



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	もやもや病における血行再建術手技の工夫と血流改善効果
Author(s)	吉本, 哲之; 伊東, 雅基; 川堀, 真人 他
Citation	脳卒中の外科, 38(6), 375-379 https://doi.org/10.2335/scs.38.375
Issue Date	2010
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70930
Type	journal article
File Information	J15_38_375.pdf



もやもや病における血行再建術手技の工夫と血流改善効果

吉本 哲之, 伊東 雅基, 川堀 真人
小林 理奈, 藤本 真, 善積 威
山内 亨, 徳田 耕一, 金子 貞男

Characteristic Surgical Procedure and the Effectiveness of the Revascularization for Moyamoya Disease

Tetsuyuki YOSHIMOTO, M.D., Masaki ITO, M.D., Masato KAWABORI, M.D.,
Rina KOBAYASHI, M.D., Shin FUJIMOTO, M.D., Takeshi YOSHIKUNI, M.D.,
Toru YAMAUCHI, M.D., Koichi TOKUDA, M.D., and Sadao KANEKO, M.D.

Kashiwaba Neurosurgical Hospital, Sapporo, Hokkaido, Japan

Summary: Surgical treatment for moyamoya disease is basically a combination of direct and indirect revascularization because of the characteristic pathogenesis. Surgical goals are to increase the collateral channels as much as possible and to widely cover the territory of the poor cerebral blood flow. We preoperatively evaluate cerebral perfusion by angiography and single photon emission CT, and plan the direct bypass between STAs and each cortical branch of ACA and MCA. We then add the indirect revascularization over them on the 2 cranial windows. Recently, the middle meningeal artery also has been utilized as a donor of the direct revascularization.

We estimated the postoperative perfusional change of the total revascularizations by SPECT, which showed improved cerebral blood flow and vascular reserve.

Key words:

- moyamoya disease
- direct and indirect revascularization
- meningeal artery

Surg Cereb Stroke

(Jpn) 38: 375-379, 2010

はじめに

もやもや病は一般的な脳梗塞の病態とは異なり、両側性狭窄病変の慢性的進行と豊富な血管新生という特徴的な病態を併せ持っている。そのため進行的虚血病変に対する新たな血流供給路の獲得として、血管新生力を利用した間接血行再建術がバイパス術である直接血行再建術とともに有効的治療として認められている。ただし、もやもや病患者においても個々における血流不足領域は各脳血管の病変進行と側副血行路の発達程度によりさまざまであり、さらに

将来の血管病変の進行に伴い発生する血流不足領域の存在も考慮し、個々の患者にあった血行再建の総合的検討が必要と考えている。当院における基本的手術法は血流の不足部位にあうように中大脳動脈(MCA)と前大脳動脈(ACA)領域に2つの開頭を行い、それぞれの脳表分枝への直接血行再建と間接血行再建を行っているが、その中で個々の患者の血流分布により血行再建を行う手術部位を前後、内外側に変更するようにしている。今回はその基本的手術手技およびその工夫を供覧し、それによる各領域の血流改善効果について検討する。

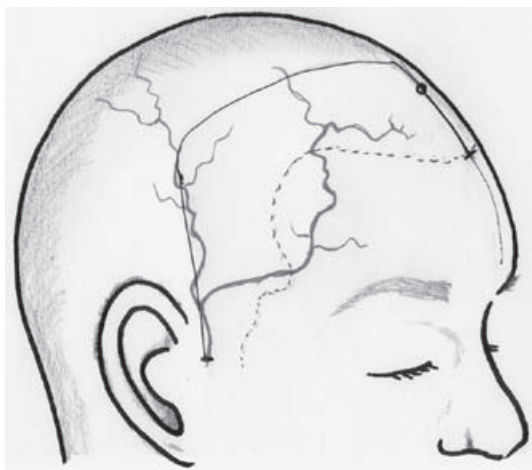


Fig. 1 Schematic drawing of skin incision, planned along a parietal branch of STA.

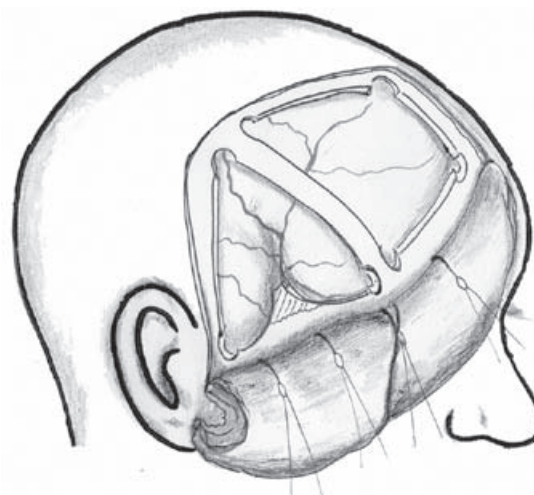


Fig. 2 Schematic drawing of the "two cranial bone windows."

手術手技

手術は個々の患者の脳血管撮影やスペクトより乏血領域の特徴を十分に考慮し、その血流不足領域を補うように開頭部位を前後左右に移動して、ACA 領域である前頭葉内側部位と MCA 領域である前頭側頭葉部位に開頭野(two cranial bone windows)を置き、MCA と ACA 領域の直接、間接血行再建術を基本としている。以前より MCA 領域を中心とした直接、間接血行再建術を行っていたが、ACA 領域の血流改善のため前頭側頭開頭を頭側に広げ、開頭野の上限で MCA の末梢動脈とのバイパスを行い、ACA 領域の血流供給を試みていたが、それでは ACA 領域に対する十分な血流再分布が得られなかったため、秋田脳研、石川達哉先生の助言もあり、前頭葉内側部位と前頭側頭葉部位に開頭野(two cranial bone windows)を設け ACA と MCA の直接バイパスを行い、同部位に間接血行再建術を行うことによって ACA 領域を直接にカバーするバイパス術に変更した。

直接血行再建術の具体的な手法においては通常の浅側頭動脈(STA)を用いたバイパス術と同様である³⁾。皮切は STA の頭頂枝に沿い、血管が後方に向け走行するあたりよりプレグマの 2-3 cm 後方に向い、正中ラインの前方へ設定する(**Fig. 1**)。皮切の途中 STA の前頭枝の末梢にあたるが、その走行を確認して凝固切断する。STA 前頭枝の剥離は、以前は末梢より逆向きに剥離していたが、皮弁翻転により血管に張力がかかるため皮弁を起こしてから順向性に剥離している。これにより張力がなく剥離しやすく、末梢の顔面神経も温存することができ、最終的に吻合結果に差は生じていない。STA 前頭枝の剥離中に気をつ

けることは、その分枝が頭蓋内血管と吻合する眼窩への側副血行路を有していることがあることと、顔面神経の前額部への細かい分枝が血管より深部でクロスしていることで、両者とも剥離温存することは十分に可能であり、切断しないように注意する。皮弁を頭蓋骨より剥離するときには、側頭部では側頭筋を前頭部では帽状腱膜を間接血行再建に使用するために皮弁翻転時には頭蓋骨側に残存し剥離していくほうが flap を形成しやすい。また、血管を温存するためなるべく凝固止血を行わない。

前頭側頭骨開頭は、術後創部直下の血流不全を防止するため皮切より一横指内側で行い、前頭側頭部と約 1 cm 離して midline に至る前頭部内側の two cranial bone windows を行う(**Fig. 2**)。皮切の直下にプレートをおかないように計画することが創部の血流温存には重要なポイントである。通常、中硬膜動脈(MMA)は可能な限り温存する。MMA が側頭骨の内部を走行し通常の craniotomy では keyhole の部分で損傷してしまうため、側頭骨外の部分をとらえるよう keyhole の少し上後方に設けるようにするが、個人差もあり術前に MMA の走行を脳血管撮影などにより把握する必要がある。3D-CTA は頭蓋骨との関係を描写するため重要な情報となる。craniotomy を行ったのちは、MMA の走行を考慮しながら側頭骨底部に向い MMA 周囲の骨を piece by piece に摘出する。最近では MMA と脳表との既存の側副血行路が認められない場合には、あえて MMA を中枢側に剥離、free にして側頭葉の脳表の血管と直接吻合し、直接血行再建術の新たなチャンネルを増やすことも経験している(**Fig. 3A**)。MMA は硬膜の小さな静脈洞内を走行する場合もあるが、慎重に硬膜から剥離し、周囲の骨を除去することにより直接血流を供

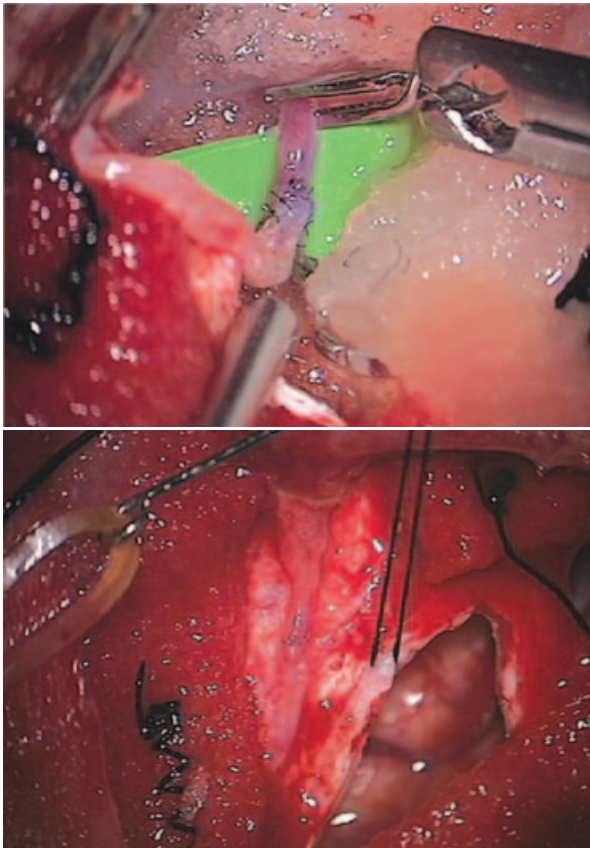


Fig. 3 **A:** A photo showing an end to side anastomosis of MMA and a cortical artery on the temporal lobe.
B: A photo showing an end to end anastomosis of a tiny branch of STA and MMA.

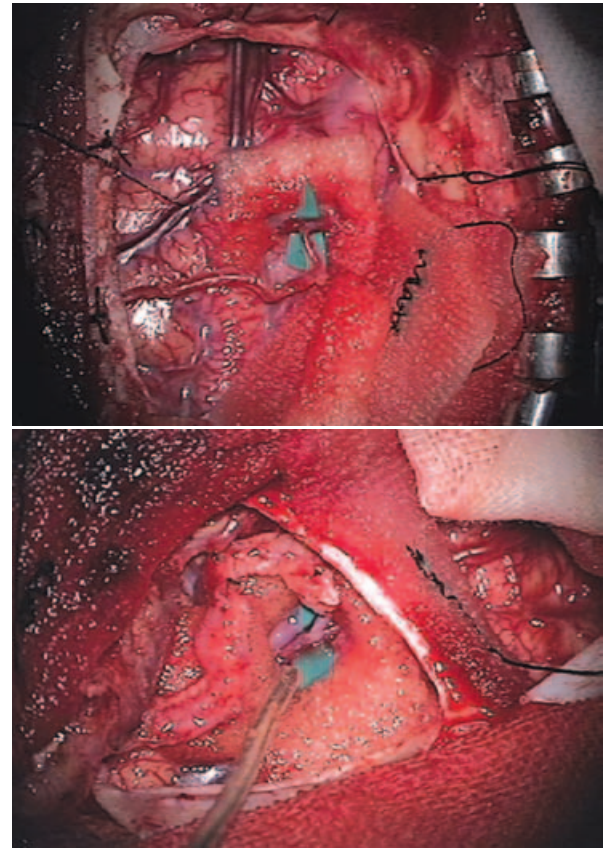


Fig. 4 **A:** A photo showing a direct bypass of a frontal branch and a cortical artery of ACA.
B: A photo showing a direct bypass of a parietal branch and a cortical artery of MCA on the sylvian fissure.

給する十分な血管径も有しており、直接血行再建術のドナーとして使用可能である。MMA がすでに側副血行路として頭蓋内との交通性を有する場合にはその血行路は重要なチャンネルであるため温存することは必須である。しかし、開頭術の際に損傷された場合には MMA 同士の端端吻合や STA の分枝との STA-MMA 吻合などにより MMA の血流回復も期待できる (Fig. 3B)。

硬膜は間接血行再建のため MMA の血流を障害しないように網目状にカットして脳表側に折り返し、表層が脳表に接触するようにする。その際には硬膜表面や断端からの出血に注意し、頭蓋骨のエッジで折り返した硬膜とともに硬膜を固定する。

直接バイパスは剥離した STA の長い frontal branch と短い parietal branch に適当な位置で径の十分にある ACA と MCA の脳表上の分枝にそれぞれ吻合する。ACA のバイパスはより細かいバイパスになるが内膜の断端をきちっとあわせることにより、通常のバイパスと遜色ない (Fig. 4A)。ただし、小児例ではそのサイズが小さく、ド

ナーやレシピエントの血管は容易にスパズムを起こし、血流不全を生じることがあるため、血管との接触には十分慎重に行う必要がある。通常の動脈硬化性病態に対する STA-MCA anastomosis ではより早期に血流改善が得られるためレシピエントを M2 など太い血管にしてシルビウス裂内でバイパスしているが²⁾、もやもや病の場合には基本的には MMA を温存させるため広範にシルビウス裂を開けることが困難であり、脳表上でバイパスしている (Fig. 4B)。ただし、シルビウス裂近傍のできるだけ太い血管をレシピエントとして選択している。frontal branch は arteriosynangiosis のため two cranial windows の間のブリッジの下を脳表上に長く走行させるが、ドナーの分枝からの細かな出血に注意する。バイパス血流の確認にはドップラー検査のほか、ICG (インドシアニングリーン) が血流分布を確認することもでき有用である。

骨のエッジ側に固定された硬膜と側頭部では側頭筋を、前頭部では骨膜、ガレアを縫合し間接血行再建とする。そのため生きた豊富な血管が必要であり凝固止血を少なく心

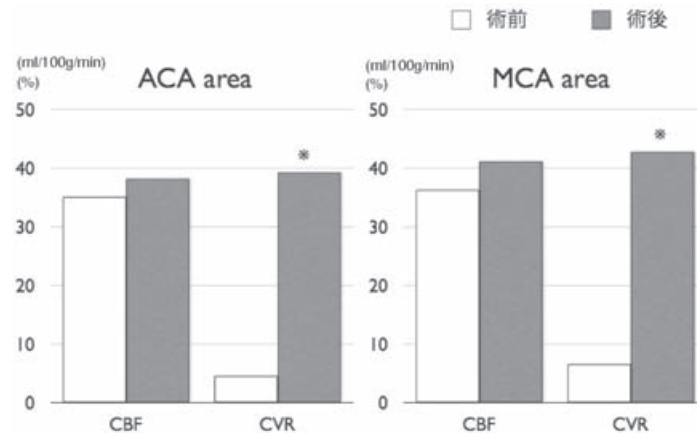


Fig. 5 Comparison in change of the preoperative and the post-operative CBF and CVR in the ACA and the MCA areas.

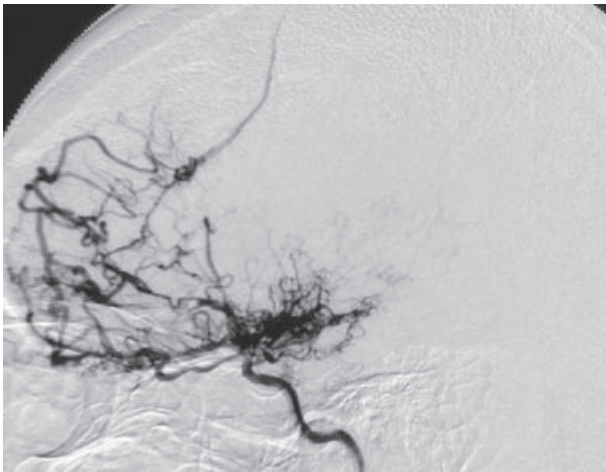


Fig. 6 Demonstrative case with the anterior collateral circulation of ACA through the ophthalmic artery.

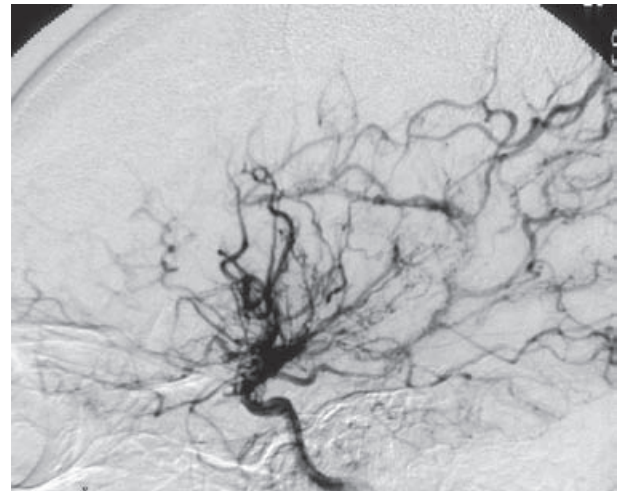


Fig. 7 Same case with the posterior collateral circulation of ACA though the retrograde filling of the cortical arteries and the posterior colloidal artery.

がけるが、逆に術後に硬膜下血腫が発生すると新生血管が期待できないばかりか mass effect を生じることになるので注意しなければならない。

閉創：硬膜の断端と縫合した筋層の上に骨を固定するが、側頭部では側頭筋の interfascial dissection を行い、superficial layer を骨固定後に骨の上に置くと凹凸がなく滑らかに仕上がり cosmetic にも良好である。骨の固定はプレートをできるだけ少なく用いるが、プレートは筋肉やガレアなどの深部組織で覆われるようにすることが創部の血流を温存するために重要である。この点を重視するようになり、もやもや病を含め、通常の STA-MCA double bypass を行った際にも創部の血流不全によるトラブルは認められていない。

血流学的検討

方法：本手術による血流改善効果を検討するため、手術前後における血流検査を ^{131}I -IMP SPECT を用いて行った。SPECT 検査のタイミングは手術前では最終発作から少なくとも 3 週以降に、また手術後も術後少なくとも 3 週以降に、脳血流の安定化を待ち行った。対象は 2003 年より 2008 年まで当院で two cranial bone windows で治療されたもやもや病患者 24 例、39 側である。女性 14 例、男性 10 例で 5-66 歳、平均 46 歳であった。各手術側の MCA および ACA 領域に ROI を設定し血流量と血管予備力を手術前後において比較検討した。

結果：ACA 領域の血流量 $\pm$ SD (ml/100 g/min) は手術

前が 35.2 ± 6.7 で手術後が 38.3 ± 4.7 , MCA 領域の血流は 36.3 ± 6.8 , 41.2 ± 9.7 と明らかな増加が認められた. 血管予備能 $\pm$ SD(%) では ACA 領域では 4.6 ± 17.8 から 39.3 ± 32.7 , MCA 領域では 6.6 ± 16.9 から 42.3 ± 38.2 と統計学的に有意に改善していた. 手術後 ACA 領域も MCA 領域ともに血流量と血管予備力は増加しているが, 血管予備力は有意に改善していた(**Fig. 5**). ($p < 0.05$, Wilcoxon t-test)

考察: もやもや病の特異的な病態である血管新生力を利用した間接血行再建術は有効な治療法であり, 本病態に対する基本的治療と考えられるが¹⁾, その血流改善についてはいまだ予測不可能な部分があり, 早期の改善効果は期待できない. そのためわれわれは以前より前頭側頭部の one cranial bone window を施行し直接および間接血行再建術を行っていた. しかし, もやもや病は内頸動脈の進行性狭窄性病変であり MCA 領域に加えて ACA 領域の血流障害も出現する危険性があり, ACA 領域の積極的血流改善も必要であると考え, 前頭側頭開頭を頭側に広げ, ACA 領域の血流供給を試みていた. しかし, それでは ACA 領域に対する十分な血流再分布が得られなかったため, one cranial bone window から前頭部内側に別な開頭を設ける two cranial bone windows に変更した. この方法の advantage は確実に ACA 領域を開頭し, レシビエントとして適当な ACA に吻合可能なことであり, また硬膜を大脳半球間裂側に翻転し同部位の間接血行再建を行えることである. また拡大した one cranial bone window では開頭が大きいために間接血行再建術が困難であるが, two cranial bone windows では個々の開頭は小さく, 間接血行再建術が容易である. ただし, 手技がやや煩雑となり, midline まで開頭するため bridging vein や interdural vein などからの出血の危険性があり, 硬膜切開が制限される場合もある.

もやもや病の ACA 領域の側副血行路は大きく眼動脈, 前篩骨動脈, 大脳鎌動脈を介した前方よりの血流(**Fig. 6**)と もう 1 つは後方から皮質枝や脳梁辺縁動脈を介した血流がある(**Fig. 7**). その発達程度により ACA の乏血流領域が前方や後方に偏位するため, 前頭部内側の cranial bone window の位置を個々の血流状態により前後に移動させている.

今回の血流改善効果の検討では ACA 領域においても MCA と同様に術後約 1 カ月という早期に脳血流量と血管予備能は改善を示した. one cranial bone window の結果とは比較していないが, two cranial bone windows がもやもや病の血行再建に有用な手術法と考えられた. 今後, さらに乏血領域をカバーするべく頭頂後頭葉の血行再建についても検討したい.

結 語

現在のところ本術式における, もやもや病の ACA, MCA 両領域の進行性慢性的虚血領域に対する血流改善効果は非常に有効と考えられた. しかし, 個々の症例において残存する乏血領域の部位はさまざまであり, cranial window の部位を多少変更する本手術だけでは十分な血流改善効果も得られない場合があり, 新たなさらなる積極的な手術法の検討も必要と考えている.

文 献

- 1) 宝金清博: もやもや病に対する血行再建術. 脳血行再建術, 2000, pp87-102
- 2) 吉本哲之, 丸一勝彦, 千葉泰弘, ほか: より効果的な STA-MCA bypass 術—data evidence による standard 化—. 脳卒中の外科 36: 193-197, 2008
- 3) 吉本哲之, 藤本 真, 白坂智英, ほか: バイパス術を成功させるためのさまざまな工夫. 脳卒中の外科 35: 188-191, 2007