症 例

総頸動脈閉塞症に対して大伏在静脈グラフトによる bonnet bypass 術を施行した 3 症例の検討

松本 崇, 大谷 直樹, 和田孝次郎, 大塚 陽平, 藤井 隆司
吉浦 徹, 熊谷 光佑, 藤井 和也, 豊岡 輝繁, 森 健太郎

Surgical Strategies and Technical Tips for Bonnet Bypass Using a Saphenous Vein Graft for Common Carotid Artery Occlusion: A Report of Three Cases and Review of the Literature

Takashi MATSUMOTO, M.D., Naoki OTANI, M.D., Ph.D., Kojiro WADA, M.D., Ph.D.,
Yohei OHTSUKA, M.D., Takashi FUJII, M.D., Toru YOSHIURA, M.D., Kohsuke KUMAGAI, M.D.,
Kazuya FUJII, M.D., Terushige TOYOOKA, M.D., Ph.D., and Kentaro MORI, M.D., Ph.D.

Department of Neurosurgery, National Defense Medical College, Tokorozawa, Saitama, Japan

Summary: Superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass techniques are widely used to prevent secondary cerebral infarction during internal carotid artery occlusion. However, no effective surgical procedure is available for common carotid artery occlusion. Bonnet bypass using a saphenous vein graft was first described in 1980. However, the saphenous vein graft can easily become twisted and occluded by the tension of the skin flap. Therefore, we create a gutter in the skull to hold and fix the vein graft, using a mini-plate, to prevent such complications. We treated 3 patients with symptomatic (transient ischemic attack or minor stroke) common carotid artery occlusion, with modified Rankin Scale 1-2 and independent activities of daily living. Magnetic resonance imaging did not detect extensive cerebral infarction. Quantitative single photon emission computed tomography showed reduced vascular reserve (stage II) in the left middle cerebral artery territory. Bonnet bypass performed in the chronic phase achieved good patency of the bypass and improved vascular reserve.

Key words:

- ・ bonnet bypass
- ・ surgical results
- ・ external carotid-internal carotid bypass
- ・ microneurosurgery

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 45: 409-413, 2017

はじめに

内頸動脈閉塞症や中大脳動脈(middle cerebral artery : MCA)狭窄症における血行力学的脳虚血例に対して、浅側頭動脈(superficial temporal artery : STA)を用いた STA-MCA bypass 術による脳梗塞の予防効果の優位性が示された⁷⁾⁸⁾¹⁴⁾。しかし、総頸動脈閉塞症では患側 STA の血流は

乏しく、ドナー血管として適さない場合が多いため、対側からのドナーグラフトを介在した bonnet bypass の有用性が報告されている²⁰⁾。今回われわれは、総頸動脈閉塞症における血行力学的虚血症例に対して、大伏在静脈(saphenous vein : SV)をドナーグラフトとして bonnet bypass を施行した 3 症例を経験したので、文献的考察を加えて報告する。

Table 1 Clinical characteristics of the patients

	Age	Sex	PMH	Smoking	Symptom	Stenotic region	MRI	QSPECT	Length of saphenous vein graft	Diameter of saphenous vein graft	Complication	Postoperative mRS
1	56	M	HT, DM	Unknown	Transient Rt. hemiparesis	Cervical CCA	Infarction (–)	Stage II (Lt. MCA territory)	25 cm	Not measured	–	0
2	52	M	HT, DM, HL	10/day × 30 yrs	Amaurosis fugax	Cervical CCA	Infarction (–)	Stage II (Lt. MCA territory)	26 cm	3.7 mm	–	0
3	64	M	DM	20/day × 30 yrs	Transient Rt. hemiparesis and dysarthria	CCA bifurcation from the aorta	Infarction (+)	Stage II (Lt. MCA territory)	26 cm	3.8 mm	–	0

PMH: past medical history, DM: diabetes mellitus, HL: hyperlipidemia, HT: hypertension, CCA: common carotid artery, yrs: years, QSPECT: quantitative single photon emission computed tomography, mRS: modified Rankin Scale, MCA: middle cerebral artery

手術方法

1. 対象患者

いずれの症例も症候性(一過性脳虚血発作,あるいはminor stroke)の総頸動脈閉塞性病変を認める症例で, modified Rankin Scaleが1-2でactivity of daily living (ADL)が自立しており, 広範囲脳梗塞を認めず, computed tomography(CT)perfusionにて著明な脳血流量の低下およびquantitative single photon emission computed tomography(QSPECT)精査にて脳血管予備能障害(Stage II領域)がみられた。手術は全例ともに発症後, 約3-4カ月後の慢性期に施行した。入院記録, 手術記録, および画像所見から臨床像と治療成績を後方視的に検討した(**Table 1**)。

2. 手術前準備と手術戦略の策定

術前精査において, 心機能を評価して虚血性心疾患の合併の有無を確認した。内服中の抗血小板薬については周術期も中止せず継続とした。頭部CT, magnetic resonance imaging(MRI)とdigital subtraction angiographyによる解剖学的位置情報に加えてQSPECTにて頭蓋内血流動態の把握に努めた。recipient arteryの選定については, QSPECTによる血流低下部位, さらには吻合における容易性などを考慮して決定した。術中, 収縮期血圧は120 mmHg以上, 呼気中CO₂濃度を40-45 mmHgに維持した。また, 麻酔導入時に不意な血圧低下をきたさぬように注意喚起をした。

3. 手術方法と術後処置

全身麻酔前に, 健側のSTAの走行を触診およびドップラーエコーにて確認しマーキングを行った。全身麻酔後, 頭部を正中位にて, 術中に左右におおの15度程度の回転が可能になるべく馬蹄枕に固定した。両側冠状皮膚

切開後, 健側が上になるよう頭部をrotationし, 健側のSTA近位部を耳介前部で確保した。続いて患側が上になるよう頭部をrotationし, craniotomyを施行し, さらに下腿から採取したSVグラフトをM4に10-0 nylonで端側吻合した。再度, 健側が上になるように頭部をrotationして, 健側の耳介前部のSTA近位部にSVグラフトを8-0 nylonで端側吻合した(**Fig. 1A**)。吻合したSVグラフトは, 頭皮による圧迫やねじれによる閉塞を防ぐため, グラフトが走行する直下の頭蓋骨にドリルを用いてgutterを作成し, そこにはめ込むように留置させた後に, 数カ所プレートで固定した(**Fig. 1B, C**)。術後は, 慢性硬膜下血腫の予防を目的に五苓散(ツムラ)を処方した。術直後はハイドロゲル創傷被覆保護剤(カラヤヘッシブ^{TM}, アルケア)にて創部を被覆し, 術後4日目からはアルプロスタジルアルファデクス(プロスタンディン軟膏0.003%^{TM}, 小野薬品工業)とゲンタマイシン硫酸塩軟膏(ゲンタシン軟膏0.1%^{TM}, MSD)による創部処置に努めた。

症 例

〈症例3〉64歳, 男性。

糖尿病で加療中。2カ月前に一過性の右上下肢不全麻痺と構音障害が出現したため, 他院を受診した。脳梗塞および左総頸動脈閉塞症と診断され, 保存的治療を施行した。経過は良好で, 神経学的脱落所見なく自宅退院された。血行再建術の適応の可否に関する検査目的に当院へ紹介となった。

来院時は意識清明で, 神経学的脱落所見は認められなかった。CT angiographyでは, 左総頸動脈は大動脈分岐部で閉塞していた。左MCA灌流域へは, 対側から前交通動脈を介したcross flowが認められた(**Fig. 2A, B**)。QSPECTでは左MCA領域に広範な予備能低下域を認めた(**Fig. 3A**)。MRIでは, 拡散強調画像において左分水嶺領域に脳梗塞と思われる高信号域を認めた(**Fig. 4**)。クロ

A	B
C	

Fig. 1 Intraoperative photos.
A: The saphenous vein graft (arrows) was anastomosed to the proximal superficial temporal artery (arrowheads) in side-to-end fashion.
B, C: To prevent rolling of the graft on the skull, we created a gutter on the frontal bone and fixed the graft using titanium plates.

A	B
C	D

Fig. 2 Case 3:
A, B: Preoperative computed tomography (CT) angiography showing left common carotid artery occlusion at the bifurcation from the aorta.
C, D: Postoperative CT angiogram showing good patency of the bypass and better visualization of the left M4.

Fig. 3 Case 3:
A: Preoperative quantitative single photon emission computed tomography (QSPECT) showing extensive decline in vascular reserve in the left middle cerebral artery (MCA) territory.
B: QSPECT was repeated at postoperative 3 weeks and showed improved vascular reserve in the left MCA territory.

Fig. 4 Case 3:
A|B|C Diffusion-weighted (A, B) and fluid-attenuated inversion recovery images (C) showing a high-intensity area in the left watershed.

ピドグレル 75 mg/day で内服を開始し、血行再建術の適応と判断し、発症から約4カ月後に bonnet bypass 術を施行した。術後 CT angiography では bypass の patency は良好で、術後3週で施行した QSPECT では Stage II 領域は減少し、循環予備能の改善を認めた(**Fig. 2C, D, Fig. 3B**)。術後は合併症などなく経過良好で、16日目に自宅退院となった。術後約1年経過しているが、その間症状の再発などは認められていない。

考 察

STA-MCA bypass 術は、Yaşargil ら²³⁾ によってはじめて報告された外科的手技であり、その後脳虚血性疾患、もやもや病、治療困難な頭蓋内動脈瘤に対して発展施行されてきた。脳血管予備能の障害に着目して、血行再建術の有効性を示唆した論文も散見される³⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹³⁾¹⁷⁾⁻¹⁹⁾。脳梗塞の再発率の低下のみならず、術後の脳血流増加に伴い高次脳

機能障害の改善も期待し得るとの報告もある⁴⁾⁵⁾¹¹⁾¹²⁾。

こうした内頸動脈の狭窄、もしくは閉塞に対する STA-MCA bypass 術が外科的治療として確立されている一方で、総頸動脈閉塞症に対する有効な血行再建術は確立していない。Riles ら¹⁶⁾ は、総頸動脈閉塞を4型に分類し、病型によってさまざまな手術方法を考案している。また、二階堂ら¹⁴⁾ も大動脈や鎖骨下動脈をドナーとした総頸動脈閉塞症に対する血行再建術を報告しているが、これらは頭部、頸部、胸部の操作が必要になるなど、手術手技が煩雑でありドナーの血流も多いため、術後の過灌流症候群のリスクが高いものと思われる。

総頸動脈閉塞症に対する bonnet bypass には、SV を介在した proximal STA-SV graft-MCA 法²⁰⁾、あるいは橈骨動脈(radial artery: RA)を使用した STA(parietal branch)-RA-MCA 法⁶⁾ が報告されている。また、対側まで伸びた STA をグラフトとした bonnet bypass の報告もみられ

る²⁾¹⁵⁾。STA 末梢の血流は 10-30 ml/min で、STA 本幹の血流は 60-100 ml/min と報告されている¹⁾。また、STA 本幹-SV-MCA の血流量は、20-50 ml/min (平均 43 ml/min) で moderate flow bypass として報告されており⁹⁾²²⁾、グラフトとしての SV は、血流量は十分であり、比較的長い採取が可能であるため bonnet bypass 術においては有用である。一方で、血管径が太いため脳血管に対する吻合部のサイズの適合が困難であり、さらにねじれやすく、皮弁による圧着で閉塞しやすいなどの問題があり得る。recipient を M2 とすれば径の mismatch は少なくなるかもしれないが、bonnet bypass は moderate flow bypass であり、M2 に吻合すれば hyperperfusion syndrome を発症するリスクもあるため、われわれはあえて M4 に吻合している。また、われわれは gutter を作成してグラフト血管をプレートで固定する方法²¹⁾により、こうした静脈グラフトのねじれによる併発症の予防に努めている。

結 語

総頸動脈閉塞症による脳虚血に対して、bonnet bypass を施行して良好な転帰が得られた 3 症例を報告した。いずれの症例も、SV をグラフトとして使用することで proximal STA-SV graft-MCA への moderate flow を確保することができた。その際、gutter をつくすることで静脈グラフトに特有の閉塞をきたすことなく手術を完遂することが可能であった。

本論文の要旨は、第 44 回日本脳卒中の外科学会(2016 年 4 月、札幌)で発表した。

文 献

- 1) Alaraj A, Ashley WW Jr, Charbel FT, *et al*: The superficial temporal artery trunk as a donor vessel in cerebral revascularization: benefits and pitfalls. *Neurosurg Focus* 24: E7, 2008
- 2) Ausman JI, Tiel RL, Mehta BA, *et al*: "Reverse" superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass. *Surg Neurol* 23: 614-616, 1985
- 3) Chou CW, Chang JH, Lin SZ, *et al*: Extracranial-intracranial (EC-IC) bypass of symptomatic middle cerebral artery (MCA) total occlusion for haemodynamic impairment patients. *Br J Neurosurg* 26: 823-826, 2012
- 4) Dong Y, Teoh HL, Chan BP, *et al*: Changes in cerebral hemodynamic and cognitive parameters after external carotid-internal carotid bypass surgery in patients with severe stenocclusive disease: a pilot study. *J Neurol Sci* 322: 112-116, 2012
- 5) Fiedler J, Přibáň V, Skoda O, *et al*: Cognitive outcome after EC-IC bypass surgery in hemodynamic cerebral ischemia. *Acta Neurochir* (Wien) 153: 1303-1311, 2011
- 6) 福田 仁, 片岡大治, 山名則和, ほか: 症候性慢性総頸動脈閉塞症に対する橈骨動脈グラフトを用いた low flow bypass. *脳卒中の外科* 42: 427-431, 2014
- 7) JET Study Group: Japanese EC-IC Bypass Trial(JET study) —Study design と中間解析結果. *脳卒中の外科* 30: 97-100, 2002
- 8) 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
- 9) Kaku Y, Funatsu N, Tsujimoto M, *et al*: STA-MCA/STA-PCA bypass using short interposition vein graft. *Acta Neurochir Suppl* 119: 79-82, 2014
- 10) Low SW, Teo K, Lwin S, *et al*: Improvement in cerebral hemodynamic parameters and outcomes after superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass in patients with severe stenocclusive disease of the intracranial internal carotid or middle cerebral arteries. *J Neurosurg* 123: 662-669, 2015
- 11) Marshall RS, Festa JR, Cheung YK, *et al*: Cerebral hemodynamics and cognitive impairment: baseline data from the RECON trial. *Neurology* 78: 250-255, 2012
- 12) Marshall RS, Festa JR, Cheung YK, *et al*: Randomized Evaluation of Carotid Occlusion and Neurocognition (RECON) trial: main results. *Neurology* 82: 744-751, 2014
- 13) Muroi C, Khan N, Bellut D, *et al*: Extracranial-intracranial bypass in atherosclerotic cerebrovascular disease: report of a single centre experience. *Br J Neurosurg* 25: 357-362, 2011
- 14) 二階堂雄次, 湯浅隆夫, 黒川紳一郎, ほか: 総頸動脈閉塞症に対する外科治療. *脳卒中の外科* 20: 397-401, 1992
- 15) Otani N, Wada K, Sakakibara F, *et al*: "Reverse" bypass using a naturally formed "bonnet" superficial temporal artery in symptomatic common carotid artery occlusion: a case report. *Neurol Med Chir* (Tokyo) 54: 851-853, 2014
- 16) Riles TS, Imparato AM, Posner MP, *et al*: Common carotid occlusion. Assessment of the distal vessels. *Ann Surg* 199: 363-366, 1984
- 17) Sandow N, von Weitzel-Mudersbach P, Rosenbaum S, *et al*: Extra-intracranial standard bypass in the elderly: perioperative risk, bypass patency and outcome. *Cerebrovasc Dis* 36: 228-235, 2013
- 18) Schaller B: Extracranial-intracranial bypass surgery to reduce the risk of haemodynamic stroke in cerebroocclusive atherosclerotic disease of the anterior cerebral circulation—a systematic review. *Neurol Neurochir Pol* 41: 457-471, 2007
- 19) Schmiedek P, Piepgras A, Leinsinger G, *et al*: Improvement of cerebrovascular reserve capacity by EC-IC arterial bypass surgery in patients with ICA occlusion and hemodynamic cerebral ischemia. *J Neurosurg* 81: 236-244, 1994
- 20) Spetzler RF, Roski RA, Rhodes RS, *et al*: The "bonnet bypass". Case report. *J Neurosurg* 53: 707-709, 1980
- 21) Toyota S, Iwaisako K, Wakayama A, *et al*: Fixation and protective method for the interposition graft in bonnet bypass—technical note. *Neurol Med Chir* (Tokyo) 50: 263-266, 2010
- 22) 和田孝次郎, 大谷直樹, 豊岡輝繁, ほか: STA 本幹をドナーとしグラフト血管を用いた端側吻合による頭蓋内血行再建術. *脳卒中の外科* 43: 201-206, 2015
- 23) Yasargil MG, Krayenbuhl HA, Jacobson JH 2nd: Microneurosurgical arterial reconstruction. *Surgery* 67: 221-233, 1970