微小血管の側々吻合の基礎的検討および臨床応用

池田 公・渋谷 正人・岡田 知久・景山 直樹

Microvascular Side-to-side Anastomosis

Basic Problems and Clinical Applications

Akira IKEDA, Masato SHIBUYA, Tomohisa OKADA and Naoki KAGEYAMA

Department of Neurosurgery, Nagoya University, Nagoya

Abstract

Side-to-side anastomosis is rarely performed by neurosurgeons, and the best conditions for microvascular side-to-side anastomosis are still unknown. To discover which conditions maximize blood flow through the anastomosis, side-to-side anastomosis between bilateral common carotid arteries was studied in 25 rats. The results were that the anastomotic orifice should be larger than twice the vessel diameter, and that the anterior wall should be sutured interruptedly. As clinical applications for side-to-side anastomosis, revascularization of the anterior cerebral artery (ACA) using inter-ACA anastomosis was performed in two patients with excellent results.

Key words: cerebral revascularization, anterior cerebral artery, side-to-side anastomosis, suture

I はじめに

直径1~2 mmの微小血管の血行再建術は脳神経外科領域においてすでに20年近くの歴史があり、数多くの手術がなされている。その多くは浅側頭一中大脳動脈(以下STA-MCA)吻合、後頭一後下小脳動脈吻合、または vein graft を用いた端側吻合で、基礎的検討も多くなされており、吻合の技術はほぼ確立されたものと思われる。一方、側々吻合は臨床応用として左右前大脳動脈間^{4,6)}、後大脳一上小脳動脈間¹³⁾などが考えられるが、まだ症例も少なく、基礎的検討もなされておらず、いかなる吻合方法が開存率が良く、また吻合部を介しての血流が良好であるのか判っていない。直径1~2 mmの血管吻合のモデルとしてラットの総頸動脈は適当な大きさであり、今回我々はこの血管を用いて側々吻合を行い、適切な吻合口の大きさ、前壁縫合の方法(結節縫合とするか、連続縫合が良いのか)の2点につき調べた。

II 実 験

1. 方法(Fig. 1)

25匹のWistar rat(体重250~300 g)をbarbiturate腹腔内投与にて麻酔し、自然呼吸を行わせ、頸部を伸展して固定する。前頸部に縦切開を加え、可及的に長く総頸動脈を剝離し、さらに気管前筋群を切断し、上下方向に翻転する。血管吻合部の外膜を除去したのち、2個の血流遮断用クリップを用いて左右の総頸動脈を気管の前で数mmにわたり正中に寄せた状態で固定する。これらのラットを2群に分け、15匹の第1群は吻合口の至適な大きさを求めるために用い、10匹の第2群は前壁縫合の適切な方法を求めるために用いた。

まず、第1群の15匹のラットを以下のごとくさらに3群に分けた。A群(4匹)は正中寄りに設けた両側総頸動脈の縦切開(吻合口)の大きさを血管径の約1倍、B群(7匹)はそれを約2倍、C群(4匹)は約3倍とした。血管内腔をへ

名古屋大学脳神経外科

Address reprint requests to: A. Ikeda, M.D., Department of Neurosurgery, Tokai University, Bohseidai, Isehara, Kanagawa 259-11.

受稿 1984年10月29日 受理 1986年2月27日

Fig. 1 Illustrations of the experiment. A: Completion of the side-to-side anastomosis using interrupted sutures in the anterior wall. B: Suturing technique.

パリン加生食水で洗滌し、10-0 monofilament nylon 糸 (Ethicon 2850) で2本の corner suture を設ける。ついで Fig. 1B のごとく、corner suture に用いた縫合糸を用いて後壁を血管内腔側より連続縫合する。このとき、縫合糸の締め具合と血管壁が血管内腔にまくれ込まないことに留意する。その後、前壁をやはり corner suture に用いた縫合糸をそのまま用いて連続縫合する。Decomp 後の leakage は通常少ない。次に、前壁縫合には連続縫合が良いのか、または結節縫合が良いのかを判定するために第2群において同様の操作を加え、吻合口の大きさを血管径の2倍とし、後壁を連続で縫合したのち、前壁には結節縫合を行った。結節縫合の糸と糸との間隔は比較的密に行い、結果を第1群のB群(血管径の2倍の吻合口、前壁は連続縫合)と比較した。

吻合完了後、近位総頸動脈の一側に血流遮断クリップをかけたのち、電磁血流計(日本光電 MFD-1100, probe size 1.0 mm)を両側末梢側の総頸動脈に装着し、血流量を計測する。Probe の当て方、血圧などにより計測値は大きく変化するため、数回の計測の平均値をとり、一侧の血流量が他側の70%以下のとき、血流量に左右差ありと判定した。ラットは術後1週から2カ月の間に sacrifice し、その開存

Fig. 2 Angiogram in a rat 1 month after operation. The diameter of the anastomosis was twice the vessel diameter and the anterior wall was closed in running sutures (Group 1-B).

状態を調べ、組織学的検討を行った。また、一部のラットでは血管写¹⁷⁾を行った(Fig. 2)。

2. 結果

Table 1 に結果を示す。第1群において術直後の開存は、吻合口が血管径と同じ大きさのA群全例で保たれたが、2倍の大きさのB群では2例で閉塞をみた。このうちの1例では後壁の mal-adaptation により decomp 後出血が多量にあり、組織所見より血栓が吻合部より発生したのちに管内へ進展したと思われた。また、他の1例では血管のねじれが原因と思われた。吻合口が血管径の3倍のC群では1例で閉塞がみられ、これは総頸動脈の剝離が少なく、吻合血管の tension が高すぎ、気管に圧迫される形で閉塞したと判断された。これら閉塞をきたしたラットは、その原因を調べるため術直後に sacrifice し、以後の検討からは除外している。術直後の肉眼的狭窄はA、B群に各1例みられ、これは手技上の問題(縫いしろの幅など)によると思われた。また、末梢総頸動脈の血流量の左右差はA

Table 1 Results of side-to-side anastomosis

Group*	Sub-group	Number of rats	Size of anastomosis (of vessel diameter)	Immediate patency rate**	Occlusion time (min.)	Stenosis	Flow laterality	Long survival
1	A	4	×1	4/4	17	1/4	2/4	2/4
	B	7	×2	5/7	18	1/5	0/5	4/5
	C	4	×3	3/4	21	0/3	0/3	0/3
2		10***	×2	7/7	27	0/7	1/7	5/7

*Group 1: running sutures, 2: interrupted sutures. **Rats with obstruction of the anastomosis were eliminated from the later evaluations.

***Three rats died during the surgery.

群の2例にみられ、狭窄および小さすぎる吻合口が原因と思われた。総頸動脈の血流遮断時間はA群で平均17分、B群で18分、C群で21分であった。手術侵襲は比較的大きく、頸部諸筋群を大きく損傷するため、また吻合部が気管を圧迫するため、術後完全に覚醒したのちも下顎呼吸、呼吸困難などを伴いやすく、これが原因でA群で2例、B群で1例、C群では全例が数時間から1週間以内に死亡した。これは、吻合口が大きくなるほど手術侵襲が大きくなり、気管への圧迫も強くなるためと判断された。以上より、第1群の実験の結論として、吻合口が血管径と同じでは狭窄、末梢血流の左右差を生じやすく、また3倍以上では手術侵襲が大きすぎ、このラットのモデルでは2倍が至適と判断された。

前壁に結節縫合を行った第2群においては、総頸動脈の血流遮断時間は前壁を連続縫合した場合に比して長く、平均27分かかり、このため吻合中に3例が死亡した。他の7例では直後の開存率は100%で、肉眼的狭窄も認められな

かったが、1例で血流の左右差が認められた。長期生存率も7例中5例と比較的良かった。

組織学的所見は第1, 2群ともほぼ同様で、軽度内膜肥厚、時に中膜への細胞浸潤などが認められるのみであった (Fig. 3)。

以上より、側々吻合を行う場合、吻合口の大きさは血管径の2倍以上とすべきで、前壁は結節縫合することが必要であると結論された。

III 臨床応用例

<症例1>

右下肢単麻痺をきたした50才男性で、左前大脳動脈のA₂部での閉塞がみられた (Fig. 4A, B)。保存的治療にもかかわらず再度虚血発作を生じたため、発症2ヵ月後に脳梁周囲動脈の前半で左右を側々吻合した。術中、左A₄部でも閉塞がみられ、後脳梁周囲動脈からの側副血行がみられなかった。CT上前大脳動脈領域に梗塞巣がみられなかったため術直後より右下肢の麻痺は完全に消失し、血管写上も吻合部を介して末梢への良好な血流がみられた (Fig. 4C, D)。

<症例2>

右内頸動脈閉塞症をきたした52才男性である。右STA-MCA double anastomosis を施行し、左上肢の麻痺は消失したが、左下肢の中等度の麻痺は改善をみなかった。血管写上も前交通動脈を介した左A₁からの血流が不十分で、またSTA-MCA吻合からも血流は前大脳動脈までは到達しておらず、右前大脳動脈領域の造影不良が認められた。このため、発症より9ヵ月後に<症例1>と同様な手術をposterior internal frontal artery間で行った (Fig. 5A)。術直後より下肢の麻痺は改善したが、CT上すでに左下肢に相当する運動領域に梗塞巣がみられていたため麻痺の改善は完全ではなかった。血管写では十分な血流が吻合部を介して右前大脳動脈にみられた (Fig. 5B)。

なお、この2例は他誌にすでに報告したものである⁴⁾。

Fig. 3 Photomicrograph of the transected anastomotic orifice 2 months after operation. L shows two vascular lumens, and arrows indicate anastomotic site. Group 2, HE stain, ×40.

Fig 4 Case 1. A, B Preoperative carotid angiograms on right (A) and on left (B), showing no opacification of the left anterior cerebral artery (ACA). C, D: Postoperative right carotid angiograms showing revascularized ACA (*arrows*) and anastomotic orifice (*arrowhead*).

Fig 5 Case 2. A Operative view. Note that the artery on the occluded side before the anastomosis (*upper*) has become larger after the anastomosis (*lower*). The scale indicates 0.5 mm intervals. B Lateral view of postoperative left carotid angiogram showing revascularized ACA (*arrows*) and the anastomotic site (*arrowheads*).

IV 考 察

Yasargil¹⁸⁾により microvascularization の手技が脳神経外科領域に導入されて以来、脳虚血に対して数多くの手術手技が開発されてきた^{1,7,10-15)}。しかし、その多くは end-to-side につなぐ方法で、これらでは開存率を上げるための基礎的検討もなされてきた^{3,8,9,16)}が、side-to-side に吻合する試みは非常に少ない^{2,4,6,13)}。

前大脳動脈領域の脳虚血に対する血行再建は、Yasargil¹⁸⁾が試みたのち 2, 3 の報告⁴⁻⁶⁾があるのみである。Ishii ら⁵⁾は vein graft を用いて STA から bypass を行い、伊藤⁶⁾は前大脳動脈間の吻合を行ったと述べている。今回我々は前大脳動脈が A₂ 部で閉塞した症例を経験し、血行再建の方法として伊藤⁶⁾の方法を用いることにしたが、側々吻合を行う場合の吻合口の大きさ、縫合方法などの基礎的な最適条件はまだ判っておらず、今回の実験を行った。また、このモデルは実際の手術の練習台となりえることも証明した。

今回、吻合口の大きさを種々に変えた第 1 群の結果、吻合口の大きさが血管径と同じ場合は吻合部に狭窄が起こりやすく、開存率も低い傾向にあった。また、狭窄がなくても吻合口を介しての血流が十分でなく、末梢総頸動脈の血流に左右差を生じる例がみられた。一方、吻合口の大きさを血管径の 2 倍以上とした場合、狭窄は起こりにくく、開存率も高く、また吻合部を介して血流遮断側へも非遮断側と同量の血流がみられた。以上の点から吻合口の大きさは血管径の 2 倍以上とすべきであるが、3 倍とさらに大きくなれば吻合に要する時間が長くなり、侵襲も大きくなり、このため失われるラットもみられた。また、長い距離を正中に寄せると吻合部の tension も大きくなり、閉塞をきたしやすい。ラットのモデルでは 2 倍が至適な大きさと思われた。臨床例においても、〈症例 1, 2〉ともに血管径の太さの約 2 倍の大きさの吻合口を設けたが、血管写上十分な血流が障害側の末梢・中枢側にみられた (Fig. 4, 5)。

今回の実験モデルにおいて、吻合口の後壁は血管内腔側より連続縫合を行った。これは、血管をクリップごとと翻転させることが今回のラットの実験においてもヒトの前大脳動脈間においても不可能であるためである。血管内膜を摂子でつかまないこと、および内腔側に血管壁がまくれ込まないことに注意すれば特に問題はないが、途中でやり直しがきかないため、糸のからまり (これを予防するためには縫合糸を短くすることが望ましい) や摂子、持針器による縫合糸の damage にも留意が必要である。

さて、前壁の縫合であるが、連続縫合を行うと Table 1 のように血流遮断時間を短縮できる長所がある。しかし、

Fig. 6 Comparison of suturing techniques. Anterior wall is sutured in running fashion in Group 1 (A), and in interrupted fashion in Group 2 (B). Note that the anterior wall is bulging and that the anastomotic orifice is larger in the vessels with interrupted sutures.

狭窄の有無、末梢血流の左右差、長期生存率など、結節縫合群のほうが良好な結果が得られた。これは、一つには手術に熟達し、手技も向上しているためと考えられているが、最大の理由は Fig. 6 に示すように吻合後の吻合口の形状にあると思われる。すなわち、結節縫合を行うと血流再開後吻合口前壁は手前に盛り上がり、より広い吻合口が得られ、左右の交通が多くなるためと判断された。前壁に結節縫合を行った臨床例 2 例においても術後の血管写側面像で吻合部に fusiform 状の拡張がみられ、動物実験の結果と一致した。

結節縫合を行う場合、糸と糸との間隔は密なほうが良く⁹⁾、微小血管縫合に関して重要な点である血管の approximation をしっかり行い⁹⁾、また血管壁の重なりを避けることが大切である¹⁶⁾。微小血管吻合に関する他の重要な点は血管および吻合部の tension を高くしないことであり¹⁶⁾、このため今回の実験においては総頸動脈を上下方向に可及的に長く剥離しておく必要があった。今回の実験では、この剥離が不十分であったことによると思われる閉塞が 1 例にみられた。なお、我々は臨床例においても連続・結節縫合ともに 10-0 monofilament nylon 糸を用いたが、Peerless ら⁸⁾は連続縫合の場合、より組織をすべりやすい Prolene 糸を使用すべきとしている。しかし、nylon のほうが締めやすく、扱いも簡単であり¹⁶⁾、使用に当っては慣れた糸を用いるのがよいと思われる。

V 結 語

ラット総頸動脈において側々吻合のモデルを作製し、いかなる条件で開存率が良く、末梢への血流が最大となるかを調べた。結論として、吻合口の大きさは血管径の2倍以上とすべきで、前壁の縫合は結節縫合を用いるべきとの2点が得られた。また、側々吻合の臨床応用として前大脳動脈間吻合を施行した2症例も併せて示した。

文 献

- 1) Ausman JI, Diaz FG, De Los Reyes RA, Pak H, Patel S, Mehta B, Boulos R: Posterior circulation revascularization: Superficial temporal artery to superior cerebellar artery anastomosis. *J Neurosurg* 56: 766-776, 1982
- 2) Ausman JI, Dujovny M, Mora EO, Umansky F, Diaz FG: Microsurgical reconstruction of the middle cerebral artery, in Spetzler RF, Carter LP, Selman WR, Martin NA (eds): *Cerebral Revascularization for Stroke*. New York, Thieme-Stratton, 1985, pp 344-347
- 3) Eisenhardt HJ, Hennecken H, Klein PJ, Pichlmaier H: Experiences with different techniques of microvascular anastomosis. *J Microsurg* 1: 341-350, 1980
- 4) Ikeda A, Okada T, Shibuya M, Noda S, Sugiura M, Iguchi I, Gonda T, Kageyama N: Revascularization of the anterior cerebral artery: Report of two cases. *J Neurosurg* 62: 603-606, 1985
- 5) Ishii R, Koike T, Takeuchi S, Ohsugi S, Tanaka R, Konno K: Anastomosis of the superficial temporal artery to the distal anterior cerebral artery with interposed cephalic vein graft: Case report. *J Neurosurg* 58: 425-429, 1983
- 6) 伊藤善太郎: 前大脳動脈間吻合術の開発とその適応. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 21: 931-939, 1981
- 7) Little JR, Furlan AJ, Bryerton B: Short vein grafts for cerebral revascularization. *J Neurosurg* 59: 384-388, 1983
- 8) Peerless SJ, Gamache FW, Hunter IG: Continuous suture method for microvascular anastomosis: Technical note. *Neurosurgery* 8: 695-698, 1981
- 9) Robertson JH, Robertson JT: The relationship between suture number and quality of anastomosis in microvascular procedures. *Surg Neurol* 10: 241-246, 1978
- 10) Spetzler RF, Chater N: Occipital artery-middle cerebral artery anastomosis for cerebral artery occlusive disease. *Surg Neurol* 2: 235-238, 1974
- 11) Spetzler RF, Rhodes RS, Roski RA, Likavec MJ: Subclavian to middle cerebral artery saphenous vein bypass graft. *J Neurosurg* 53: 465-469, 1980
- 12) Story JL, Brown WE Jr, Eidelberg E, Arom KV, Stewart JR: Cerebral revascularization: Common carotid to distal middle cerebral artery bypass. *Neurosurgery* 2: 131-134, 1978
- 13) Sundt TM Jr, Campbell JK, Houser OW: Transpositions and anastomosis between the posterior cerebral and superior cerebellar arteries: Report of two cases. *J Neurosurg* 55: 967-970, 1981
- 14) Sundt TM Jr, Piepgras DG: Occipital to posterior inferior cerebellar artery bypass surgery. *J Neurosurg* 48: 916-928, 1978
- 15) Sundt TM Jr, Piepgras DG, Houser OW, Campbell JK: Interposition saphenous vein grafts for advanced occlusive disease and large aneurysms in the posterior circulation. *J Neurosurg* 56: 205-215, 1982
- 16) Tsitsopoulos P, Malbouisson AMB, Harrison MJG: End-to-side vascular anastomosis: A study of technical considerations in the rat. *J Neurosurg* 56: 642-645, 1982
- 17) 上田 実, 鳥居修平, 岡 達: ラット皮膚の micro-angiography の手技. 形成外科 23: 627-633, 1980
- 18) Yasargil MG: *Microsurgery Applied to Neurosurgery*. Stuttgart, Georg Thieme, 1969, pp 95-118

〔別刷請求先: 〒259-11 神奈川県伊勢原市望星台, 東海大学脳神経外科, 池田 公〕