

1) Case Report

2) Title:

ステント併用コイル塞栓術の終盤に起こったコイルスタックの 1 症例

3) 著者名：取越貞治¹，池田宏之^{1, 2}，大塚亮太郎¹，辻本吉孝¹，佐野徳隆¹，早瀬睦¹，西村真樹¹，戸田弘紀¹

4) 所属施設・部署：¹福井赤十字病院 脳神経外科，²倉敷中央病院
脳神経外科

5) 連絡先：池田宏之

倉敷中央病院 脳神経外科

〒710-8602 岡山県倉敷美和 1-1-1

Tel: +81-086-422-0210; Fax: +81-086-421-3424

E-mail: rocky@kuhp.kyoto-u.ac.jp

6) Key words: aneurysm, coil embolization, coil stuck, volume
embolization ratio

7) 宣言：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．

タイトル

ステント併用コイル塞栓術の終盤に起こったコイルスタックの1症例

和文論旨

目的:コイル塞栓術終盤に起こった、マイクロカテーテル内で2つのコイルが噛み合い動かなくなるコイルスタックについて報告する。

症例:未破裂前交通動脈瘤に対するステント支援下コイル塞栓術終盤に2本のコイルがマイクロカテーテル内でスタックを起こした。マイクロカテーテル先端近傍に離脱したコイル後端があり次のコイルをマイクロカテーテルから出して引き戻す際、離脱したコイル後端部と引き戻したコイルが噛みあいマイクロカテーテル内に入り込み動かなくなった。マイクロカテーテル及び2本のコイルを回収して塞栓術を終了した。

結論:コイル塞栓術終盤では充填率が高くなりコイル挿入や牽引でコイルスタックを起こす可能性がある。

緒言

脳動脈瘤塞栓術中のコイルに関連したトラブルとして、コイルの stuck, knotting, fracture, unraveling が報告されている。¹⁻⁷ 今回我々は未破裂脳動脈瘤コイル塞栓術の終盤で、マイクロカテーテル内で2本のコイルが噛み合い動かなくなるコイルスタックを来した症例を経験した。コイル塞栓術中のコイルスタックは稀に起こり得るが、¹ 我々が渉猟し得た範囲では、マイクロカテーテル内で2つのコイルが噛み合い動かなくなるコイルスタックの発生機序を詳細に検討した文献報告はない。そのため、術中画像所見やコイルスタックを起こしたコイルとマイクロカテーテルの拡大写真を元に、

推測され得る発症機序を考察して報告する。

症例提示

症例は60歳男性。一過性のめまいを主訴に頭部MRAで前交通動脈瘤を指摘され、当院を紹介受診した。既往歴には高血圧、糖尿病、脂質異常症があった。生活歴は喫煙歴があり、くも膜下出血の家族歴はなかった。脳血管撮影で、右A1-A2部に前交通動脈瘤（ネック3.74mm、ドーム5.28 × 4.24mm、高さ4.44mm）を認めた（Fig. 1A, B）。治療希望があり、コイル塞栓術を施行した。

脳血管内治療

全身麻酔下にステント支援下コイル塞栓術を施行した。全身ヘパリン化後に、右大腿動脈より8Frガイドینگカテーテルを挿入し、右内頸動脈頸部に留置した。ステント留置用のExcelsior SL-10（Stryker, Kalamazoo, MI, USA）は前交通動脈から左前大脳動脈への誘導が困難であったため、右前大脳動脈に誘導した。3.4 Fr TACTICS（Technocrat Corporation, Aichi, Japan）をdistal access catheterとして使用して、内頸動脈先端部から右A1と動脈瘤の形状に合わせてsteam shapeしたExcelsior SL-10を動脈瘤内に留置した。Neuroform Atlas 3 × 21mm（Stryker）を右A2からA1に展開し（Fig. 1C）、12倍希釈造影剤を用いたCone beam CTでステントによるネック被覆の効果を確認した（Fig. 1D）。Jailing techniqueを用いて、Target 360 Soft 4 mm × 15 cm（Stryker）で前交通動脈を温存して動脈瘤全体にframingを行った。Target 360 Ultra 3.5 mm × 8 cm, Target 360 Ultra 3 mm × 6

cm, Target 360 Nano 2.5 mm × 4 cm で filling した。5 本目の Target 360 Nano 1.5 mm × 2 cm での finishing の際、コイル挿入の抵抗がでてきたがコイル塊の中に充填可能であった。SL-10 のセカンドマーカークとコイルのデリバリーワイヤーのアライメントマーカークが逆 T 字型になり、SL-10 の先端マーカークがコイル塊の外に出た状態で 5 本目コイルを離脱した (Fig. 1E)。5 本目のコイルを離脱すると、SL-10 の先端マーカークがコイル塊の中に戻った (Fig. 1F)。6 本目の Target 360 Nano 1.5 mm × 2 cm を挿入しようとしたが、コイル塊の中に挿入できずに SL-10 の先端マーカークがコイル塊の外に出てきた (Fig. 1G)。そのため、6 本目のコイルを回収するために牽引していると抵抗があり、更にコイルの押し出しにも抵抗があり、SL-10 の中で 6 本目のコイルが動かなくなった (Fig. 1H)。SL-10 を引いてコイル塊の外に出すと、6 本目のコイル先端は 5mm SL-10 先端から突出した状態で、更に SL-10 先端に別コイルの後端を引き込んでいた (Fig. 1I)。6 本目のコイルを引くと非常に強い抵抗があり、2 本のコイルが重なり合った状態で SL-10 の中に引き込まれ、引き込んだ別コイル先端がコイル塊の外に出てきた (Fig. 1J)。引き込んだ別コイルは、6 本目のコイルと同じ長さであった。SL-10 とスタックした 2 本のコイルを同時に回収した。脳血管撮影で動脈瘤は軽度のネック残存の状態で治療を終了した (Fig. 1K)。最終的に 4 本のコイルを使用しており、Volume embolization ratio (VER) は 31.7% であった。術後覚醒良好であり神経学的異常所見を認めなかった。6 カ月後の脳血管撮影で前交通動脈瘤の完全閉塞を認めた (Fig. 1L)。

回収した SL-10 とコイルの所見

回収した SL-10 の破損はなく、引き込んだ遠位側のコイル先端が確認

された (Fig. 2A). SL-10 を先端部分から切り開いていくと, SL-10 の中に 2 本の Target 360 Nano 1.5 mm × 2 cm が引き込まれており, 5 本目と 6 本目に挿入したコイルであることが確認された. 2 本のコイルは 5 mm の距離で重なり合っていたが、接着しておらず容易に分離し, 双方とも unraveling していなかった (Fig. 2B). 5 本目のコイル後端でコイルが重なっていた部分は, らせん状の素線が 1 次コイルの軸方向に対して傾いており, 1 次コイル径が使用前の 0.010 inch (254 μm) から約 0.008 inch に短縮していた (Fig. 2C).

考察

本症例は unraveling や knotting と同様 coil related complication の稀な 1 例である. Abe らは coil related complication について述べた case series の中で, コイル stuck はマイクロカテーテル内での血栓形成, マイクロカテーテルの蛇行による内腔の狭小化, また, マイクロカテーテル内での 2 本のコイルが重なり合うことなどが原因と推察している¹. 本症例は, マイクロカテーテル内での 2 本のコイルが重なり合うことが原因で発生したコイル stuck を術中画像所見と回収したコイルとマイクロカテーテルを元に確認した初めての報告である.

SL-10 先端の内腔径は 0.0165 inch に対し, コイルスタックを起こした Target 360 Nano の 1 次コイル径は 0.010 inch である. そのため, SL-10 内腔に 2 本の Target 360 Nano コイルが同時には入らないはずである. しかし, 2 本のコイルが噛み合った状態で SL-10 の中に引き込まれることによって 1 次コイル径が短縮したことで, SL-10 の内腔を押し広げたことで, 2 本のコイルが重なるように入ったと推測される. 2 本のコイルが隙間なくマイク

ロカテーター内に入ったことで、デリバリーワイヤーの押し引き共に強い抵抗が発生し、コイルスタックの状態になったと考えられる。

コイルスタックが発生するメカニズムは大きく分けて 2 つあると推測している。1 つ目は、マイクロカテーター先端近傍に離脱したコイル後端部があり、次のコイルを挿入してマイクロカテーターから一旦出した後にコイルを引き戻す時に、離脱したコイル後端部と引き戻したコイルが噛み合うことで 2 本のコイルがマイクロカテーター内で動かなくなるメカニズム A である (Fig. 3A)。2 つ目は、マイクロカテーター先端部の中に離脱したコイル後端部があり、次のコイルを挿入する時に、離脱したコイル後端部と挿入したコイルが噛み合うことで 2 本のコイルがマイクロカテーター内で動かなくなるメカニズム B である (Fig. 3B)。どちらのメカニズムにおいても、コイルスタックが起こる直前にマイクロカテーター内で 2 本のコイルが重なり合うので、コイルの出し入れで既に抵抗が発生しており、更にコイルを出し入れすることで更に抵抗が強くなり、コイルスタックの状態になると考えられる。また、どちらのメカニズムにおいても、脳動脈瘤塞栓術の終盤で動脈瘤内に十分なコイルが充填されている状況下に、コイルスタックが発生すると推測される。その理由としては、動脈瘤内に十分なコイルが充填されてなければ、メカニズム A では離脱したコイル後端部はコイル塊の中に落ち込み、更にマイクロカテーター先端は瘤内で動くことが可能であるため、離脱したコイル後端部はマイクロカテーター先端近傍に留まらないはずである。メカニズム B ではマイクロカテーター先端部に残った離脱したコイル後端部は、次のコイル挿入の押し出す力によって容易にマイクロカテーターの外に押し出されるためである。本症例では 6 本目のコイルは強い抵抗なく一旦コイル塊の外に逸脱し (Fig. 1G)、コイル先端は自由に動く状態になっていた。その状態

で 6 本目のコイルを引き込んだ時に抵抗が強くなり動かなくなったこと(Fig. 1H), 及び, 6 本目のコイル先端から 5mm の部分で 5 本目のコイル後端と絡み合っていたこと(Fig. 1I)を考慮すると本症例はメカニズム A であったと推測される. 仮にメカニズム B であったとすると, 6 本目のコイル先端と 5 本目のコイル後端が絡み合うはずであり, 図 1I に合致しない.

本症例では 6 本目のコイルを充填しようとしてコイルスタックが起こったため, 結果的に 5 本目のコイルも回収することになった. VER を計測するとは, 6 本で 35.5 %, 5 本で 33.6 %, 4 本で 31.7 %であった. 不十分な塞栓が術後に再治療を要する要因であることが指摘されており,⁸ 塞栓術終了時点で 20-25%以上の VER を目標とすることが推奨されている.⁹⁻¹² 一方で, 脳動脈瘤モデルを用いた in vitro 研究では, 最大塞栓率は 30-36 %と報告されている.^{10, 13} そのため, 本症例は 4 本のコイルで十分な VER が得られていたことになり, 更に 6 ヶ月後の脳血管撮影で動脈瘤の完全閉塞が得られているため, 5 本目以降のコイルは不要であり逆に瘤壁に過度な負荷がかかっていたことが示唆される. 余分なコイル挿入は, 本症例のようなコイルスタックを引き起こし, 瘤壁に過度な負荷がかかる可能性があるため, 塞栓術の終盤でコイル挿入による抵抗が生じた時には, その時点での VER を考慮して塞栓術を終了することが必要である.

コイルスタックの予防法として, まず比較的高い塞栓率が得られている状況では, 追加で充填するコイルの必要性を検討しなければならない. 本症例のように完全にコイルスタックの状態になる前にコイルの出し入れで何らかの抵抗が発生しているので, コイルスタックの状態になる前にコイルの出し入れの抵抗の変化に気づくことが重要である. また, メカニズム B に関連するが, マイクロカテーテル内に離脱したコイル後端が残らないように, コイ

ルのデリバリーワイヤーのアライメントマーカースがマイクロカテーテルのセカンドマーカースを越えた状態でコイルを離脱することも重要である。

コイルスタックが起こった際の対処法として、コイルの出し入れ共に抵抗がある時、デリバリーワイヤーを更に強く押すことで重なり合った2本のコイルをマイクロカテーテル先端から押し出すことが出来る可能性はあるが、マイクロカテーテル先端は動脈瘤内にあるため瘤壁に急激に過度な負荷が加わり非常に危険である。逆に、噛み合った2本のコイルと一緒にマイクロカテーテルを牽引し、遠位側の離脱したコイルがコイル塊から抜ければガイディングカテーテル内に回収可能である。しかし、この際にコイル塊の別のコイルを瘤外に掻き出す可能性があるため、ステント支援下でなければバルーンでコイル塊を支えるべきである。遠位側の離脱したコイルがコイル塊の中で絡まってアンカーされた状態であれば、マイクロカテーテルの牽引で遠位側コイルがunravelingを起こす可能性がある。unravelingのコイルに対しては、スネアワイヤーで回収する⁵⁻⁷ もしくは穿刺部で切断して断端を皮下に残す必要がある。⁴ 本症例で行った対処法は、コイルスタックが起こったかどうかの確証が得られなかったため、まずSL-10の先端をコイル塊から出してコイルスタックであることを確認した (Fig. 1I)。更にデリバリーワイヤーを強く牽引して、遠位側の離脱したコイルをコイル塊から回収した。デリバリーワイヤーの牽引では、コイルが重なり合った部分の近位側のコイルがunravelingする可能性があるが、そのようになった場合にはマイクロカテーテルを2本のコイルと一緒に回収することを検討していた。

結語

コイル塞栓術終盤では充填率が比較的高くなり、コイル挿入や牽引でコイ

ルスタックを起こす可能性がある。コイル挿入時に抵抗が出現すればその時点での充填率を考慮し塞栓術を終了することもコイルスタックを回避する方法の一つと考えられる。

利益相反

本論文に関して開示すべき COI はありません。

同意

この症例報告の出版に関して、患者から文書によるインフォームドコンセントを得た。

文献

- 1) Abe T, M Hirohata, N Tanaka, et al: Coil migration, malposition, stretching and retrieval *Interv. Neuroradiol.* 2000; 6 Suppl 1: 143-147
- 2) Kwon OK, KJ Lee, MH Han, et al: Coil Breakage during Aneurysm Embolization. Case Report *Interv. Neuroradiol.* 2002; 8: 21-23
- 3) Kwon SC, IU Lyo, SH Shin, et al: Coil Knotting during Endovascular Coil Embolization for Ruptured MCA Aneurysm. A Case Report *Interv. Neuroradiol.* 2008; 14: 331-334
- 4) Nii K, M Onizuka, Y Kaneko, et al: Irretrievable unraveled coil remaining in the vascular lumen between the cerebral aneurysm and puncture site *JNET* 2009; 3: 42-46

- 5) Fiorella D, FC Albuquerque, VR Deshmukh, et al: Monorail snare technique for the recovery of stretched platinum coils: technical case report *Neurosurgery* 2005; 57: E210; discussion E210
- 6) Henkes H, S Lowens, H Preiss, et al: A new device for endovascular coil retrieval from intracranial vessels: alligator retrieval device *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2006; 27: 327-329
- 7) Standard SC, TD Chavis, AK Wakhloo, et al: Retrieval of a Guglielmi detachable coil after unraveling and fracture: case report and experimental results *Neurosurgery* 1994; 35: 994-998; discussion 999
- 8) Molyneux AJ, RS Kerr, J Birks, et al: Risk of recurrent subarachnoid haemorrhage, death, or dependence and standardised mortality ratios after clipping or coiling of an intracranial aneurysm in the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT): long-term follow-up *Lancet Neurol.* 2009; 8: 427-433
- 9) Matsumoto Y, M Ezura, R Kondo, et al: New predictor for intraaneurysmal embolization using Guglielmi detachable coils *Neurol. Med. Chir. (Tokyo)* 2009; 49: 100-103; discussion 103
- 10) Satoh K, S Matsubara, H Hondoh, et al: Intracranial Aneurysm Embolization Using Interlocking Detachable Coils. Correlation between Volume Embolization Rate and Coil Compaction *Interv. Neuroradiol.* 1997; 3 Suppl 2: 125-128
- 11) Yagi K, K Satoh, J Satomi, et al: Evaluation of aneurysm stability after endovascular embolization with Guglielmi detachable

coils: correlation between long-term stability and volume embolization ratio *Neurologia medico-chirurgica* 2005; 45: 561-565; discussion 565-566

- 12) Kawanabe Y, A Sadato, W Taki, et al: Endovascular occlusion of intracranial aneurysms with Guglielmi detachable coils: correlation between coil packing density and coil compaction *Acta Neurochir. (Wien.)* 2001; 143: 451-455
- 13) Piotin M, S Mandai, KJ Murphy, et al: Dense packing of cerebral aneurysms: an in vitro study with detachable platinum coils *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2000; 21: 757-760

図表の説明

Figure1. 塞栓術中の画像所見（working angle 正面像）

A: 治療前の脳血管撮影.

B: 治療前の 3D 脳血管撮影の Translucent 画像.

C: SL-10 を動脈瘤内に留置し, Neuroform Atlas を右 A2 から A1 に展開後の脳血管撮影.

D: 12 倍希釈造影剤を用いた Cone beam CT.

E: SL-10 のセカンドマーカーと 5 本目コイルのデリバリーワイヤーのアライメントマーカーが逆 T 字型になっており（黒矢頭）, SL-10 の先端マーカーがコイル塊の外に出ている（黒矢印）.

F: 5 本目コイル離脱後, SL-10 の先端マーカーがコイル塊の中に戻っている（黒矢印）.

G: 6 本目コイル先端がコイル塊の外に逸脱し（白矢頭）, SL-10 の先端マ

一カーがコイル塊の外に出ている(黒矢印).

H: 6 本目コイル先端がコイル塊の外に出た状態で SL-10 の中で 6 本目コイルが動かなくなっている(白矢頭).

I: 6 本目コイル先端 5mm がコイル塊の外に出た状態で (白矢頭), SL-10 先端に別のコイルが引き込まれている (白矢印).

J: 6 本目コイル (白矢頭から白矢頭まで) と, SL-10 内に引き込まれたコイル (白矢印から白矢印まで) は同じ長さであった.

K: 治療後の脳血管撮影で動脈瘤は軽度のネック残存の状態.

L: 治療 6 ヶ月後の脳血管撮影で動脈瘤は完全閉塞の状態.

Figure2. 回収した SL-10 とコイルの所見

A: SL-10 先端から引き込んだ遠位側のコイル先端が出ている.

B: 切り開かれた SL-10 の中で 2 本の Target 360 Nano 1.5 mm × 2 cm が 5 mm の距離で重なり合っている. 黒矢印はそれぞれ, 引き込んだ遠位側のコイル後端, 及び近位側のコイル先端を示している.

C: 引き込んだ遠位側のコイル後端の 1 次コイル径は約 0.008 inch に短縮している.

D: 使用前の Target 360 Nano の 1 次コイル径は 0.010 inch.

A, B の scale bar は 2 mm, C, D の scale bar は 500 μ m.

Figure3. コイルスタックが発生するメカニズム

A: メカニズム A では, マイクロカテーテル先端近傍に離脱したコイル後端部があり, 次のコイルを挿入してマイクロカテーテルから一旦出した後にコイルを引き戻す時に, 離脱したコイル後端部と引き戻したコイルが噛み合うことで 2 本のコイルがマイクロカテーテル内で動かなくなる. 離脱したコイル

後端部のデタッチゾーンはコイル本体に比較して径が小さい(黒矢印頭).

B: メカニズム B では, マイクロカテーテル先端部の中に離脱したコイル後端部があり, 次のコイルを挿入する時に, 離脱したコイル後端部と挿入したコイルが噛み合うことで2本のコイルがマイクロカテーテル内で動かなくなる.

黒は離脱したコイル後端部, 灰色はつぎに挿入するコイル, 矢頭はコイルの動く方向である. 離脱したコイル後端部のデタッチゾーンはコイル本体に比較して径が小さい(黒矢印頭).

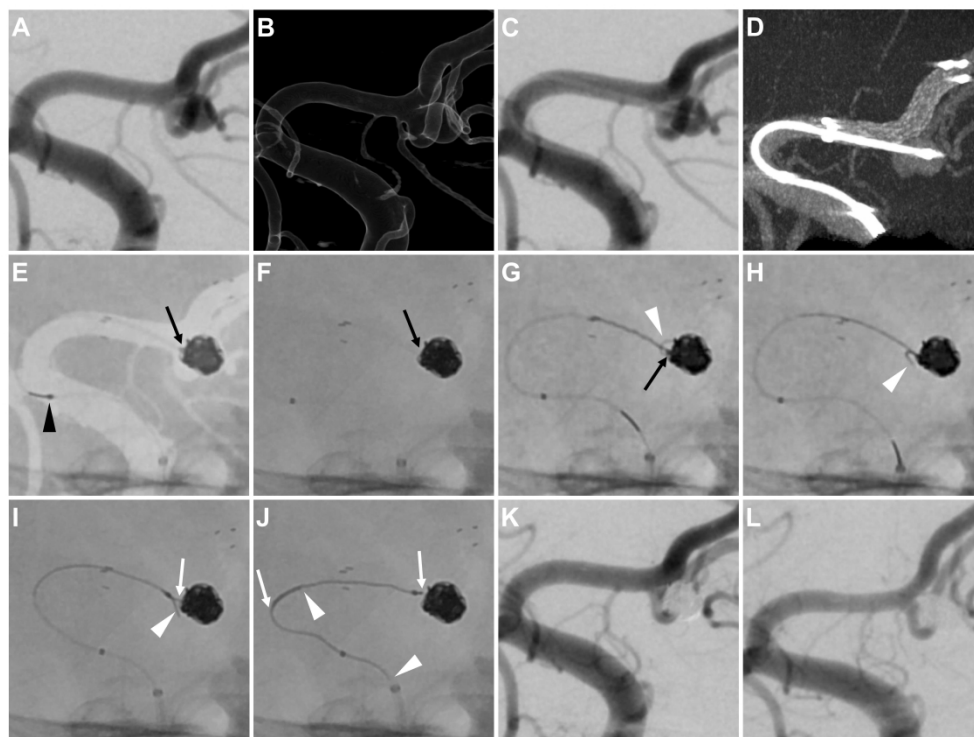


Fig1

490x369mm (300 x 300 DPI)

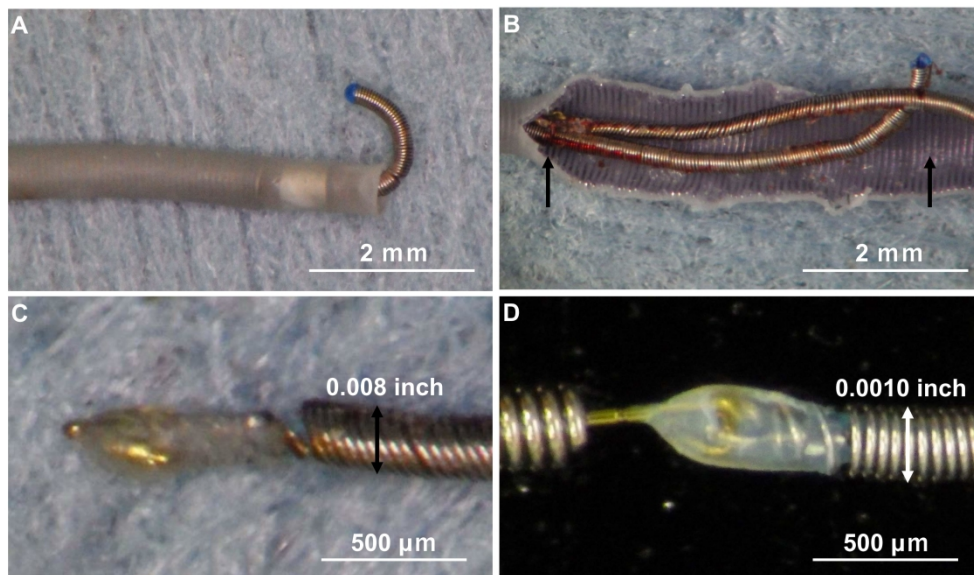


Fig2

390x230mm (300 x 300 DPI)

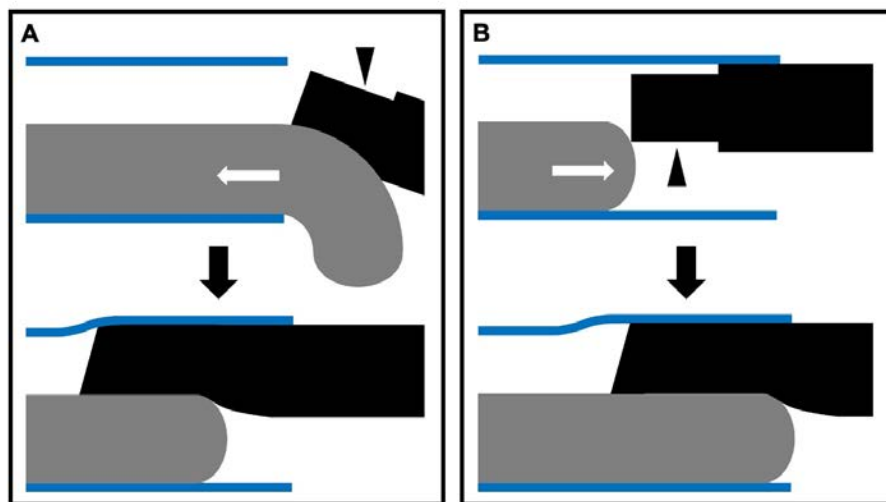


Fig3

254x190mm (144 x 144 DPI)