特別寄稿

閉塞性脳血管障害を合併した開心術症例に対する 予防的脳血行再建術

寺坂 俊介¹, 黒田 敏³, 牛越 聡¹
中村 雅則², 数又 研¹, 柏崎 大奈¹
岡本 史之², 中西 克彦², 岩崎 喜信³

Prophylactic Cerebrovascular Reconstructive Surgery for Occlusive Cerebrovascular Disease in Patients with Cardiac Surgery

Shunsuke TERASAKA, M.D.,¹ Satoshi KURODA, M.D.,³ Satoshi USHIKOSHI, M.D.,¹
Masanori NAKAMURA, M.D.,² Ken KAZUMATA, M.D.,¹ Daina KASHIWAZAKI, M.D.,¹
Fumiya OKAMOTO, M.D.,² Katsuhiko NAKANISHI, M.D.,² and Yoshinobu IWASAKI, M.D.³

¹Department of Neurosurgery, Teine Keijinkai Hospital, ²Department of Cardiovascular
Surgery, Teine Keijinkai Hospital, and ³Department of Neurosurgery, Hokkaido University
Graduate School of Medicine, Sapporo, Japan

Summary: We report the outcomes of prophylactic cerebral reconstructive surgery aimed at reducing the incidence of perioperative cerebral infarction in patients with intracranial or extracranial occlusive cerebrovascular disease who were scheduled to undergo cardiac surgery. Before the surgery, carotid artery ultrasonography, magnetic resonance angiography (MRA) of the carotid artery, and magnetic resonance imaging (MRI) and MRA of the brain were performed on 875 patients. The high-risk group was defined as: patients with cervical carotid artery stenosis of at least 90%, those with a reduced cerebral perfusion reserve because of occlusion of the internal carotid or middle cerebral artery, and those with a reduced cerebral perfusion reserve because of major intracranial artery stenosis of at least 75%. According to the degree of cardiac reserve, patients in the high-risk group underwent carotid artery stenting (CAS), carotid endarterectomy (CEA), superficial temporal artery-middle cerebral artery (STA-MCA) anastomosis, or percutaneous transluminal angioplasty (PTA). Of the 875 patients, 29 (3.3%) were classified in the high-risk group, and 16 underwent prophylactic revascularization and cardiac surgery. Prophylactic revascularization included CAS in 7 patients (including stenting of the intracranial internal carotid artery in 1 patient), CEA in 4, STA-MCA in 4 and PTA in 1. Cardiac surgery was performed on 870 of the 875 patients, and perioperative cerebral infarction occurred in 11 (1.3%). It is uncertain whether our treatment strategy significantly reduced the incidence of perioperative cerebral infarction because of the lack of accurate information on the number of patients with this condition before the present study. However, 73%

Key words:

- cardiac surgery
- carotid artery stenosis
- cerebral infarction
- coronary artery bypass graft surgery
- occlusive cerebrovascular disease

Surg Cereb Stroke
(Jpn) 35: 335-341, 2007

¹手稲溪仁会病院 脳神経外科, ²同 心臓血管外科, ³北海道大学医学研究科 神経外科(受稿日 2006.12.4)(脱稿日 2007.5.4)[連絡先: 〒060-8638 北海道札幌市北区北15条西7丁目 北海道大学医学研究科 神経外科 寺坂俊介] [Address correspondence: Shunsuke TERASAKA, M.D., Department of Neurosurgery, Hokkaido University Graduate School of Medicine, North 15-jo West 7-chome, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8638, Japan]

of patients had a score of 1 or 2 on the modified Rankin Scale 1 month after the onset of cerebral infarction, suggesting that our strategy improved the outcome.

はじめに

開心術周術期に脳合併症、特に脳梗塞が発症した場合には患者予後はきわめて不良であるといわれている⁵⁾²⁶⁾³⁵⁾³⁶⁾³⁸⁾。開心術周術期の脳梗塞合併患者群は合併症のない群と比較すると術後の集中治療室での治療期間が有意に長く、呼吸不全も有意に多い。術後30日での死亡率は脳合併症を伴わない群の約6倍の22.2%に達する。生存してもその69%は後遺神経症状のために日常生活に復帰できず、5年生存率は47%と報告されている⁵⁾³⁶⁾。周術期脳梗塞の74%は術日に確認され、91%は術後3日以内に確認される。これは本合併症のほとんどが手術に直接起因していることを意味している³⁶⁾。心臓血管外科医は術中塞栓の予防のために、さまざまな術中モニターや術式の改良を行ったにもかかわらず開心術における周術期脳梗塞の頻度は依然5%前後である。

開心術、特に冠動脈バイパス術(以下CABG)周術期脳梗塞に関与する危険因子の分析には過去数多くの報告がある。上行大動脈病変や周術期心筋梗塞とならび頸部頸動脈疾患の合併は危険因子として多くの報告がある⁷⁾²⁵⁾²⁹⁾³⁴⁾³⁷⁾。特に頸動脈閉塞合併患者の周術期脳梗塞のオッズ比は28になるとの報告もある²⁸⁾。しかしながら危険因子としての頭蓋内血管病変に関しては開心術前に精査された

という報告はわずか1つのみである⁴¹⁾。今回われわれ心臓血管外科医と脳神経外科医が、開心術周術期脳梗塞の減少を目指して合同で閉塞性脳血管障害(頭蓋内、頭蓋外)合併患者の抽出を行い、予防的脳血行再建術を行ったのでその成績を報告する。

対象と方法

1. High risk群の抽出(Fig. 1)

2001年7月から2005年10月までに手稲溪仁会病院心臓血管外科に入院し、成人開心術の予定症例(CABG, 弁置換, CABG+弁置換, 一部の弓部置換症例も含む)と時間的に精査が可能であった緊急成人症例を併せた875例を対象とした。開心術前に頸動脈エコー、頸動脈MRA、頭部MRI、MRAを施行し、これを脳神経外科医が読影した。頭部MRI(1.5テスラ; signa horizon, GE, Buckingham, UK)ではT2強調画像と拡散強調画像を用い、新鮮、もしくは陳旧性の分水嶺梗塞や主幹動脈領域の梗塞巣の検出を行った。頸動脈エコー、頸動脈MRA、頭蓋内MRAでは頭蓋内、外内頸動脈、中大脳動脈水平部、椎骨、脳底動脈を評価の対象とし閉塞、もしくは75%以上の狭窄病変の抽出を行った。該当症例は脳循環予備能の評価のために¹²³I-IMP single photon emission computed tomography (E.CAM, 東芝, 東京)(以下SPECT)を用いて局所脳血流

Fig. 1 Flow chart for selection of patients with high risk.

量(以下 rCBF)とダイアモックス反応性(以下 rCVR)を測定した。また症例によっては脳血管撮影もしくは3-D CT angiography (以下 3-DCTA)を追加した。脳動脈瘤や陳旧性出血、上記以外の陳旧性梗塞合併症例に関しては心臓血管外科医を通して患者へ情報を還元した。また無症候性新鮮脳梗塞の所見を認めた場合には心臓血管外科医と開心術の時期に関する検討を行った。上記方針は手稲溪仁会病院倫理委員会の承諾のもとに行った。われわれは以下の3群を high risk 群として定義した。group I, 頸部頸動脈90%以上の狭窄を有する症例(NASCETの計測に準ずる³¹⁾) ; group II, 内頸動脈もしくは中大脳動脈の閉塞, かつSPECT所見にて黒田のtype 2もしくはtype 3に属する症例¹⁸⁾¹⁹⁾ ; group III, 頭蓋内主幹動脈の75%以上の狭窄, かつSPECT所見より黒田のtype 2もしくはtype 3に属する症例。

Kuroda's Classification on SPECT findings: type 1, normal rCBF and rCVR; type 2, normal rCBF and reduced rCVR; type 3, reduced rCBF and rCVR; type 4, reduced rCBF and normal rCVR

2. 血行再建術

術式は high risk 群のタイプ, 心予備能に応じて, 1) 頸動脈ステント留置術(以下 CAS), 2) 頸動脈内膜切除術(以下 CEA), 3) 浅側頭動脈—中大脳動脈吻合術(以下 STA-MCA bypass), 4) 経皮的血管形成術(以下 PTA)が選択された。心予備能低下は, 1) 心拍出量30%以下, 2) 冠動脈3枝病変, 3) 左冠動脈主幹部病変, の所見をもとに心臓血管外科医が判断した。脳血行再建術は以下のプロトコルに沿って施行された。group I; 心予備能が保たれている症例に対してはCASもしくはCEAを脳外科先行で行う。心予備能低下症例には開心術と同時にCEAを行う。group II; 心予備能が保たれている症例に対してはSTA-MCA bypassを脳外科先行で行う。心予備能低下症例には脳血行再建術の適応はなしとする。group III; 心予備能の有無にかかわらず脳外科先行でPTAもしくはステント留置を行う。

結 果

1. High risk 群

開心術前のスクリーニングにより脳循環予備能低下や高度頸部内頸動脈閉塞性病変が予想され, SPECTや脳血管撮影などを行った症例は875例中54例(6.1%)であった。そのうち最終的に high risk 群に分類されたものは29例(3.3%)であった。CABG症例317例に限れば, SPECTや脳血管撮影などの精査を行ったものは42例(13.2%)で, high risk 群には26例(8.2%)が分類された。high risk 群

Fig. 2 The details of patients in high risk group and cooperative treatment group.

29例の内訳は group I が13例, group II が13例, group III が3例であった。

2. 血行再建術 (Fig. 2)

high risk 群29例のうち予防的血行再建術を行った症例は18例。そのうち2例は予防的脳血行再建術後の心臓の再評価によって治療方針が変更になり開心術が中止になったため合同治療を施行しえたのは16例であった。合同治療群16例での high risk 群の分類は, group I が11例で最も多く, group II が4例, group III が最も少なく1例であった。予防的脳血行再建術にはCASが7例(頭蓋内内頸動脈1例を含める), CEAが4例, STA-MCA が4例, PTA が1例に用いられた。手術時期は脳外科先行が14例, 開心術との同時が2例であった。開心術式はCABGのみが13例, 弁置換+CABGが1例, 弁置換のみが2例であった。CABGの術式の内訳では体外循環使用のconventionalが6例, 心拍動下冠動脈バイパス術(以下 OPCAB)が7例であった。脳外科手術症例(18例)の合併症は脳塞栓を1例, 高灌流障害を1例, 急性心筋梗塞を1例に認めた。脳塞栓と高灌流障害の症例は神経学的な後遺は残さなかったものの, 急性心筋梗塞の症例は頸動脈ステント1時間後に急性心筋梗塞を発症し緊急CABGを行ったがその後死亡した。心臓手術を行わなかった2例と心筋梗塞を発症した1例を除いた15例は, いずれも開心術周術期において脳梗塞は発症しなかった。high risk 群のうち13例には合同治療を施行しえなかった。施行しえなかった理由はいくつかあるが, 最も多かったのは group II で心予備能が低下している症例(予防的血行再建が病態的に不可能)で9例が分類された。このうちの2症例は脳・心臓いずれの病態も重篤で最終的にはどちらの治療も行わないこととなった。

Fig. 3 Radiological findings of Case 1. (A) Preoperative angiogram demonstrated severe stenosis of C5 portion of right internal carotid artery. Result of ^{123}I -HMP SPECT before (B) and after (C) acetazolamide loading revealed Type III on Kuroda's classification. (D) Post stenting angiogram. (E, F) Post operative ^{123}I -HMP SPECT showed Type I.

3. 開心術後脳梗塞

本検討に入った875例中870例になんらかの開心術が施行された。870例中、周術期脳梗塞は11例(1.3%)に認められた。脳梗塞の評価は、術後ICUもしくはCCUにて覚醒遅延、片麻痺などの巣症状、痙攣などを認めた全例にMRI(拡散強調画像を含む)を施行し³³⁾、責任病巣の確認を行った。画像所見より塞栓が原因と思われたものが10例、血行力学的なものが原因と思われたものを1例認めた。塞栓源は上行大動脈の動脈硬化が強かった症例や空気の除去が不十分と思われた症例、また術中にoff pumpからon pumpに切り替えた症例に発生した。脳幹梗塞を発症した症例に関しては術前の3-DCTAを再検討したところ左椎骨動脈の閉塞と右椎骨動脈の起始部に狭窄病変を認めていたため血行力学的脳梗塞と判断した。開心術の術式に関しては、大動脈置換術で5例、弁置換、もしくは弁置換+CABGで3例、CABGのみでは3例に脳梗塞が発症していた。脳梗塞発症症例の術後1カ月でのmRSはgrade 1が5例、grade 2が3例、grade 3が2例、grade 6が1例であった。

代表症例

〈症例1〉group III, ステント症例(Fig. 3)。

75歳男性。不安定狭心症(UAP)の診断で手稲溪仁会病院心臓血管外科に入院。術前の冠動脈造影では#1-50%、

#2-50%, #3-75%, #5-50%, #7-100%, #9-100%, #11-50%, #12-50%, #13-90%, #14-90%の狭窄を認めCABGを予定した。術前スクリーニングにて右半球に陳旧性脳梗塞と右頭蓋内内頸動脈の描出不良を認めた。IMP-SPECTではtype IIIの所見を認め、右内頸動脈はC5 portionにて99%の狭窄を認めた。開心術術前に右内頸動脈狭窄に対しballoon expanding stent, S-670 (Medtronic, Minneapolis, MN)を用いてCASを施行した。術後合併症は認めずIMP-SPECTでtype Iへ改善した。ステント留置10日後にOPCAB1枝(LITA-LAD)を施行した。術中に血圧の低下を認めたもののCABG後に脳梗塞は認めなかった。

〈症例2〉脳梗塞発症例(スクリーニング見落とし症例)(Fig. 4)。

70歳男性。11年前に他院にてCABG(3枝)の既往あり。洞不全症候群にてペースメーカー挿入後不安定狭心症を発症した。再冠動脈バイパス術の適応として当院心臓血管外科に紹介された。術前スクリーニングは3-DCTAにて行われたが、主幹動脈の閉塞や狭窄はなしと判断した。人工心肺心停止下の再冠動脈バイパス3枝(LITA-LAD, 大伏在静脈による右冠動脈後下行枝と右冠動脈AVへのsequential bypass)を行った。術後から構音障害、右外転神経麻痺、軽度の左片麻痺を発症した。CTでは橋右側の小梗塞を確認した。術前の3-DCTAを再検討したところ

Fig. 4 Case 2. (A) Radiological findings with severe stenosis of right vertebral artery (arrow) and occlusion of left vertebral artery (arrowhead) on 3-DCTA were recognized by retrospective review. (B) Postoperative CT demonstrated the low density area in the right pons.

左椎骨動脈の閉塞，右椎骨動脈の起始部狭窄が判明した。リハビリにて神経症状は改善したものの複視は後遺した。

考 察

1. High risk group の抽出

開心術中にどの程度の狭窄もしくは閉塞病変が頭蓋内・外にあった場合に周術期に血行力学的脳梗塞が生じるかということに関してはいくつかの報告があるが，統一見解は得られていない⁵⁾⁹⁾¹²⁾²⁸⁾⁴¹⁾。われわれは開心術中に人工心肺を使用した場合，高灌流で対応しても定常流のため血圧が60-80 mmHg 前後であること，総頸動脈にカニューレションした場合に内頸動脈に高度の狭窄があると過度の乱流のため，血栓形成を生じる可能性があることを考慮し，脳主幹動脈に関しては狭窄や閉塞があり，しかもSPECTで脳循環予備能が低下しているもの，頸動脈に関しては90%以上の高度狭窄を有するものをhigh risk groupとして定義することにした。

以前より冠動脈疾患と頸動脈病変の合併は数多く報告されており，その頻度は約8%程度とされている¹⁻⁴⁾⁷⁾¹⁴⁻¹⁶⁾²⁰⁾²²⁾。冠動脈疾患と頭蓋内血管病変との関連については1996年にUeharaらが虚血性心疾患にて冠動脈造影を受けた日本人67名に対する頭蓋外，頭蓋内MRAの精査結果を報告した⁴⁰⁾。この報告では狭窄病変の定義を25%以上の狭窄としたために頭蓋内・頭蓋外狭窄病変の合併率は32.8%と高いが，高度狭窄(75%以上狭窄)に限るとその頻度は4.5%であった。今回われわれの結果では，開心術予定患者875例中6.1%に上る54例が主幹動脈に75%以上の狭窄が疑われ，脳血流検査や脳血管撮影を受けた。さらに

CABG予定症例の317例に限れば，頭蓋内・外の高度狭窄・閉塞病変の合併率は13.2%になった。この合併率の高さは，CABGを受ける患者群は最も全身の動脈硬化性変化が強い群であることに加え，元来頭蓋内血管病変は白人と比較するとアジア人や黒人に多いことに関連していると考えられる⁶⁾¹⁰⁾¹³⁾²¹⁾。

2. 血行再建術の術式と時期

血行再建術の術式としてはCASが7例で最も多かった。われわれは頸動脈狭窄病変に関してはCEAを優先する方針をとっているが，本来頸動脈疾患の治療を目的とする患者群ではないため，結果としてCASを施行する患者が多かった。CASは全例局所麻酔下で行ったが，冠動脈疾患や心不全を併発している患者のステント留置後の徐脈，低血圧には最大限の注意が必要である²³⁾。われわれは本検討初期にCAS直後のSPECT中に心筋梗塞を続発した症例を経験している。それ以降CAS後はいったんICUにて血圧や心機能を十分管理したのちに諸検査を行うこととした。現在はself-expanding stentを用いているために極端な徐脈や低血圧は少なくなったが，balloon-expanding stentを用いる場合には緩徐なballoonのinflationに心がけるべきである。

CEAに関しては2期的手術と1期的手術のいずれの有効性が高いかに関してはいまだ結論は出ていない⁸⁾²⁰⁾²⁹⁾。しかし高度狭窄の症例(70%もしくは80%以上の狭窄率)に対しては1期的手術の有効性を強調する報告も多い¹⁷⁾²⁴⁾²⁷⁾³⁹⁾。われわれの治療対象群はすべて高度狭窄病変を有する症例であったが，2期的か1期的かは心予備能によ

て判断した。われわれは心予備能が低く、術中の循環動態の変動によって容易に心機能の悪化が予想される症例に対して1期的にCEAを行った。2期的の場合でもCEA術中に緊急IABPが施行できるように大腿動静脈を確保してCEAを行った。1期的CEAの手順としてはCEAを行ってから(頸部の創は閉創したのち)開心術に移行した¹¹⁾。重症冠動脈病変を有する症例に脳合併症予防目的でSTA-MCA bypassを行った報告はいまだない。STA-MCA bypassはすべて2期的手術として脳外科手術を先行させた。脳循環予備能が低下し、かつ心予備能が保たれている症例のみが治療の対象になった。浅側頭動脈の前頭枝、頭頂枝を中大脳動脈M4に吻合する通常のbypassを行った。4例とも術中の循環動態はむしろCEAより安定していた。予防的血行再建がなんらかの利用で不可能だった症例に対しては、OPCABや術中低体温、高灌流での体外循環を行い虚血脳合併症の予防に努めた。OPCABは脳灌流を減少させないことにより周術期脳梗塞の発生を減少できるとの報告がみられるが³⁰⁾³²⁾、回旋枝へのバイパスが困難であったり、心臓を脱転した際に急激な血圧低下をきたしたり、術野が静止していないなどの問題もあり、すべての症例に対し適応があるわけではない。

3. 予防的血行再建術は周術期の脳梗塞を減少させたか？

当初、われわれは本検討開始前後における開心術周術期脳梗塞の発生頻度やその転帰を統計学的にも比較検討する予定であったが、検討前の正確な周術期脳梗塞症例数(臨床症状と画像所見の得られる症例)をカルテから把握することはできなかった。意識障害を呈するような大梗塞や巣症状のはっきりした脳梗塞のみを対象とすると、1999年1月～2001年6月までの開心術総数493例中、7例(1.41%)に周術期脳梗塞が認められた。特筆すべきはその転帰の悪さで、発症1カ月後のmodified Rankin Scale(以後mRS)はgrade 3が3例、grade 4が1例、grade 6が3例であった。

本検討では開心術870例中、周術期脳梗塞は11例(1.3%)に認められた。MRIの所見からは塞栓が原因と思われたものが10例、血行力学的な梗塞が1例であった。合同治療を行った15例にも周術期脳梗塞の発症がなかったことを鑑みると、本治療方針では開心術周術期の血行力学的脳梗塞の抑制に寄与した可能性は示唆される。もともと開心術に伴う脳梗塞は塞栓症が多く、われわれは本治療方針がそく開心術周術期の脳梗塞発症率低下に大きな影響を及ぼすとは考えていないが、開心術周術期に積極的に脳梗塞の検出を行った結果としての1.3%は過去の報告(5%前後)と比較しても評価できる数字と考えている。本結果の注目すべきもうひとつの点として脳梗塞の転帰が改善したことが

あげられる。11例の脳梗塞発症1カ月後のmRSは転帰良好とされる1, 2の合計が73%であった。本検討前では転帰良好例はそもそも検出されていなかった可能性があり比較検討はできないが、重症例に関しては本検討前の発生率が1.41%であるのに対し、本検討後は0.34%で明らかに減少した。重症例が減少した理由としてわれわれは脳血行再建術を行うことによって栓子が飛んでも脳循環動態が改善されているために大梗塞に陥らなかったと推測している。

ま と め

心臓血管外科医、脳神経外科医が合同で開心術周術期脳梗塞の予防のために術前スクリーニングを行い、頭蓋外・頭蓋内の狭窄もしくは閉塞病変をもつhigh risk群の抽出を行った。その結果開心術予定患者全体の3.3%、CABG予定患者に限れば8.2%がhigh risk群に分類された。そのうち16例は予防的血行再建を開心術術前もしくは同時に行った。本治療方針により開心術周術期脳梗塞の発生頻度が低下したかは不明であるが、その予後は改善した可能性がある。

文 献

- 1) Andersen CA, Weiser HC, Greenfield NE: Asymptomatic carotid artery disease in patients presenting with angiographically proven coronary artery disease. *Am J Surg* 50: 473-475, 1984
- 2) Balderman SC, Gutierrez IT, Makula P, *et al*: Noninvasive screening for asymptomatic carotid artery disease prior to cardiac operation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 85: 427-433, 1983
- 3) Barnes RW, Liebman PR, Marszalek PB, *et al*: The natural history of asymptomatic carotid disease in patients undergoing cardiovascular surgery. *Surgery* 90: 1075-1083, 1981
- 4) Brenner BJ, Brief DK, Alpert J, *et al*: The risk of stroke in patients with asymptomatic carotid stenosis undergoing cardiac surgery: a follow-up study. *J Vasc Surg* 1: 269-279, 1987
- 5) Bucerius J, Gummert JF, Borger MA, *et al*: Stroke after cardiac surgery: a risk factor analysis of 16,184 consecutive adult patients. *Ann Thorac Surg* 75: 472-478, 2003
- 6) Caplan LR, Gorelick PB, Hier DB: Race, sex and occlusive cerebrovascular disease: a review. *Stroke* 17: 648-655, 1986
- 7) D'Agostino RS, Svensson LG, Neumann DJ, *et al*: Screening carotid ultrasonography and risk factors for stroke in coronary artery surgery patients. *Ann Thorac Surg* 62: 1714-1723, 1996
- 8) Daily PO, Freeman RK, Dembitsky WP, *et al*: Cost reduction by combined carotid endarterectomy and coronary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 113: 423-425, 1997
- 9) Dashe JF, Pessin MS, Murphy RE: Carotid occlusive disease and stroke risk in coronary artery bypass surgery. *Neurology* 49: 678-686, 1997
- 10) Feldmann E, Daneault N, Kwan E, *et al*: Chinese-white differences in the distribution of occlusive cerebrovascular disease. *Neurology* 40: 1541-1545, 1990

- 11) Fukuda I, Osaka M, Nakata H, *et al*: Clinical outcome for coronary artery bypass grafting in patients with severe carotid occlusive disease. *J Cardiol* 38: 303-309, 2001
- 12) Gaudino M, Glieda F, Alessandrini F, *et al*: Individualized surgical strategy for the reduction of stroke risk in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 67: 1246-1253, 1999
- 13) Gorelick PB, Caplan LR, Hier DB, *et al*: Racial differences in the distribution of anterior circulation occlusive disease. *Neurology* 34: 54-59, 1994
- 14) Hennerici M, Hulsbomer HB, Heftner H, *et al*: Natural history of asymptomatic extracranial arterial disease: results of a long-term prospective study. *Brain* 110: 779-791, 1987
- 15) Ivey TD, Strandness DE, Williams DB, *et al*: Management of patients with carotid bruit undergoing cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 87: 183-189, 1984
- 16) Kaul FK, Fields BL, Wyatt DA, *et al*: Surgical management in patients with coexistent coronary and cerebrovascular disease. *Chest* 106: 1349-1357, 1994
- 17) 小松洋治, 中井 啓, 青木一泰, ほか: 冠動脈狭窄と無症候性頸動脈狭窄の合併に対する一期的手術の3症例. *No Shinkei Geka* 29(1): 65-69, 2001
- 18) Kuroda S, Kamiyama H, Abe H, *et al*: Acetazolamide test in detecting reduced cerebral perfusion reserve and predicting long-term prognosis in patients with internal carotid artery occlusion. *Neurosurgery* 32: 912-917, 1993
- 19) Kuroda S, Houkin K, Kamiyama H, *et al*: Long-term prognosis of medically treated patients with internal carotid or middle cerebral artery occlusion. Can acetazolamide test predict it? *Stroke* 32: 2110-2116, 2001
- 20) Lazar HL, Menzoian JO: Coronary artery bypass grafting in patients with cerebrovascular disease. *Ann Thorac Surg* 66: 968-974, 1998
- 21) Leung SY, Ng THK, Yuen ST, *et al*: Pattern of cerebral atherosclerosis in Hong Kong Chinese: severity in intracranial and extracranial vessels. *Stroke* 24: 779-786, 1993
- 22) Loop FD: Changing management of carotid stenosis in coronary artery surgery patients. *Ann Thorac Surg* 45: 591-592, 1988
- 23) Lopes DK, Mericle RA, Lanzino G, *et al*: Stent placement for the treatment of occlusive atherosclerotic carotid artery disease in patients with concomitant coronary artery disease. *J Neurosurg* 96: 490-496, 2002
- 24) 松崎賢司, 松井喜朗, 椎谷紀彦, ほか: 症候性頸動脈病変を有する虚血性心疾患患者に対する外科治療経験. 胸部外科 54(5): 401-405, 2001
- 25) McKhann GM, Goldsborough MA, Borowicz LM Jr, *et al*: Predictors of stroke risk in coronary artery bypass patients. *Ann Thorac Surg* 63: 516-521, 1997
- 26) McKhann GM, Grega MA, Borowicz LM Jr, *et al*: Encephalopathy and stroke after coronary artery bypass grafting: incidence, consequences, and prediction. *Arch Neurol* 59: 1422-1428, 2002
- 27) Meharwal ZS, Mishra A, Trehan N: Safety and efficacy of one stage off-pump coronary artery operation and carotid endarterectomy. *Ann Thorac Surg* 73: 793-797, 2002
- 28) Mickleborough LL, Walker PM, Takagi Y, *et al*: Risk factors for stroke in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 112: 1250-1259, 1996
- 29) Moore K, Barnett HJM, Beebe HG: Guidelines for carotid endarterectomy: A multidisciplinary consensus statement from the ad hoc committee, American Heart Association. *Stroke* 26: 188-201, 1995
- 30) Murkin JM, Boyd WD, Ganapathy S, *et al*: Beating heart surgery: why expect less central nervous system morbidity? *Ann Thorac Surg* 68: 1498-1501, 1999
- 31) North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) Steering Committee: North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial: methods, patient characteristics, and prognosis. *Stroke* 22: 711-720, 1991
- 32) Puskas JD, Wright CE, Ronson RS, *et al*: Off-pump multivessel coronary bypass via sternotomy is safe and effective. *Ann Thorac Surg* 66: 1068-1072, 1998
- 33) Restrepo L, Wityk RJ, Grega MA, *et al*: Diffusion- and perfusion-weighted magnetic resonance imaging of the brain before and after coronary artery bypass grafting surgery. *Stroke* 33: 2909-2915, 2002
- 34) Ricotta JJ, Faggioli GL, Castilone A, *et al*: Risk factors for stroke after cardiac surgery: Buffalo Cardiac-Cerebral Study Group. *J Vasc Surg* 21: 359-364, 1995
- 35) Roach GW, Kanchuger M, Mangano CM, *et al*: Adverse cerebral outcomes after coronary bypass surgery. *N Engl J Med* 335: 1857-1863, 1996
- 36) Salazar JD, Wityk RJ, Grega MA, *et al*: Stroke after cardiac surgery: short- and long-term outcomes. *Ann Thorac Surg* 72: 1195-1201, 2001
- 37) Sanguigni V, Gallu M, Strano A: Incidence of carotid artery atherosclerosis in patients with coronary artery disease. *Angiology* 44: 34-38, 1993
- 38) Sotaniemi KA: Long-term neurologic outcome after cardiac operation. *Ann Thorac Surg* 59: 1336-1339, 1995
- 39) Trachiotis GD, Pfister AJ: Management strategy for simultaneous carotid endarterectomy and coronary revascularization. *Ann Thorac Surg* 64: 1013-1018, 1997
- 40) Uehara T, Tabuchi M, Hayashi T, *et al*: Asymptomatic occlusive lesions of carotid and intracranial arteries in Japanese patients with ischemic heart disease. *Stroke* 27: 393-397, 1996
- 41) Yoon BW, Bae HJ, Kang DW, *et al*: Intracranial cerebral artery disease as a risk factor for central nervous system complications of coronary artery bypass graft surgery. *Stroke* 32: 94-99, 2001