Window-making TCCS method を用いた頭蓋内血管検出不能症例における CEA 術後 hyperperfusion 治療の工夫

—テクニカルノート—

卯 田 健 井 上 亨 竹 本 光一郎 中 溝 玲
吉 川 雄一郎 岡 村 耕 一 平 田 陽 子 岡 田 靖*

Window-making TCCS Method for Hyperperfusion after Carotid Endarterectomy

by

Ken Uda, M.D., Tooru Inoue, M.D., Koichiro Takemoto, M.D., Akira Nakamizo, M.D.,
Yuichiro Kikkawa, M.D., Koichi Okamura, M.D., Yoko Hirata, M.D., and Yasushi Okada, M.D.*

from

Department of Neurosurgery, and *Cerebrovascular Disease, Clinical Research Institute,
National Kyushu Medical Center

We previously reported that transcranial color-coded real time sonography (TCCS) is useful for detecting hyperperfusion syndrome. However, a limiting factor in the use of TCCS as a screening tool can be an insufficient temporal bone window. Our newly developed window-making TCCS method that creates a temporal burr hole opening has resolved this limitation. This window-making TCCS method is applicable for evaluation of hyperperfusion after carotid endarterectomy (CEA) on those selected patients who have insufficient temporal bone windows.

(Received February 9, 2007; accepted April 5, 2007)

Key words : carotid endarterectomy, carotid artery, carotid ultrasonography, Doppler

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 16 : 792-797, 2007

はじめに

過灌流症候群 (hyperperfusion syndrome) は、頸動脈血栓内膜剥離術 (carotid endarterectomy; CEA) 後の重篤な合併症として知られている⁵⁾¹²⁾¹³⁾。頭痛、痙攣、不穏、一過性局所脳神経症候、頭蓋内出血などを主徴として、その発症頻度は低いとされているが、頭蓋内出血合併症例においては高い死亡率を呈する⁵⁾。よって、CEA 術前評価において、過灌流症候群の予知ならびに術後の脳循環動態を繰り返し観察し、過灌流を見逃さない適切

な治療が求められる。われわれは、過灌流症候群を呈する症例においては中大脳動脈 (middle cerebral artery; MCA) の血流速度が上昇しており、経頭蓋カラードプラー (transcranial color-coded sonography; TCCS) を用いた MCA の血流速度を繰り返し計測することが、CEA 後の過灌流症候群のモニタリングに有用であることを報告した³⁾⁴⁾。しかしながら、TCCS で頭蓋内血管の検出不能な症例も存在する。今回、術後過灌流症候群をきたす可能性のある症例で、耳介前上部に burr hole を作製し、TCCS による CEA 術後過灌流評価を可能とした widow-

国立病院機構九州医療センター脳神経外科・臨床研究部／〒810-8563 福岡市中央区地行浜 1-8-1 [連絡先: 卯田 健]

Address reprint requests to: Ken Uda, M.D., Department of Neurosurgery, Clinical Research Institute, National Kyushu Medical Center, 1-8-1 Jigyohama, Chuo-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka 810-8563, Japan

*同脳血管内科

Fig. 1 Photograph of TCCS and illustration of a skin incision

The photograph shows a probe on the temporal bone window. Illustration demonstrates the linear skin incision about 3~4 cm above and 1~2 cm in front of the external acoustic meatus.

Fig. 2 Skull X-ray after window-making burr hole surgery

Arrowheads of the skull X-ray film show a burr hole in the temporal bone.

making TCCS method を報告する.

方 法

① Window-making TCCS method

1. 対 象

2001 年 9 月以降の CEA 対象患者では、術前に頭部 MRI (magnetic resonance imaging), 頭頸部 MRA (MR angiography), 頸部血管エコー, 脳血管撮影, 脳血流シンチ (single photon emission computed tomography; SPECT) に加え、術後過灌流の評価のために TCCS を行った。術前 TCCS を行うも、側頭骨 window から頭蓋内血管が描出されず、術後過灌流症候群をきたす可能性が高いと判断された症例に本法を行った。術前の背景因子の中で SPECT の acetazolamide (ACZ) 反応性の低下 (10% 以下) を過灌流症候群発症の予測因子と考えており⁴⁾、これに合致し informed consent が得られたものとした。

2. Burr hole 作製

全身麻酔下に CEA に先立って、患側耳介前上部に burr hole を作製した。超音波診断医 (脳血管内科医) の立会いの下、側頭骨 window に当たる部位を指示してもらい穿頭した。耳介上前方で外耳道より約 3~4 cm 上方で、約 1~2 cm 前方に Fig. 1 のごとく浅側頭動脈、顔面神経に注意し浅側頭動脈の後方に皮膚切開を置き、約 1 cm の burr hole を 1 個作製した。Burr hole 作製にあたり、mastoid aircell の発達を術前に評価した。Burr hole 内にはスポンゼルやバーホールボタンなどは留置

せず、皮膚をナイロン糸で縫合した (Fig. 2)。

3. TCCS

TCCS はすべて熟練した脳血管内科医が行った。ATL 社 (USA) 製 HDI5000 および 2.5 MHz のプローブを用いた。患者の側頭部 burr hole 直上の皮膚にプローブを当て、カラードプラ法により B モード画像上に MCA 水平部の血流信号を描出した。幅 2 mm のサンプルボリュームを血流信号上に設置し、超音波の入射角度が 60 度以下になるように調節した。パルスドプラ法により、MCA の血流速度 (収縮期最大, 拡張末期, 平均) を患側ならびに対側の絶対値として計測した。

4. 評価方法

術前評価の TCCS は burr hole が開いた時点から可能で、皮膚縫合を行った後評価し、引き続き CEA を行った。術後は propofol 麻酔を使用し、人工呼吸器管理にて厳重な鎮静および血圧管理を行った。術後 1 時間、1 日後 (翌朝 propofol による鎮静から覚醒後) に TCCS を施行した。術前の MCA の平均血流速度 (mean flow velocity; MFV) を基礎値として平均血流速度比 (MFV ratio; 術後 MFV/術前 MFV), MCA の MFV の左右比を評価した。MCA の MFV ratio, あるいは MFV の左右比が 1.5 以上を有意と判断した。

代表例提示

患 者: 83 歳, 女性

現病歴: 2006 年 1 月頃から一過性の左上肢脱力, 呂律の回りにくさが出現した。頻回に同症状が出現するよう

A/B

Fig. 3 MRI (A) and angiographical (B) findings

A : MRI on admission demonstrates old brain infarctions in the bilateral basal ganglia.

B : Preoperative right common carotid angiogram shows severe stenosis of the origin of the internal carotid artery with massive calcification.

SPECT **TCCS** **Fig. 4 SPECT and TCCS investigations before and after CEA**

SPECT demonstrates hyperperfusion on the right cerebral hemisphere after CEA. MFV ratio on the TCCS on the affected side was over 2 for about 3 weeks postoperatively.

になり、精査のため入院となった。

入院時神経学的所見：意識清明，左軽度片麻痺（徒手筋力テスト：上肢 3/5，下肢 4/5）

画像所見：頭部 MRI で両側基底核，左視床，放線冠に陳旧性梗塞を認めたが，新鮮梗塞巣は認めなかった（Fig. 3A）。脳血管撮影にて，右内頸動脈起始部は North American Symptomatic Carotid Endarterectomy (NASCET) で 80% 狭窄を認めた（Fig. 3B）。3D-CTA で右内頸動脈起始部は著明な石灰化病変を認めた。頸部血管エコーで右内頸動脈起始部は acoustic shadow を伴う高度狭窄病変を認めた。脳血流シンチ（SPECT：99mTc-ECD-RVR 法）では，中大脳動脈領域安静時脳血流は，右 40 左 45 (ml/100 g/min)，Diamox 負荷後，右 36 (-10%) 左 63 (40%) (ml/100 g/min) と右大脳半球の脳循環予備能の低下を認めた。

手術所見および術後経過：全身麻酔下にまず右耳介前上部に burr hole を 1 個設けた。TCCS は，患者の側頭部

burr hole 直上の皮膚にプローブを当て，患側，対側の MCA の血流速度（収縮期最大，拡張末期，平均）を計測した。引き続き，型どおり右 CEA を施行した。術前，術後の経時的な SPECT 所見ならびに TCCS の患側 MFV ratio を Fig. 4 に示す。CEA 術前の TCCS で患側（右側）MCA の平均血流速度の基礎値は 36.3 cm/s であったが，CEA 直後が 76.3 cm/s と術前比 2.1 倍と著明な上昇を認めた。翌日の脳血流シンチで右大脳半球の血流増加を認めた。頭部 CT で頭蓋内出血はなく，MRI 拡散強調画像（diffusion weighted image；DWI）では新たな脳虚血病変は認めなかった。過灌流症候群と診断し，propofol 投与下に人工呼吸器を使用し，厳重な血圧管理を行い，TCCS で経時的評価を行った。右 MCA の平均血流速度は，術翌日が 110.3 cm/s と 3.0 倍，術後 2 日目が 141.5 cm/s と 3.9 倍，術後 8 日目が 99.6 cm/s と 2.7 倍，術後 10 日が 103.0 cm/s と 2.8 倍，術後 17 日目に 50.3 cm/s と 1.5 倍となり約 3 週間過灌流が持続し，その後改善傾

向を示し過灌流は消失した。術後右 ICA の開存を頸部血管エコーで確認した。術後約 2 カ月目の SPECT では、MCA 領域安静時脳血流は右 39.4 左 40.6 (ml/100 g/min) となり右大脳半球の血流増加は消失した。術後過灌流によると思われる右片麻痺の増悪を認めたが、徐々に改善した。現在、神経脱落症候認めず、日常生活を送っている。

考 察

CEA は頸動脈狭窄病変に対するエビデンスの高い確立された外科的治療であることはいうまでもない¹⁰⁾。しかしながら現時点で、過灌流症候群に対する CEA 術後管理に関する明確な指針はない。過灌流症候群を治療するうえで重要なことは、術前の脳血流評価により術後の過灌流を予見し、術後の脳血流の変化を厳重に監視することである。CEA 後過灌流の診断に関する報告には、Transcranial Doppler (TCD) や SPECT の有用性を示したものが多く²⁾⁶⁾⁷⁾¹¹⁾。最近では、近赤外分光法 (nearinfrared spectroscopy; NIRS) による脳局所酸素飽和度 (regional oxygen saturation; rSO₂) を用いて過灌流の評価を行ったという報告もある⁸⁾。以前、われわれは、TCCS を用いた経時的脳循環動態の評価がベットサイドで容易に施行でき、過灌流症候群の管理およびモニタリングに有効であることを報告した³⁾⁴⁾。このモニタリングの問題点は、TCCS において頭蓋内血管が検出できない症例が存在することである。最近、超音波造影剤が登場し、TCCS による脳血管の検出率は著明に改善しているが、藤本ら³⁾によると、TCCS 単独での MCA 血流の検出は 100 例中 66 例 (66%) で、超音波造影剤投与後にはさらに 24 例の MCA 血流の検出が可能となり、最終的に約 10% の症例で超音波造影剤を使用してもまったく MCA の検出が不可能な症例もあると報告している。TCCS において頭蓋内血管が検出できない症例は、閉経後の高齢女性において顕著であるとの報告もあり、頭蓋骨の厚さ、頭蓋内血管との関係に起因すると考えられる¹⁾⁹⁾¹⁴⁾。そこで、TCCS の側頭骨 window が不十分な症例に対し、burr hole を設け bone window を作製することを発案した。この方法を用いると、患側の MCA の検出はもちろんのこと、対側の MCA も検出可能である。当初は CEA 終了後に burr hole を設け対側 MCA の血流速度との対側比で評価を行うことも可能であった。Burr hole を設ける際の注意点としては、Fig. 1 に示すごとく通常の側頭骨 window に当たる位置の直上に開けることである。顔面神経や浅側頭動脈の走行に注意して皮膚切開を行う。超音波

Fig. 5 Postoperative management after CEA
BP; blood pressure

の進入に障害となる可能性のあるスポンゼルやバーホルボタンは置かず、皮膚縫合はアーチファクトの原因となるステープラを用いずナイロン糸で縫合するのが良いと考えられる。脳神経外科領域で日常行われている手技であり、今回の window-making TCCS method を適応した症例数が少なく合併症の評価は困難であるが、穿頭術での合併症は認めなかった。この方法が患者にとって侵襲が加わることは違いなく、どのような患者に必要なのか判定することは重要な課題である。われわれは、術前の過灌流症候群発症の予測因子の検討が非常に重要であると考えている。これまで、血管反応性の低下と過灌流症候群の関連は報告されており、多変量解析で、術前の背景因子の中で ACZ 反応性の低下の程度が過灌流症候群発症の独立した予測因子であった。100 例の CEA 症例で 12 例 (12%) に過灌流症候群を呈しており、うち 10 例は (83%) は ACZ 反応性が 10% 未満と著明低下群であった³⁾。今回、window-making TCCS method を計画した症例は、2001 年 9 月以降の連続 CEA 症例 265 例のうち、術前評価で血管反応性が 10% 未満で、CEA 術後に過灌流症候群を呈する可能性が高いと判断され、TCCS での頭蓋内血管検出不能例 6 例 (2.3%) であった。全例で burr hole を設けることで TCCS 評価が可能となり、提示した症例のように長期間過灌流が持続するような症例では、連続して経時的に簡便に評価でき、非常に有用であった。

TCCS を用いた過灌流症候群の診断精度はどの程度なのか？ 藤本ら³⁾は、TCCS による MCA 血流速度と SPECT での脳血流量の変化をそれぞれ定量値で測定して比較した。CEA 術後の CBF ratio と MFV ratio は有意

に正相関を示し、MCA 平均血流速度の変化は、脳血流動態の変化を反映しうるパラメーターであると考えられた。CEA 後の過灌流症候群を予知するうえで、MFV ratio 1.5 以上は高感度な、2.0 以上は高特異度な指標であると考えられた。今回提示した症例は、CEA 後 TCCS で患側の MCA の平均血流速度が 2 倍以上の状態が約 3 週間持続した。その間、ベットサイドで経時的に TCCS にて脳血流を評価し、以前報告したプロポフォルを用いた鎮静¹⁶⁾¹⁷⁾と嚴重な血圧管理¹⁵⁾のプロトコル (Fig. 5) に準じて治療し、CEA 術後過灌流管理を行えた。過灌流症候群の治療は必ずしも確立されているとはいえないが、鎮静と嚴重な血圧管理が重要であることはいうまでもない。術前に側頭骨 window が不十分で、TCCS にて血管が検出不能で脳循環予備能が低下している症例で、window-making TCCS method は有用と考えられたので、その適応や手技上の注意点について報告した。

結 語

術後過灌流症候群を呈する可能性が高く、TCCS にて頭蓋内血管が検出不能な例において、window-making TCCS method は CEA 術後過灌流管理に有用と考えられた。

文 献

- 1) Bogdahn U, Becker G, Winkler J, Greiner K, Perez J, Meurers B: Transcranial color-coded real-time sonography in adults. *Stroke* 21: 1680-1688, 1990.
- 2) Dalman JE, Beenackers CM, Moll FL, Leusink JA, Ackersstaff RGA: Transcranial Doppler monitoring during carotid endarterectomy helps to identify patients at risk of postoperative hyperperfusion. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 18: 222-227, 1999.
- 3) 藤本 茂, 豊田一則, 井上 亨, 平井優子, 上床武史, 岸川和裕, 安森弘太郎, 岡田 靖: 頸動脈内膜剥離術後の過灌流症候群における造影経頭蓋カラー Doppler の有用性. 脳外誌 13: 482-489, 2004.
- 4) Fujimoto S, Toyoda K, Inoue T, Hirai Y, Uwatoko T, Kishikawa K, Yasumori K, Ibayashi S, Iida M, Okada Y: Diagnostic impact of transcranial color-coded real-time sonography with echo contrast agents for hyperperfusion syndrome after carotid endarterectomy. *Stroke* 35: 1852-1856, 2004.
- 5) Henderson RD, Phan TG, Piegras DG, Wijdicks EF: Mechanisms of intracerebral hemorrhage after carotid endarterectomy. *J Neurosurg* 95: 964-969, 2001.
- 6) Hosoda K, Kawaguchi T, Shibata Y, Kamei M, Kidoguchi K, Koyama J, Fujita S, Tamaki N: Cerebral vasoreactivity and internal carotid artery flow help to identify patients at risk for hyperperfusion after carotid endarterectomy. *Stroke* 32: 1567-1573, 2001.
- 7) Keunen R, Nijmeijer HW, Tavy D, Stam K, Edelenbosch R, Muskens E, Bruijninx C, Sier H: An observational study of pre-operative transcranial Doppler examinations to predict cerebral hyperperfusion following carotidarterectomies. *Neurol Res* 23: 593-598, 2001.
- 8) Komoribayashi N, Ogasawara K, Kobayashi M, Saitoh H, Terasaki K, Inoue T, Ogawa A: Cerebral hyperperfusion after carotid endarterectomy is associated with preoperative hemodynamic impairment and intraoperative cerebral ischemia. *J Cereb Blood Flow Metab* 26: 878-878, 2006.
- 9) Martin PJ, Evans DH, Naylor AR: Transcranial color-coded sonography of the basal cerebral circulation: Reference data from 115 volunteers. *Stroke* 25: 390-396, 1994.
- 10) North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators: Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Eng J Med* 325: 445-453, 1991.
- 11) Ogasawara K, Yukawa H, Kobayashi M, Mikami C, Konno H, Terasaki K, Inoue T, Ogawa A: Prediction and monitoring of cerebral hyperperfusion after carotid endarterectomy by using single-photon emission computerized tomography scanning. *J Neurosurg* 99: 504-510, 2003.
- 12) Penn AA, Schomer DF, Steinberg GK: Imaging studies of cerebral hyperperfusion after carotid endarterectomy. *J Neurosurg* 83: 133-137, 1995.
- 13) Sundt TM, Sharbrough FW, Piegras DG, Kearns TP, Messick JM, O'Fallon WM: Correlation of cerebral blood flow and electroencephalographic changes during carotid endarterectomy: With results of surgery and hemodynamics of cerebral ischemia. *Mayo Clin Proc* 56: 533-543, 1981.
- 14) Tsuchiya T, Yasaka M, Yamaguchi T, Kimura K, Omae T: Imaging of the basal cerebral arteries and measurement of blood velocity in adults by using transcranial real-time color flow Doppler sonography. *AJNR Am J Neuroradiol* 12: 497-502, 1991.
- 15) 卯田 健, 井上 亨, 勝田俊郎, 岡田 靖, 尾前 豪, 鍵山智子, 小柳左門, 川内義人: 内頸動脈血栓内膜剥離術周術期における血圧管理—脳・心臓合併症予防を目的として—, 臨と研 75: 210-216, 1998.
- 16) 卯田 健, 井上 亨, 藤本 茂, 一ッ松勤, 安部 洋, 岡田 靖, 小林良三, 吉永明彦: 頸動脈血栓内膜剥離術後に過灌流症候群を呈した 1 例—術後脳循環評価と周術期管理について—, 脳外誌 12: 695-700, 2003.
- 17) 吉永明彦, 秋吉浩三郎, 町田祐紀子, 徳田賢太郎, 園田博邦, 井上 亨: プロポフォルを用いた内頸動脈血栓内膜剥離術 (CEA) の周術期管理, 脳外速報 12: 583-587, 2002.

要 旨

Window-making TCCS method を用いた頭蓋内血管検出不能症例における
CEA 術後 hyperperfusion 治療の工夫
—テクニカルノート—

卯田 健 井上 亨 竹本光一郎 中溝 玲
吉川雄一郎 岡村 耕一 平田 陽子 岡田 靖

当院脳血管センターでは、これまで CEA 後の過灌流症候群における経頭蓋カラードブラ (TCCS) の有用性を報告してきた。しかしながら、TCCS で頭蓋内血管の検出不能な症例も存在する。術前脳循環評価にて CEA 後過灌流症候群をきたす可能性が高いと判断され、かつ術前 TCCS で頭蓋内血管の描出が不能であり、informed consent が得られた症例で、window-making TCCS method を行った。TCCS でプローベを当てる患側耳介前上部に burr hole を作製し、TCCS による CEA 後の過灌流評価を可能とした window-making TCCS method の手技ならびにその有用性について報告する。

脳外誌 16 : 792-797, 2007