総 説

Stroke in evolution を呈する急性期頸動脈狭窄症に対する 血行再建術

兼松 康久¹, 里見淳一郎¹, 西 京子¹, 松原 俊二²
宇野 昌明², 花岡 真実³, 佐藤 浩一³, 永廣 信治¹

Peri-procedural Outcomes of Urgent Carotid Endarterectomy and Carotid Stenting: Single-Center Experience

Yasuhisa KANEMATSU, M.D., Ph.D.,¹ Junichiro SATOMI, M.D., Ph.D.,¹
Kyoko NISHI, M.D., Ph.D.,¹ Shunji MATSUBARA, M.D., Ph.D.,² Masaaki UNO, M.D., Ph.D.,²
Mami HANAOKA, M.D.,³ Koichi SATOH, M.D., Ph.D.,³ and Shinji NAGAHIRO, M.D., Ph.D.¹

¹Department of Neurosurgery, Institute of Health Biosciences, University of Tokushima
Graduate School, Tokushima, ²Department of Neurosurgery, Kawasaki Medical School,
Kurashiki, Okayama, and ³Department of Neurosurgery, Tokushima Red Cross Hospital,
Komatsushima, Tokushima, Japan

Summary: The efficacy of and indications for urgent carotid endarterectomy (CEA) and carotid artery stenting (CAS) in patients with acute stroke have not been established. The purpose of this study was to retrospectively compare the peri-procedural outcomes and complications of urgent CEA and CAS after acute ischemic stroke in patients with high-grade stenosis of the internal carotid artery at a single center.

Urgent CEA was performed for 11 patients (mean age: 66.5 ± 8.0 years, 91% male) and CAS for 25 patients (mean age: 73.4 ± 10 years, 84% male). Neurologic examinations were performed before and after treatment. A decrease of more than four points on the NIHSS score was considered as improvement. Peri-procedural mortality and morbidity of urgent CEA were 0% and 0%, respectively, and those of CAS were also 0% and 0%, respectively. Although the incidence of symptomatic cerebral hyperperfusion after revascularization was 9% in CEA and 4% in CAS, no hemorrhagic transformation was detected. NIHSS improved were 10% in patients who underwent CEA and 40% in patients who underwent CAS. Ten patients (91%) who underwent CEA and 18 patients (72%) who underwent CAS had favorable outcomes (modified Rankin Scale score <3) at 90 days.

Urgent CEA and CAS can be performed safely with low peri-procedural mortality and morbidity rates with careful patient selection and peri-operative management.

Key words:

- acute stroke
- urgent CEA
- urgent CAS
- revascularization
- peri-procedural outcomes

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 41: 1-7, 2013

¹ 徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部 脳神経外科学, ² 川崎医科大学 脳神経外科, ³ 徳島赤十字病院 血管内治療科(受稿日 2012.1.14)(脱稿日 2012.8.8)[連絡先: 〒770-8053 徳島市蔵本町 3-18-15 徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部 脳神経外科学 兼松康久] [Address correspondence: Yasuhisa KANEMATSU, M.D., Department of Neurosurgery, Institute of Health Biosciences, University of Tokushima Graduate School, 3-18-15 Kuramoto-cho, Tokushima 770-8053, Japan]

はじめに

「脳卒中治療ガイドライン 2009」の脳梗塞急性期における頸動脈内膜剥離術(carotid endarterectomy, CEA)あるいは頸動脈ステント留置術(carotid artery stenting, CAS)に関する推奨は、いずれもエビデンスレベルが低い「十分な科学的根拠はない」とされている。しかしながら内科的治療を行っているにもかかわらず一過性脳虚血性発作(transient ischemic attack: TIA)を繰り返す crescendo TIAs や、症状が進行性に悪化する progressing stroke などのいわゆる stroke in evolution 症例に CEA あるいは CAS を行うことで、病状の進行を抑えられることをしばしば経験する。これまで急性期 CEA に関し、North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) subgroup 解析では神経症状が安定している症例に対しては発症 2 週間以内の治療介入が望ましいと報告されているが¹⁴⁾、神経症状が不安定な急性期症例では周術期合併症の多さが問題視され、最近の報告においても 16.2% の合併症率とされている¹⁾。また急性期 CAS に関しても、良好な成績の報告は散見されるが⁹⁾¹⁵⁾、症例数が少なくエビデンスレベルには至っていない。

徳島大学病院では 1999 年から Stroke Care Unit を開設し、開設当初から MRI first で脳卒中診断を行ってきたこともあり、MRI にて diffusion (拡散強調画像: DWI)-perfusion (灌流強調画像: PWI) mismatch を認め、可及的すみやかな血流動態の改善を必要とする症例をみる機会が多く、緊急血行再建術の決断に迫られることも多々経験してきた。今回これまで当院で経験してきた症候性頸動脈狭窄症に対し、発症から 2 週間以内に血行再建術を行った症例を取り上げ、特に症状に進行性および動揺性を認めた stroke in evolution 症例(crescendo TIAs, progressing stroke 症例)に注目し、急性期血行再建術の適応、周術期合併症、CEA と CAS の選択について検討を行った。

対象と方法

当院において CAS が導入された 2000 年以降、血行再建術を行った症候性頸動脈狭窄症 167 例(CEA 施行群 95 例, CAS 施行群 72 例)のうち、発症 2 週間以内に血行再建術を行ったのは 36 例であった。内訳は CEA 11 例(平均年齢 66.5 ± 8.0 歳, 男性 91%, 平均狭窄率 $80 \pm 15\%$), CAS 25 例(平均年齢 73.4 ± 10 歳, 男性 84%, 平均狭窄率 $91 \pm 10\%$)であった(**Table 1**)。

Table 1 Characteristics of patients assigned to each treatment groups

Characteristic	CEA (n=11)	CAS (n=25)	Total (n=36)
Age (yrs)			
Mean $\pm$ SD	66.5 ± 8.0	73.4 ± 10	71.3 ± 11
Range	54–75	34–86	34–86
Male sex (%)	91	84	86
Stenosis (%)			
Mean $\pm$ SD	80 ± 15	91 ± 10	87 ± 12
Range	70–95	73–99	70–99
Left lesion (%)	55	52	53
Medical risk			
History of			
hypertension (%)	73	65	67
hyperlipidemia (%)	36	15	22
diabetes mellitus (%)	0	28	19
coronary artery disease (%)	0	28	19
renal insufficiency (%)	0	0	0
chronic obstructive pulmonary disease (%)	0	0	0
current smoking (%)	46	28	33
Angiographic risk			
Contralateral carotid occlusion (%)	0	8	6
Tandem stenosis (%)	0	12	8
High bifurcation (%)	0	16	11
Presence of MRI PWI-DWI mismatch (%)	45	60	56
Presence of ultrasound carotid plaque hemorrhage (%)	82	32	36

MRI PWI-DWI mismatch was defined according to the criteria as a PWI lesion volume that is at least 20% and 10 mL larger than the DWI lesion volume.

Table 2 Interval between onset of stroke and revascularization in each treatment groups

Time interval	No. of patients		
	CEA (n=11)	CAS (n=25)	Total (n=36)
0 to 1 day	1 (9%)	11 (44%)	12 (33%)
2 to 7 day	7 (64%)	11 (44%)	18 (50%)
8 to 14 day	3 (27%)	3 (12%)	6 (17%)
Mean $\pm$ SD	7.4 $\pm$ 4.5	4.0 $\pm$ 3.9	4.8 $\pm$ 4.4

Table 3 Clinical symptoms of patients assigned to each treatment groups

Clinical symptoms	No. of patients		
	CEA (n=11)	CAS (n=25)	Total (n=36)
TIA	4 (36%)	4 (16%)	8 (22%)
(crescendo TIAs)	2 (18%)	2 (8%)	4 (11%)
Minor stroke	2 (18%)	10 (40%)	12 (33%)
Progressing stroke	3 (27%)	11 (44%)	14 (39%)
Major stroke	2 (18%)	0 (0%)	2 (6%)

Table 4 Treatment outcome for each treatment groups

Parameter	CEA (n=11)	CAS (n=25)	Total (n=36)
Morbidity, (%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Mortality, (%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Hyperperfusion syndrome, (%)	1 (9)	1 (4)	2 (6)
NIHSS before treatment (mean $\pm$ SD)	2.9 $\pm$ 3.7	6.8 $\pm$ 5.5	5.9 $\pm$ 5.2
NIHSS at discharge (mean $\pm$ SD)	1.4 $\pm$ 2.3	2.7 $\pm$ 3.4	2.2 $\pm$ 3.0
NIHSS improvement*, (%)	1 (9)	10 (40)	11 (31)
mRS $\leq$ 2 at 90-day follow-up, (%)	10 (91)	18 (72)	28 (78)

Improvement = decrease in NIHSS score of $\geq$ 4 points compared with NIHSS before treatment

治療時期を発症当日～翌日，発症 2-7 日，発症 8-14 日の 3 つに分けた (**Table 2**)。CEA 群では発症当日～翌日：1 例，発症 2-7 日：7 例，発症 8-14 日：3 例，CAS 群では発症当日～翌日：11 例，発症 2-7 日：11 例，発症 8-14 日：3 例であった。

発症形式を TIA，比較的軽症な minor stroke，progressing stroke，発症当初から重篤な神経症状を呈する major stroke に大別した (**Table 3**)。progressing stroke は来院時は比較的軽症な minor stroke であっても症状に進行性および動揺性などの不安定性を認めたものとし，TIA の中で発作を繰り返し，症状の程度や持続時間が徐々に悪化するものを crescendo TIAs とした。

術前 MRI 所見での DWI-PWI mismatch の有無，術前頸動脈エコーでのプラーク内血栓の有無を CEA と CAS 別および発症形式別にまとめた (Table 1)。

結 果

全症例中，progressing stroke をきたした症例は CEA の 11 例中 3 例 (27%)，CAS の 25 例中 11 例 (44%) に認めた。crescendo TIAs 症例は CEA の 11 例中 2 例 (18%)，CAS

の 25 例中 2 例 (8%) に認めた。術前 MRI 所見で DWI-PWI mismatch を認めた症例は CEA に 5 例 (45%)，CAS に 15 例 (60%) であった (Table 1)。DWI-PWI mismatch を認めた症例のうち，発症形式が crescendo TIAs または progressing stroke を呈した症例は，CEA 5 症例中 3 例 (60%)，CAS 15 症例中 11 例 (73%) であった。また頸部エコーでプラーク内血栓が疑われた症例は CEA 施行例の 82% (9/11 例)，CAS 施行例で 32% (8/25 例) 認めた (Table 1)。

発症から 2 週間以内に施行された CEA および CAS 治療群全体の mortality, morbidity は 0% であった (**Table 4**)。crescendo TIAs, progressing stroke 症例に対しては緊急または準緊急で血行再建術が施行され，治療直後より症状は安定し，crescendo TIAs 症例では発作の消失を認めた。退院時の NIHSS は CEA, CAS それぞれ平均 1.4 $\pm$ 2.3, 2.7 $\pm$ 3.4 で，術前と比較し NIHSS 4 点以上の改善を認めた症例は CAS に 10 例 (40%)，CEA に 1 例 (9%) 認め，そのうち 8 例が発症 24 時間以内に緊急 CAS を施行した症例であった。長期成績では mRS が 2 点以下で日常生活の自立を認める症例が CEA で 10 例 (91%)，CAS で 18 例 (72%) 存在した。

Fig. 1 Case 1. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging showed an acute infarct in the left watershed areas before treatment (**A, B**). Perfusion-weighted magnetic resonance imaging showed diffusion-perfusion mismatch in the left cerebral hemisphere (**C**). Color duplex flow imaging of left ICA showing low echoic filling defect corresponding to a thrombus (**D**).

治療翌日以降の MRI (DWI) で新たな高信号域を認めたのは、CAS で 2 例 (8%)、CEA では、1 例 (9%) と比較的低率であり、全例無症候性であった。また緊急で施行されたのは CAS の 1 例のみであった。周術期心筋梗塞をきたした症例はなかった。過灌流症候群を呈した症例は CEA 症例に 1 例 (9%) 存在し、発症から 7 日目に CEA を施行した症例で CEA 直後から頭痛、不穏を認め、鎮静・血圧管理にて症状は改善した。CAS 症例にも 1 例 (4%) 存在し、発症翌日に CAS を施行した症例で CAS 直後に全身痙攣をきたし、抗痙攣剤の投与と鎮静にて改善している。いずれの症例も頭蓋内出血は認めなかった。

症例提示

〈症例 1〉75 歳、男性。

右片麻痺、構音障害で発症。来院時 NIHSS 4/42。MRI DWI で左分水嶺に散在性の急性期脳梗塞像を認め、PWI との mismatch を認めた (**Fig. 1A-C**)。頸動脈エコーで左内頸動脈に低輝度プラークを認め、PSV (peak systolic velocity) が 485 cm/sec と不安定プラークを伴う高度狭窄

病変が疑われた (**Fig. 1D**)。既往歴に狭心症があり、冠動脈ステントが留置され、アスピリン、クロピドグレルの 2 剤の抗血小板薬の内服が行われていた。治療は MRI 後からアルガトロバンの投与を開始したが麻痺の悪化と運動性失語の出現を認め、NIHSS 9/42 に悪化した。MRI を再検し、来院時の MRI と比較し DWI での梗塞巣の拡大を認めず、salvageable な penumbra 領域が存在すると考え緊急で CAS が行われた。CAS は proximal balloon protection (総頸動脈と外頸動脈を balloon にて遮断) 下に Carotid Wallstent™ を留置した。ステント留置後造影にてプラーク内へ造影剤の pooling を認めるも、狭窄率は約 30% に改善した (**Fig. 2A, B**)。術後 DWI で新たな梗塞巣の出現なく (**Fig. 2C, D**)、過灌流症候群を認めず、神経症状は NIHSS 2/42 に改善し独歩退院となった。

〈症例 2〉69 歳、男性。

1 カ月前から一過性の右下肢脱力発作を繰り返していた。右片麻痺、構成失行を主訴に来院。来院時 NIHSS 5/42。DWI で右分水嶺に散在性の急性期脳梗塞像を認めた (**Fig. 3A, B**)。頸動脈エコーで左内頸動脈に低～等輝度、

Fig. 2 Case 1. Preoperative lateral left carotid angiogram showed a definite ulcer niche (arrow) in a stenotic plaque at the carotid bifurcation (**A**). After stenting, dilatation was obtained (**B**). DWI showing no new infarct after emergent carotid artery stenting (**C**, **D**).

一部高輝度の石灰化を有する不安定プラークが疑われ、PSVは333 cm/secと高度狭窄を認めた(**Fig. 3C**)。脳血管撮影でNASCET95%の高度狭窄を認めた(**Fig. 4A**)。治療はアスピリン、アルガトロパンの投与を開始し、発症7日目にCEA施行。術中transcranial Doppler (TCD)、脳内酸素飽和度モニター(in vivo optical spectroscopy: INVOS)、somatosensory evoked potentials (SEP)でモニタリングを行い、3分間の内頸動脈遮断でSEPの振幅が約80%に低下したがTCDでは遮断前の70%以上の血流が維持され、INVOS低下は10%以下であり内シャントは使用せず内膜剥離を施行。摘出した内膜は総頸動脈側は石灰化したプラークで、分岐部中央で陳旧性プラーク内出血と考えられる茶褐色のアテロームを認めた。血管縫合にはヘマシールドパッチグラフトを使用した。術後TCD、SPECTで術前値の200%以上の増加と、頭痛、不穏を認め過灌注症候群と診断。プロポホル、ドルミカムによる鎮静と降圧療法を約1週間継続した。TCD、SPECTで左右差を認めなくなったことを確認し鎮静を終了した。出血

Fig. 3 Case 2. DWI showed an acute infarct in the right watershed areas before treatment (**A**, **B**). Ultrasound B-mode of left ICA (longitudinal section) showing atheromatous plaque (**C**).

Fig. 4 Case 2. Lateral left carotid angiogram obtained before CEA showed severe stenosis (arrow) at the origin of the ICA (**A**). Magnetic resonance angiogram obtained after CEA showing essentially complete dilatation was obtained (**B**).

性梗塞をきたすことなく、新たな梗塞巣の出現も認めなかった。NIHSS 5/42 でリハビリテーション目的で転院となった(Fig. 4B)。

考 察

1. 急性期血行再建術の適応

症候性頸動脈狭窄症に対する急性期血行再建術適応の是非はしばしば直面する問題であるが、いまだ確固としたエビデンスが出されていない。その原因として、虚血発作再発予防には可及的すみやかな血行動態の改善および塞栓源の除去が必要である一方で、急性期はプラークが脆弱で不安定なことが多く⁵⁾、頸動脈への機械的操作による塞栓や、血流再開による出血性梗塞の可能性が高くなるという相反する病態があげられる。NASCET subgroup 解析では CEA は発症 2 週間以内の施行が最も有益と結論しているが、神経症状が安定している症例に限っての報告であり¹⁴⁾、crescendo TIAs や progressing stroke のような stroke in evolution を呈する症例では、プラーク内出血や潰瘍内壁在血栓の頻度が高いとされ⁵⁾、CAS、CEA にかかわらず血行再建術そのものが術中塞栓の危険性が高い治療であることも事実である。発症直後は抗血小板および抗凝固療法を主体とする内科的治療、いわゆる best medication で乗り切るという方法もあるが、症状が急速に進行する症例では内科的治療が奏効しにくく、緊急血行再建術を推奨する意見も多い。過去の報告からは crescendo TIA または fluctuating neurological deficits を呈する stroke in evolution 症例 16 例に対し緊急 CEA を行い 13 例に神経症状の改善を認めている²⁾。また発症から 1 週間以内に緊急 CAS を行った報告では、術後 NIHSS 平均値が 12 点から 5 点に有意に減少し、3 カ月後の mRS で 0-1 の患者が 6 割を占めていた⁸⁾。われわれの報告でも全体の 9 割以上が NIHSS の改善または不変を示し、なかでも術直後から 4 点以上の改善を認めた症例は全体の 3 割に認めた。3 カ月後の mRS で 0-2 の患者が 8 割近くを占めており、短期的および長期的に緊急血行再建術の有効性が示唆される結果と考えている。

症候性頸動脈狭窄症に対する急性期血行再建術に関し明確なエビデンスがない現在、その妥当性を、短時間で効果的に示すための modality の選択が重要となる。MRI DWI-PWI mismatch を用いた血流評価は血行再建の適応判断に有用で、緊急 CEA および CAS の妥当性を示す所見となる⁶⁾¹⁰⁾。当院では 1999 年脳卒中センターを開設以来、一貫して MRI first で画像診断を行ってきた。原則 3T-MRI を用いた stroke MRI (DWI, PWI (FAIR), T2*, MRA) 撮影を行い、DWI-PWI mismatch による penumbra 領域の迅速な評価に努めてきた。今回検討で DWI-

PWI mismatch を認めた症例のうち、発症形式が crescendo TIAs または progressing stroke を呈した症例は 70% と高率で、その半数以上 (57%) に術後 NIHSS で 4 点以上の改善を認めていることから、DWI-PWI mismatch は緊急血行再建術の適応に最も妥当性をもたせる modality の 1 つと考えられた。また最近では T2*-WI により皮質静脈および深部静脈が拡張して見える ischemic vessel sign が灌流域の misery perfusion に関係することを報告し¹³⁾、急性期血行再建術適応の判断材料としている。

2. 急性期の手技と合併症

CEA の手技に関し当院では急性期という理由で変更している点はない。緊急時にはモニタリングが不十分となることがあるが、可能な限り術中 TCD、INVOS、SEP にてモニタリングを行い、特に内頸動脈剝離中の TCD による high intensity transient signal (HITS) の検出は、血栓が不安定な急性期の CEA に有効なモニターと考えている。内シヤントは selective に使用し、パッチはほぼ全例に使用している¹⁷⁾。

急性期 CAS の手技に関しても基本的に慢性期と同様であるが、プラークが不安定であることを考慮したステントの選択と、protection を行うようにしている。ステントは free cell area が狭いとされる closed-cell ステントを用いることが最近では多くなっている。また protection は debris の回収という点で filter protection より優るとされる balloon protection を行うことが多い。ステント拡張時の低血圧・徐脈は急性期脳梗塞の梗塞範囲の拡大をまねく可能性がある⁴⁾¹²⁾。当院でも 48% の症例にステント拡張時の低血圧・徐脈を認めたが、昇圧剤とアトロピンの投与で対処可能であり、pace maker の一時挿入が必要であったのは 1 例のみであった。また急性期 CAS 後の過灌流症候群の頻度は 5-7% といわれ¹⁵⁾、慢性期と比較し、出血性合併症も含め生じやすいとされる。その観点から段階的な血管拡張を推奨する報告もある¹⁶⁾。一方で急性期 CAS は過灌流症候群が少ないとの報告もある¹¹⁾。当院では CEA、CAS とともに 1 例、ともに緊急例ではなかったものの全体で 6% に過灌流症候群を認め、慢性期と比較し頻度は高いと考えられた。症例 2 に提示したように、術後の鎮静および厳密な血圧管理が重要と考えている。

3. CEA と CAS の選択

当院ではこれまで慢性期、急性期を問わず原則的に CEA を第一選択としてきた。CAS は CEA と比較し術中塞栓性合併症を起こしやすく³⁾、不安定プラークが予想される急性期には不向きであることが示唆される。ベットのサイドで行える頸動脈エコーは急性期のプラーク診断に有用

で⁷⁾、今回の検討でもプラーク内血栓を認めた症例は CEA の適応となる傾向にあった (Table 1)。また頸動脈エコーは時間分解能を有するため可動性プラーク病変の診断が可能で、mobile plaque や floating thrombus などの可動性プラークの存在は緊急血行再建術の適応と考えられた。今回 2 例に認め緊急 CEA となった。

しかしながら、当院でも高齢者や冠動脈疾患などの CEA medical risk を有する症例、または高位病変、対側閉塞例などの CEA angiographic risk を有する症例に対しては CAS が選択される (Table 1)。また抗血栓薬の中止困難例、rt-PA 使用直後の症例などに CAS が選択されることは超急性期の特徴である。結果 CEA、CAS ともに症候性塞栓症や心筋梗塞の出現を認めず、このような CEA と CAS の相補的な適応選択が当院の急性期血行再建術の成績向上に寄与したと考えている。

今回 retrospective に検討すると発症当日から翌日の超急性期では CAS 施行数が CEA を大きく上回っていた。CAS 施行 25 例中、14 例 (56%) は緊急 CAS 例で、いずれも crescendo TIAs や progressing stroke を呈し、DWI-PWI mismatch を認めた症例であった。緊急 CAS は術前評価が不十分となる欠点はあるが、CAS 後 NIHSS score が大きく改善する例も多く (Table 1)、血管撮影に引き続き局所麻酔下に行える CAS が CEA より緊急処置に適している可能性が示唆される結果であったと考えている。

結 語

当院における過去 10 年間の症候性頸動脈狭窄症に対する急性期血行再建術の適応と治療成績につき retrospective な検討を加えた。多彩な危険因子を有する急性期症例に対し stroke MRI を用いた適応決定と厳格な周術期管理により CEA、CAS 両者を比較的安全に施行することができた。CEA、CAS の選択に関し、個々の症例に応じた相補的な適応選択を行ったことが周術期合併症の軽減に寄与したと考えられた。

文 献

- 1) Bond R, Rerkasem K, Rothwell PM: Systematic review of the risks of carotid endarterectomy in relation to the clinical indication for and timing of surgery. *Stroke* 34: 2290-2301, 2003
- 2) Brandl R, Brauer RB, Maurer PC: Urgent carotid endarterectomy for stroke in evolution. *Vasa* 30: 115-121, 2001
- 3) Brott TG, Hobson RW 2nd, Howard G, et al: Stenting

versus endarterectomy for treatment of carotid-artery stenosis. *N Engl J Med* 363: 11-23, 2010

- 4) Dangas G, Laird JR Jr, Satler LF, et al: Postprocedural hypotension after carotid artery stent placement: predictors and short- and long-term clinical outcomes. *Radiology* 215: 677-683, 2000
- 5) Endo S, Hirashima Y, Kurimoto M, et al: Acute pathologic features with angiographic correlates of the nearly or completely occluded lesions of the cervical internal carotid artery. *Surg Neurol* 46: 222-228, 1996
- 6) Engelter ST, Wetzel SG, Bonati LH, et al: The clinical significance of diffusion-weighted MR imaging in stroke and TIA patients. *Swiss Med Wkly* 138: 729-740, 2008
- 7) Handa N, Matsumoto M, Maeda H, et al: Ischemic stroke events and carotid atherosclerosis. Results of the Osaka Follow-up Study for Ultrasonographic Assessment of Carotid Atherosclerosis (the OSACA Study). *Stroke* 26: 1781-1786, 1995
- 8) Imai K, Mori T, Izumoto H, et al: Emergency carotid artery stent placement in patients with acute ischemic stroke. *AJNR Am J Neuroradiol* 26: 1249-1258, 2005
- 9) Jovin TG, Gupta R, Uchino K, et al: Emergent stenting of extracranial internal carotid artery occlusion in acute stroke has a high revascularization rate. *Stroke* 36: 2426-2430, 2005
- 10) Krishnamurthy S, Tong D, McNamara KP, et al: Early carotid endarterectomy after ischemic stroke improves diffusion/perfusion mismatch on magnetic resonance imaging: report of two cases. *Neurosurgery* 52: 238-241; discussion 242, 2003
- 11) Miyamoto N, Naito I, Takatama S, et al: Urgent stenting for patients with acute stroke due to atherosclerotic occlusive lesions of the cervical internal carotid artery. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 48: 49-55; discussion 55-46, 2008
- 12) Mlekusch W, Schillinger M, Sabeti S, et al: Hypotension and bradycardia after elective carotid stenting: frequency and risk factors. *J Endovasc Ther* 10: 851-859; discussion 860-851, 2003
- 13) Morita N, Harada M, Uno M, et al: Ischemic findings of T2*-weighted 3-tesla MRI in acute stroke patients. *Cerebrovasc Dis* 26: 367-375, 2008
- 14) Rothwell PM, Eliasziw M, Gutnikov SA, et al: Endarterectomy for symptomatic carotid stenosis in relation to clinical subgroups and timing of surgery. *Lancet* 363: 915-924, 2004
- 15) Wang H, Lanzino G, Fraser K, et al: Urgent endovascular treatment of acute symptomatic occlusion of the cervical internal carotid artery. *J Neurosurg* 99: 972-977, 2003
- 16) Yoshimura S, Kitajima H, Enomoto Y, et al: Staged angioplasty for carotid artery stenosis to prevent postoperative hyperperfusion. *Neurosurgery* 64: 122-128; discussion 128-129, 2009
- 17) 宇野昌明: 頸動脈内膜剝離術. Carotid endarterectomy (CEA). *脳神経外科速報* 17: 8, 2007