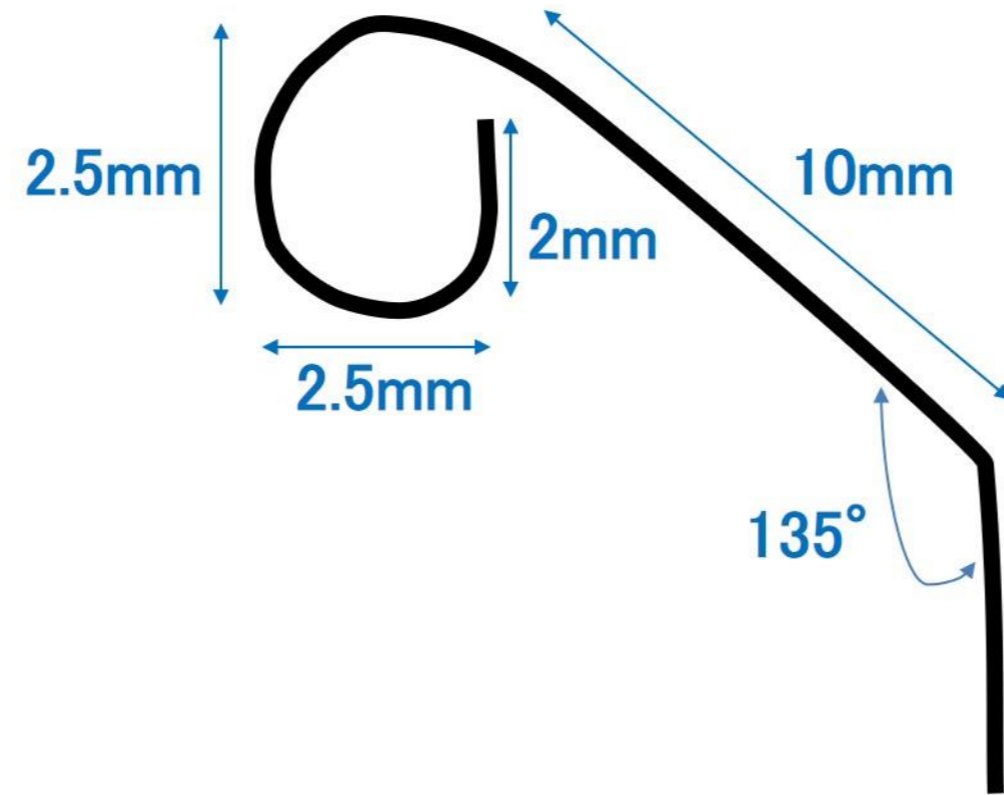


Fig.2

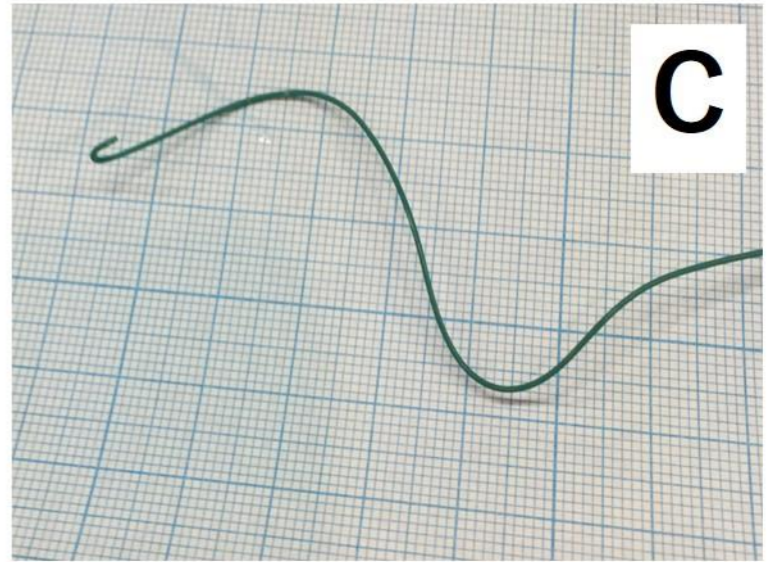
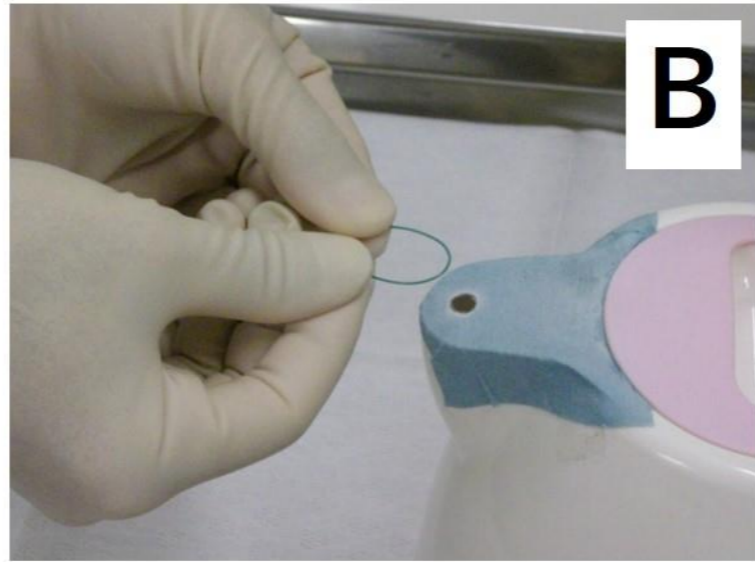
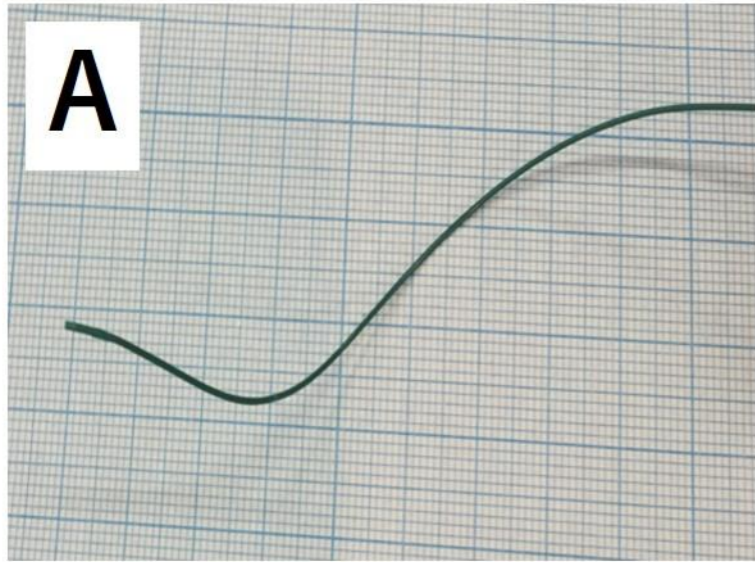


Fig.3

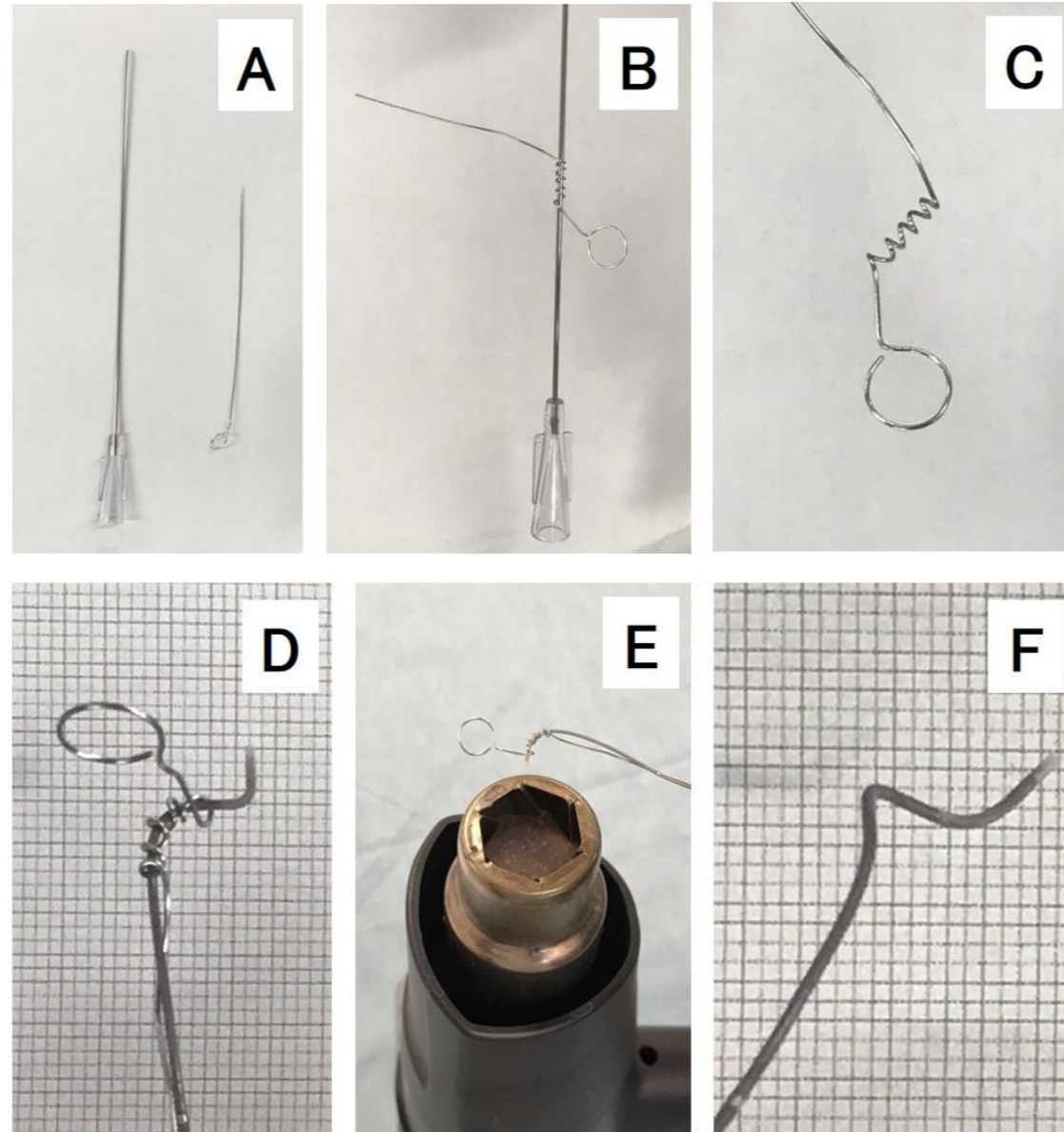


Fig.4

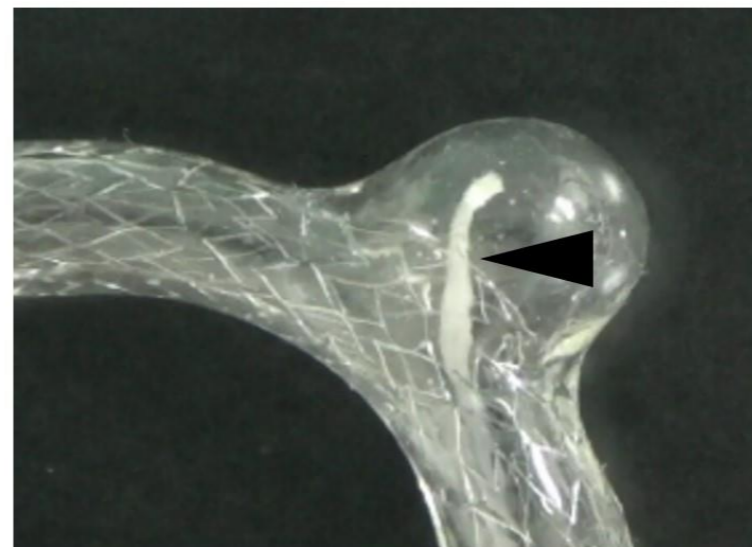
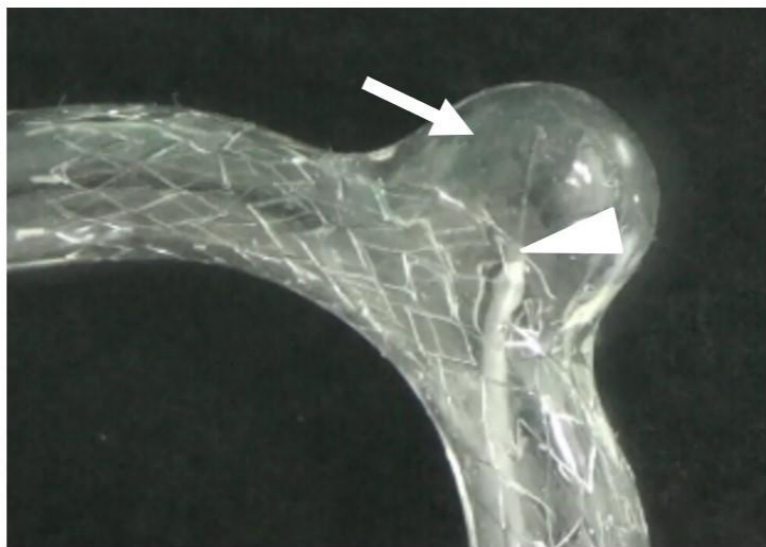
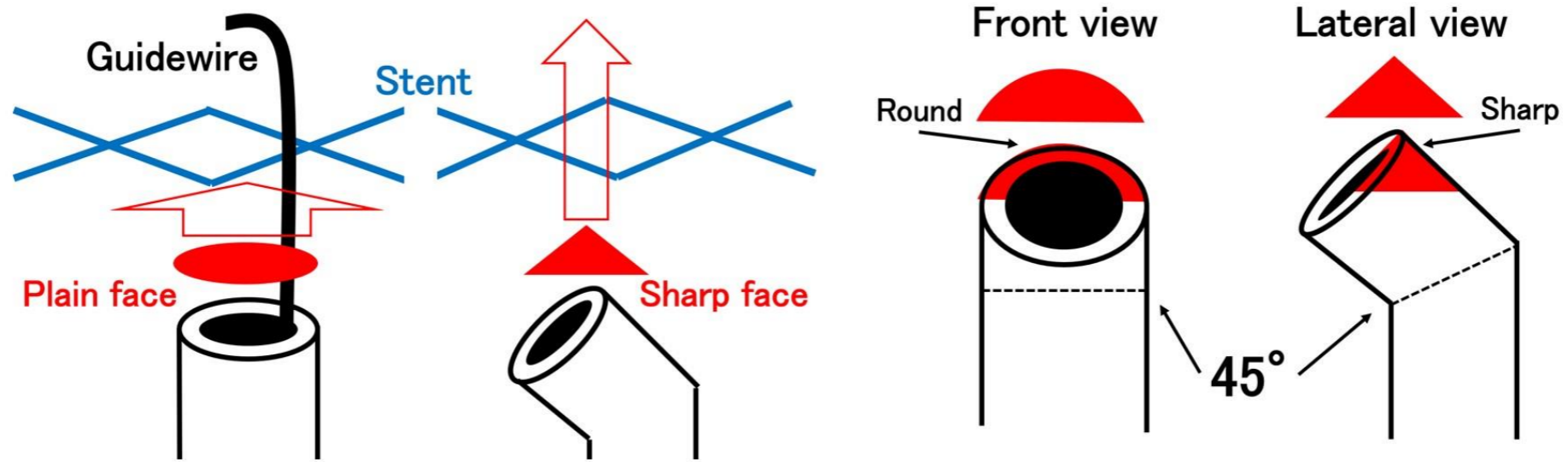


Fig.5