原 著

対側に高度閉塞性病変を伴った頸動脈高度狭窄例の 脳循環動態の特徴と治療

山根 冠児, 島 健, 西田 正博, 畠山 尚志
三原 千恵, 石野 真輔, 豊田 章宏, 平松和嗣久

Clinical Features and Surgical Treatment of Patients with Severe ICA Stenosis Associated with ICA Occlusion or ICA Severe Stenosis

Kanji YAMANE, M.D., Takeshi SHIMA, M.D., Masahiro NISHIDA, M.D.,
Takashi HATAYAMA, M.D., Chie MIHARA, M.D., Shinsuke ISHINO, M.D.,
Akihiro TOYOTA, M.D., and Kazuhisa HIRAMATSU, M.D.

Department of Neurosurgery, Chugoku Rosai Hospital, Kure, Japan

Summary: Treatment of cervical carotid stenosis with the contralateral internal carotid artery (ICA) occlusion or severe stenosis has not been established because of its specific cerebral circulation. We sought to clarify the clinical features and best surgical treatment of cervical severe carotid stenosis with contralateral ICA occlusion or severe stenosis.

We studied 8 patients with bilateral severe ICA stenosis ($\geq 70\%$) and 5 patients with ICA severe stenosis and contralateral ICA occlusion. To evaluate cerebral circulation, regional cerebral blood flow (rCBF) of the middle cerebral arterial territory and stump pressure of the ICA were measured. rCBF was measured before and after CEA. Rates of association of systemic diseases were analyzed. There was no perioperative complication or new stroke in the follow-up time (2–138 months) in this series. In 3 of the 8 patients, rCBFs were bilaterally decreased below 40 ml/100 g/min. rCBF of severe ICA stenosis with contralateral ICA occlusion or severe stenosis was lower than that of unilateral ICA stenosis. In 6 of 9 patients who underwent CEA, rCBF increased over 15% after operation. Stump pressures of the ICA in the patients with severe ICA stenosis associated with contralateral ICA occlusion or severe stenosis were significantly ($p < 0.05$) lower than those of unilateral ICA stenosis. SEP became flat during ICA cross-clamping in 4 patients but recovered after reflow of the ICA. Bilateral ICA occlusive disease had been highly associated with ischemic heart disease compared with unilateral stenosis. In the follow-up period, 4 patients had angina pectoris and 2 patients had coronary artery bypass grafting surgery.

The patients with bilateral severe occlusive disease had low rCBF and low collateral flow. Because of low collateral flow via Willis ring, an internal shunt was necessary to avoid cerebral ischemic complication during ICA cross-clamping. SEP was useful for detecting cerebral ischemia during ICA cross-clamping. Vascular reconstruction increased rCBF, especially in the patients with low rCBF. The treatment of patients with ischemic heart disease is very important but controversial.

Key words:

- bilateral carotid occlusive disease
- carotid endarterectomy
- STA-MCA anastomosis
- cerebral blood flow
- ischemic heart disease

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 30: 380–386, 2002

はじめに

内頸動脈狭窄に対する内頸動脈内膜剥離術(CEA)は欧米の cooperative study¹⁰⁾²⁵⁾で内科治療群より優れていたことから、本邦でも広く行われるようになってきており、病態に対する理解度も深くなってきている。しかし、対側の内頸動脈にも高度の狭窄、あるいは閉塞を伴った両側性の高度閉塞性病変を持つ症例における脳循環動態は、遭遇する症例が少ないため、まだ不明な点が多い。したがって両側病変に対して循環動態を考慮した治療法の確立はできていないのが現状と考えられる。本邦でもCEA件数は増加しているため、今後両側性の高度閉塞性病変を持つ症例に遭遇する機会は増えてくると考えられる。したがって、両側に高度の閉塞性病変を持つ症例の循環動態の特徴を調べ、その特徴をふまえた適切な治療指針を確立することは意義あることと考えられる。

症 例

対象とした症例は、血行再建術を行った症例で、内頸動脈に70%以上の高度狭窄を両側性に認めた8例(Bil-ICAS)、一側内頸動脈の高度狭窄と反対側内頸動脈の閉塞を認めた5例(ICAS+ICAO)で、計13例で検討した(Table 1)。平均年齢は64.4歳で男性12例、女性1例であった。内頸動脈の狭窄度の平均は84.4%であった。術前の神経症状は有症候性が10例で無症候性が3例であった。著者らの治療方針としては、まず全例で術前に循環器科に依頼して心機能の評価を行い、手術に支障がないことを確認した。どちらの側から手術するかは、原則的には、症状の責任側を優先して手術を行った。症状がめまい、失神発

作など laterality が無い症例や無症候性の症例では脳血流の低下している側あるいは、超音波エコー検査による狭窄部の形態で、潰瘍形成があるもの、プラークが hypoechoic あるいは heteroechoic である側を最初に手術した。また、初回から2回目の手術までの間隔は1カ月以上とした。

これらの症例に対して行った外科的血行再建術は、Bil-ICASの8例では6例で両側に、2例で一側にCEAを行った。ICAS+ICAOでは、4例でCEAとSTA-MCA吻合術を行い、1例でCEAのみ行った。

方 法

1. 脳循環の評価

脳循環の評価のために脳血流の測定を行った。さらに、CEAを行った症例では内頸動脈の stump pressure を測定した。

(1) 脳血流

Cold xenon CT (Xe-CT)により安静時における脳血流マップを作成し、中大脳動脈領域に関心領域を設定した局所脳血流量(rCBF)で評価した。脳血流の測定はBil-ICASの3例、ICAS+ICAOの5例、計8例で行った。また、術後のrCBFを術後約3週間で測定し術前と比較した。rCBFが40 ml/100 g/min以下のとき脳血流の低下があると判定した。

(2) 内頸動脈の stump pressure の測定

CEAを行った症例では内頸動脈の stump pressure を測定した。総頸動脈、内頸動脈、および外頸動脈が露出できたところで、総頸動脈に穿刺し、総頸動脈と外頸動脈を閉塞することにより測定した。Bil-ICASとICA+ICAOでの

Table 1 Summary of the patients with bilateral ICA occlusive disease

Case	Age/Sex	% stenosis		Symptoms	1st operation	2nd operation	Perioperative complication
		right	left				
1	70/F	94	72	hemiparesis (L)	CEA (R)	CEA (L)	no
2	70/M	82	89	hemiparesis (R)	CEA (L)	CEA (R)	no
3	69/M	83	75	vertigo	CEA (L)	CEA (R)	no
4	63/M	70	91	hemiparesis (R)	CEA (L)	CEA (R)	no
5	60/M	81	86	hemiparesis (R)	CEA (L)	CEA (R)	no
6	59/M	95	90	hemiparesis (L)	CEA (R)	CEA (L)	no
7	67/M	75	occl.	asymptomatic	STA-MCA (L)	CEA (R)	no
8	65/M	occl.	86	hemiparesis (R)	CEA (L)	STA-MCA (R)	no
9	61/M	occl.	89	syncopal attack	CEA (L)	STA-MCA (R)	no
10	59/M	96	occl.	hemiparesis (R)	STA-MCA (L)	CEA (R)	no
11	74/M	occl.	80	hemiparesis (L)	CEA (L)	—	no
12	53/M	88	78	asymptomatic	CEA (L)	—	no
13	67/M	81	75	amaurosis (L)	CEA (L)	—	no

occl.: occlusion

Fig. 1 Cerebral blood flow of the middle cerebral arterial region (rCBF) in the patients with severe occlusive carotid disease. Five of 8 patients with bilateral occlusive disease demonstrated low rCBF below 40 ml/100 g/min. Asterisk indicates responsible side for symptoms.

Fig. 2 Changes in cerebral blood flow of the middle cerebral arterial region (rCBF) after CEA and STA-MCA anastomosis. Five of 7 patients with CEA and 3 of 6 patients with STA-MCA anastomosis demonstrate increase in rCBF after the operations.

内頸動脈の stump pressure を片側内頸動脈狭窄 145 例の内頸動脈の stump pressure と比較した。

(3) SEP の術中連続記録

全例で脳虚血の監視のために、術中に体性感覚誘発電位 (SEP) のモニタリングを行った。SEP の N20/P25 の振幅が 50% 以下になった場合を有意な変化とした。

2. 全身疾患の合併頻度

CEA あるいは STA-MCA 吻合術を行うにあたって手術の危険因子となる虚血性心疾患、高血圧、および糖尿病について、それぞれの合併頻度を調べ、片側性の内頸動脈狭窄例での合併頻度と比較した。

結 果

1. 手術成績

CEA を 19 例、STA-MCA 吻合術を 4 例に行ったが、周術期合併症はなかった。術後の follow-up (2-138 カ月、平均 62.5 カ月) で新たな stroke の発症は認めなかった。1 例で CEA 術後 9 年目に肺癌で死亡した。

2. 脳循環

1) 安静時脳血流

安静時脳血流の分布を Fig. 1 に示す。脳血流の測定を行った 8 例中 3 例で両側性に rCBF の低下を認めた。また、ICAS+ICAO の 5 症例では 4 例で内頸動脈閉塞側の rCBF は狭窄側の rCBF より低値であった。症状の責任側の rCBF が非責任側より低値を示したのは 2 例で特徴的な所見ではなかった。

2) 術後の脳血流

Fig. 3 Stump pressure of the ICA of the patients with bilateral occlusive carotid disease had significantly ($p < 0.05$, Mann-Whitney U-analysis) lower than that of unilateral ICA stenosis. Bil. ICAS: bilateral internal carotid stenosis. ICAS+ICAO: patients with internal carotid stenosis and contralateral carotid occlusion. Unilateral ICAS: patients with unilateral carotid stenosis.

手術による脳血流の変化を術前の rCBF を基準にして 15% 以上の増加を便宜上有意な増加とすると、CEA を行った症例では 9 例中 6 例で、STA-MCA 吻合術を行った症例では 3 例中 2 例で増加を認めた (Fig. 2)。

3) 内頸動脈の stump pressure

Bil-ICAS と ICAS+ICAO において、CEA 術中に測定した内頸動脈の stump pressure は 33.7 ± 11.0 mmHg で片側のみ狭窄例の stump pressure の 44.2 ± 16.2 mmHg とくら

Fig. 4 Complication rates of ischemic heart disease (IHD), hypertension (HT), and diabetes mellitus (DM) in the patients with bilateral severe occlusive carotid disease (Bil) and patients with unilateral carotid stenosis (Uni). Patients with bilateral severe occlusive disease had ischemic heart disease at significantly higher rate.

べて有意($p < 0.05$, Mann Whitney U-analysis)に低かった (Fig. 3).

4) SEPの変化

CEA術中の内頸動脈遮断によるSEPの変化では、N20/P25の振幅はコントロールの $56.9 \pm 34.8\%$ で、対側に狭窄病変のない症例のSEPの変化は $70.6 \pm 29.4\%$ と比べ低い傾向を示したが有意差はなかった。しかし、SEPのN20/P25の振幅が50%以下になったのは19側のCEA中5側で認められ、そのうちflatになったのは4側(21%)に認められた。

3. 全身合併症の特徴

虚血性心疾患の合併が両側例で有意に多く(54%)、片側の狭窄例に比べ2倍以上も多くなっていた。高血圧は両側例で多い傾向はみられたものの有意差はなかった。糖尿病に関しては有意差を認めなかった (Fig. 4)。今回周術期に心合併症を起こさなかったが、術後のfollow-upで狭心症の発症が4例、CABGの手術が2例に行われた。

考 察

1. 両側に高度閉塞性病変を持つ症例の循環動態

片側の高度狭窄例では、Archieら¹⁾が報告しているように、狭窄度が75%を越えると狭窄部の遠位では内頸動脈圧が低下し脳の灌流圧が低下することを報告している。しかし、脳血流は、側副血行の良否と血管拡張による代償により大きく影響され、側副血行が良好、あるいは血管拡張による代償機能が十分であれば高度狭窄例でも脳血流は低下しないと考えられる。今回の検討で、8例中3例に両側性に脳血流の低下を認め、両側に高度閉塞性病変を持つ

症例では前交通動脈を介した対側からの側副血行は期待できないため、片側のみの病変に比べ、両側で脳血流が低下しやすいことが考えられた。さらに、ICAS+ICAOの症例では、内頸動脈閉塞側の脳血流は狭窄側よりも低値を示しており、狭窄側からの血流が残っているためと考えられる。症状の責任側と非責任側のrCBFの比較では、責任側のrCBFが低下していない症例もあり、両側の高度閉塞性病変とはいえ、症状の発現がhemodynamic ischemiaばかりでなく、thromboembolismも原因となっていることが考えられた。

両側の高度閉塞性病変を持つ症例の自然経過ではstrokeを起こしやすいことが報告^{8) 11) 12) 24)}されており、NASCETの報告¹²⁾では対側に内頸動脈閉塞がある症例では、反対側に閉塞のない症例に比べて2年間で2倍以上のstrokeを起こしていたことを報告し、また、FieldsとLemakら¹¹⁾は対側閉塞を伴った内頸動脈狭窄のnatural historyを調べ、51カ月で34%のstrokeを起こしていたことを報告している。このように両側の高度閉塞性病変を持つ症例でstrokeを起こしやすいのは、thromboembolismに加えhemodynamic ischemiaが関係していると考えられる^{20) 21) 28)}。したがって、こういった両側の高度閉塞性病変を持つ症例では血行再建を行うことでthromboembolismの予防に加えhemodynamic ischemiaの改善により、strokeの発生を少なくできると考えられる。NASCETの報告¹²⁾で、対側に内頸動脈閉塞がある症例にCEAを行ったところ2年間でstrokeの発症は内科治療群と比べて1/3に減少していたとしており、対側に内頸動脈閉塞がある症例でのCEAの有用性が示されている。

著者らはすでに内頸動脈狭窄例において、術前に脳血流の低下がある症例ではCEAにより脳血流の改善が期待されることを報告しており³¹⁾、今回の両側の高度閉塞性病変を持つ症例においても、CEAあるいはSTA-MCA吻合術による血行再建術により血流改善が半数以上で認められていることから両側例での血行再建術がstrokeの予防に有効であると考えられる。

2. 両側高度閉塞性病変を持つ症例の血行再建術において留意すべき点

1) CEA

(1) 術中の脳虚血

手術の危険度に関しては、対側に内頸動脈の閉塞があっても周術期合併症には変りがないとする報告^{2) 5) 6)}もあるが、Lesageら¹⁸⁾やBakerら³⁾は対側に内頸動脈閉塞がある症例を100例以上でCEAをシャントなしで行い、周術期合併症を10%近くに出現したことを報告している。今回の測定では、両側高度狭窄例の内頸動脈のstump pres-

sureは片側の内頸動脈狭窄例と比べ有意に低く、両側高度狭窄例では、Willis ringを介した側副血行が不良であると考えられる²¹⁾。したがって、術中の内頸動脈遮断によって脳虚血を起こす危険性が高く、シャントを用いてできるだけ遮断時間を短くしなければならない。シャントの必要性に関しては、対側に内頸動脈の閉塞がある症例では脳波変化から46-69%にシャントが必要であったことを報告⁴⁾⁸⁾²²⁾し、Lacroixら¹⁷⁾は、シャントを用いることにより周術期合併症の発生を対側に閉塞がない症例と同程度に少なくできたと報告している。今回の報告でも、SEPがflatになる頻度も高かったことから、両側高度閉塞性病変例ではシャントを用いたほうが安全であると考えられる。

(2) Hyperperfusion

両側狭窄例では脳血流が減少している症例が比較的多く、autoregulationの障害を伴っている可能性がある。こういった脳循環障害がある状態でCEAを行うとhyperperfusionを起こす危険性がある。幸い今回の対象となった症例では起こらなかったが、著者らはこれまでの経験から、CEAによって内頸動脈の血流量が術中測定で180 ml/min以上増加した場合はhyperperfusionを起こす危険性があり、こういった症例では、経頭蓋Doppler血流計(TCD)による中大脳動脈の血流速度をモニタリングし、barbiturate治療による厳重な血圧管理を行うようにしている³⁰⁾。

2) STA-MCA 吻合術

対側内頸動脈に高度の狭窄がある症例では、少なくとも前交通動脈を介した側副血行は少なくなると考えられるため、術中に血圧が低下するとrecipient arteryの遮断時に脳の灌流圧が低下し、脳虚血を生じる可能性がある。したがって術中は血圧を比較的高めに保つことが重要である。また、内頸動脈閉塞例がautoregulationの障害を伴っている場合、吻合血流が著明に多くなるとCEAの手術と同様にhyperperfusionのおそれがある¹⁴⁾。したがって、術中に吻合血流の測定を行い、吻合血流が著明に大きくなった場合には術後に厳重な血圧の管理が必要である。

3) どちら側から血行再建術を行うか

症状の責任病側から行うことが原則と考えられる。しかし、Bil-ICASでfocal signがない場合では狭窄の程度の強い側、あるいはplaqueの形状が不規則、潰瘍形成のある側、超音波エコー¹⁶⁾でhypoechoic、あるいは、heteroechoicを示した側を先に手術するべきであろう。また、ICAS+ICAOでfocal signがない場合は、脳血流の低下が大きい側の血行再建を行うべきであろう。しかしCEAにより側副血行を増やすことでocclusion側のstrokeが減少、また対側閉塞側のacetazolamideに対する脳血管反応性が改善したとの報告¹³⁾²⁰⁾があり、まずシャント使用下

にCEAを行うのも1つの方法かとも考えられる。ただし、前交通動脈などの側副血行路の発育が不良な症例では、CEAにより対側閉塞側の脳血流が改善されるとは考えにくく問題がある。

4) 最初のCEAから対側のCEAまでの期間

一期的にCEAを行って問題がなかったとの報告⁷⁾もあるが、hypoglossal nerveやlaryngeal nerveなどの下位脳神経を両側で傷つけた場合、術後に嚥下障害、呼吸不全など重篤な障害を残すため¹⁹⁾²⁶⁾、一側のCEAを行ったのちに耳鼻科で喉頭や声帯の動きに問題がないことを確認して他側の手術を行うほうが安全である。

最初のCEAから対側のCEAまでの期間は、1カ月以上あけるべきだと考えている。その理由としては、初回手術により下位脳神経の障害がないこと、肝機能障害などを起こしていないことが確認できること、また、初回のCEAによる脳血流の変化が落ち着くのに時間が必要と考えられるためである。

二期的にCEAを行った場合postoperative hypertensionを問題にしている報告¹⁵⁾²³⁾²⁷⁾があり、Illeら¹⁵⁾はCEAによるcarotid baroreceptorの機能障害が原因として考えている。今回の症例では、postoperative hypertensionが問題になることはなかった。その理由として、著者らはcarotid sinusへ入る神経は切断せずに残していること、原則として1カ月はあけるようにしていることがpostoperative hypertensionを起こしにくくしていると考えられた。

5) 術中モニタリング

術前の脳血流が両側で低下していること、CEA術中の内頸動脈のstump pressureが低いこと、またSTA-MCA吻合術中の皮質動脈圧が低いことから、側副血行が不良である症例が多いと考えられ、そのため術中に脳虚血を起こしやすいと考えられる。したがって、脳虚血に対するSEPなどのモニタリングが是非とも必要である²⁹⁾。

3. 全身合併症と危険因子

両側性病変では、虚血性心疾患の合併率が高いため、周術期およびfollow-up中の虚血性心疾患に対するマネジメントがきわめて重要であると考えられる。今回の症例では、周術期に心虚血発作や心筋梗塞を起こした症例はなかった。しかし、術後のfollow-upで4例に狭心症を起こし、そのうち2例でCABGを行っており、適切な虚血性心疾患の治療が予後をよくするためにきわめて重要である。

虚血性心疾患を伴った症例の治療として、最近では同時手術を推奨する報告もあるが一般的ではない。Estesら⁹⁾はCEAとCABGの同時手術は、反対側の内頸動脈に閉塞あるいは高度の狭窄があった症例では、周術期の死亡率、

および stroke の発生が有意に多く、しかも反対側の脳梗塞による stroke が多かったことを報告しており、両側性の場合には片側性に比べ血圧の低下による脳灌流圧が低下しやすいことが原因の1つと考えられる。最近の“beating heart”あるいは“off-pump”法による CABG では脳への血流遮断がないため、心虚血を伴った症例での治療法として今後期待される。しかし、本邦では、まだ同時手術ができる施設は限られているため critical な虚血性心疾患を合併している場合に CEA を先に行うと心虚血により致命的となりうるため、stent や CABG などの心虚血に対する治療を優先させるべきであると考えられる。

ま と め

両側に高度狭窄性病変を持つ症例では、脳の血流不全による脳卒中を発症しやすい。血行再建術を行う場合、術中の脳虚血を起こさないように配慮することが重要である。また虚血性心疾患を合併する率が高いため、虚血性心疾患に対するマネージメントが周術期合併症を少なくするために必須である。両側閉塞性病変では、血行再建術により血流の改善、ひいては脳卒中の再発予防につながると期待される。

文 献

- 1) Archie JP, Feldtman RW: Critical stenosis of the internal carotid artery. *Surgery* 89: 66-62, 1981
- 2) Aungst M, Gahtan V, Berkowitz H, *et al*: Carotid endarterectomy outcome is not affected in patients with a contralateral carotid occlusion. *Am J Surg* 166: 30-30, 1998
- 3) Baker WH, Littooy FN, Hayes AC, *et al*: Carotid endarterectomy without a shunt: the control series. *J Vasc Surg* 1: 50-56, 1984
- 4) Ballotta E, Da Giau G, Guerra M: Carotid endarterectomy and contralateral internal carotid artery occlusion: perioperative risks and long-term stroke and survival rates. *Surgery* 123: 234-240, 1998
- 5) Cao P, Giordano G, De Rango P, *et al*: Carotid endarterectomy contralateral to an occluded carotid artery: a retrospective case-control study. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 10: 16-22, 1995
- 6) Coyle KA, Smith RB, Salam AA, *et al*: Carotid endarterectomy in patients with contralateral carotid occlusion; review of a 10-year experience. *Cardiovas Surg* 4: 71-75, 1996
- 7) Darling RCIII, Kubaska S, Shah DM, *et al*: Bilateral carotid endarterectomy during the same hospital admission. *Cardiovasc Surgery* 4: 759-762, 1996
- 8) Deriu GP, Franceschi L, Milite D, *et al*: Carotid artery endarterectomy in patients with contralateral carotid artery occlusion: perioperative hazards and late results. *Ann Vasc Surg* 8: 307-342, 1994
- 9) Estes JM, Khabbaz KR, Barnatan M, *et al*: Outcome after combined carotid endarterectomy and coronary artery bypass is related patient selection. *J Vasc Surg* 30: 1179-1184, 2001
- 10) Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study: Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. *JAMA* 273: 1421-1428, 1995
- 11) Fields WS, Lemak NA: Joint study of extracranial arterial occlusion X. Internal carotid occlusion. *JAMA* 235: 26-31, 1976
- 12) Gasecki A, Eliasziw M, Ferguson GG, *et al*: 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
- 13) Hammacher ER, Eikelboom BC, Bast TJ, *et al*: Surgical treatment of patients with a carotid artery occlusion and a contralateral stenosis. *J Cardiovasc Surg* 22: 513-517, 1984
- 14) Higashi S, Matsuda H, Fujii H, *et al*: Luxury perfusion syndrome confirmed by sequential studies of regional cerebral blood flow and volume after extracranial to intracranial bypass surgery: case report. *Neurosurgery* 22: 85-89, 1989
- 15) Ille O, Woimant F, Pruna A, *et al*: Hypertensive encephalopathy after bilateral carotid endarterectomy. *Stroke* 26: 488-491, 1995
- 16) Kagawa R, Moritake K, Shima T, *et al*: Validity of B-mode ultrasonographic findings in patients undergoing carotid endarterectomy in comparison with angiographic and clinicopathologic features. *Stroke* 27: 700-705, 1996
- 17) Lacroix H, Beets G, von Hemelrijk J, *et al*: Carotid artery surgery in the presence of an occlusion of the contralateral carotid artery: perioperative risk analysis and follow-up. *Cardiovasc Surg* 2: 26-31, 1994
- 18) Lesage R, Paris E, Koskas F, *et al*: Surgical reconstruction of the internal carotid artery with contralateral occlusion without use of shunt. *Ann Vasc Surg* 5: 55-60, 1991
- 19) Liapis CD, Satiani B, Florance CL, *et al*: Motor speech malfunction following carotid endarterectomy. *Surgery* 89: 56-59, 1981
- 20) Markus HS, Harrison MJ, Adiseshiah M: Carotid endarterectomy improves hemodynamics on the contralateral side: implications for operating contralateral to an occluded carotid artery. *Br J Surg* 80: 170-172, 1993
- 21) Matteis M, Vernieri F, Caltagirone C, *et al*: Patterns of cerebrovascular reactivity in patients with carotid artery occlusion and severe contralateral stenosis. *J Neurol Sci* 168: 47-51, 1999
- 22) Meyer FB, Fode NC, Marsh WR, *et al*: Carotid endarterectomy in patients with contralateral occlusion. *Mayo Clin Proc* 68: 307-342, 1993
- 23) Morrow CE, Espada R, Howell JF: Operative and long-term results of staged contralateral carotid endarterectomy: a personal series. *Surgery* 103: 242-246, 1988
- 24) Nicholls SC, Kohler TR, Bergelin RO, *et al*: Carotid artery occlusion: natural history. *J Vasc Surg* 4: 479-485, 1986
- 25) 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
- 26) Verta MJ Jr, Applebaum EL, McClusky DA, *et al*: Cranial nerve injury during carotid endarterectomy. *Ann Surg* 185: 192-195, 1977
- 27) Wade MG, Larson PC, Hickey RH, *et al*: Effect of carotid endarterectomy on carotid chemoreceptor and baroreceptor function. *Surg Forum* 19: 144-145, 1968

- 28) Widder B, Kleiser B, Krapf H: Course of cerebrovascular reactivity in patients with carotid artery occlusion. *Stroke* 27: 1970-1973, 1994
- 29) 山根冠児, 島 健, 岡田芳和, そのほか: 内頸動脈狭窄症に対する血栓内膜摘除術の術中モニタリングー安全な手術のためにー. 脳外誌 7: 554-562, 1998
- 30) 山根冠児, 島 健, 岡田芳和, そのほか: 頸部内頸動脈狭窄の脳循環動態と対策. 脳卒中 20: 400-407, 1998
- 31) Yamane K, Shima T, Nishida M, *et al*: Changes in cerebral blood flow after carotid endarterectomy. *Keio J Med* 49 (suppl): A80-82, 2000