原 著

内頸動脈閉塞性病変に対する STA-MCA 吻合術の眼動脈血流への効果

川口正一郎^{1,2} 今西正巳² 橋本宏之¹ 松山 武²
 竹嶋俊一¹ 金 永進¹ 野林美里² 榎 寿右³

¹奈良県立奈良病院 脳神経外科
²奈良県立奈良病院 救命救急センター
³奈良県立医科大学 脳神経外科

Effect of STA-MCA bypass on Ophthalmic Artery Flow in Occlusive Internal Carotid Artery Diseases

Shoichiro KAWAGUCHI¹, Masami IMANISHI², Hiroyuki HASHIMOTO¹, Takeshi MATSUYAMA²,
 Toshikazu TAKESHIMA¹, Yeong-Jin KIM¹, Misato NOBAYASHI², Toshisuke SAKAKI³

¹Department of Neurology, Nara Prefectural Nara Hospital, Nara, Japan

²Department of Emergency and Critical Care, Nara Prefectural Nara Hospital, Nara, Japan

³Department of Neurology, Nara Medical University, Kashihara, Japan

Introduction : The authors analyzed the effects of STA-MCA bypass on ophthalmic artery flow in patients with occlusive internal carotid artery disease.

Methods : We examined ophthalmic artery flow using color Doppler flow imaging in 88 patients with occlusive internal carotid artery disease treated with STA-MCA bypass.

Results : (1) Before bypass, 18 patients showed antegrade flow, and 70 showed reversed flow. At 1 month and 3 months after bypass, antegrade ophthalmic artery flow was seen in 42 patients and 56 patients, respectively ($p < 0.05$).

(2) Ophthalmic artery mean peak systolic flow velocity (Vs) was -0.27 m/s before bypass. The mean Vs increased to -0.06 m/s at 1 month after bypass, and was 0.05 m/s at 3 months after bypass ($p < 0.05$). At 6 months after bypass, there was no significant change of the mean Vs. In the patients who had preoperative antegrade ophthalmic artery flow, there was no significant change in Vs during the course.

Conclusion : STA-MCA had a significant effect in improving ophthalmic artery flow within 3 months, especially in patients showing reversed ophthalmic artery flow preoperatively.

Key words : carotid artery occlusion, color Doppler flow imaging, ophthalmic artery flow, STA-MCA bypass

はじめに

内頸動脈閉塞性病変では、頭蓋内血流を維持するために様々な側副血行路が機能する。側副血行路には頭蓋内からと頭蓋外からのものがあり、前者には前交通動脈、後交通動脈、leptomeningeal anastomosis を介したもので、後者には眼動脈によるものがある。著者らは、内頸動脈閉塞性病変での眼動脈を介した側副血行路と頭蓋内血流動態との関係や、内頸動脈閉塞性病変に起因する慢性眼虚血症候群に対する浅側頭動脈-中大脳動脈 (STA-MCA) 吻合術、頸動脈血栓内膜剥離術 (CEA)、頸動脈ステント留置術の効果について眼動脈血流を中心に報告してきた^{5,7-9)}。本報告では、STA-MCA 吻合術を施行した内頸動脈閉塞性病変の眼動脈血流の

術前後にわたる経時的変化について観察し、内頸動脈閉塞性病変での STA-MCA 吻合術の眼循環への効果を検討し報告する。

対 象

内頸動脈閉塞性病変で STA-MCA 吻合術を施行した 88 例を対象とした。内頸動脈病変は、閉塞症 71 例、CEA や頸動脈ステント留置術による治療が不可能な 70% 以上狭窄 3 例、90% 以上狭窄 14 例で、男性 71 例、女性 17 例、年齢は 49 歳から 77 歳、平均 65.5 歳であった。発症時神経症状は一過性脳虚血発作 71 例、脳梗塞 (modified Rankin scale 以下) 17 例であった。

STA-MCA 吻合術は、発症 1 ヶ月以後の神経学的に落ち着

Reprint request

川口正一郎：〒631-0846 奈良市平松 1 丁目 30-1 奈良県立奈良病院 脳神経外科

Shoichiro KAWAGUCHI : Department of Neurology, Nara prefectural Nara Hospital, 1-30-1 Hiramatsu, Nara-city, 631-0846, Japan

[Received January 12, 2007 ; Accepted February 16, 2007]

いた時期に行い、手技は single anastomosis で、STA の頭頂枝と MCA の側頭葉への分枝を吻合する通常行われるものとした。術 2 週間後に脳血管撮影で、STA から吻合部を介し中大脳動脈領域の血管が造影されることを全例で確認した。

方 法

眼動脈血流は、ドプラ血流検査で、患側眼動脈血流方向、収縮期最大血流速度 (Vs) について、術前、術 1 ヶ月後、3 ヶ月後、6 ヶ月後に観察した。眼動脈ドプラ血流検査は Acuson Computed Sonography 128XP/10, Acuson Sequoia でリニア型プローブを用い施行し、出力 50mW/cm² 又は MI 値 0.23 以下、周波数 5MHz で一側 3 分以内で終了した。血流方向は、眼動脈血流が眼窩先端から眼球に向かう方向を順流、逆に頭蓋内内頸動脈へ流入するものを逆流とした¹¹⁾。

統計学的処理は、paired t-test, chi-square test で行い、p 値が 0.05 以下のとき有意とした。

結 果

1. 眼動脈血流方向 (Table)

眼動脈の血流方向は、術前順流 18 例、逆流 70 例であった。術 1 ヶ月後、順流 42 例逆流 46 例と順行性の血流が有意に ($p < 0.05$) 増加し、術 3 ヶ月後には順流 56 例逆流 32 例と術 1 ヶ月後に比し順行性の眼動脈血流を有意に ($p < 0.05$) 多かった。術 6 ヶ月後、順流 58 例逆流 30 例であったが、術 3 ヶ月後に比べ血流方向の有意な変化はなかった。

2. 眼動脈 Vs (Table)

眼動脈 Vs は、術前 -0.27 ± 0.34 m/sec (平均 $\pm$ 標準偏差) であったが、術 1 ヶ月後には -0.06 ± 0.29 m/sec へと有意に ($p < 0.05$) 増加した。術 3 ヶ月後 0.05 ± 0.26 m/sec と術 1 ヶ月後に比べ有意に ($p < 0.05$) 増加したが、術 6 ヶ月後は 0.07 ± 0.26 m/sec と術 3 ヶ月後と比較しても有意な変化はなかった。

Table. Ophthalmic Artery Color Doppler Flow Imaging Before and After Bypass

	Flow direction (cases)		Peak systolic flow velocity (m/sec)		
	Antegrade	Reversed			
Before bypass	18	70			-0.27 ± 0.34
At 1 month after bypass	42	46	$p < 0.05$	-0.06 ± 0.29	$p < 0.05$
At 3 months after bypass	56	32	$p < 0.05$	0.05 ± 0.26	$p < 0.05$
At 6 months after bypass	58	30	NS	0.07 ± 0.26	NS

1) 術前眼動脈血流順流例 (18 例)

術前眼動脈血流が順流であった症例の眼動脈 Vs は、術前 0.14 ± 0.08 m/sec、術 1 ヶ月後 0.19 ± 0.19 m/sec、術 3 ヶ月後 0.21 ± 0.21 m/sec、術 6 ヶ月後 0.22 ± 0.21 m/sec と全経過を通じ、有意な変化はなかった。

2) 術前眼動脈血流逆流例 (70 例)

術前眼動脈血流が逆流症例の眼動脈 Vs は術前 -0.40 ± 0.28 m/sec で、術 1 ヶ月後には -0.14 ± 0.27 m/sec へと有意に ($p < 0.05$) に増加した。術 3 ヶ月後には 0.01 ± 0.26 m/sec と 1 ヶ月後に比べ有意に ($p < 0.05$) 増加した。術 6 ヶ月後では 0.02 ± 0.25 m/sec で、術 3 ヶ月後に比べ有意な変化はなかった。

考 察

内頸動脈閉塞性病変では眼動脈血流が変化することはよく知られている^{1,2,8)}。これは、内頸動脈閉塞症や高度狭窄症で、前交通動脈や後交通動脈を介した頭蓋内からの側副血行路の発達不良な場合、眼動脈血流が頭蓋内血流への側副血行路として機能し眼動脈血流が逆流する。一方、内頸動脈閉塞症や高度狭窄症でも頭蓋内からの側副血行路が発達している場合、眼動脈血流方向は順行性ではあるが血流速度は低下する場合が多い。このように眼動脈血流が逆行性であったり、順行性でも低い血流速度の場合、眼循環障害を生じる。眼循環の障害は慢性眼虚血症候群を来とし視力低下や頻発する一過性黒内障を生じ、進行すると失明に至り日常生活に著しい障害を来す。内頸動脈閉塞性病変での眼動脈血流の観察は、眼循環の点から病態の把握に重要な情報をもたらす。本報告では、内頸動脈閉塞性病変で障害される眼循環をバイパス術前後経時的に眼動脈ドプラ血流検査で評価し、バイパス術により眼循環の改善が術 3 ヶ月程度まで得られその後維持されることを明らかにした。本報告により、今後、内頸動脈閉塞性病変に起因する慢性眼虚血症候群の発症予防や、症状改善、進行予防へのバイパス術適応の可能性を検討する必要性が示唆された。

内頸動脈閉塞性病変で眼動脈血流方向が逆流している場合は、眼動脈血流が順行性の場合に比べて眼循環の障害の程度が強く虚血性網膜症を発症しやすい¹⁰⁾。これは眼動脈血流が逆流している場合、眼動脈から分枝する網膜中心動脈への血流がバレーイの法則により十分に供給されず、いわゆる眼動脈盗血症候群 (ophthalmic artery steal phenomenon) を生じるためである。眼動脈の逆流の程度が強いほど盗血の程度も強く眼循環障害も強い。従って、内頸動脈閉塞性病変での眼動脈血流の逆流は眼循環への影響が強く虚血性網膜症の発症や進行にも関与し、逆流の程度を軽減することや血流方向を順行性にすることが、眼動脈血流の観点から重要となる。本報告で、STA-MCA 吻合術の眼動脈血流への効果が高かったのは術前眼動脈血流方向が逆流している症例であった。本報告では、眼動脈血流が逆流していた症例は術前 70 例であったが、術 6 ヶ月後にはその内 40 例 (58%) が順行性の眼動脈血流となり、眼動脈の逆流により生じる眼動脈盗血症候群を防止することができた。

内頸動脈閉塞性病変に起因する慢性眼虚血症候群の治療には、眼科的には眼圧を降下させる方法があるが、脳血管障害として慢性眼虚血症候群を捉えたと原因となる内頸動

脈閉塞性病変を治療し眼動脈血流を改善する方法がある。後者の治療の有用性を、著者は STA-MCA 吻合術、CEA、頸動脈ステント留置術などに一定の効果があることを報告してきた^{5,7,9)}。本報告では、眼虚血症候群の有無に関わらずバイパス術を施行した内頸動脈閉塞性病変全般での眼動脈血流方向と Vs の経時的变化を観察し、バイパス術の眼動脈血流改善への効果が、バイパス術 3 ヶ月後程度で最大となりその後維持されることと、バイパス術の眼動脈血流への効果は術前眼動脈血流が逆流しているもののほうがより著明であることを明らかにした。

内頸動脈閉塞性病変で術前眼動脈血流が順行性の場合、STA-MCA 吻合術が施行されても、眼動脈血流の悪化や、血流方向の逆行性への変化は予防できたが、血流速度に有意な変化はなかった。一方、術前逆行性の眼動脈血流は、術後経時的に有意に順行性となる症例が増加し、血流速度も術 3 ヶ月後目まで有意に改善した。これは、眼動脈の血流方向や Vs の改善が STA-MCA 吻合術の効果として経時的に現れたと考えられる。術前の逆行性眼動脈血流は、頭蓋内血流の側副血行路として機能している。STA-MCA 吻合術後、時間の経過とともに頭蓋内血流動態が改善する。側副血行路も含めた頭蓋内血行動態が、バイパス術後一定の状態に到達すると術前の眼動脈の頭蓋内側副血行路としての役割が低下し、眼動脈の逆行性血流の低下と、血流方向の正常化（順行性血流）が生じると考えられた。Hirai らはバイパス術後の STA の経時的観察で、術後 2 週間程度で STA の血流速度が最大となると報告している³⁾。今回の検討では STA-MCA 吻合術 3 ヶ月後まで眼動脈血流方向の変化や血流速度が改善し、その後ほぼ一定となった。バイパス術により新たに形成された側副血行路（STA）が 2 週間程度で機能が最大となり、その後側副血行路も含めた頭蓋内血流動態が再構築され恒常的な状態となり、側副血行路としての眼動脈血流にまでバイパス術が影響するのに、3 ヶ月程度程度要すると考えられた。

本報告では、ドブラ血流検査で眼動脈血流を観察した。眼動脈の超音波検査で注意すべき点は、眼球への超音波の影響である。FDA では、眼窩では出力 17mW/cm² 以下、MI 値 0.23 以下と厳しく規定されているので、それに準じて検査する必要がある。Hu らは 25000 眼で出力 50mW/cm² で検査し問題なかったとしている⁴⁾が、必要最小限の出力と検査時間とすることは論を待たない。実際には、眼窩内構造物は、眼球、眼動脈を含めた全ての軟部組織の可動性が高く拍動もあり、同一部位の超音波での持続的観察は困難で 10 秒程度が限界である。しかしながら、眼動脈血流観察の意義や必要性と、その危険性を十分に理解して必要最小限の時間と出力で検査する必要がある。

結 語

内頸動脈閉塞性病変に対する STA-MCA 吻合術は、眼動脈の血流方向と Vs を術 3 ヶ月後まで有意に改善し眼循環に

対し効果をもたらす。術前眼動脈血流が逆流している症例では、STA-MCA 吻合術の眼動脈血流に対する効果はより顕著であった。術前眼動脈血流が順行性の場合、眼動脈血流障害の進行予防が可能であった。

文 献

- 1) Costa VP, Kuzniec S, Molnar LJ, Cerri GG, Puech-Leop P, Carvalho CA: Collateral blood supply through the ophthalmic artery. A steal phenomenon analyzed by color Doppler imaging. *Ophthalmology* 105: 689-693, 1998
- 2) Erickson SJ, Hendrix LE, Masaro BM, Harris GJ, Lewandowski MF, Foley WD, Lawson TL: Color Doppler flow imaging of the normal and abnormal orbit. *Radiology* 173: 511-516, 1989
- 3) Hirai Y, Fujimoto S, Toyoda K, Inoue T, Uwatoko T, Makihara N, Yasumori K, Ibayashi S, Iida M, Okada Y: Superficial temporal artery duplex ultrasonography for improved cerebral hemodynamics after extracranial-intracranial bypass surgery. *Cerebrovasc Dis.* 20: 463-469, 2005
- 4) Hu HH, Sheng WY, Yen MY, Lai ST, Teng MM: Color Doppler imaging of orbital arteries for detection of carotid occlusive disease. *Stroke* 24: 1196-1203, 1993
- 5) Kawaguchi S, Sakaki T, Morimoto T, Okuno S, Nishikawa N: Effects of bypass on ocular ischaemic syndrome caused reversed flow in the ophthalmic artery. *Lancet* 354: 2052-2053, 1999
- 6) 川口正一郎, 浦西龍之介, 森本哲也, 榊 寿右: 頸動脈閉塞性病変における眼動脈 Doppler 血流検査. *Neurosonology* 12: 13-18, 1999
- 7) Kawaguchi S, Okuno S, Sakaki T, Nishikawa N: Effect of carotid endarterectomy on chronic ocular ischemic syndrome due to internal carotid artery stenosis. *Neurosurgery*: 328-333, 2001
- 8) 川口正一郎, 岩橋秀明, 榊 寿右: 頸動脈狭窄性病変に対する治療戦略—眼動脈血流からの検討—. *脈管学* 42: 809-813, 2002
- 9) Kawaguchi S, Sakaki T, Iwahashi H, Fujimoto K, Iida J, Mishima H, Nishikawa N: Effect of carotid artery stenting on the ocular circulation and chronic ocular ischemic syndrome. *Cerebrovasc Dis* 22: 402-408, 2006
- 10) Kearns TP, Hollenhorst RW: Venous-status retinopathy of occlusive disease of the carotid artery. *Mayo Clin Proc* 38: 304-312, 1963
- 11) 西川憲清: 内頸動脈閉塞性疾患に続発する眼病変と対策に関する研究. *眼紀* 42: 1099-1105, 1991