原著

頸部内頸動脈狭窄症の的確な治療に対する脳血流測定の意味

中川原 譲二 上山 憲司 白居 礼子
武田 利兵衛 中村 博彦

The Significance of CBF Measurements for Precise Management of Carotid Stenosis

by

Jyoji Nakagawara, M.D., Kenji Kamiyama, M.D., Reiko Usui, M.D.,
Rihei Takeda, M.D., and Hirohiko Nakamura, M.D.

from

Department of Neurosurgery, Nakamura Memorial Hospital

Severe hemodynamic cerebral ischemia associated with carotid stenosis could be one of the defining characteristics of the high-risk group for carotid endarterectomy (CEA). Measurements of cerebral blood flow (CBF) and vascular reactivity in patients treated with CEA were analyzed to clarify the significance of preoperative evaluation of hemodynamic cerebral ischemia using CBF-SPECT.

Both the resting and acetazolamide-activated rCBF, and the severity of the hemodynamic cerebral ischemia (Stage 0-II) were quantified using the ^{123}I -IMP ARG method and preoperative cerebral hemodynamics were compared in both symptomatic patients ($n=30$) and asymptomatic patients ($n=24$). Postoperative improvement of resting rCBF was estimated in both groups. Stage II ischemia was quantitatively defined as both a resting rCBF of less than 80% of normal mean CBF and a vascular reserve (VR: (acetazolamide-activated rCBF/Resting rCBF - 1) $\times$ 100%) of less than 10%. In the other 31 patients treated with CEA, postoperative hyperperfusion was investigated using CBF-SPECT within 24 hours after CEA.

Preoperatively, Stage II ischemia (hemodynamically compromised state) was observed in 20% of symptomatic patients and 8% of asymptomatic patients. A significant difference in resting rCBF was indicated between symptomatic patients (31.8 ± 6.1 ml/100 g/min) and asymptomatic patients (37.6 ± 6.6 ml/100 g/min) ($p < 0.002$, t -test). Severity of hemodynamic cerebral ischemia was generally moderate in symptomatic patients. Postoperatively, a significant increase of resting CBF was observed in symptomatic patients but not in asymptomatic patients. In the other 31 patients treated by CEA, symptomatic hyperperfusion was observed in 3 of 4 patients with Stage II ischemia and asymptomatic hyperperfusion was indicated in 3 of 4 patients with Stage I ischemia with a VR of less than 10%.

Preoperative CBF measurements in patients treated with CEA were significant to define severe hemodynamic cerebral ischemia (Stage II). In patients with Stage II ischemia, brain protection should be introduced using mild hypothermia with an internal shunt system in CEA, or carotid stenting could be a safer procedure. In a subgroup with Stage II ischemia, postoperative hyperperfusion should be assessed by early CBF measurement and controlled by precise management.

(Received July 11, 2002; accepted August 2, 2002)

Key words : carotid stenosis, cerebral blood flow, hemodynamic cerebral ischemia, carotid endarterectomy, stenting

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 11 : 806-812, 2002

中村記念病院脳神経外科 / 〒060-8570 札幌市中央区南1条西14丁目〔連絡先: 中川原譲二〕

Address reprint requests to: Jyoji Nakagawara, M.D., Department of Neurosurgery, Nakamura Memorial Hospital, South-1, West-14, Chuo-ku, Sapporo-shi, Hokkaido 060-8570, Japan

はじめに

頸部内頸動脈狭窄症に対する血栓内膜剥離術 (CEA) の有効性についてはすでに, NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial)¹⁾や ACAS (Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study)²⁾などの前向き無作為化比較試験 (RCT) により確立されている。AHA (American Heart Association) がまとめた CEA 治療ガイドライン^{3,4)}によると, 治療適応の条件としては狭窄度のみならず外科治療の周術期リスク (morbidity and mortality) が重要で, 症候性頸動脈狭窄の場合にはそれぞれ 70%以上と 6%以下, 無症候性頸動脈狭窄の場合にはそれぞれ 60%以上と 3%以下であることが必要とされている。

さらに, 両側の狭窄病変例や他側の内頸動脈閉塞を伴う症例は, CEA の high risk 群とされ, 周術期の対応が問題となる^{5,6)}。一方, 頸部内頸動脈狭窄症の脳循環動態に関するこれまでの研究によると, CEA 術前に CO₂または acetazolamide に対する脳血管反応性の低下あるいは脳循環予備能の低下がみられる症例では, 術後にこれらの指標の改善が得られるが^{7)8~11)}, これらの指標が高度に低下した症例では, CEA 術後に高灌流症候群などの周術期リスクが高まることが知られ¹²⁾, 高度血行力学的脳虚血^{13)~15)}がみられる症例も CEA の high risk 群として対応しなければならない。

そこで, 本研究では頸部内頸動脈狭窄症に対する脳血流測定の意味を明確にするために, 症候性頸動脈狭窄群および無症候性頸動脈狭窄群における血行力学的脳虚血の重症度および術前・術後における脳循環動態の改善の程度を, 脳血流の定量測定により明らかにするとともに, 術前にみられる高度血行力学的脳虚血が, 術直後の高灌流 (あるいは高灌流症候群) に, どの程度関与するかについて検討した。

方 法

脳血管造影による頸部内頸動脈の狭窄度が, NASCET¹⁾による評価方法にて 70%以上と評価され, CEA が施行された症候性頸動脈狭窄群 30 症例 (年齢 65.8 ± 6.8 歳, 男女比 28:2), 無症候性頸動脈狭窄群 24 症例 (年齢 68.5 ± 6.1 歳, 男女比 21:3) を対象として, 術前・術後 (平均 2 週後) に N-isopropyl- ρ -[¹²³I]-iodoamphetamine (IMP) をトレーサーとする, 安静時および acetazolamide 負荷時の脳血流 SPECT を施行した。脳血流 SPECT の定量画像解析法として IMP-autora-

Fig. 1 Severity of hemodynamic cerebral ischemia was stratified by both resting rCBF and vascular reserve: (acetazolamide-activated rCBF/resting rCBF - 1) × 100% estimated using the ¹²³IMP-ARG method

Stage 0: vascular reserve (VR) > 30%

Stage I: resting rCBF > 34 ml/100 g/min (80% of the mean value of a normal volunteer), or VR ≤ 30%, > 10%

Stage II: resting rCBF ≤ 34 ml/100 g/min, and VR ≤ 10%

diography (ARG) 法¹⁶⁾を用い, 血行力学的脳虚血の定量的重症度評価を行った。

本解析法では, IMP の挙動を 2-compartment model (組織からのトレーサーの洗い出しを考慮したモデル) によって解析するが, トレーサーの血液から脳への移行速度 (K1) と, 脳から血液への移行速度 (k2) の比である分布容積 (Vd) (=K1/k2) を一定値 (42 ml/ml) とし, 個々の入力関数 (トレーサーの動脈血中濃度) は, あらかじめ設定されている標準入力関数を動脈血 1 点採血により較正し, 決定することができる。

この方法により, トレーサー (222 MBq) 投与後 20~40 分の間に撮像された 1 回の SPECT 画像は, トレーサー投与後 10 分後に採血された動脈血から得られる入力関数によって, pixel by pixel (64×64) に脳血流定量画像へと変換された。acetazolamide 負荷では, トレーサーの投与 7 分前に 15 mg/kg を静注した。脳血流定量画像 (基底核レベルの axial image) 上の患側中大脳動脈領域に関心領域 (ROI) を設定し, 平均脳血流量 (rCBF) を算出した。

また, CEA 術後 24 時間以内に IMP を用いた脳血流

Fig. 2 Comparison of mean rCBF before and after CEA in symptomatic patients (n=30) and asymptomatic patients (n=24) (rCBF was quantified in the affected middle cerebral artery territories.)

A significant difference was observed in preoperative resting rCBF between symptomatic patients (31.8 ± 6.1 ml/100 g/min) and asymptomatic patients (37.6 ± 6.6 ml/100 g/min) ($p < 0.002$, t-test). A significant increase of postoperative resting rCBF was observed in symptomatic patients (34.4 ± 6.6 ml/100 g/min, $p < 0.02$, t-test) but not in asymptomatic patients (39.7 ± 6.8 ml/100 g/min, n.s.).

SPECT により、安静時 rCBF が定量された 31 症例 (症候性頸動脈狭窄群 20 症例、無症候性頸動脈狭窄群 11 症例、年齢 66.7 ± 6.6 歳、男女比 29:2) を対象として、患側中大脳動脈領域に視覚的に捉えられる皮質領域の高灌流域 (通常対側 ROI の脳血流よりも 10% 以上脳血流が増加した場合に捉えられる) の有無を判定し、術前の発症機序・術前の血行力学的脳虚血の定量的重症度 (Stage)・術中の内頸動脈 stump pressure (内シャントチューブ挿入後に測定) と術直後の脳血流 SPECT 上の高灌流所見 (不隠状態、痙攣発作、脳内出血などを合併した場合を症候性高灌流、合併しなかった場合を無症候性高灌流とした) との関係について検討した。

血行力学的脳虚血の定量的重症度の評価基準¹⁷⁾は、安静時 rCBF および安静時 rCBF と acetazolamide (15 mg/kg) 負荷時 rCBF から得られる脳循環予備能 (vascular reserve: VR): $[(\text{acetazolamide 負荷時 rCBF} / \text{安静時 rCBF} - 1) \times 100\%]$ から以下のように設定された。Stage 0: $\text{VR} > 30\%$, Stage I: 安静時 rCBF > 34 ml/100 g/min (正常群平均 42 ml/100 g/min の 80%) または $\text{VR} \leq 30\%$, $> 10\%$, Stage II: 安静時 rCBF ≤ 34 ml/100 g/min かつ $\text{VR} \leq 10\%$ (Fig. 1)。

Fig. 3 Comparison of severity of hemodynamic cerebral ischemia in symptomatic patients

Preoperatively, Stage II ischemia (hemodynamically compromised state) was observed in 20% and the severity of hemodynamic cerebral ischemia was significantly improved after CEA ($p < 0.02$, χ^2 -test).

Fig. 4 A comparison of the severity of hemodynamic cerebral ischemia in asymptomatic patients

Preoperatively, Stage II ischemia (hemodynamically compromised state) was observed in 8% of the patient's and the severity of hemodynamic cerebral ischemia was not significantly improved after CEA (χ^2 -test).

Table 1 Correlations of clinical categories and postoperative hyperperfusion

Clinical categories	n	Postoperative hyperperfusion	
		—	+
Symptomatic			
Hemodynamic ischemia	13	8	5
A to A embolism	7	7	0
Asymptomatic	11	10	1

結 果

① 術前・術後 (平均 2 週後) の血行力学的脳虚血の定量的重症度評価

術前の患側中大脳動脈領域の安静時 rCBF は、症候性病変群 (n=30) では 31.8 ± 6.1 ml/100 g/min, 無症候性病変群 (n=24) では 37.6 ± 6.6 ml/100 g/min と測定され、両群の間に有意差を認めた ($p < 0.002$, t 検定) (Fig. 2). また血行力学的脳虚血の Stage 分類では、症候性病変群は、Stage 0: 13 (43%), Stage I: 11 (37%), Stage II: 6 (20%), 無症候性病変群は、Stage 0: 15 (63%), Stage I: 7 (29%), Stage II: 2 (8%) と分類され、両群間には有意差を認めないものの (χ^2 検定), 血行力学的に問題となる Stage II の割合は、症候性病変群で 20%, 無症候性病変群で 8% であった (Fig. 3, 4). すなわち無症候性病変群では、安静時 rCBF の低下は軽度で、重症の血

行力学的脳虚血 Stage II の合併は、症候性病変に比較して低率であった。

術後の患側中大脳動脈領域の安静時 rCBF は、症候性病変群 (n=30) では 34.4 ± 6.6 ml/100 g/min, 無症候性病変群 (n=24) では 39.7 ± 6.8 ml/100 g/min と測定され、両群の間に有意差を認めた ($p < 0.006$, t 検定) (Fig. 2). 症候性病変群では、術後の安静時 rCBF は術前値よりも有意に改善し ($p < 0.02$, t 検定), 血行力学的脳虚血の Stage 分類では術後 Stage 0: 21 (70%), Stage I: 9 (30%), Stage II: 0 (0%) と分類され、術前分類に比較して有意に改善した (χ^2 検定) (Fig. 3). 一方、無症候性病変群では、術後の安静時 rCBF は術前値との間には有意差がなく、血行力学的脳虚血の Stage 分類では、術後 Stage 0: 17 (71%), Stage I: 7 (29%), Stage II: 0 (0%) と分類され、術前分類との間には有意差がなかった (Fig. 4).

Fig. 5 Severity of hemodynamic cerebral ischemia and postoperative hyperperfusion

Symptomatic hyperperfusion was observed in 3 of 4 patients with Stage II ischemia and asymptomatic hyperperfusion was indicated in 3 of 4 patients with Stage I ischemia with a VR of less than 10% (Stage I b).

② 術直後の脳血流 SPECT 上の高灌流所見に関係する因子

1. 術前の発症機序との関係

術後に高灌流所見が認められた 6 症例中 5 例は症候性病変群では、いずれも発症機序が血行力学的脳虚血発作と診断された症例であった (Table 1). 術前に血行力学的脳虚血発作が認められた症例では、術後に高灌流を呈する危険性が高い傾向にあったが、統計学的には有意ではなかった ($p=0.06$). 無症候性病変群の 1 例に認めた術後の高灌流所見は無症候性で、術前の血行力学的脳虚血の Stage 分類は I で、VR が 10% 以下であった.

2. 術前の血行力学的脳虚血の定量的重症度との関係

術前 Stage 0 群 (13 例) では、術直後に高灌流所見を認めた症例はなかった (Fig. 5). 術前 Stage I 群 (14 例) では、VR が 10% 以上 (Stage I a) の 10 例 (1a) では、術直後に高灌流所見はみられなかったが、VR が 10% 以下 (Stage I b) の 4 例中 3 例 (75%) に、無症候性の高灌流所見が認められた. 術前 Stage II 群 (4 例) では、術直後に 4 例中 3 例 (75%) に症候性の高灌流所見が認められた.

3. 術中の内頸動脈 stump pressure との関係

術直後に高灌流所見が認められた 6 症例と認められなかった 25 例との間では、内頸動脈 (ICA) stump pres-

Fig. 6 Intraoperative ICA stump pressure and postoperative hyperperfusion (HP)

There was no difference between mean ICA stump pressure in patient's with either of without postoperative hyperperfusion ($p=0.5$).

sure に有意差はなかった ($p=0.5$, t 検定) (Fig. 6). また術直後に高灌流所見が認められた症例の比率は、全症例に対して 6/31 (19%) であったが、ICA stump pressure が 50 mmHg 以下の群では 6/23 (26%), 40 mmHg 以下の群では 2/17 (12%), 30 mmHg 以下の群では 1/8 (13%) となり、ICA stump pressure の低下と術直後の高灌流所見の間にも関連性は認められなかった.

考 察

症候性頸部内頸動脈狭窄症と無症候性頸部内頸動脈狭窄症の脳循環動態を比較した研究は少なく、両群の間どのような違いがあるかはこれまで不明であった¹⁸⁾. これまでの報告では、症候性病変群に対する CEA の術前に、CO₂ または acetazolamide に対する脳血管反応性の低下、あるいは脳循環予備能の低下がみられる症例では、術後にこれらの指標の改善が得られたとされ^{7)~11)}, 安静時脳血流量の改善については、必ずしも明確にされてはいない.

われわれが行った定量的脳血流測定の結果を検討したところ、術前では両病変群間の安静時脳血流量に有意差が確認され、術後では症候性病変群で安静時脳血流量が有意に改善したのに対して、無症候性病変群では有意な改善は得られなかった. 一方、血行力学的脳虚血の Stage 分類¹⁷⁾では、術前両群間に有意差はみられなかったものの、重症の血行力学的脳虚血 Stage II の合併は、症候性病変群では 20% であったのに対して、無症候性病変群では 8% 程度にとどまった. また、術後の血行力学的脳虚血の Stage 分類では、症候性病変群で術前に対して有意な改善がみられたのに対して、無症候性病変群では有意

な改善は得られなかった。これらの所見から、症候性病変群における脳循環動態の特色として、血行力学的脳虚血の程度が、より高度であることが示唆された^{13)~15)}。すなわち症候性病変群では、患側の脳灌流圧の低下による脳血流量の低下がより高度であり、重症の血行力学的脳虚血 Stage II を合併する割合が比較的多く、周術期に脳虚血が増悪するリスクが、無症候性病変群に比較して高いと考えられた。血行力学的脳虚血 Stage II と診断された場合には、術中の血流遮断に基づく脳虚血の増悪に対しては脳保護対策が重要であり、内シャントチューブの使用¹⁹⁾や軽度低体温麻酔²⁰⁾などを考慮する必要がある。

以上より、頸部内頸動脈狭窄症に対する脳血流測定第1の意義は、高度の血行力学的脳虚血により周術期リスクの高い subgroup を検出するところにある。血行力学的脳虚血の定量的重症度評価¹⁷⁾は、臨床的にきわめて有用であると考えられた。

次に、脳循環動態の観点から、CEA 術直後の高灌流（高灌流症候群²¹⁾）について考察する。一般に CEA の術直後にみられる高灌流の機序については、CEA 直後に増大する脳灌流圧に対して、細動脈レベルの脳実質血管における脳血流の自動調節能（血管収縮）が機能しないために、脳血流の break through（高灌流）が生じると考えられている。

われわれのデータでは、術前 Stage I の症例のうち VR が 10% 以下（Stage I b）の 4 例中 3 例（75%）において、術直後に無症候性の高灌流所見が認められ、術前 Stage II の 4 症例では、術直後に 3 例（75%）において症候性の高灌流所見が認められ、このうち 5 例の発症機序が血行力学的脳虚血発作であった。いずれの場合も、VR が 10% 以下で脳循環予備能が喪失した状態（脳実質血管が最大限に拡張した状態）において、術後高灌流が高率に生じることが判明した。この所見は、脳循環予備能が喪失した状態では、CEA 直後に増大する脳灌流圧に対して脳実質血管の収縮による脳血流の自動調節能が機能しない可能性が高いことを示唆している。すなわち、術前の血行力学的脳虚血の重症度評価において、Stage I で VR が 10% 以下、あるいは Stage II と判定された場合には、CEA 直後に高率に高灌流が生じる可能性があると考えられた。これらの症例では、術後の脳灌流圧の上昇に伴う高灌流症候群を予測し、術後血圧の厳重なコントロールや不穏状態に対する的確な対処、全身麻酔の継続による鎮静などの対処が必要となる¹²⁾。

一方、本研究においては術中の ICA stump pressure と術後の高灌流所見との間に関連性を見出すことはできな

かった。この結果については、ICA stump pressure が、順行性血流遮断時における、同側の眼動脈やウィリス動脈輪を介する側副血行路の逆行性動脈圧を反映する指標であり、順行性の脳灌流圧低下に対する脳循環予備能の低下あるいは喪失を直接的に反映する指標ではないことによると考えられた。

以上より、頸部内頸動脈狭窄症に対する脳血流測定第2の意義は、術後の高灌流を生じる可能性の高い subgroup（脳循環予備能の喪失がみられる群）を検出するところにある。この場合にも血行力学的脳虚血の定量的重症度評価は、臨床的にきわめて重要であると考えられた。

最後に、高度の血行力学的脳虚血を伴う頸部内頸動脈狭窄症例に対する治療方針について考察する。一側性の頸部内頸動脈狭窄症で、高度の血行力学的脳虚血 Stage II がみられる症例では、原則として CEA を選択するが、術中に脳虚血を増悪させないことが重要と考えられ、術中血圧の維持ばかりでなく、血流の遮断に対して一時的な軽度低体温療法を用いることで脳を保護することや、内シャントチューブの使用により、内膜剥離中の脳血流を保持することにより、周術期のリスクを軽減することが重要と考えられる。両側性の頸動脈病変のうち、対側の頸部内頸動脈が閉塞している場合には、CEA 術中の血流遮断により両側大脳半球の脳虚血を生じる可能性が高いため、CEA に代えて stent を用いた血管拡張術を第一選択とし、周術期のリスクを軽減することが重要と考えられる²²⁾。また両側性の頸部内頸動脈狭窄症例では、第一段階の治療として血行力学的脳虚血 Stage II がみられる側（通常は症候性病変側）の頸部内頸動脈狭窄に対して、stent を用いた血管拡張術を選択し、第二段階の治療として対側の狭窄病変に対して、CEA または stent を用いた血管拡張術を選択し、二期的治療により周術期のリスクを軽減することが重要と考えられる。

頸部内頸動脈狭窄症に対する脳血流測定の意義は、高度の血行力学的脳虚血を的確に診断して CEA の high risk 群を見出すところにある。CEA に伴う周術期のリスクを評価し、治療に伴うリスクを軽減するための集学的治療計画の策定に結びつけることが重要である。

文 献

- 1) 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.
- 2) Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study: Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. *JAMA* 273: 1421-1428, 1995.
- 3) Moore WS, Barnett HJM, Beebe HG, Bernstein EF,

- Brener BJ, Brott T, Caplan LR, Day A, Goldstone J, Hobson RW II, Kempczinski RF, Matchar DB, Mayberg MR, Nicolaides AN, Norris JW, Ricotta JJ, Robertson JT, Rutherford RB, Thomas D, Toole JF, Trout HH III, Wiebers DO: Guidelines for carotid endarterectomy: A multidisciplinary consensus statement from the Ad Hoc Committee, American Heart Association. *Stroke* 26: 188-201, 1995.
- 4) Biller J, Feinberg WM, Castaldo JE, Whittemore AD, Harbaugh RE, Dempsey RJ, Caplan LR, Kresowik TF, Matchar DB, Toole JF, Easton JD, Adams HP Jr, Brass LM, Hobson RW II, Brott TG, Sternau L: Guidelines for carotid endarterectomy: A statement for healthcare professionals from a special writing group of the stroke council, American Heart Association. *Stroke* 29: 554-562, 1998.
  - 5) Gasecki AP, Eliasziw M, Ferguson GG, Hachinski V, Barnett HJM: Long-term prognosis and effect of endarterectomy in patients with symptomatic severe carotid stenosis and contralateral carotid stenosis or occlusion: Results from NASCET. *J Neurosurg* 83: 778-782, 1995.
  - 6) AbuRahma AF, Robinson P, Holt SM, Herzog TA, Mowery NT: Perioperative and late stroke rates of carotid endarterectomy contralateral to carotid artery occlusion: Results from a randomized trial. *Stroke* 31: 1566-1571, 2000.
  - 7) Schroeder T, Sillesen H, Engell HC: Hemodynamic effect of carotid endarterectomy. *Stroke* 18: 204-209, 1987.
  - 8) Cikrit DE, Burt RW, Dalsing MC, Lalka SG, Sawchuk AP, Waymire B, Witt RM: Acetazolamide enhanced single photon emission computed tomography (SPECT) evaluation of cerebral perfusion before and after carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 15: 747-754, 1992.
  - 9) Russell D, Dybevoel S, Kjartansson O, Nyberg-Hansen R, Rootwelt K, Wiberg J: Cerebral vasoreactivity and blood flow before and 3 months after carotid endarterectomy. *Stroke* 21: 1029-1032, 1992.
  - 10) Cikrit DE, Dalsing MC, Harting PS, Burt RW, Lalka SG, Sawchuk AP, Solooki B: Cerebral vascular reactivity assessed with acetazolamide single photon emission computer tomography scans before and after carotid endarterectomy. *Am J Surg* 174: 193-197, 1997.
  - 11) Hosoda K, Fujita S, Kawaguchi T, Shose Y, Shibata Y, Tamaki N: Influence of degree of carotid artery stenosis and collateral pathways and effect of carotid endarterectomy on cerebral vasoreactivity. *Neurosurgery* 42: 988-995, 1998.
  - 12) 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.
  - 13) Baron JC, Bousser MG, Rey A, Guillard A, Comar D, Castaigne P: Reversal of focal "misery perfusion syndrome" by extra-intracranial arterial bypass in hemodynamic cerebral ischemia: A case study with ^{15}O positron emission tomography. *Stroke* 12: 454-459, 1981.
  - 14) Powers WJ: Cerebral hemodynamics in ischemic cerebrovascular disease. *Ann Neurol* 29: 231-240, 1991.
  - 15) 中川原譲二: SPECT と PET. 山口武典, 内山真一郎, 松本昌泰, 峰松一夫, 高木 誠編: 脳卒中 The Frontiers of Strokeology. 東京, 医学書院, 1998, pp. 139-154.
  - 16) Iida H, Itoh H, Nakazawa M, Hatazawa J, Nishimura H, Onishi Y, Uemura K: Quantitative mapping of regional cerebral blood flow using iodine-123-IMP and SPECT. *J Nucl Med* 35: 2019-2030, 1994.
  - 17) 中川原譲二: 脳虚血の臨床画像診断. 脳神経 51: 502-513, 1999.
  - 18) 山根冠児, 島 健, 岡田芳和, 西田正博, 畠山尚志, 山中千恵, 福田 稔, 豊田章宏: 無症候性内頸動脈狭窄例に対する血栓内膜摘除術の評価—無症候性脳血管障害の外科治療をどうするか. The 16th Meeting of the Mt. Fuji Workshop on CVD 講演集, 東京, にゅーろん社, 1998, pp. 182-184.
  - 19) Halsey JH Jr: Risks and benefits of shunting in carotid endarterectomy. *Stroke* 23: 1583-1587, 1992.
  - 20) 林 成之: 脳低温療法. 端 和夫, 上出廷治監: 脳卒中臨床マニュアル. 東京, シュプリンガー・フェアラーク東京, 1998, pp. 129-143.
  - 21) Sundt TM Jr: Correlation of cerebral blood flow measurements and continuous electroencephalography during carotid endarterectomy and risk-benefit ratio of shunting. in Wood JH (ed): *Cerebral blood flow: Physiologic and clinical aspects*. New York, Magrow-hill, 1987, pp. 679-692.
  - 22) Malek AM, Higashida RT, Phatouros CC, Lempert TE, Meyers PM, Smith WS, Dowd CF, van Halbach V: Stent angioplasty for cervical carotid artery stenosis in high-risk symptomatic NASCET-ineligible patients. *Stroke* 31: 3029-3033, 2000.

要 旨

頸部内頸動脈狭窄症の的確な治療に対する脳血流測定の意味

中川原譲二 上山 憲司 臼居 礼子 武田利兵衛 中村 博彦

CEA が適応となる症候性頸動脈狭窄群 30 例の術前安静時脳血流量は, 無症候性群 24 例に比して有意に低く, 術後有意に改善した. 脳血流 SPECT 定量によって診断される血行力学的脳虚血 Stage II (安静時脳血流量が健常者平均値の 80% 以下かつ脳循環予備能が 10% 以下) は, 症候性群の 20%, 無症候性群の 8% に認められ, 術後高率に高灌流を併発した. Stage II は CEA の high-risk 群と考えられ, 周術期管理が重要となる. Stage II と診断された場合には, 術中の脳保護対策として軽度脳低体温麻酔や内シャントチューブの使用, ステントによる血管拡張術などを考慮する必要がある. また, 術後の高灌流症候群を予測し, その対応策をあらかじめ準備すべきである.

脳外誌 11: 806-812, 2002