

テクニカルノート

脳動脈瘤コイル塞栓術におけるマイクロカテーテル先端の新しいシェイピング法：In vivo printing method

A novel technique of microcatheter shaping with cerebral aneurysmal coil embolization: In vivo printing method

大島 共貴、今井 資、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., 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: intracranial aneurysms, coil embolization, microcatheter, shaping

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】脳動脈瘤コイル塞栓術において、マイクロカテーテルを動脈瘤内へ誘導するのが難しい症例に対して、確実かつ安全に誘導できる、新しいシェイピング法を報告する。【症例提示と結果】83歳、女性。未破裂内頸動脈—前脈絡叢動脈分岐部動脈瘤にて経過観察中、blebが増大傾向にあり血管内治療を施行した。ストレートのマイクロカテーテルを目的とする動脈瘤頸部より5mm程度遠位の母血管へ誘導した。カテーテル全体を母血管壁に対してやや押し付けるようにしてそのまま患者体内で3分間待機した。その後、カテーテルを体外へ回収すると、カテーテルに記憶された立体形状が、3D-DSAの母血管立体形状と一致した。その2箇所をsteam-shapeして、さらにカテーテル先端部を動脈瘤内で安定しやすい形状にマンドレルを用いてsteam-shapeした。マイクロカテーテルを動脈瘤より遠位から引いてくるだけで、瘤内へ誘導することが可能であった。良好なコイル充填が達成できた。本法を5例（破裂瘤1例、未破裂瘤4例）に施行したところ、全例においてマイクロカテーテルを動脈瘤遠位から単純に引いてくる動作のみで動脈瘤内へ誘導可能であった。【結論】本法は、マイクロカテーテルの誘導が困難な動脈瘤だけではなく、ガイドワイヤーを瘤内へ先行させるのが危険な動脈瘤にも非常に有効であった。

緒言

脳動脈瘤コイル塞栓術において、マイクロカテーテルを動脈瘤内の適切な部位へ安全に誘導して安定させることは、非常に重要である¹⁻³⁾。特に内頸動脈傍鞍部動脈瘤では、マイクロカテーテル先端部の複雑な立体形成を必要とすることがあり、様々な方法や工夫が報告されている⁴⁻⁷⁾。我々は、マイクロカテーテルを一旦患者の体内に誘導して、形状をつけるべき部位と方向を教えてもらう、新しいシェイピング法を考え出した。本法の有用性を検証報告する。

代表症例と結果

症例:83歳、女性。10年前より未破裂内頸動脈—前脈絡叢動脈分岐部動脈瘤(最長径3.5mm)を外来で経過観察していた(Fig. 1)。10年前よりペースメーカーを留置されており、クロピドグレル75mgを内服していた。約半年前に同動脈瘤にblebの新生を認めた(Fig. 2)。その後、3か月ごとに造影CTを行っていたが、blebが増大傾向にあり血管内治療を希望された。手術の2週間前にアスピリン100mgを追加した。局所麻酔下、右大腿動脈より8F short sheathを挿入した。ヘパリンを静脈内投与してactivated clotting time (ACT)が250秒以上を維持するようにした。8F Cello (Medtronic, Minneapolis, MN, USA)を左内頸動脈へ誘導した。動脈瘤の高さは、blebを含めても3.8mmと小型であり、ワイヤーを先行するマイクロカテーテルの誘導は穿通のリスクが高いと思われた。

マイクロカテーテル先端形状の作成方法：Headway 17マイクロカテーテル straight

(TERUMO, 東京)をChikai 14マイクロガイドワイヤー(Asahi Intecc, Aichi, Japan)の先行で、動脈瘤頸部より5mmほど遠位まで誘導した。ワイヤーを抜去して、マイクロカテーテルをやや血管壁の大弯側に対して押し付けるようにして3分間そのまま待機した(Fig. 3)。その後、一旦マイクロカテーテルを体外に回収すると、内頸動脈サイフォン部の形が緩やかに残っていた。カテーテルに記憶された立体形状が、3D-DSAの母血管の立体形状と一致して、shapeすべき部位と方向が把握できた。この手術に先立って行われた、in vitroの血管モデルで検証した写真をFig.4からFig.6に示す。ストレートのカテーテルを37°Cに温めた血管モデル内に3分間留置して一旦回収すると、Fig.4のような曲がりが見られた。その部位を両手指で把持しながらマンドレルは使わずに30秒間steam-shapeして曲線状を作り(Fig. 5)、さらに先端部を今度はマンドレルを先端部のみに挿入して、直角に仕上がるよう30秒間

steam-shape した(Fig. 6)。この方法を用いて、本症例ではサイフォン部の一か所を形状付けしたあと、3D 画像と一致する方向にマンドレルを用いて先端部の 4.0mm を直角に形成した。

術中術後経過：先端形状を付けたマイクロカテーテルを、もう一度マイクロガイドワイヤーの先行で、動脈瘤の遠位まで誘導した。ワイヤーを途中まで抜いて、ゆっくりとマイクロカテーテルを引いてくると、その先端部は容易に瘤内へ入った(Fig. 7)。マイクロカテーテルの走行が、母血管の long axis を正確に辿っていると思われた(Fig. 8)。Cello のバルーンで flow control しながら framing したが、安定した framing を作ることができず、Neuroform ステンツ 4.0×20mm (Stryker Neurovascular, Kalamazoo, MI, USA)を留置して jailing 法で塞栓した。HyperSoft 3D 2.5×40mm、2.0×30mm、2.0×30mm、1.5×30mm (TERUMO, 東京)、Deltaplus 15×20mm (Johnson & Johnson, Fremont, CA, USA)を挿入して、bleb を含めて完全塞栓ができた(Fig. 9)。周術期に合併症はみられず、術後 5 日目に独歩退院となった。

我々は、本法を 5 例（破裂瘤 1 例、未破裂瘤 4 例）に施行した。サマリーを Table.1 に示す。全例においてマイクロカテーテルを動脈瘤遠位から単純に引いてくる動作のみで動脈瘤内へ誘導可能であった。

考察

脳動脈瘤コイル塞栓術において、マイクロカテーテルを動脈瘤内の適切な部位へ安全に誘導して安定させることは非常に重要である。これまでに、各種マイクロカテーテルの特徴や steam-shape に対する差異、動脈瘤内への誘導の工夫などが多く報告されている¹⁻³⁾。特に内頸動脈傍鞍部動脈瘤では、マイクロカテーテル先端部の複雑な立体形成を必要とすることがあり、近年は 3D 血管撮影を透見して形成する方法や 3D プリンターを用いて形成する方法など様々な工夫が報告されている⁴⁻⁷⁾。

In vivo printing method（以下、本法）は、新たに追加するデバイスや3Dプリンターなどを用意する必要がなく、術前の滅菌作業も必要がない。破裂瘤・未破裂瘤のどちらにも現場で施行でき、通常の手技でマイクロカテーテル誘導に困ったときのオプションとしても非常に有用である。Nambaら⁷⁾は、3Dプリンターによって、患者特異血管モデルを作成してマンドレルを立体的に形成する方法を報告している。彼らは10例にその方法を導入して、全例で動脈瘤内へのマイクロカテーテル誘導に成功している。しかしながら、その詳細をみると、単純に動脈瘤遠位から引き戻して誘導できたのは2例のみで、ガイドワイヤーを先行して誘導したものが3例、カテーテルを押し込んで誘導したものが5例であった。我々の方法では、5例全例でカテーテルの単純な引き抜きによって動脈瘤内へ誘導できた。5例の症例サマリーをTable.1に示す。これらの差は、3Dプリンターで作成した患者特異の血管モデルは中空構造でないため、実際の体内でのカテーテル走行は再現できなかったことによると思われた。本法で形成したカテーテルの方が、より忠実に母血管のlong axisを走行すると推測された。

マイクロカテーテルが母血管のlong axisをしっかりと辿ることによって、マイクロカテーテルは遠位からの単純な引き抜き操作で動脈瘤内へ誘導できた。マイクロカテーテルを引いてくると、全例でその先端は動脈瘤側を向いた。これは、先端の第一形状だけを頼りに誘導したときに、動脈瘤頸部の反対側を向きたがる現象とは対照的であった。また、動脈瘤内へマイクロカテーテルの1st マーカーが進入する際に、いずれも動脈瘤の奥へは迷入せず、むしろ頸部の浅い位置に留まった。浅めに留置されたマイクロカテーテルから1st コイルを挿入しても、動脈瘤外へ逸脱する現象はみられなかった。これらの理由も、母血管のlong axisを正確に辿っているということから説明できる。マイクロカテーテルが動脈瘤頸部と反対側の母血管にしっかりと接触しており、コイル挿入に際しても非常に安定し

ていた。コイルを 1 から 2 loop 動脈瘤内に展開したところで、マイクロカテーテルを少し進めると、動脈瘤の中心部に安定化させることができた。

我々は、本法を 5 例に施行したが、全例においてマイクロカテーテルを動脈瘤遠位から単純に引いてくる動作のみで動脈瘤内へ誘導可能であった。使用したマイクロカテーテルは、3 例で Headway 17 straight (TERUMO, Tokyo, Japan)、2 例で XT-17 straight (Stryker Neurovascular, Fremont, CA, USA)であった。これは、個々の症例により使い分けた訳ではなく、前後の緊急手術での使用と当院への供給状況によった。2 種類ともに steam-shape に対する形状保持が強く、使用感は同等であった。他のマイクロカテーテルでは検証していないが、手術終了後のマイクロカテーテルを注意深く観察して、サイフォンの形状などがしつかりと残っていれば、本法に適していると思われる。

本研究は、単一施設単一術者の少数例の経験に過ぎず、確固とした方法にするためには今後さらなる症例数の蓄積が必須である。

結語

マイクロカテーテルを一旦患者の体内に誘導して、カテーテルに記憶された立体形状から shape すべき部位と方向を把握するという新しいシェイピング法を検証した。本法は、マイクロカテーテルの誘導が困難な動脈瘤だけではなく、マイクロガイドワイヤーを瘤内へ先行させるのが危険と思われる動脈瘤にも非常に有効であった。

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) Abe T, Hirohata M, Tanaka N, et al. Distal-tip shape-consistency testing of steam-shape microcatheters suitable for cerebral aneurysm coil placement. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004; 25: 1058-1061.
- 2) Kiyosue H, Hori Y, Matsumoto S, et al. Shapability, memory, and luminal changes in microcatheters after steam shaping: a comparison of 11 different microcatheters. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005; 26: 2610-2616.
- 3) Pakbaz RS, Kerber CW. Complex curve microcatheters for berry aneurysm endovascular therapy. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007; 28: 179-180.
- 4) Park HK, Horowitz M, Jungreis C, et al. Endovascular treatment of paraclinoid aneurysms: experience with 73 patients. *Neurosurgery* 2003; 53: 14-23.
- 5) Toyota S, Fujimoto Y, Iwamoto F, et al. Technique for shaping microcatheter tips in coil embolization of paraclinoid aneurysms using full-scale volume rendering images of 3D rotational angiography. *Minim Invas Neurosurg* 2009; 52: 201-203.
- 6) Kwon BJ, Im SO, Park JC, et al. Shaping and navigating methods of microcatheters for endovascular treatment of paraclinoid aneurysms. *Neurosurgery* 2010; 67: 34-40.
- 7) Namba K, Higaki A, Kaneko N, et al. Microcatheter shaping for intracranial aneurysm coiling using 3-dimensional printing rapid prototyping technology: preliminary result in the first 10 consecutive cases. *World Neurosurg* 2015; 84: 178-186.

図表の説明

Fig. 1: 手術の2年前に撮影された3D-CT血管造影を示す。左内頸動脈-前脈絡叢動脈分岐部に小型動脈瘤を認めた。

Fig. 2: 手術半年前の 3D-DSA を示す。左内頸動脈—前脈絡叢動脈分岐部に小型動脈瘤があり、bleb の新生を認めた。

Fig. 3: 術中 DSA を示す。ストレートのマイクロカテーテルを目的とする動脈瘤頸部より 5mm 程度遠位の母血管へ誘導した。白矢頭：マイクロカテーテル先端部、白矢印：半年前に比べて bleb が増大した動脈瘤。

Fig. 4: 37°C に温めた血管モデルに 3 分間留置後一旦体外に抜去したマイクロカテーテルの写真。矢頭の部位に血管形状が緩やかに記憶されているのがわかる。

Fig. 5: Fig. 4 の矢頭の部分を steam-shape しているところの写真。マンドレルは用いていない。

Fig. 6: steam-shape が終わったところの写真。矢印部分はマンドレルを用いて形成した。

Fig. 7: DSA を示す。マイクロカテーテルの単純な引き抜きで先端部が動脈瘤内に誘導できた（白矢頭）。

Fig. 8: コイル挿入中のロードマップ撮影を示す。黒矢印：マイクロカテーテル先端部、白矢頭：マイクロカテーテルが母血管の long axis を辿っている様子が分かる。

Fig. 9: 手術終了時の単純写を示す。bleb を含めて完全塞栓となった。

Table 1. Summary of Patient and Aneurysm Characteristics, Treatment Method, and Outcomes

Patient	Sex	Age	Rupture	AN Location	AN Size, mm	Adjunctive Technique	Complication	Aneurysm Occlusion
1	F	62	(-)	Paraclinoid	8.0×7.0×6.1	No	No	RS1
2	F	70	(-)	ICA-PCoA	14.0×11.2×9.8	No	No	RS3
3	F	83	(-)	ICA-AchA	3.8×2.4×2.2	Stent	No	RS1
4	F	70	(+)	ICA-PCoA	4.0×2.2×2.0	No	No	RS1
5	M	54	(-)	Paraclinoid	5.5×4.0×4.0	No	No	RS1

AchA, anterior choroidal artery; AN, aneurysm; F, female; ICA, internal carotid artery; M, male; PCoA, posterior communicating artery, RS, Raymond score

Fig.1



Fig.2

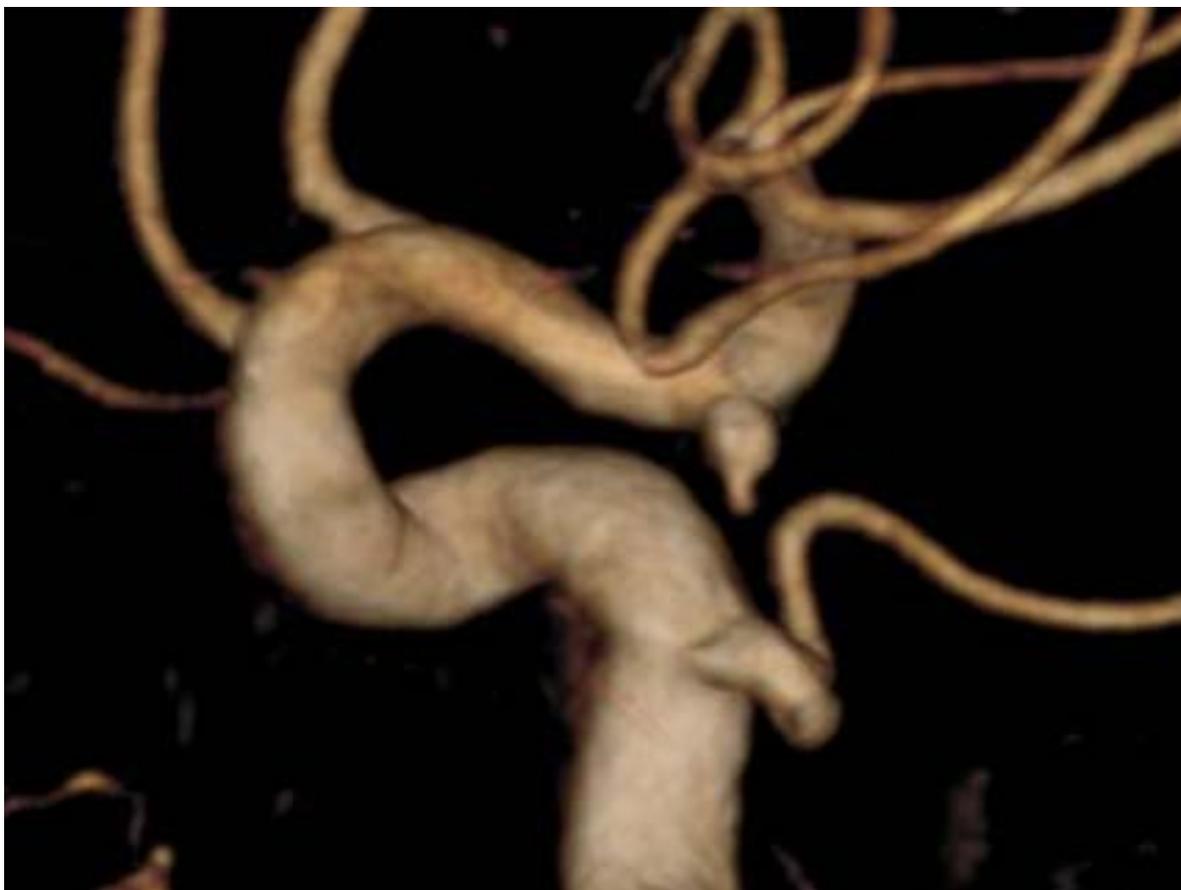


Fig.3



Fig.4

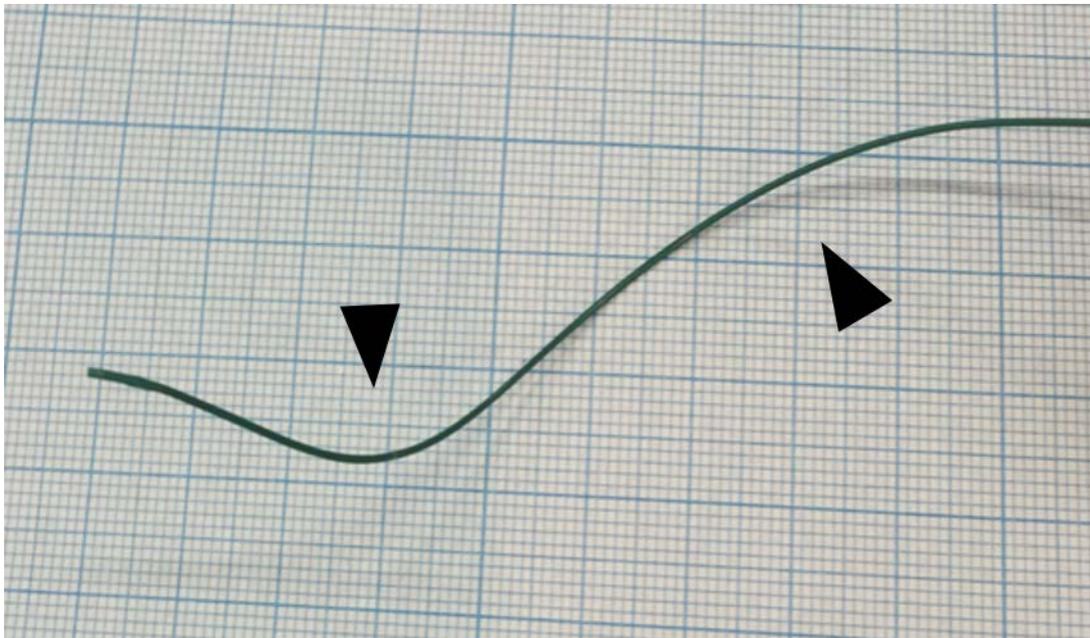


Fig.5

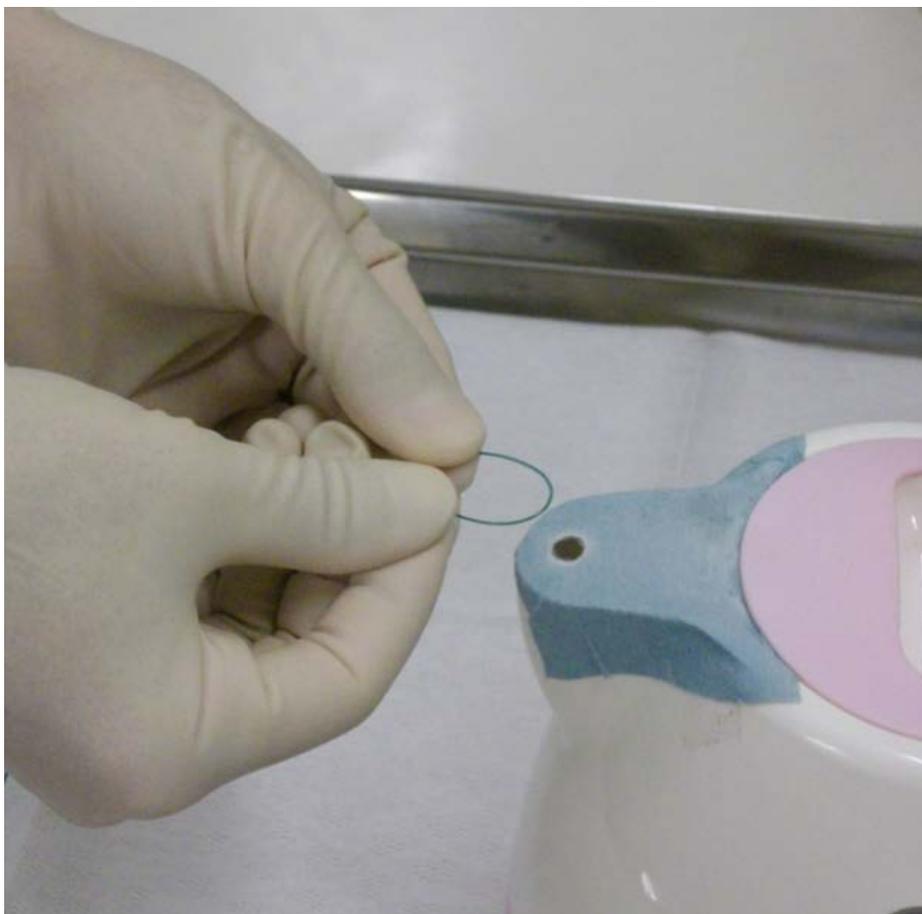


Fig.6

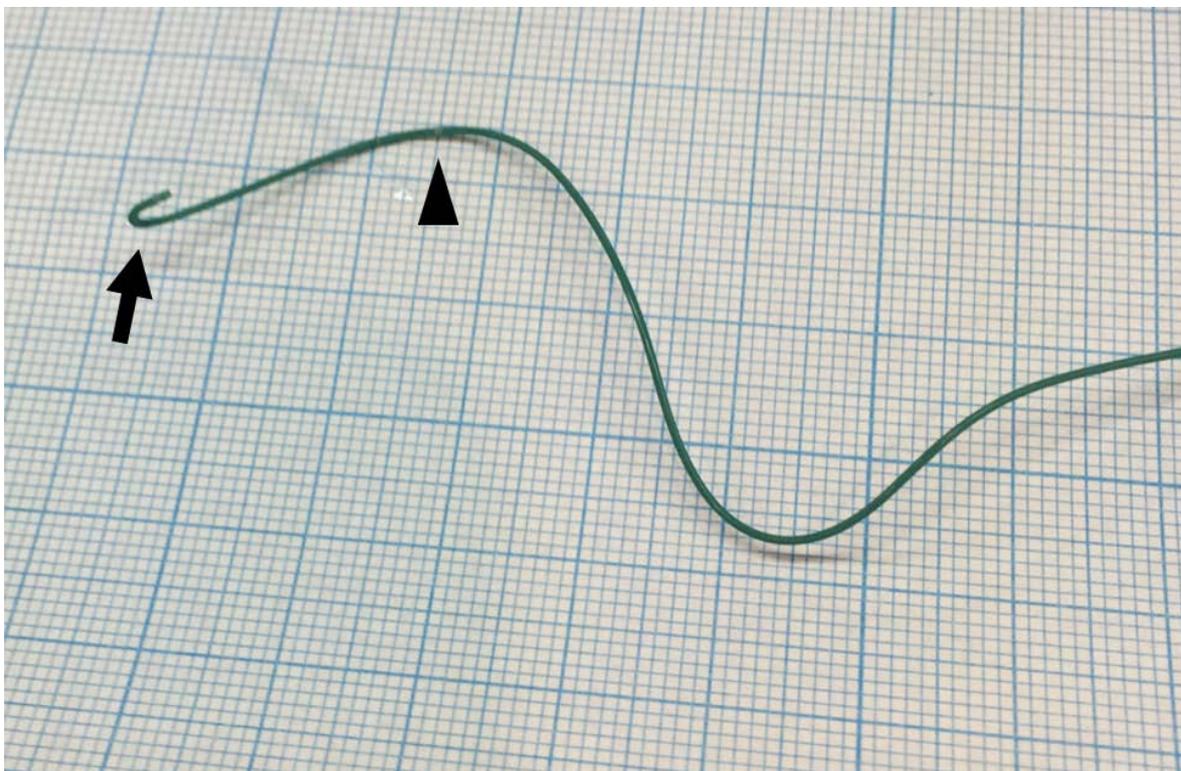


Fig.7



Fig.8

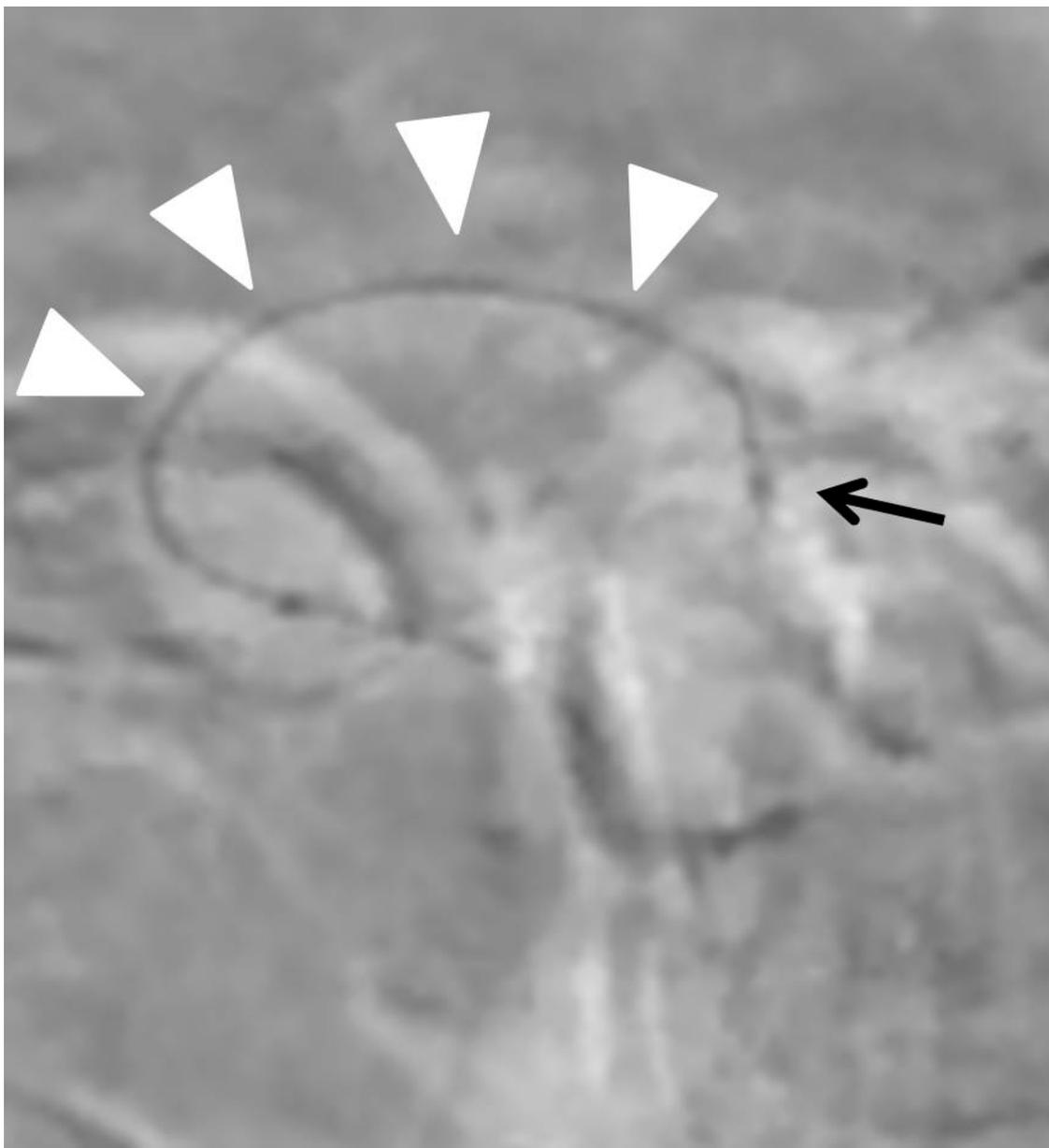


Fig.9

