症 例

後耳介動脈を用いて頭蓋内外バイパス術を行った3症例

鷗山 淳¹, 三宅 茂², 栗原 英治³

Extracranial-to-Intracranial Bypass Surgery Using the Posterior Auricular Artery: A Report of Three Cases

Atsushi UYAMA, M.D.¹, Shigeru MIYAKE, M.D.², and Eiji KURIHARA, M.D.³

¹Department of Neurosurgery, Shin-suma Hospital, Kobe, ²Department of Neurosurgery, Kitaharima Medical Center, Ono, and ³Department of Neurosurgery, Junshin Hospital, Kakogawa, Hyogo, Japan

Summary: Occasionally, no branch of the superficial temporal artery (STA) is available for extracranial-to-intracranial bypass (EC-IC bypass) surgery in the territory of the middle cerebral artery (MCA). The posterior auricular artery (PAA) mainly supplies the auricle and postauricular skin. The PAA is often emphasized as the feeding artery of a pedicle skin flap in reconstruction surgery around the auricle. Only five cases have been described in three reports of PAA-MCA bypass in the literature. We report three cases of EC-IC bypass using the PAA for MCA occlusion. The parietal branch of the STA was absent in two cases, and the other branches of the STA had been sacrificed during a previous operation in one case. The PAA had become larger than usual and extended to the parietal scalp in all cases. Two patients underwent double anastomosis of the frontal branch of the STA-MCA and PAA-MCA, and one patient was treated with single anastomosis involving the PAA-MCA. We made separate question mark-shaped, linear, and Y-shaped skin incisions. The bypass remained patent in all the cases. The PAA has a complementary role to those of the STA and occipital artery in the blood supply of the parietotemporal scalp. Presumably, when the STA branch is absent or has already been sacrificed or used, the PAA occasionally extends to the parietal scalp, maintaining an adequate caliber of the vessel. We suggest that the PAA is a potential alternative to the STA as a donor artery in EC-IC bypass. Selection of the proper operative method in PAA-MCA bypass is mandatory.

Key words:

- posterior auricular artery
- superficial temporal artery
- extracranial-intracranial bypass

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 47: 140-145, 2019

はじめに

後耳介動脈 (posterior auricular artery : PAA) は主に耳介, 耳介後部皮膚に供血するが, 頭頂部まで分岐が発達することがある⁷⁾. 中大脳動脈 (middle cerebral artery : MCA) 領域への頭蓋内外バイパス術の donor としては通常は浅側頭動脈 (superficial temporal artery : STA) が用いられる

が, PAA を使用した報告は比較的まれである¹⁾³⁾¹⁹⁾. 今回, MCA 閉塞症に対し PAA を使用しバイパス術を施行した3症例を報告する.

症 例

〈症例 1〉 80 歳, 女性.

既往歴: 骨粗鬆症, 甲状腺機能低下症.

¹慈恵会新須磨病院 脳神経外科, ²北播磨総合医療センター 脳神経外科, ³特定医療法人順心会順心病院 脳神経外科 (受稿日 2017. 10. 28) (脱稿日 2018. 1. 24) [連絡先: 〒654-0048 兵庫県神戸市須磨区衣掛町 3-1-14 慈恵会新須磨病院 脳神経外科 鷗山 淳] [Address correspondence: Atsushi UYAMA, M.D., Department of Neurosurgery, Shin-suma Hospital, 3-1-14 Koromogakechou, Suma-ku, Kobe, Hyogo 654-0048, Japan]

Fig. 1 Case 1:

A|B|C

A: Computed tomographic angiography (CTA) image showing a right middle cerebral artery (MCA) occlusion with a partially enhanced M2 segment.

B: CTA image showing the frontal branch of the superficial temporal artery (STA) (arrow) and the developed posterior auricular artery (PAA) (arrowhead).

C: Preoperative photograph showing the skin incision.

現病歴と治療経過：明らかな手足の麻痺症状を伴わない構音障害で発症し、MRI で右放線冠に急性期梗塞を認めた。CT angiography (CTA) で右 MCA 閉塞を認め (**Fig. 1A**)、perfusion CT で右半球の血流低下があり、血行再建術の適応と判断した。STA 前頭枝は発達していたが、頭頂枝が欠損し PAA が発達していた (**Fig. 1B**)。第 27 病日に STA 前頭枝と PAA を donor とする double bypass を施行した。

PAA 直上に皮膚切開を置き剝離後前方まで切開を延長し、翻転した皮弁の裏側から STA 前頭枝を剝離した (**Fig. 1C, Fig. 2**)。STA 前頭枝および PAA をおのおの M4 に吻合し、ドップラーで patency を確認した。おのおの donor は中頭蓋底側に作成した 2 カ所の burr hole から硬膜内に誘導した。バイパスの patency は良好で新たな脳梗塞の出現なく、第 40 病日に modified Rankin Scale (mRS) 2 の状態で自宅退院となった。

〈症例 2〉 77 歳、男性。

既往歴：くも膜下出血 (50 歳代、他院で前交通動脈瘤に対し右前頭側頭開頭で動脈瘤クリッピング術)。

現病歴と治療経過：一過性の意識障害・左口角下垂・構音障害で発症し、MRI で急性期梗塞所見はなく transient ischemic attack (TIA) と考えられた。CTA で右 MCA 閉塞を認め (**Fig. 3A**)、perfusion CT で右半球の血流低下があり、血行再建術の適応と判断した。digital subtraction angiography (DSA) では、以前の開頭術により STA は消失しており、PAA が発達していた (**Fig. 3B**)。PAA を donor とする single bypass を第 16 病日に施行した。

前回の開頭部後方の PAA 直上を切開し剝離後直下を開頭し (**Fig. 4**)、PAA と M4 を吻合しドップラーで patency

Fig. 2 Case 1:
Schematic drawing of the skin incision and craniotomy.

を確認した。術後一過性の失見当識障害・呂律障害・左片麻痺が出現したが、てんかん発作が原因と考えられた。バイパスの patency は良好で脳虚血発作の再発なく、第 51 病日に mRS 1 の状態で自宅退院となった。

〈症例 3〉 72 歳、男性。

既往歴：特記事項なし。

現病歴と治療経過：一過性の重度の左不全麻痺 (一時は完全麻痺)・呂律困難で発症し、MRI で大脳半球に急性期梗塞は認めず TIA と考えられた。MRA で両側 MCA 閉塞を認めた (**Fig. 5A**)。緊急で DSA を行い、両側の MCA 閉塞を認めた。心房細動が検出されず両側病変であり動脈硬化性の慢性閉塞と考え、脳血栓回収療法の適応ではないと考えた。STA 前頭枝は発達していたが頭頂枝は欠損しており、PAA は比較的発達していて頭頂方向まで分枝が確

A/B

Fig. 3 Case 2:

A: Computed tomographic angiography (CTA) image showing a right middle cerebral artery (MCA) occlusion.

B: Digital subtraction angiography image (DSA) showing the absence of the superficial temporal artery (STA) and the developed posterior auricular artery (PAA) (arrow-head).

Fig. 4 Case 2:

Schematic drawing of skin incision and craniotomy.

PAA からの血流は安定せず2回縫合し直すも吻合部への血流は不安定ですぐに途絶したが、しばらくすると再開通し最終的には indocyanine green (ICG) による蛍光血管撮影で2本ともバイパス血流の patency が確認できた (**Fig. 5H**)。おのおのの donor は、中頭蓋底側に作成した2カ所の burr hole から硬膜内に誘導した。術翌日の SPECT では吻合部付近の過灌流を疑わせる所見であり (**Fig. 5I**)、しばらく厳格な血圧管理を行い第9病日からクロピドグレルの内服を開始した。術後も2本とも patency は良好であったが、第11病日に脳幹梗塞を発症し重度の左片麻痺が出現した。第58病日に mRS 4 の状態で他院にリハビリテーション目的で転院となった。

考 察

認できた (**Fig. 5B**)。治療方針を決定する目的で single photon emission computed tomography (SPECT) での脳循環評価を検討したが、安静時のみでは両側病変であり左右差による相対比較では虚血状態の評価が行えない可能性があり、アセタゾラミド負荷による血管反応性の評価は超急性期では虚血症状の誘発が危惧された。一時は完全麻痺になるほどの重篤な虚血症状から右側の血行再建術の適応と判断し、SPECT は手術の迅速性を重視し行わなかった。第2病日に STA 前頭枝と PAA を donor とする double bypass を施行した。

耳珠前方の STA 直上から耳介上方を經由後 PAA 直上に連続する切開線を置き、切開部を展開し STA および PAA を剝離した。上記の切開線から2 cm 間隔を開け STA 前頭枝直上を切開し前頭枝を確保した。前者の切開部直下に小開頭を行い、STA 前頭枝は末梢を切断し皮下を經由し開頭部に導出した (**Fig. 5C, Fig. 6**)。STA 前頭枝と PAA をおのおの M4 に吻合した (**Fig. 5D-G**)。STA 前頭枝からのバイパス血流は、吻合直後から良好であった。

動脈硬化性病変・もやもや病などの閉塞性血管障害や動脈瘤手術の支援で MCA 領域への頭蓋内外バイパス術が施行され、一般的には donor として STA が選択される⁴⁾⁶⁾⁸⁾¹⁷⁾。STA の分枝が未発達であったり、過去の開頭術やすでに STA-MCA バイパスが施行され STA が使用できない場合がある。PAA を donor とした詳細な記述のある症例報告は比較的まれで、渉猟したかぎり3報告5症例であった¹⁾³⁾¹⁹⁾ (**Table 1**)。対象となった疾患は、もやもや病が2例、内頸動脈狭窄が1例、紡錘状 MCA 動脈瘤が1例、内頸動脈解離が1例であった。PAA-M4 の single bypass が3例、STA 前頭枝-M4 と PAA-M4 の double bypass が1例、STA 頭頂枝-M4 と PAA-M4 の double bypass が1例であった。いずれも PAA-MCA のバイパスの血流の patency は良好であった。

PAA は脳神経外科領域ではあまり注目されることはなく、成書でも詳細な記述は少ない。形成外科領域では、耳介部周囲の形成術の際の有茎皮弁の栄養動脈として重要視されている⁹⁾¹⁴⁾¹⁵⁾²⁰⁾。PAA は、外頸動脈後面から単独で

Fig. 5 Case 3:

A	B	C
D	E	F
G	H	I

- A:** Magnetic resonance angiogram (MRA) showing bilateral middle cerebral artery (MCA) occlusion.
- B:** Digital subtraction angiography (DSA) image showing the frontal branch of the superficial temporal artery (STA) (arrow) and the developed posterior auricular artery (PAA) (arrowhead).
- C:** Preoperative photograph showing the skin incision.
- D-G:** Intraoperative photograph demonstrating an anastomosis of the frontal branch of the STA-MCA (**D**), PAA and M4 before anastomosis (**E**), anastomosis of the PAA-MCA (**F**), and both bypasses of the STA-MCA (arrow), and PAA-MCA (arrowhead) (**G**).
- H:** Intraoperative indocyanine green angiogram showing the patency of both bypasses of the STA-MCA (arrow) and PAA-MCA (arrowhead).
- I:** Postoperative single-photon emission computed tomography image indicating hyperperfusion around the region of anastomosis.

72-87.5%, 後頭動脈(occipital artery : OA)の共通幹として11.3-21%, 上行咽頭動脈との共通幹として1-7%分岐する²³⁾。乳様突起で体表側に向かい postauricular sulcus を通って上行し, 70-84%で stylomastoid artery が分岐し 茎乳突孔および顔面神経管を通り顔面神経を栄養する¹³⁾²¹⁾。さらに, 遠位では耳介前面や後面を広範に栄養する前枝が分岐する²⁰⁾。67%は前枝のみを終末枝とし, 33%はさらに上行し側頭頭頂部頭皮を栄養する後枝が分岐する¹⁵⁾。頭皮下の PAA の走行する解剖学的な層構造は, PAA を剥離し donor として採取する際に重要である。側頭頭頂部の側頭筋膜上では, STA と同様に帽状腱膜上で

Fig. 6 Case 3:
Schematic drawing of the skin incision and craniotomy.

Table 1 Summary of previously reported cases and our cases

Case No.	Authors (year)	Age/sex	Disease	Side	Condition of STA	Skin incision	Bypass	Patency
1	Horiuchi, et al (2012)	16/female	Moyamoya disease	Right	Already application for revascularization	Linear	PAA-M4	Good
2	Tokugawa, et al (2014)	65/female	ICA stenosis	Left	Absence of STA Pbr.	Question mark	STA Fbr.-M4 PAA-M4	Good
3	Germans, et al (2014)	ND/male	MCA aneurysm	Right	Absence of STA Pbr.	Question mark	PAA-M4	Good
4	Germans, et al (2014)	26/female	Moyamoya disease	Left	Absence of STA Fbr.	Question mark	STA Pbr.-M4 PAA-M4	Good
5	Germans, et al (2014)	44/female	ICA dissection	Left	Absence of STA Pbr.	Linear	PAA-M4	Good
6	Our cases (2017)	80/female	MCA occlusion	Right	Absence of STA Pbr.	Question mark	STA Fbr.-M4 PAA-M4	Good
7	Our cases (2017)	77/male	MCA occlusion	Right	Disappearance by previous operation	Linear	PAA-M4	Good
8	Our cases (2017)	72/male	MCA occlusion	Right	Absence of STA Pbr.	Y-shaped	STA Fbr.-M4 PAA-M4	Good

ICA: internal carotid artery, MCA: middle cerebral artery, STA: superficial temporal artery, PAA: posterior auricular artery, Fbr.: frontal branch, Pbr.: parietal branch, ND: not described

皮下脂肪組織下を走行していると考えられ、同部位の剥離操作はSTAと同様に行えばよいと考える。耳介後方付近では皮膚が薄く皮下脂肪組織も少ないため、損傷しないように十分注意を払う必要がある¹⁵⁾。

頭皮の血流支配においてPAAはSTAやOAと相補的な関係にあると考えられ、耳介ではSTAからの耳介枝と²⁾²⁰⁾、耳介後方から頭頂部の皮膚領域においてはSTAやOAと分担している⁹⁾¹¹⁾¹⁴⁾。Lohasammakulら⁹⁾は耳介後方では外耳孔から5 cm上方、6 cm後方まではPAAが主に血流支配を担っており、それより上方ではSTAおよびOAの支配領域になるとしている。過去の報告に自験例を加えた8例を検討してみると、1例はすでにSTAの頭頂枝が使用され、1例は過去の手術でSTAが消失しており、5例は頭頂枝が欠損し、1例は前頭枝が欠損していた¹⁾³⁾¹⁹⁾。STAの分枝のvariationについては、Pinarら¹⁶⁾のcadaverでの検討ではSTAの前頭枝の欠損例はなく、頭頂枝の欠損例は27例中1例の3.7%、Medvedら¹²⁾のDSA所見での検討ではSTAの前頭枝欠損例は93例中1例の1.1%、頭頂枝の欠損例は93例中9例の9.7%と報告されている。STA頭頂枝の欠損例や過去の手術や外傷による消失例では、代償的に頭頂方向にPAAが発達した終枝を延ばす可能性がある。Germansら¹⁾の報告の前頭枝の欠損例では、前頭枝の灌流域を補うべく頭頂枝が通常より前方を走行していたためPAAが発達していたと考えられる。

血管径に着目すると、PAAはSTAに比べて劣る。Ulusalら²⁰⁾のcadaverの検討では、外頸動脈本幹から耳介枝を分

岐する部位までの平均血管径はSTAが3.25 mm、PAAは2.25 mmと報告されている。Parkら¹⁴⁾の93例の耳介再建に使用した頭頂側頭部筋膜弁の血流支配の検討では、主要な栄養動脈はSTAが88.2%、PAAが8.6%で、その平均血管径はSTAが1.7 mm、PAAが1.2 mmと報告されている。流体力学のPosieuilleの法則によると、十分に長く細い円管を通して単位時間に流れる流体量は管の口径の4乗に比例する¹⁸⁾。頭蓋内外バイパスのdonorの供給する時間あたりの血流量も、血管径の4乗に比例することになる。自験例の症例3では、STAの血流は吻合直後から安定していたが、PAAは最終的には安定したものの吻合当初は不安定であった。その原因を検討するうえで、第一に除外せねばならないのは、術前に脳循環評価を行っていないためrecipient側のdemandの問題であり、その他吻合操作の技術的問題や吻合部での血栓形成などさまざまな要因を考慮する必要があるが、PAAの血管径が細く供給される血流量が十分でなかった可能性も考えられる。Germansら¹⁾はバイパス術が施行された175例の画像所見を後方視的に検討した結果、PAAがdonorとして相応しい口径を有し頭頂部まで十分な距離を走行していたのは10例(5.8%)で、実際に3例がPAAをdonorとして使用されたと報告している。PAAをdonorとして選択する際は、その口径および走行を十分検討する必要があると考える。

STA-MCAバイパスの術式は、対象疾患や目的によりvariationがある。もやもや病ではencephalo-duro-arterio-myo-synangiosisなどの間接血行再建術が併用されることもあり⁸⁾、動脈瘤手術やhigh flow bypassの支援目的で施

行されることもある⁵⁾⁶⁾。STA 頭頂枝のみの single bypass では、通常直上に皮膚切開を置き小開頭で行われる。前頭枝と頭頂枝の double bypass では頭頂枝を剝離後、皮弁を翻転し前頭枝を裏側から剝離することが一般的である。症例 2 では PAA の single bypass であり、前者の手法で行った。症例 1 では STA 前頭枝と PAA の double bypass であり、後者に準じた手法で施行したが問題点が 2 点生じた。1 点目として、皮膚切開の後縁が PAA 直上であり皮膚切開範囲や翻転した皮弁が広範囲となった。2 点目として、STA 前頭枝が頬骨弓から前頭部にかけ比較的低位を走行しており、皮弁の裏側からの剝離にやや難渋した。その経験から症例 3 では、STA の本幹直上から耳介上方に及ぶ PAA 直上に連続する切開線と STA 前頭枝直上に切開線を別個に置き、両者間の皮下から前頭枝を開頭部直上に導出した。この手法は Yoshimura ら²²⁾の報告の Y 字型切開および小開頭による double bypass を modify した術式ということができ、皮膚切開や開頭範囲の縮小および創部トラブルの軽減につながることが期待される。PAA を donor として使用する際は、PAA の走行に応じて皮膚切開や開頭部位を工夫する必要があると考える。

結 語

STA の分枝の欠損例や消失例では、代償的に PAA が頭頂方向に発達し頭皮を供血する場合がある。頭蓋内外バイパス術で STA の分枝が使用できない際、血管走行や口径などの条件を満たしていれば PAA が代替の donor となり得る。PAA を donor と使用する際の術式については、各症例に応じ十分な検討が必要である。

文 献

- 1) Germans MR, Regli L: Posterior auricular artery as an alternative donor vessel for extracranial-intracranial bypass surgery. *Acta Neurochir*(Wien) 156: 2095-2101, 2014
- 2) Hénoux M, Espitalier F, Hamel A, *et al*: Vascular supply of the auricle: anatomical study and applications to external ear reconstruction. *Dermatol Surg* 43: 87-97, 2017
- 3) Horiuchi T, Kusano Y, Asanuma M, *et al*: Posterior auricular artery-middle cerebral artery bypass for additional surgery of moyamoya disease. *Acta Neurochir*(Wien) 154: 455-456, 2012
- 4) JET Study Group : Japanese EC-IC Bypass Trial(JET study) 中間解析結果(第二報). 脳卒中の外科 30: 434-437, 2002
- 5) 上山博康：機骨動脈を用いたバイパス手術. No Shinkei Geka 22: 911-924, 1994
- 6) 上山博康, 阿部 弘, 野村三起夫, 他：脳動脈瘤手術と種々の血行再建. 脳卒中の外科 19: 497-506, 1991
- 7) 清末一路, 松丸祐司, 田上秀一：血管内治療のための血管解剖—外頸動脈. 東京, 学研メディカル秀潤社, 2013, pp58-

- 63
- 8) 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
- 9) Lohasammakul S, Turbpaiboon C, Chompoonpong S, *et al*: Vascular nature and existence of anastomoses of extrinsic post-auricular fascia: application for staged auricular reconstruction. *Ann Plast Surg* 78: 723-727, 2017
- 10) Marano SR, Fischer DW, Gaines C, *et al*: Anatomical study of the superficial temporal artery. *Neurosurgery* 16: 786-790, 1985
- 11) McKinnon BJ, Wall MP, Karakla DW: The vascular anatomy and angiosome of the posterior auricular artery. A cadaver study. *Arch Facial Plast Surg* 1: 101-104, 1999
- 12) Medved F, Manoli T, Medesan R, *et al*: In vivo analysis of the vascular pattern of the superficial temporal artery based on digital subtraction angiography. *Microsurgery* 35: 380-386, 2015
- 13) Moreau S, Bourdon N, Salame E, *et al*: Facial nerve: vascular-related anatomy at the stylomastoid foramen. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 109: 849-852, 2000
- 14) Park C, Lew DH, Yoo WM: An analysis of 123 temporoparietal fascial flaps: anatomic and clinical considerations in total auricular reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 104: 1295-1306, 1999
- 15) Pinar YA, Ikiz ZA, Bilge O: Arterial anatomy of the auricle: its importance for reconstructive surgery. *Surg Radiol Anat* 25: 175-179, 2003
- 16) Pinar YA, Govsa F: Anatomy of the superficial temporal artery and its branches: its importance for surgery. *Surg Radiol Anat* 28: 248-253, 2006
- 17) Powers WJ, Clarke WR, Grubb RL Jr, *et al*: Extracranial-intracranial bypass surgery for stroke prevention in hemodynamic cerebral ischemia. *JAMA* 306: 1983-1992, 2011
- 18) Spetzler R, Chater N: Occipital artery-middle cerebral artery anastomosis for cerebral artery occlusive disease. *Surg Neurol* 2: 235-238, 1974
- 19) Tokugawa J, Nakao Y, Kudo K, *et al*: Posterior auricular artery-middle cerebral artery bypass: a rare superficial temporal artery variant with well-developed posterior auricular artery—case report. *Neurol Med Chir*(Tokyo) 54: 841-844, 2014
- 20) Ulusal BG, Ulusal AE, Lin JY, *et al*: Anatomical and technical aspects of harvesting the auricle as a neurovascular facial subunit transplant in humans. *Plast Reconstr Surg* 120: 1540-1545, 2007
- 21) Upile T, Jerjes W, Nouraei SA, *et al*: The stylomastoid artery as an anatomical landmark to the facial nerve during parotid surgery: a clinico-anatomic study. *World J Surg Oncol* 7: 71, 2009
- 22) Yoshimura S, Egashira Y, Enomoto Y, *et al*: Superficial temporal artery to middle cerebral artery double bypass via a small craniotomy: technical note. *Neurol Med Chir*(Tokyo) 50: 956-959, 2010
- 23) Zümre O, Salbacak A, Çiçekbaşı AE, *et al*: Investigation of the bifurcation level of the common carotid artery and variations of the branches of the external carotid artery in human fetuses. *Ann Anat* 187: 361-369, 2005