確実な吻合と開存を目的とする、 STA-MCA Bypass 術の手技的工夫 —経験の浅い若手脳神経外科医でも高い成功率を—

鈴木 遼¹, 北原 功雄¹, 福田 直¹
米谷 博志¹, 横地 智貴², 岩渕 聡³

Tips for Secure Anastomosis and Patency in Superficial Temporal Artery-Middle Cerebral Artery Bypass Surgery

Ryo SUZUKI, M.D.¹, Isao KITAHARA, M.D., Ph.D.¹, Ataru FUKUDA, M.D., Ph.D.¹,
Hiroshi YONETANI, M.D.¹, Tomoki YOKOCHI, Ph.D.², and Satoshi IWABUCHI, M.D., Ph.D.³

¹Department of Neurosurgery, Chiba Tokushukai Hospital, ²Department of Clinical Research, Chiba Tokushukai Hospital, Funabashi, Chiba, and ³Department of Neurosurgery, Toho University Ohashi Medical Center, Tokyo, Japan

Summary: The superficial temporal artery to middle cerebral artery (STA-MCA) bypass is an effective surgical option to treat stenosis of the intra- or extra-cranial arteries. However, anastomosis of narrow arteries is a technically difficult procedure. Indeed, several complications including a damaged vessel during surgery have been reported. Here, we describe a successful arterial anastomosis during the STA-MCA bypass surgery. This approach comprised three steps. First, the cut end of the STA is prepared so that a neurosurgeon can easily keep the STA lumen open during anastomosis. Second, a sterile gelatin sponge is used to prevent flooding of spinal fluid. Third, sequential order of suturing in anastomosis of the STA and MCA is crucial. Combination of these tips provides an easy, fast, and solid approach, resulting in a secure anastomosis and at least one year of patency in 19 out of 20 cases.

Key words:

- ・ STA-MCA bypass
- ・ anastomosis
- ・ neurosurgery

Surg Cereb Stroke

(Jpn) 47: 290-295, 2019

はじめに

浅側頭動脈-中大脳動脈吻合術 (superficial temporal artery-middle cerebral artery [STA-MCA] バイパス術) をはじめとする血管吻合術は、頭頸部の動脈閉塞疾患や高度狭窄症に対し有用な手術方法である^{1)~4)}。しかし、その反面、技術的な習得が難しい手技でもある。ガイドラインに基づく手術適応の厳格化が進む昨今⁶⁾、特に若手脳神経外

科医にとっては、実際の手術経験を積むことでの手技向上の機会がますます少なくなっている。こうした現状においても、術者として手術技術の向上に励むことは外科医にとって義務であり、避けられない道である。

今回われわれは STA-MCA バイパス術において、確実な血管吻合と長期開存を目的として手技上の工夫を試みた。その結果、全 20 症例の自験例について、21 側の血管吻合のうち 20 側で良好な予後を得た。その手法を技術的

¹千葉徳洲会病院 脳神経外科, ²千葉徳洲会病院 臨床研究部, ³東邦大学医療センター大橋病院 脳神経外科 (受稿日 2017. 11. 19) (脱稿日 2018. 4. 3) [連絡先: 〒 274-8503 千葉県船橋市高根台 2-11-1 千葉徳洲会病院 脳神経外科 鈴木 遼] [Address correspondence: Ryo SUZUKI, M.D., Department of Neurosurgery, Chiba Tokushukai Hospital, 2-11-1 Takanedai, Funabashi, Chiba 274-8503, Japan]

Table 1 Basic characteristics and surgical properties of the cases

Case	Age	Gender	Affected side	Disease	Antiplatelet agent	Number of bypasses	MCA shutoff time
1	66	M	Rt.	IC stenosis	A	1	41
2	78	F	Rt.	IC occlusion	A	1	42
3	58	M	Rt.	Moyamoya disease	A, Ci200	2	42, 39
4	81	F	Lt.	MCA stenosis	A, I	1	33
5	87	F	Rt.	IC stenosis	A	1	36
6	76	F	Rt.	IC stenosis	A	1	25
7	71	M	Rt.	MCA stenosis	Ci100	1	41
8	75	M	Rt.	IC occlusion	A	1	34
9	43	M	Lt.	Moyamoya disease	A	1	54
10	76	M	Rt.	MCA occlusion	A	1	49
11	83	M	Rt.	IC occlusion	A	1	37
12	66	F	Lt.	IC stenosis	Cl	1	22
13	71	M	Lt.	MCA stenosis	A	1	29
14	58	M	Rt.	IC stenosis	Cl	1	33
15	66	F	Lt.	IC stenosis	Ci100	1	24
16	64	F	Lt.	MCA stenosis	A	1	41
17	70	F	Lt.	MCA stenosis	Ci100	1	31
18	72	M	Rt.	MCA stenosis	A	1	25
19	57	F	Lt.	IC occlusion	A	1	27
20	62	M	Rt.	IC stenosis	Cl	1	30

A: aspirin (100 mg/day), Ci200: cilostazol (200 mg/day), Ci100: cilostazol (100 mg/day), Cl: clopidogrel (75 mg/day), I: ifemprodil tartrate (60 mg/day)

詳細も含めて報告する。

対 象

2016年10月から2017年9月までの12カ月間に、全20例(血管吻合数としては21側)のSTA-MCAバイパス術(男女比11:9, 平均年齢69.0歳)を施行した(**Table 1**)。ガイドライン⁶⁾に従って十分にリスクを説明したうえで、なお希望された場合(注1)を手術適応とした。疾患や年齢、バイパスに使用する血管の状況などにかかわらず、吻合した血管21側のすべてについて、以下に記載する技術的工夫をルーチンとして行った。

(注1) 年齢が74歳以上であった場合でも、外来を含む2回以上にわたって、患者および家族に経過観察も選択肢の1つであることを説明したうえで、今後の脳梗塞発症等のリスクを避けるべく手術の希望があった場合。

手術の手順

本稿で述べる手技的工夫は、以下の3つのステップから構成される。ステップ1で、浅側頭動脈(STA)の断端を加工して、吻合時に広げやすくする。ステップ2は、中大脳動脈(MCA)周りに髄液が湧出してくることを防ぎ、手

術野を確保する。ステップ3では、確実に吻合できるように、縫合の順番がカギである。

1. ステップ1

STAの吻合前処理を行う(**Fig. 1**)。

1-1: 断端が“フィッシュマウス型”(注1)に開くように加工する¹⁾。

1-2: 断端の3時と9時の位置で、血管壁全層を貫通するように縫合(tacking suture)する(注2)。

1-3: 断端の12時と6時の位置へ、吻合用の針糸をあらかじめ通しておく。

(注1) **Fig. 1 (1)**のように、断端鋭角が約60度となるように斜めに切り落とし、A=Bとなるように切開すると広げやすい。

(注2) 10-0針糸の結び目が内腔側にこないように注意する。また、つかみやすいよう、糸尻の片方を長めに残しておくと、吻合時にSTA内腔を広げるのが容易となる。

2. ステップ2

中大脳動脈(MCA)の前処理を行う(**Fig. 2**)。

2-1: フィブリノーゲン溶液を染み込ませたゼラチンス

Fig. 1 Preparation of the superficial temporal artery (STA). An incision (B) is made on the side of the cut end (A) of the STA (1). Note that the length of A and B should be equal. This step makes it easier to form a fish-mouth opening at the STA cut end (2). Tacking suture is placed on the edge of the clock positions 3 and 9. Long threads, indicated by white arrows (3), are left so that the cut end of the STA is easily kept open by pulling them. Stay suture is then placed on the edge of the clock positions 12 and 6, indicated by white arrows (4).

ポンジ(注1)を用意する。

2-2: くも膜と脳の間および MCA と脳の間 (Fig. 3) に、スポンジを挟む(注2)。

2-3: MCA の血流をクリップで遮断する(注3)。

2-4: トロンビン溶液を滴下してスポンジを固める(注4)。

(注1) 滅菌吸収性ゼラチンスポンジ(商品名ゼルフォーム, ファイザー)に生理的組織接着剤(商品名ベリプラス TP, CSL ベーリング)のフィブリノーゲン溶液を染み込ませる。あらかじめ使用前に小さく切っておく。

(注2) 術野に合わせたサイズのスポンジを複数個敷き詰めるとよい。

(注3) トロンビン滴下より前に、血流を必ず遮断しておくこと。この順序を逆にすると MCA 遮断用クリップがつけられなくなる。

(注4) 滴下する際、MCA 直上にトロンビン溶液を乗せてしまうと、MCA 表面が凝固してその後の動脈切開ができなくなるので注意する。

3. ステップ3

STA と MCA のバイパス吻合を行う (Fig. 4)。

3-1: MCA に動脈切開を施す(注1)。

3-2: 12時と6時の位置で、STA と MCA を支持縫合(stay suture)する。

3-3: 3時と9時の位置に stay suture を置く(注2)。

3-4: Fig. 4 に示した順番で、片側ずつの縫合を開始する(注3)(注4)。

3-5: 全周囲が等間隔(注5)となるように縫合する。

(注1) あらかじめ切開部をピオクタニンでマーキングしておく。

(注2) この四点固定によって、STA と MCA ともに切開部の内腔が広がった状態で固定される。その結果、今後の縫合1針ごとに対側の MCA 血管壁を巻き込むリスクが避けられる。

(注3) 片側の縫合の際、12時の隣から開始する第1針 (Fig. 5 の5番と9番)に最も注意を要する。縫いにくい場所であり、縫いが甘くなったり裏縫いしがちである。そのため、縫合幅(断端との距離)を他の縫合部分の約半分程度 (Fig. 5)として、タイトに縫合する。他の部位より少し薄めに縫い代をとることが肝要である²⁾。

(注4) MCA 側の縫い目を厚くとると、吻合部位の広がりが悪くなり、引きつれの原因にもなるので注意したい。

(注5) うまく吻合できていれば、血流を再開した際に MCA の吻合部分が紡錘型に広がる。視覚的にこの形を確認することも、良好な吻合と判断する大切な指標となる³⁾。

結 果

STA-MCA バイパス血管の良好な開存を得られたのは、全21側の吻合中20側だった。これらについては、2017年12月現在まで、頭部MRAや3D-CT血管造影にて、良好な開存の維持を確認できている。一方、1側ののみ非開通症例を経験した。吻合終了後の血管ドップラー試験にて、MCA側ではドップラー音が聞かれたが、STA側では聞かれなかったため、STA内で血栓形成された可能

Fig. 2 Preparation of the middle cerebral artery (MCA). A sterile gelatin sponge is used to prevent flooding of spinal fluid. Small pieces of sponge are lay down between the MCA and brain beneath the arachnoid membrane. The number and size of sponge pieces may vary, depending on the surgical field. Fibrinogen solution should be applied on the sponge before use.

Fig. 3 An image of the surgical field. The sponge is put down in the space between the middle cerebral artery (arrow) and surface of the brain.

性が考えられる。

考 察

STA-MCA バイパス術においては、各術者や施設によってさまざまな工夫が用いられている。今回われわれは、より確実な吻合と長期開存を目的として、わずかな手間をかけることで実行できる手技的工夫を提案する。本手法は特に難しい技術の習得は必要なく、誰もがすぐに模倣できる点でも優れていると考える。ただし、手順を間違えると修正が効かないピットフォール⁷⁾もある点には留意すべきである。

1. ステップ1の考察

12時と6時に stay suture を置くことは一般的であるが、それに先立って3時と9時に tacking suture を置くことが重要である。その理由は以下の2点である。第一に、STA 断端を保護し、操作中に STA 壁の解離を防ぐことができる。経験が浅い頃は吻合操作に慣れておらず、STA 断端を直接鑷子でつかむなどして徐々に断端壁を解離させ、気がつけば断端がボロボロになっていることがある。あらかじめ3時と9時に tacking suture を置くことで、吻合時に断端壁が解離するリスクを小さくできる。第二に、STA の保持が容易になる。バイパス吻合時に、tacking suture の長く残した糸尻をつかむことで、STA 内腔を広げた状態に保ちながら吻合操作ができる。鑷子で STA 断端を直接つかむ必要がないことから、内皮細胞を傷つけず血栓形成を防ぐメリットもある⁵⁾。さらに、tacking suture は MCA の遮断以前に行うため、脳の虚血時間のリスクにも関与しない。

Fig. 4 Suggested sequential order of suture between the superficial temporal artery and middle cerebral artery. The order of each suturing point is shown by the number in a circle.

Fig. 5 The margin of suture is crucial during anastomosis. Suturing points 5, 7, 9, and 11 should be as close as possible to the cut end of the middle cerebral artery (MCA), so that the margin of the MCA at these points would be the minimum (white arrow), compared to other points (black arrow).

2. ステップ2の考察

フィブリノーゲンを染み込ませたゼラチンスポンジを敷くことで、くも膜下から湧き出る髄液があふれるのを防ぐ。その結果、針糸が泳がず、脳表へ糸が貼りつくこともない。髄液流出がないので脳自体の下垂も起きない。したがって、術野が深くなり、手技操作をさらに易化させることに役立つ。このステップで注意すべき点は、フィブリノーゲンを凝固させるタイミングである。スポンジの敷設→MCA遮断→トロンビンを滴下して凝固、の順番は必

ず守らなければならない。トロンビンを滴下するとMCA周囲がフィブリン糊の分だけ肥厚するので、その後ではMCA遮断用クリップをつけられない。また、トロンビンがMCA直上に乗るとフィブリン糊によってMCA動脈切開ができなくなる。いずれの場合でも修正が効かず、開頭範囲を広げ新たなrecipient用MCAをみつけなければならないなど事後策に迫られる可能性があるので、十分に注意されたい。

3. ステップ3の考察

初めに4カ所(3, 6, 9, 12時)のstay sutureを置くことで、MCAの切開部を広げたままSTA内腔も広がった状態になる。これが吻合の順序を踏襲する最大の利点であり、対側の血管壁を縫ってしまうのを防ぐことができる。なお、ここで3時と9時のstay sutureの隣を縫合する際、貫通する針先の確認が困難でSTAとMCAの内膜をきちんと合わせられない、といった問題が考えられる。しかしながら、3時と9時のstay sutureの隣はMCA壁の裏側から針先が最も透けて見える部分であり、裏側から軽くつつけば針先の位置が簡単に確認できる。そのため、針を貫通させる位置を可視的に調整できる。逆に、MCA壁裏側から針先を透かして見るに最も難しい位置は12時と6時のstay suture両隣であるが、この位置はステップ3で述べたような縫い方を行うことで対策できる。さらに、ピオクタニン染色されたMCA切開部の縁が良好に視認できるため、そこを吻合幅の目安としてマージンを設定すれば、縫い代をとり過ぎて狭窄するような問題も避けることができる。

4. 報告症例に関する考察

本稿で報告した全 21 側のうち 20 側については、術後約 1 年間にわたって吻合部開存が維持された。しかし、長期的な開存に関しては、今後も引き続き追跡する必要がある。バイパス術後の長期開存因子としては、STA と MCA の血管径や吻合角度⁹⁾、また頭蓋内の側副血行路の関係から MCA 側の血流需要によるとの指摘⁸⁾⁹⁾もなされている。すなわち、バイパス術施行時の技術的精度のみでは長期開存のすべてを説明できるわけではないと思われる。これらの点を合わせて今後も検討を行っていききたい。

非開通症例 1 例については、STA 閉塞が疑われた。術後、視覚的には良好な吻合を得られている印象であったが、血流ドップラー試験で STA 側に十分な血流を確認できなかった。考えられる原因として、STA の内腔洗浄が不十分で血栓が生じたことなどが挙げられる。今後、STA の血流遮断時間なども考慮に入れ、術後開通にどのような影響があるのか検討する必要性があるかもしれない。

結 語

STA-MCA バイパス術全 20 症例の自験例について、21 側の血管吻合すべてに、本稿で記載した手技的工夫を施行した。その結果、21 側中 20 側において良好な血管吻合と少なくとも 1 年間の開存を得られた。本技法はすべての STA-MCA バイパス術に適用でき、かつ誰もがすぐに模倣できる手法であり、STA-MCA バイパス術の成功率を高めることに寄与すると考える。

本論文の要旨は、第 13 回国際脳卒中外科学会(2017 年 10 月：名古屋)で発表した。

利益相反開示

本論文に関連し、開示すべき COI 関係にある企業などはありません。

文 献

- 1) 寶金清博(編著)、数又 研、中山若樹、杉山 拓(著)：脳血行再建術改訂 2 版、中外医学社、東京、2016、pp6-8
- 2) 前掲 1)、pp18-20
- 3) 上山博康：STA-MCA バイパス術。森田明夫、伊達 勲、菊田健一郎(編)：新 NS NOW 1 バイパス術のすべて—次世代への技術の継承。メディカルビュー社、東京、2015、pp56-57
- 4) Kamiyama H, Takahashi A, Houkin K, *et al*: Visualization of ostium of an arteriotomy in bypass surgery. *Neurosurgery* 33: 1109-1110, 1993
- 5) Maruyama I: Biology of endothelium. *Lupus* 7(Suppl 2): S41-43, 1998
- 6) 日本脳卒中学会脳卒中ガイドライン委員会(編)：脳卒中治療ガイドライン 2015。協和企画、東京、2016、pp135-136
- 7) 太田貴裕、小倉丈司、堀川弘史：STA-MCA bypass に時間がかかる要因の検討—若手はどこで時間をロスするのか。脳卒中の外科 42: 127-131, 2014
- 8) 嶋田裕史、久枝恵美子、緒方利安、ほか：クラニアルアプローチ法による浅側頭動脈-中大脳動脈バイパス術後の開口による浅側頭動脈血流の評価。脳卒中 37: 317-321, 2015
- 9) 上田 伸、吉嶋淳生、蔭山武文、ほか：STA-MCA 吻合術の吻合血管の開存に影響する因子。脳卒中の外科研究会講演集 9: 81-87, 1981