

原著

シースダイレーターを用いた極小カテーテルシェイピング法 —脳動脈瘤コイル塞栓術における有用性—

松本博之、西山弘一、鐵尾佳章、武本英樹

岸和田徳洲会病院 脳神経外科

連絡著者：松本博之

連絡先：岸和田徳洲会病院 脳神経外科

〒596-8522

岸和田市加守町 4 丁目 27-1

TEL: 072-445-9915 (代表)

E mail: hiroyuki.matsumoto@tokushukai.jo

キーワード：Catheter shaping, sheath dilator, coil embolization, ultra-small shape

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、国内外の他の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。」

和文要旨

目的

シースダイレーターを用いて、容易にマイクロカテーテルの先端部に極小のシェイプをつける方法を考案したので有用性を報告する。

方法

マンドリルの形成には、7Fr.あるいは4Fr.のシースダイレーターを使用した。1) マンドリルをシースダイレーターに巻き付けることで、小さな円形のループを作成する。2) 極小ループをつけたマンドリルに直型のマイクロカテーテルの先端部を通す。3) ヒートガンでマイクロカテーテル先端部を温める。4) マンドリルをマイクロカテーテル先端部から抜去する。作成された極小シェイプカテーテルを用いてコイル塞栓術を施行した。

結果

マンドリルのループ径は7Frのシースダイレーターで直径3mm、4Frのシースダイレーターで直径2mmであった。カテーテルの先端部にJ型、S型、pigtail型など様々な極小形状をつけることが可能であった。25個の脳動脈瘤に対して極小シェイプカテーテルを使用した。全例でカテーテルは容易に瘤内に誘導でき、留置後のカテーテルの安定性は良好であった。

結語

シースダイレーター用いた極小カテーテルシェイピング法は、容易かつ確実にマイクロカテーテルの先端部に径が2-3mmの様々な極小形状をつけることが可能である。

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のシェイピングは重要な要素の一つである。シェイピングが適切に決まると、動脈瘤内へのマイクロカテーテルの誘導は容易となり、留置後のマイクロカテーテルの安定性が向上し、手術時間の短縮および塞栓率の向上につながる。市販のプリシェイプされたマイクロカテーテルの形状が上手く合わない際には、マンドリルを用いて術者自身がカテーテルシェイピングを行う必要がある。大きな形状のカテーテルシェイピングはマンドリルの形成もしやすく、容易に作成できるが、3mm 径以下の極めて小さな形状をつけることは困難である。我々は術中に使用するシースイントロデューサー用のダイレーターを用いて、容易にマイクロカテーテルの先端部に極小のシェイピングをつける方法を考案したので有用性を含めて報告する。

方法

マンドリルの形成には、治療開始時に大腿動脈の穿刺でよく使用される 7Fr.のシースイントロデューサー (Medikit co., Ltd., Tokyo, Japan) のダイレーターおよび 4Fr.のシースイントロデューサー (Medikit) のダイレーターを使用した。マイクロカテーテルは SL10 (Stryker, Kalamazoo, MI, USA) の straight type あるいは Head way (Micro Vention, TERMO, Tustin, CA, USA) の straight type を使用した。極小カテーテルシェイピング法の手順を以下に示す。

1) **Straight type** のマイクロカテーテルに付属しているマンドリルをシースダイレーターに巻き付けることで、小さな円形のループを作成する (Fig. 1A,B,E,F)。2) 極小ループをつけたマンドリルに **straight type** のマイクロカテーテルの先端部を通す (Fig. 1C,G)。3) 作成したい形状に応じてマイクロカテーテル先端部の挿入の長さを調整する。4) ヒートガンを 150 度に設定し、ヒートガンの噴射口から約 2cm 離れた位置で、90 秒間マイクロカテーテル先端部を温める。5) その後 30 秒間常温で放置する。6) マンドリルをマイクロカテーテル先端部から抜去する (Fig. 1D,H)。

極小シェイピングされたマイクロカテーテルがガイディングカテーテル後端のコネクター内に入りやすいように、前もって付属のマイクロカテーテル用のシースに通しておいた状態でマイクロカテーテルの先端部をシェイピングする方が形状を崩すことなくガイディングカテーテルに挿入しやすい (Fig.2A-F)。ガイディングカテーテルに挿入以後は通常のコイル塞栓術と同様にマイクロガイドワイヤーで誘導し、塞栓術を施行する。

結果

作成されたマンドリルのループ径は 7Fr のシースダイレーターであれば直径約 3mm (Fig. 1B)、4Fr のシースダイレーターであれば直径約 2mm (Fig. 1F)であった。SL10 の先端部 8mm の薄いグレーマーカーの範囲内で 45 度、90 度、J 型、pigtail 型など様々な極小の形状をつけることが可能であった (Fig.1 D,H, Fig.2G)。

極小形状の手前に曲がりをつけることで極小の S 型形状も可能であった (Fig.2H,I)。

2016 年 1 月から 2017 年 12 月までに 25 個の脳動脈瘤に対して上記の極小シェイプカテーテルを使用した。内訳は内頸動脈-後交通動脈分岐部動脈瘤 (IC-PC) が 1 個、内頸動脈傍前床突起部動脈瘤 (ICA paraclinoid) が 1 個、内頸動脈-前脈絡叢動脈分岐部動脈瘤 (ICA-Anch) が 1 個、前交通動脈瘤 (A.com) が 9 個、前大脳動脈遠位部動脈瘤 (Distal ACA) が 3 個、中大脳動脈近位分岐部動脈瘤 (MCA early bifurcation) が 3 個、脳底動脈先端部動脈瘤 (BA tip) が 2 個、脳底動脈-上小脳動脈分岐部動脈瘤 (BA-SCA) が 1 個、椎骨動脈-後下小脳動脈分岐部動脈瘤 (VA-PICA) が 2 個、椎骨動脈解離性動脈瘤 (VA dissection) が 1 個、後大脳動脈遠位部動脈瘤 (distal PCA) が 1 個であった。破裂脳動脈瘤が 12 個、未破裂脳動脈瘤が 13 個であった。

このうち極小シェイプカテーテル単独によるシンプルテクニックで治療を完遂したものが 20 個であった。残り 5 個は、ダブルカテーテル法のうちの 1 本に極小シェイピング法を行うことで、瘤内でのカテーテルの先端部の留置位置を確実に変えたものが 3 個、塞栓術終盤でネック近傍に残存したブレブに対して極小シェイプカテーテルをブレブ内に選択的に挿入し、ブレブを塞栓したものが 2 個であった。全例でカテーテルは安全かつ容易に瘤内に誘導でき、留置後のカテーテルの安定性は良好で術中も逸脱することなくコイルを充填することができた。術中破裂の合併症は認めなかった。また極小シェイプカテーテルの作成には再現性がある

り、当施設のどの術者が作成しても同様の形状を作成することができた。

代表症例 1 (distal PCA ruptured aneurysm, Hunt & Kosnik grade 3) (Fig.3)

50歳女性。突然の激しい頭痛で発症し当院を救急受診した。頭部CTでくも膜下出血を認めた。脳血管撮影を施行したところ、左内頸動脈撮影で後交通動脈は fetal type であり、後大脳動脈 (posterior cerebral artery; PCA) の末梢血管分岐部に母血管に対してほぼ垂直方向に突出した 3.7mm-2mm、ネック 1.3mm の細長い小さな動脈瘤を認めた (Fig. 3A,B)。PCA は細いためシンプルテクニックで塞栓術を行うこととした。動脈瘤の突出方向、大きさ、母血管径から判断すると、通常のプリシェイプのマイクロカテーテルや straight type のマイクロカテーテルでは動脈瘤内への誘導は困難と考え、極小シェイプカテーテルを使用した。7F のシースダイレーターを用いて SL 10 straight type (Stryker) 先端部に緩やかな J 型のカーブを作成し (Fig. 3C)、ガイドワイヤーを先行して直接瘤内にカテーテルを誘導留置した (Fig. 3D)。留置後は母血管の対壁に当たることでカテーテルは安定した。この状態で Target US helical 2mm-2cm (Stryker), Target Nano helical 1.5mm (Stryker), Target Nano helical 1mm-2cm、合計 3 本のコイルを留置し、完全塞栓の状態得手技を終了した (Fig. 3E,F)。

代表症例 2 (distal ACA ruptured aneurysm, Hunt & Kosnik

grade 2) (Fig. 4)

74歳女性。突然の激しい頭痛で発症し当院を救急受診した。来院時の頭部CTでくも膜下出血を認めた。脳血管撮影を施行したところ、前大脳動脈遠位部の血管分岐部に血管走行から少し軸がずれた方向に突出した4.5mm-2.5mm、ネック2mmの不整形の動脈瘤を認めた(Fig. 4A,B)。末梢の動脈瘤でマイクロカテーテルの操作性が不良であることが予想されたため、シンプルテクニックで塞栓術を行うこととした。動脈瘤は小さく、母血管の走行から突出方向の軸がずれており、不整形であるため、極小シェイプカテーテルを使用した。ブレブ様と反対側にカテーテルの先端部がくるように、4Fのシースダイレーターを用いてSL 10 straight type (Stryker)先端部に曲がり強くした極小のpig tail様の形状を作成した(Fig. 4C)。ガイドワイヤー先行で直接動脈瘤内に誘導留置したところ、予定通りの位置に留置できた(Fig.4D)。この状態でTarget US helical 2mm-6cm (Stryker), Target Nano helical 2mm-4cm (Stryker), Target Nano helical 3cm (Stryker) ×2本、Target Nano helical 1.5cm-2cm (Stryker) ×2本、Target Nano helical 1mm-2cm (Stryker) ×2本、合計8本のコイルを留置し、完全塞栓の状態を手技を終了した(Fig. 4E,F)。

代表症例3 (anterior communicating artery ruptured aneurysm, Hunt & Kosnik grade 2) (Fig. 5)

50歳女性。突然の頭痛と嘔吐で他院を救急受診した。頭部CTでくも膜下出血を認めたため、治療目的で当院に紹介搬送された。

脳血管撮影を施行したところ、前交通動脈に上向きに反り返るような 2mm-2.5mm、ネック 1.5mm の動脈瘤を認めた (Fig. 5A,B)。動脈瘤は極めて小さく、母血管径も細くマイクロカテーテルの操作性が不良であることが予想されたため、シンプルテクニックで塞栓術を行うこととした。動脈瘤の大きさおよび突出方向から、プリシェイプのカテーテルや straight type のカテーテルでは瘤内へのマイクロカテーテルの誘導と留置後の安定性が極めて不良であると予想されたため、極小シェイプカテーテルを使用した。4F のシースダイレーターを用いて SL 10 straight type (Stryker) 先端部に 2mm 径の緩やかな極小のカーブを付け、さらにネック対側の血管壁でカテーテルが支えになるよう手前に緩やかなカーブを付け、極小の S 形様の形状を作成した (Fig. 5C)。ガイドワイヤーを先行して直接動脈瘤内にカテーテルを誘導留置したところ、瘤内で上手く上向きに安定して留置された (Fig. 5D)。この状態で Target Nano helical 1mm-3cm (Stryker)、AXIUM 1mm-1cm (eV3 Covidien, Irvine, CA, USA)、合計 2 本のコイルを留置したところ、カテーテルが自然に押し出されてきたため、完全塞栓の状態を手技を終了した (Fig. 5E,D)。

代表症例 4 (anterior communicating artery unruptured aneurysm) (Fig. 6)

76 歳女性。近医で脳の精査目的で施行された MRA で前交通動脈に大きさ 12mm-14mm、ネック 7mm の未破裂脳動脈瘤を指摘され、治療目的で当科紹介となった。動脈瘤のネック近傍にブレ

ブを伴っていた(Fig. 6A)。通常のダブルカテーテルテクニックで治療を行った。ネック近傍のブレブも含めてケージを作成しようと試みたが、ケージ内に上手くブレブが収まらず、最後までブレブが残存した(Fig. 6B)。ブレブ以外は完全に塞栓できたが、ブレブを残すと将来破裂のリスクが残ると考えたため、残存したブレブを選択的に塞栓することにした。ブレブの位置、母血管径からプリシェイプのカテーテルではうまく誘導できないと考え、極小シェイプカテーテルを使用した。7Fのシースダイレーターを用いてSL 10 straight type (Stryker) 先端部に3mm径のJ型のカーブを付けた(Fig. 6C)。ネック近傍のコイル塊やブレブに圧迫が加わらないよう注意しながら、ガイドワイヤー先行でブレブ内に直接極小シェイプカテーテルを誘導留置した(Fig. 6D)。誘導は容易であり、ブレブ内に安定して留置された。この状態でTarget Nano 360 2.5mm-4cm (Stryker)、Target Nano 360 2mm-3cm (Stryker)、Target Nano 360 1.5mm-2cm (Stryker)、Target Nano helical 1.5mm-2cm (Stryker)×2本、Target Nano helical 1mm-2cm (Stryker)、合計6本の留置したところでカテーテルは自然に押し出され、ブレブは完全に消失し、完全塞栓の状態の手技を終了した(Fig. 6E,F)。

考察

我々はstraight typeのマイクロカテーテルの先端部に簡単に極小の形状をつける方法を考案した。極小シェイプのカテーテルを用いることで、末梢部の小さな脳動脈瘤や母血管に対して突出

方向の軸がずれた小さな脳動脈瘤など、カテーテルコントロールがしにくい動脈瘤において、安全にマイクロカテーテルを瘤内に誘導することができた。またコイル挿入中もマイクロカテーテルは常時安定し、手技終盤までマイクロカテーテルが逸脱することもなかった。

コイル塞栓術においてマイクロカテーテルのシェイピングはカテーテルの誘導やカテーテル留置後の安定性において重要な要素の一つである。現在各社からプリシェイプのマイクロカテーテルがラインナップされており、動脈瘤の部位や形状に応じて使用されている。プリシェイプのマイクロカテーテルの形状が血管走行や動脈瘤の突出方向と上手く合わない場合には、術者が動脈瘤の形状や突出方向、血管走行に応じて **straight type** のマイクロカテーテルに独自のシェイピングを行うこともしばしばある。

マイクロカテーテルのシェイピング方法や有用性に関する論文は比較的少ない。Kwon らは内頸動脈傍前床突起部の動脈瘤 (**paraclinoid aneurysm**) の突出方向に応じたカテーテルのシェイピングの有用性を報告している¹⁾。彼らによると、内側方向に突出したタイプに対しては独自に形成した **pigtail** の形状が適しており、上方向に突出したタイプに対しては独自に形成した **S** 型やプリシェイプの **C** 型の形状あるいは直型が適していると述べている。独自のシェイピング方法の詳細については述べられていない。最近では Ishibasi らが術前に 3D プリンターによって血管形状のシミュレーションモデルを作成し、それを参考にしながらオーダーメイドの 3D シェイプのカテーテルを作成する方法を報告して

いる²⁾。彼らは現時点ではまだ3Dプリンターの普及は少なく、シミュレーションモデルを作成するのに時間がかかるのが問題であると述べている。

いずれにしても大きなループ径のカテーテルシェイピングではマンドリルの形状も作成しやすく、容易に形状をつけることができるが、3mm以下の径の形状をマニュアルで作成するのは困難である。理由の一つとしてマンドリルに3mm以下のなめらかな曲線形状をつけることが極めて困難であることが上げられる。我々はシースのダイレーターにマンドリルを巻き付ける方法で容易になめらかな極小のループを作成できることが分かった。この方法であれば誰が作成しても同じ形状のマンドリルのループを作成することができるため、作成が容易なうえに再現性が極めて高いと思われる。我々の施設においてもどの術者が作成しても同じ形状を再現することができた。

我々の考案した極小カテーテルシェイピング法は脳動脈瘤コイル塞栓術における以下の状況で非常に有用と思われる。1)末梢部の脳動脈瘤で通常のプロキシマルのカテーテル形状ではうまく血管走行に合致しない場合、2)小さな脳動脈瘤に対してプロキシマルの形状が大きすぎる場合、3)小さな脳動脈瘤の突出方向の軸がずれている場合、4)ダブルカテーテルテクニックにおいて一方のマイクロカテーテルの先端部の方向を瘤内で確実に変えたい場合、5)脳動脈瘤のネック近傍のドームから出た分枝血管に方向付けをしてガイドワイヤーを確実に誘導したい場合、6)ネック近傍に残存したブレブのみを選択的に塞栓したい

場合、などである。

極小カテーテルシェイピング法において注意すべき点もいくつかある。マイクロカテーテルのシェイピングは熱形成の方法が一般的であり、日本ではスチームシェイプやヒートガンがよく使用されている。Adachiらが指摘しているように、熱によりマイクロカテーテルの先端部が損傷されたり、少し短縮する可能性があるため注意が必要である³⁾。また加熱温度や熱源からの距離が少し変わるだけでも形成状態が変わってくる可能性もあり、この点については各自の施設でマンドリルへの挿入の長さ、設定温度、熱源からの距離を調整して曲がりの程度との関連を把握しておくことが重要である。極小シェイプしたカテーテルの先端形状を崩すことなくガイディングカテーテル後端のコネクターから挿入するには、形成したあとにカテーテルに付属のシースに通すよりも、あらかじめシースに通しておいた状態で先端に形状を付ける方がガイディングカテーテル内へ挿入しやすい(Fig. 2A-F)。今回マイクロカテーテルとしてSL10とHead wayを用いて極小シェイプの作成を行ったが、Head wayは先端部がSL10に比べて硬いため、3mmのマンドリルのループは容易に超えることができたが、2mmのループになるとHeadwayの先端部がループを越えにくかった。よって2mmの極小ループを形成するにはSL10の方が適していると思われた。またHead wayでは形状の保持力がSL10に比べて強いため、小さな動脈瘤ではしなやかさに欠け、コイル挿入時に瘤壁へのストレスが高くなる可能性がある。極小シェイプを作成する際には、留置後に血管走行にフィットしやすく、術中に徐々

に形状が崩れやすい SL10 の方が安全に使用できるのではないかと考えている。特に破裂動脈瘤に対して使用する際には SL10 で作成した極小シェイプカテーテルの方が安全に使用できると思われる。今回のシリーズでは末梢の小さな動脈瘤であっても、ガイドワイヤーを先行して動脈瘤内に誘導し、極小シェイピングカテーテルの先端部を瘤内に方向付けしたのち、ネック近傍からはガイドワイヤーをゆっくり引き戻しながら推進力で極小シェイピングカテーテルを動脈瘤内に安全に誘導することができた。しかしシェイピングの形状が上手く合えば、一旦動脈瘤の末梢に極小シェイプカテーテルを誘導し、引き戻してくることで容易に瘤内に収まる症例も多く存在するかもしれない。今後症例数の蓄積による検討が必要である。

極小カテーテルシェイピング法を使用することで、末梢の動脈瘤へのカテーテルの誘導や留置後の安定性を容易に確保でき、コイル塞栓術の治療戦略が広がることが期待できる。

結語

我々が考案したシースダイレーター用いた極小カテーテルシェイピング法は、誰でも容易かつ確実にマイクロカテーテルの先端部に径が 2-3mm の様々な極小形状をつけることが可能である。

利益相反開示

筆頭著者および共著者全員が利益相反はない。

References:

- 1) Kwon BJ, Im SH, Park JC, et al. Shaping and navigating methods of microcatheters for endovascular treatment of paraclinoid aneurysms. *Neurosurgery* 2010; 67: 34-40.
- 2) Ishibashi T, Takao H, Suzuki T, et al. Tailor-made shaping of microcatheters using three-dimensional printed vessel models for endovascular coilembolization. *Computers in Biology and Medicine* 2016; 77: 59–63.
- 3) Adachi A, Kobayashi E, Kado K, et al. The optimal conditions for microcatheter shaping. *Journal of Neuroendovascular Therapy* 2016; 10: 236–242

Figure Legends :

Fig. 1

(A-D) Upper side: A loop with a diameter of 3 mm is created by the 7 Fr. sheath dilator.

(E-H) Lower side: A loop with a diameter of 2 mm is created by the 4 Fr. sheath dilator.

Fig. 2

(A, B) The micro catheter is passed through the sheath in advance and then the mandrel is inserted into the micro catheter. (C,D,E) After drawing the ultra-small shaped catheter into the sheath, (F) the sheath is inserted into the connector of the guiding catheter.

(G) Comparison between pre-shaped J type catheter and ultra-small catheter. The left is pre-shaped J type catheter, the middle is ultra-small catheter with 3mm diameter, and the right is ultra-small catheter with 2mm diameter.

(H) By adding flexion in the proximal portion, ultra-small S type catheter can be created.

(I) Comparison between pre-shaped S type catheter and ultra-small catheter. The left is pre-shaped S type catheter and the right is ultra-small S type catheter with 2mm diameter.

Fig. 3

(A,B) Pre-operative left internal carotid angiography shows small ruptured aneurysm of distal posterior cerebral artery with fetal type. (C) Ultra-small J shape is created by the 7 Fr.

sheath dilator. (D) Micro catheter is placed in the aneurysm. (E,F) Post-operative angiography shows disappearance of the aneurysm.

Fig. 4

(A,B) Pre-operative left internal carotid angiography shows ruptured aneurysm with bleb of distal anterior cerebral artery. (C) Ultra-small pigtail shape is created by the 4 Fr. sheath dilator. (D) Micro catheter is placed in the aneurysm. (E,F) Post-operative angiography shows disappearance of the aneurysm.

Fig. 5

(A,B) Pre-operative left internal carotid angiography shows ruptured aneurysm of anterior communicating artery. (C) Ultra-small S shape is created by the 4 Fr. sheath dilator. (D) Micro catheter is placed in the aneurysm and the coil is inserted (arrow). (E,F) Post-operative angiography shows disappearance of the aneurysm.

Fig. 6

(A) Pre-operative left internal carotid angiography shows unruptured aneurysm and bleb (arrow) of anterior communicating artery. (B) Angiography reveals residual bleb.

(C) Ultra-small J shape is created by the 7 Fr. sheath dilator.
(D) Micro catheter is placed in the bleb (arrow). (E) The bleb is selectively filled with some coils. (F) Post-operative angiography shows disappearance of the aneurysm with bleb.











