原 著

パッチグラフトを用いたCEA

—手術手技と中期成績—

加納 恒男, 原田 忠, 平山 晃康, 片山 容一

Carotid Endarterectomy with Patch Graft: Technical Aspects and Midterm Outcome

Tsuneo KANO, M.D., Tadashi HARADA, M.D., Teruyasu HIRAYAMA, M.D., and
Yoichi KATAYAMA, M.D.

Department of Neurological Surgery, Nihon University Hospitals, Tokyo, Japan

Summary: We examined the value of synthetic patch grafts in patients undergoing carotid endarterectomy (CEA). Patch grafting using a Hemashield was adopted in 22 CEA procedures. Mild hypothermia at 34°C was induced in the patients to reduce the risk of cerebral ischemia during carotid clamping. Monitoring by two kinds of cerebral oximetry was undertaken continuously to evaluate the cerebral blood flow. Cardiac output (CO) was calculated two times during normothermia and at 34°C. Systemic heparinization was induced intraoperatively, and was then continued 5 days postoperatively. The average clamping time of the carotid artery was 72 min.

By inducing hypothermia, the jugular bulb venous oxygen saturation was raised by 2% on average (n=10). On the other hand, the CO did not change (n=7). The diameter of the internal carotid bulb was increased by 31% compared with that in primary closure. We did not encounter any cerebral ischemic events during the perioperative period. Postoperative follow-up has been continued for 20 months on average, and no restenosis of the internal carotid artery has been experienced in the patients. CEA with a patch graft under mild hypothermia was effective for reducing the occurrence of restenosis and the risk of cerebral ischemia.

Key words:

- carotid endarterectomy
- patch graft
- Hemashield
- mild hypothermia
- restenosis

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 30: 281-285, 2002

はじめに

われわれは頸動脈内膜切除術(carotid endarterectomy: CEA)後の再狭窄予防を目的として, 1997年よりCEA患者全例にHemashieldを用いたpatch graftを行ってきた。これは欧米人と比較して日本人の内頸動脈径は小さく²⁵⁾, 再狭窄の危険が高いと判断される症例が少なくないこと, さらに再狭窄症例に対する再手術のさいには脳神経麻痺と

いった手術合併症の危険性が増すためである。また patch graftの利点として, CEA術後急性期における内頸動脈閉塞に対する予防効果を有することも報告されている²⁰⁾。一方 primary closure と比べ, patch graftにさいしては術中の頸動脈血流遮断が長時間に及ぶが, これに対してわれわれは mild hypothermiaによる脳保護を行うことにより対処している¹⁴⁾。22の頸動脈病変に対し, 術後平均20カ月の観察期間であるが, これまで再狭窄(狭窄率50%以上)

日本大学医学部 脳神経外科(受稿日 2001.8.29) [連絡先: 〒173-8610 東京都板橋区大谷口上町30-1 日本大学医学部 脳神経外科 加納恒男] [Mailing address: Tsuneo KANO, M.D., Department of Neurological Surgery, Nihon University Hospitals, 30-1 Oyaguchi Kamimachi, Itabashi-ku, Tokyo 173-8610, Japan]

をきたした症例はなく、良好な中期成績を得ている。

対象・方法

対象はCEA患者20例(男性16例, 女性4例), 計22病変であり, 平均年齢は59歳(42-68歳)であった。このうち症候性例は17例, 無症候性例が3例であった。5病変は狭窄率50-70%の中等度狭窄病変であり, 残りの17病変は狭窄率70%を超す高度狭窄病変であった。4例は対側の頸動脈狭窄を合併しており, また1例は同側の中大脳動脈水平部にtandem lesionを合併していた。術後の平均観察期間は20カ月(10-31カ月)である。

経鼻挿管下にイソフルレンによる全身麻酔導入後, 水冷式ブランケットを用い, 膀胱温を指標として34℃のmild hypothermiaとした。膀胱温が34℃まで低下したのちに, 内頸動脈, 総頸動脈ならびに外頸動脈をクランプすることにより5分間の試験遮断を行い, 脳波(electroencephalogram: EEG)あるいは体性感覚誘発電位(somatosensory evoked potential: SEP)にて脳虚血所見を認める場合には内シャントを留置する, selective shuntingの方針で手術にあたった。頸動脈血流遮断中は術前の血圧を維持するようにし, 必要に応じてカテコールアミンを用いて昇圧を行った。脳血流モニタリングとして2種類のoximetryの持続測定を行っており, 1つは頸静脈球部酸素飽和度(jugular bulb venous oxygen saturation: SjO_2), もう1つは脳局所酸素飽和度(regional cerebral oxygen saturation: rSO_2)である。またインドシアニングリーン(10 mg)を末梢静脈より投与するパルス式色素希釈法により, 心拍出量(cardiac output: CO)を求めた。COは低体温導入前の常温時ならびに34℃の低体温時の2回測定し, 低体温化に伴い心機能に変化が生ずるかどうか評価した。COの測定は日本光電工業社製のDDG-2001を用い, 測定用プローブは鼻翼用を用いた。

patch graftは顕微鏡下にHemashield(knitted polyester fabric, Boston Scientific社製)を用いて行った。Hemashieldは規格が幅8 mm, 長さ75 mm, 厚さ0.36 mmの製品を用い, これを幅約5 mmとなるようにトリミングしたのちに, arteriotomyに合わせて長さを調節してpatchを行った(Fig. 1)。当初Hemashieldは幅8 mmのままで用いていたが, 術後の脳血管撮影にて, patch部分がvenous pouch状の拡大を示した1症例を経験したことから, 幅5 mmに調節して用いている。7-0プロリオンを用いて切除内膜の遠位端にtacking sutureを行ったのちに, arteriotomyの両端とHemashieldの両端とを6-0プロリオンにてanchor stitchを行い, 先に内側縁を, ついで外側縁を6-0プロリオンにて連続縫合した。このさい縫合糸が緩み, 頸動脈とHemashieldとの間に空隙が生ずると, クランプ

除去後にリークを生ずるため, 助手が縫合糸に緊張をかけて持ち上げていることが必要である。Hemashield中心部の黒いラインは, 縫合のさいpatchに捻れが生じていないかどうかをみるうえで役立つ。clamp除去後リークがある場合には, その部位に結節縫合を追加した(Fig. 1)。

術中, 頸動脈血流遮断前に100 units/kgのヘパリンを静脈内投与することにより, 全身ヘパリン化を行った。術後も凝固時間(activated clotting time: ACT)が200秒以下に低下したのちに, ヘパリンの持続静脈内投与を再開した。術後5日間全身ヘパリン化を行ったあとは, 抗血小板剤の内服に切り替えた。また術後2週間にわたりネックカラーを患者に装着し, 同時に急激な頸部の運動を控えるように指導した。退院前に脳血管撮影を行い, 退院後のfollow upはMRAにより6カ月後, 1年後, さらに1年ごとに行った。

結 果

計22回のCEAに要した平均手術時間は4.2時間。頸動脈の平均血流遮断時間は72分であった。頸動脈の試験遮断中にEEG・SEP上脳虚血所見を示した症例はなく, 内シャントを使用することはなかった。しかし内膜切除操作中, rSO_2 の約10%の低下に伴って, EEG上一過性の徐波化を生じた症例を3例経験した¹³⁾。2例は対側の頸動脈病変合併例であり, 1例は同側の中大脳動脈水平部にtandem lesionを合併していた症例であった。いずれも昇圧により脳波所見はただちに改善した。高度狭窄の1例は, 麻酔覚醒後片側性の頭痛・嘔気を訴え, SjO_2 が80%台で推移するhyperperfusionの状態が約3時間続いたが, 降圧を行うことにより SjO_2 の低下とともに症状は改善した。検討症例中, 周術期合併症は3例に認められた。静脈性出血が原因と考えられる軽度の皮下血腫を生じた2例, 術後の脳血管撮影にて内膜切除遠位端に狭窄を認めたためステント留置を行った1例である。ステント留置例は, tacking sutureが不適切であったためにintimal flapを生じたものと考えられた。周術期に脳梗塞ならびに虚血性脳合併症をきたした症例はない。また術後のfollow up MRA上, 狭窄率50%以上の再狭窄をきたした症例は今のところない。

Patch graftによる内頸動脈径の拡大効果

術前ならびに術後の頸動脈撮影上の計測により, patch graftによる頸動脈前後径の拡大効果を, 内頸動脈球部において評価した(Fig. 2)。術前の頸動脈撮影上, primary closureを行った場合に得られると想定される前後径をaとした。そして術後の頸動脈撮影上, 実際に得られた前後径をbとすることにより, 拡大率: $(b - a) / a \times 100(\%)$

Fig. 1 Hemashield: knitted polyester fabric (A), Hemashield patched on arteriotomy, CCA: common carotid artery, ICA: internal carotid artery, ECA: external carotid artery (B).

$$\text{拡張率} = \frac{b-a}{a} \times 100 (\%)$$

Fig. 2 Preoperative angiogram (left), postoperative angiogram (right).

Fig. 3 SJO₂ changes compared to pre-cooling baseline (left), CO changed compared to precooling baseline (right).

を求めた。この結果、22病変における平均拡大率は31%であった。

低体温化前後でのCOならびにSJO₂の変化

常温時ならびに34℃の低体温時における、COとSJO₂の変化をFig. 3に示した。麻酔導入後に血圧低下を生じ、術前の血圧を保つためにカテコールアミンを使用した症例では、薬効によりCOは著明に増加した。そこで、麻酔導入後の収縮期血圧が術前の収縮期血圧±10%の範囲内で

安定しており、カテコールアミンを使用しなかった症例について、COの変化を検討した(n=7)。この結果、低体温化に伴ってCOは有意の変化を示さなかった。同様にカテコールアミン非使用の症例について、低体温化前後でのSJO₂の変化をみると(n=10)、低体温化に伴い1例においてSJO₂が1%低下したが、その他の症例ではSJO₂は不変ないしは増加し、平均では2%増加した(p<0.05, paired t-test)。

考 察

CEA術後の再狭窄(狭窄率50%以上)の発生頻度は、5-10年の長期観察を行った場合10%程度といわれており²⁴⁾、再狭窄を生ずる重要なrisk factorとしては、喫煙患者におけるCEA術後の喫煙継続が知られている⁹⁾¹⁰⁾。ただし本邦例の報告では、欧米に比べて再狭窄の頻度は低く、山田らの報告でも再狭窄例は約4%にとどまっている²⁶⁾。再狭窄の多くは術後2年以内、特に最初の1年以内に生ずることの多いmyointimal hyperplasiaであり、動脈硬化性の再狭窄は通常2年以降に生ずる。そして再狭窄病変は内腔が平滑なmyointimal hyperplasiaであることが多いために、一般に症候性となることは少ないとされている。また、いったん生じた再狭窄病変にremodelingが生ずることにより、狭窄が自然寛解することも少なくはないようであり、再狭窄病変のおよそ40-50%が自然寛解したとの報告もある¹⁾。この一方で、再狭窄病変が80%以上の高度狭窄の場合には自然寛解は少なく、さらに完全閉塞へと進展し脳梗塞を発症する危険が高いため、高度狭窄病変に対しては積極的に再手術が行われるべきであるとされている²⁾。

CEAにさいしてprimary closureまたはpatch graft(vein patchあるいはsynthetic patchを使用)を行った、5つの無作為臨床研究のまとめでは、術後急性期における血栓性の内頸動脈閉塞は4.0%に対して0.9%、周術期の脳梗塞発生も3.7%に対して1.9%であり、patch graftを行った群における成績が優れていた⁷⁾⁹⁾¹¹⁾¹⁷⁾²¹⁾²³⁾。さらに術後1年以内の再狭窄発生率は、7.0%に対して0.3%とpatch graft群では有意に少なかった。patch graftによって再狭窄が抑えられる機序の1つは、頸動脈球部におけるgeometricな変化によると考えられている⁵⁾。すなわち、patchを行うことにより内頸動脈球部の長さが延長し、総頸動脈球部の断面も楕円形から球形に近づく。頸動脈分岐部は、流体力学的に拍動流によるストレスのかかりやすい部位であるが¹⁸⁾¹⁹⁾、patchによってもたらされるgeometricな変化により頸動脈分岐部にかかるストレスが低下し、ひいては術後の血栓形成、myointimal proliferationならびに動脈硬化性再狭窄が抑制されると考えられている¹⁵⁾¹⁶⁾。このほかpatch graftによって頸動脈径が拡大することも、patchによる再狭窄予防効果の機序の1つと考えられる。実際にわれわれの症例では、patchを置くことにより内頸動脈球部における血管径は31%拡大した。大伏在静脈を用いてpatchを行ったArchieらの報告でも、内頸動脈球部において、およそ3.5 mmの血管径拡大が得られている³⁾。またCEA後の頸動脈壁の厚さをエコーにより経過を追ってみた報告では、1年後に約1.7 mm、2年後には約2.0 mmであったが、patch部分(vein patchあるいは

Dacron patchを使用)で動脈壁は最も薄く、内膜切除部分で最も厚かったとされる⁶⁾。したがってCEA術後の血管腔において、patch部分は求心性の肥厚性変化が生ずることの少ない部分といえるようである。

graftとして用いられることの多い大伏在静脈は、人工のpatch graftと比べ、内面が内皮細胞に被われているため抗血栓性に優れるといった利点がある。この反面、伏在静脈を用いてpatchを行った場合、約1%のcentral patch ruptureの危険があるという。このpatch ruptureは、女性、糖尿病患者、あるいは3.5 mm以下の径の細い伏在静脈を用いた場合に多く⁴⁾²⁰⁾、伏在静脈の採取部位はhigh femoral siteが推奨されている²⁷⁾。その他、伏在静脈の採取に伴う、創の美容上の問題、ならびに創傷治癒上の問題がある。一方Hemashieldは、CEA施行時のpatch graftとして、最近用いられることが多くなりつつある。Hemashieldは厚さ0.36 mmのポリエステル製のシートであり、ウシのコラーゲンを浸透させているためpreclottingの必要がなく、そのまま使用することができる。中央部には黒のガイドラインが入っており、縫合のさいにgraftに捻れが生じていないかどうかの確認に役立つ。Hemashieldの欠点としては、血栓性ならびに感染の問題があげられる。特にHemashieldと頸動脈との縫合部に血栓が生じることによる、頸動脈閉塞ならびに塞栓性合併症が危惧されるため、われわれは術後の全身ヘパリン化を5日間にわたって行い、この後抗血小板剤の内服に移行させている。この結果、術後に血栓性の合併症をきたした症例は現在のところ経験していない。

われわれはCEAに伴う周術期合併症を、無症候性例では3%以下に、また症候性の高度狭窄例においても6%以下に抑えるという世界水準を達成するための一環として¹²⁾²²⁾、mild hypothermiaによる脳保護を行ってきた。これはprimary closureを行う場合と比べ、patch graftを行う場合には頸動脈の血流遮断時間が長くなるため、血流遮断に伴う脳虚血の危険が高まるためである。今回のわれわれのシリーズでは72分の頸動脈血流遮断時間を要したが、これは主として2倍の長さの血管縫合を要するためであり、最近の症例においては60分程度の血流遮断時間に短縮されてきている。常温時ならびに34℃の低体温時とで、SjO₂の値が比較可能であった症例についてみると、SjO₂の値は低体温化に伴って平均で2%増加した。これは低体温化により脳代謝が減少した結果、脳血流が相対的に脳代謝率を上回るようになったことを反映している。したがってmild hypothermiaは、血流遮断に伴う脳虚血に対する予備力を増加させることにより、脳保護的に作用するものと考えられる。また、低体温化に伴ってCOには有意の変化は生じなかったことより、34℃のmild hypothermiaは

心抑制をきたすことなく安全に導入可能な温度といえる。一方で、全例に内シャントを留置する方法も脳虚血を回避するための確立された手段の1つである。しかし、安全かつ確実に内シャントを留置するためには手技に習熟を要すると考えられ、また内シャント留置に伴う塞栓性合併症の発生も少ないながら報告されている。そこでわれわれは、合併症がなく安全に行える脳保護法として mild hypothermia を用いてきた。

欧米人と比べて、日本人はCEA後の再狭窄の頻度が低いことが知られており、必ずしも全例にpatch graftを行う必要性はないかもしれない。しかし、頸動脈径の小さい例、再手術が非常に困難となる高位病変例、また再狭窄に伴って重篤な神経症状を生ずる危険のある対側頸動脈閉塞例などでは、patch graftを行うよい適応と考えられる。術後平均20カ月の観察期間であるが、mild hypothermia下のpatch graftを用いたCEAは、術中の虚血性合併症を抑えつつ術後の再狭窄予防上有効であった。

文 献

- 1) AbuRahma AF, Robinson PA, Stickler DL: Analysis of regression of postoperative carotid stenosis from prospective randomized trial of carotid endarterectomy comparing primary closure versus patching. *Ann Surg* 6: 767-773, 1999
- 2) AbuRahma AF, Robinson PA, Mullins DA, *et al*: Frequency of postoperative carotid duplex surveillance and type of closure: results from a randomized trial. *J Vasc Surg* 32: 1043-1051, 2000
- 3) Archie JP, Green JJ: Saphenous vein rupture pressure, rupture stress, and carotid endarterectomy vein patch reconstruction. *Surgery* 107: 389-398, 1990
- 4) Archie JP: Carotid endarterectomy saphenous vein patch rupture revisited: selective utilization based on vein diameter. *J Vasc Surg* 24: 346-352, 1996
- 5) Archie JP: Geometric dimension changes with carotid endarterectomy reconstruction. *J Vasc Surg* 25: 488-498, 1997
- 6) Archie JP: Wall thickness after carotid endarterectomy in patients with paired vein and Dacron patch reconstruction. *J Vasc Surg* 25: 554-560, 1997
- 7) Archie JP: A fifteen-year experience with carotid endarterectomy after a formal operative protocol requiring high frequent patch angioplasty. *J Vasc Surg* 31: 724-735, 2000
- 8) Clagett G, Rich N, McDonald P, *et al*: Etiologic factors for recurrent carotid artery stenosis. *Surgery* 2: 313-318, 1983
- 9) Clagett GP, Patterson CB, Fisher DF Jr, *et al*: Vein patch versus primary closure for carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 9: 213-219, 1989
- 10) Dempsey RJ, Moore R, Cordero S: Factors leading to early recurrence of carotid plaque after carotid endarterectomy. *Surg Neurol* 43: 278-283, 1995
- 11) Eikelboom BC, Ackerstaff RGA, Hoeneveld H, *et al*: Benefits of carotid patching: a randomized study. *J Vasc Surg* 7: 240-247, 1988
- 12) Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study: Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. *JAMA* 273: 1421-1428, 1995
- 13) 原田 忠, 加納恒男, 平山晃康, ほか: CEA術中の脳酸素飽和度持続モニタリングによる脳循環動態の検出. 脳卒中の外科 29: 277-281, 2001
- 14) 平山晃康, 片山容一: 脳保護のための術中低体温療法. 脳外誌 7: 163-169, 1998
- 15) Imparato AM: The carotid bifurcation plaque—a model for the study of atherosclerosis. *J Vasc Surg* 3: 249-255, 1986
- 16) Imparato AM: The role of patch angioplasty after carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 7: 715-716, 1988
- 17) Katz MM, Jones GT, Degenhardt J, *et al*: The use of patch angioplasty to alter the incidence of carotid restenosis following thromboendarterectomy. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 28: 2-8, 1987
- 18) Kleinstreuer C, Nazemi M, Archie JP: Hemodynamics analysis of a stenosed carotid bifurcation and its plaque-mitigating design. *J Biochem Eng* 113: 330-335, 1991
- 19) Ku DN, Giddens DP, Zarins CK, *et al*: Pulsatile flow and atherosclerosis in the human carotid bifurcation. *Atherosclerosis* 5: 293-302, 1985
- 20) Loftus CM: Technical aspects of carotid endarterectomy with Hemashield patch graft. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 37: 805-818, 1997
- 21) Lord RSA, Raj TB, Stary DL, *et al*: Comparison of saphenous vein patch, polytetrafluoroethylene patch, and direct arteriotomy closure after carotid endarterectomy; part I: perioperative results. *J Vasc Surg* 9: 521-529, 1989
- 22) North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators: Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Engl J Med* 325: 445-453, 1991
- 23) Ranaboldo CJ, Bawros D'Sa AAB, Bell PRF, *et al*: Randomized controlled trial of patch angioplasty for carotid endarterectomy. *Br J Surg* 80: 1528-1530, 1993
- 24) Rosenberg N: Recurrent carotid stenosis, in *Handbook of Carotid Artery Surgery: Facts and Figures*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1989, pp237-248
- 25) 豊田章広, 島 健, 西谷正博, ほか: 頸部頸動脈分岐部の放射線学的検討—邦人とハンガリー人の比較—. 脳神経 49: 633-637, 1997
- 26) 山田和雄, 伊藤 守, 種子田護, ほか: 単一のチームによる頸動脈内膜剥離術の手術成績. 脳卒中の外科 20: 276-281, 1992
- 27) Yamamoto Y, Piepgras DG, Marsh WR, *et al*: Complications resulting from saphenous vein patch graft after carotid endarterectomy. *Neurosurgery* 39: 670-676, 1996