特集 バイパス術に関連する問題

原 著

小児もやもや病に対する浅側頭動脈-前大脳動脈・中大脳動脈同時吻合術に間接吻合を加えた拡大血行再建術

榎本由貴子¹, 吉村 紳一², 岩間 亨¹

Simultaneous STA-ACA and STA-MCA Bypass Combined with Extensive Indirect Revascularization for Treatment of Childhood Moyamoya Disease

Yukiko ENOMOTO, M.D.¹, Shinichi YOSHIMURA, M.D.², and Toru IWAMA, M.D.¹

¹Department of Neurosurgery, Gifu University School of Medicine, Gifu, and ²Department of Neurosurgery, Hyogo College of Medicine, Nishinomiya, Hyogo, Japan

Summary: We report the results of 14 children with moyamoya disease who underwent simultaneous superficial temporal artery to anterior cerebral artery (STA-ACA) and superficial temporal artery to middle cerebral artery (STA-MCA) bypass combined with extensive indirect revascularization.

In a total of 21 procedures, the median operative time was 6.15 hours, and no patient experienced surgical wound complication. Technical success of STA-ACA bypass was observed in 19 (90.5%) procedures. In the other two cases, the procedure was changed from simultaneous STA-ACA/STA-MCA bypass to STA-MCA double bypass, because the appropriate recipient artery could not be found. In all of the 14 procedures, single-photon emission computed tomography revealed improved cerebral blood flow and vascular reserve in the ACA territory after the operation.

We conclude that simultaneous STA-ACA and STA-MCA bypass combined with extensive indirect revascularization is effective for improvement of hemodynamic insufficiency in the ACA and MCA territories. Moreover, it could prevent surgical wound complication by reducing the need for further surgical procedures in childhood moyamoya disease.

Key words:

- ・ moyamoya disease
- ・ STA-ACA bypass
- ・ STA-MCA bypass
- ・ indirect revascularization

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 44: 411-416, 2016

はじめに

もやもや病に対する血行再建の術式としては、浅側頭動脈(superficial temporal artery: STA)・中大脳動脈(middle cerebral artery: MCA)吻合術を代表とする直接吻合術と、encephalo-duro-arterio-myo-synangiosis(EDAMS)⁵⁾に代表される間接吻合術があり、これらを単独あるいは組み合わせた種々の術式が存在する。直接吻合術が最も即時的

効果が得られる血行再建法であるが、小児例では脆弱な皮質動脈への吻合は必ずしも可能ではない。一方、間接吻合術は即時的な血流改善効果はないも技術的には容易であり、広範囲に血行再建を行うことができることから小児例においてよく用いられる⁶⁾。しかし、いずれの術式を選択するにせよ、外頸動脈の血流を犠牲にする手術の特性上、創部合併症への考慮が必要である¹⁾⁸⁾。特に小児例では、病期の進行とともに将来的に追加手術が必要となる可

¹岐阜大学医学部 脳神経外科, ²兵庫医科大学 脳神経外科(受稿日 2015. 10. 16)(脱稿日 2016. 6. 20)[連絡先: 〒501-1194 岐阜県岐阜市柳戸1-1 岐阜大学医学部 脳神経外科 榎本由貴子] [Address correspondence: Yukiko ENOMOTO, M.D., Department of Neurosurgery, Gifu University School of Medicine, 1-1 Yanagido, Gifu, Gifu 501-1194, Japan]

A|B **Fig. 1** The skin incision (similar to the Mercedes-Benz incision) is designed to divide the skull into three parts (**A**). Actual skin incision line for right revascularization surgery (**B**).

能性が高く、不十分な血行再建により手術回数が多くなれば、皮弁血流傷害による創部合併症のリスクが増すことが懸念されるため、将来的な追加手術を想定した手術デザインが重要である。

そこでわれわれは、一度の手術で最大限の血行再建が施行でき得る Mercedes-incision による STA-anterior cerebral artery (ACA)/STA-MCA 直接吻合術に広範囲間接吻合術を加えた拡大血行再建を積極的に行っている。今回はその有効性について報告する。

対象と方法

対象は 18 歳以下のもやもや病患者のうち、術前脳血流 SPECT において前大脳動脈領域を含む血流低下を認め、Mercedes-incision による STA-ACA/STA-MCA 直接吻合術に広範囲間接吻合術を加えた拡大血行再建を行った 14 例(男児 6 例, 女児 8 例, 年齢中央値 9 歳)21 側。術後画像評価として、過灌注現象の評価のため平均術 6 日後に MRI および I^{123} -IMP 安静時脳血流検査を、平均術 3 カ月後に digital subtraction angiography (DSA) と安静時およびアセタゾラミド負荷 I^{123} -IMP 脳血流検査を施行した。STA-ACA 直接吻合の技術的成功度、術後過灌注症候群の頻度、創部合併症の頻度、ACA 領域の脳血流改善効果につき検討した。

手術手技

1. 頭部固定

二期的ではあるが両側に広範囲血行再建を行うため、陰圧式頭部固定具(マジックマット, オカダ医材, 東京)にて頭部を固定する (**Fig. 1**)。

2. 皮膚切開

頭頂を中心に Mercedes-mark 状に頭部を 3 等分し、想

Fig. 2 Illustration of skin incision and fronto-temporo-parietal craniotomy. The skin is incised from the mid-line of the hairline towards the retroauricular part to preserve the patency of the posterior auricular artery (*) in the skin flap. An extensive craniotomy could expose almost the entire frontal and parietal lobes, and could enable visualization of the interhemispheric fissure after dural incision.

定する生涯の最大回数 3 回の手術は互いに切開線を共有するようデザインする (**Fig. 1**)。hair line 正中から術側耳介後方に延長する皮膚切開は、皮弁内に後耳介動脈が入り、かつ後頭動脈が温存されるよう留意する (**Fig. 2**)。帽状腱膜と骨膜の間を剥離していき、側頭筋は骨膜・側頭筋膜と一塊として有茎骨膜弁として下方に翻転する。

3. STA 剥離

STA 頭頂枝、前頭枝ともに皮弁裏側の帽状腱膜から剥離する。前頭枝は半球間裂付近の ACA と吻合するため 5 cm 以上の長さが必要だが、ドナー径も 1 mm 未満となるため損傷しやすく、剥離には慎重を要する。

A/B
C/D

Fig. 3 Intraoperative photographs describing the step-by-step procedure of superficial temporal artery to anterior cerebral artery anastomosis.

A: recipient artery (*) was found in the sulcus near the interhemispheric fissure.
B, C: anastomosis was performed using eight sutures of 11-0 nylon.
D: intraoperative indocyanine green angiography showed good patency of the bypass.

4. 開頭範囲

前下縁で半球間裂が観察できるよう傍正中に burr hole を穿ち、前頭頭頂葉の広い範囲を露出できる開頭する (**Fig. 2**)。側頭葉側の下縁はシルビウス裂後端が術野に入る程度にとどめ、その後方に広く開頭する。

5. 硬膜切開

中硬膜動脈を介する transdural anastomosis が発達している場合は中硬膜動脈を温存するため前方と後方の2窓とするが、transdural anastomosis が発達していない場合は中硬膜動脈を sacrifice して広く1窓とする。

6. 直接吻合術

開頭前下縁で半球間裂を確認し、周囲脳溝を開放して間裂内から上行してくる ACA を末梢にたどり、適した recipient artery を探す。通常、長さは余裕がないことが多く、STA 前頭枝基部の帽状腱膜や recipient artery 周囲のくも膜を十分剝離して両者の可動性を確保することが必要となる (**Fig. 3**)。STA 前頭枝を ACA と、STA 頭頂枝は MCA と直接吻合する (**Fig. 4**)。STA 前頭枝の長さが不足

Fig. 4 Operative view in simultaneous superficial temporal artery to anterior cerebral artery (STA-ACA) and STA to middle cerebral artery (MCA) bypass.

The frontal branch of the STA is anastomosed to the ACA and the parietal branch of the STA is anastomosed to the MCA. The dura is incised radially and inserted inside out so that its outer surface is attached to the brain. Finally, the dural defect is patched with the pericranial temporal muscle flap.

A|B

Fig. 5 Preoperative internal carotid angiograms of a representative case (**A**: right, **B**: left) shows terminal stenosis on both sides of the internal carotid artery and the development of moyamoya vessels.

A
B

Fig. 6 Preoperative single photon emission computed tomography at (**A**) rest and (**B**) during acetazolamide stress. Cerebral blood flow and cerebral vascular reserve decreased in areas of the right anterior cerebral artery as well as the right middle cerebral artery.

する場合、頭頂枝に余裕がある場合は先端の2 cm ほどを利用してインターポジションを試みる。STA 頭頂枝にも余裕がない場合、あるいは適した recipient が ACA 領域に存在しない場合は、MCA の double bypass に術式を変更する。

7. 間接吻合術

硬膜窓が2窓の場合は有茎骨膜弁に割を入れ、それぞれに有茎骨膜弁を patch し、loose に suture する。

A|B

Fig. 7

Right external carotid angiogram (**A**: preoperative, **B**: postoperative). The preoperative angiogram does not demonstrate any transdural collaterals, while the postoperative angiogram shows rich collateral blood flow in the territories of the anterior cerebral artery and the middle cerebral artery, via direct and indirect bypass.

A
B

Fig. 8 Postoperative single-photon emission computed tomography at (**A**) rest and during (**B**) acetazolamide stress. Cerebral blood flow and cerebral vascular reserve in the area of the right anterior cerebral artery dramatically improved.

術後画像評価

過灌流現象の評価のため、平均術6日後にMRIおよび I^{123} -IMP 安静時脳血流検査を施行した。平均術3カ月後にDSAと安静時およびアセタゾラミド負荷 I^{123} -IMP 脳血流

検査を施行した。

結 果

21側の平均手術時間は 6.13 ± 0.04 時間、STA-ACA直接吻合の技術的成功度は19/21側(90.5%)であり、完遂で

きなかった2側は吻合に適した recipient artery が ACA 領域に存在しない、あるいは donor の長さ不足のため、MCA の double bypass に手技を変更した。過灌流症候群 (術後 I²³-IMP 脳血流検査上の相対的血流増加部位に一致する局所神経症状の出現) は 2/21 側 (9.5%) であり、いずれも 18 歳の同一患者 (二期的両側手術) であったが、麻痺・失語症状は一過性であった。

創部合併症は一側もなく、術 3 カ月後の脳血流検査が施行できた 14 側のうち、全例で ACA 領域の安静時脳血流および予備能改善を認めた。

症 例

8 歳、女児。

数年前から下肢脱力発作があり、徐々に頻度を増し学校生活に支障が出るようになったため学校医から紹介受診、施行された MRI にてもやもや病と診断された。脳血管撮影では右に進行した両側 3 期のもやもや病を認め (Fig. 5)、術前の脳血流検査では右側で ACA、MCA 領域に広範囲の安静時脳血流低下、予備能低下を認めた (Fig. 6)。STA-ACA および STA-MCA 直接吻合術に広範囲間接吻合術を加えた拡大血行再建術を施行し、術後は過灌流現象を認めることなく経過、下肢の脱力発作は消失した。術 3 カ月後の脳血管撮影では開頭範囲に一致した外頸動脈からの側副血行路の良好な発達を認め (Fig. 7)、術 3 カ月後の脳血流検査では ACA 領域を含めた脳血流改善を認めた (Fig. 8)。

考 察

小児例における良好な知能予後改善のためには、前大脳動脈 (ACA) 領域を含んだ広範囲の血行再建が有効であることが知られており⁶⁾、中大脳動脈領域のみならず ACA 領域をカバーするためのさまざまな術式が報告されている²⁾⁻⁴⁾⁷⁾⁹⁾¹⁰⁾。一方で、外頸動脈を犠牲にする手術の特性上、複雑な血行再建となるほど創部合併症のリスクが増すことが知られているが⁸⁾、不十分な血行再建により追加手術を重ねればさらにリスクは高まることが懸念される。本法は一期的に ACA 領域を含む広範囲の血行再建を行うことで追加手術の可能性を減じることができるため、創部合併症回避の点からもリーズナブルである。広範囲の複雑な血行再建を行うため、犠牲とする外頸動脈枝も広範囲とな

るが、広頸皮弁で後耳介動脈血流を温存させること、追加手術の際に皮膚切開線を再利用し、新たな外頸動脈血流障害を生じさせないことなどの工夫からも創部合併症を回避できるのではないと思われる。

結 語

一度に最大限の血行再建を行う本法は、ACA 領域を含めた広範囲の脳血流改善が得られると同時に、追加手術の可能性を減じ、創傷合併症を回避できる有効な治療法と考えられた。

著者全員は、日本脳神経外科学会への COI 自己申告を完了しています。本論文の発表に関して、開示すべき COI はありません。

文 献

- 1) Houkin K, Ishikawa T, Yoshimoto T, *et al*: Direct and indirect revascularization for moyamoya disease surgical techniques and peri-operative complications. *Clin Neurol Neurosurg* 99 (Suppl 2): S142-145, 1997
- 2) Iwama T, Hashimoto N, Miyake H, *et al*: Direct Revascularization to the anterior cerebral artery territory in patients with moyamoya disease: report of five cases. *Neurosurgery* 42: 1157-1161, 1998
- 3) 勝野 亮, 谷川緑野, 上森元気, ほか: 前大脳動脈領域に骨膜と浅側頭動脈を用いた小児もやもや病に対する複合的血行再建術の有用性と問題点. *脳卒中の外科* 42: 142-146, 2014
- 4) 川口哲郎, 細田弘吉, 柴田裕次, ほか: もやもや病に対する Multiple Burr-hole Operation の有用性と問題点について. *脳卒中の外科* 28: 81-90, 2000
- 5) Kinugasa K, Mandai S, Kamata I, *et al*: Surgical treatment of moyamoya disease: operative technique for encephalo-duro-arterio-myo-synangiosis, its follow-up, clinical results, and angiograms. *Neurosurgery* 32: 527-531, 1993
- 6) Kuroda S, Houkin K: Moyamoya disease—current concepts and future perspectives. *Lancet Neurol* 7: 1056-1066, 2008
- 7) 黒田 敏, 浜田秀雄, 黒崎邦和, 他: 小児もやもや病の外科治療と周術期管理. *脳外誌* 22: 283-291, 2013
- 8) Takanari K, Araki Y, Okamoto S, *et al*: Operative wound-related complications after cranial revascularization surgeries. *J Neurosurg* 123: 1145-1150, 2015
- 9) 谷川緑野, 杉村敏秀, 日野 健, ほか: もやもや病に対する前大脳動脈, 中大脳動脈領域への直接血行再建とその効果. *脳卒中の外科* 36: 386-394, 2008
- 10) 徳永浩司, 日下 昇, 河田幸波, ほか: もやもや病に対する Ribbon encephalo-duro-arterio-myo-synangiosis (Ribbon EDAMS) 施行例における術前・術後の脳循環動態の検討. *脳卒中の外科* 28: 91-97, 2000