

Off-pump CABG術中における脳循環動態変化の検討 脳内酸素飽和度モニターによる評価

三坂 昌温 内村 智生 重松 宏

要 旨 : off-pump CABG(OPCAB)における心臓展開(脱転)に伴う脳血流への影響について脳内酸素飽和度モニターを用い検討した。IABP併用の有無, 術後譫妄発生の有無, 頸動脈病変併存の有無, 術前低左心機能の有無によるLCX領域吻合前後の局所酸素飽和度(regional oxygen saturation: rSO_2)値の減少量には有意差($p < 0.05$)を認めた。本法はOPCAB術中の脳循環モニターとして有用であり, rSO_2 値の安定により, 術後脳合併症を回避できる可能性が示唆された(J Jpn Coll Angiol, 2006, 46: 611-620)

Key words: off-pump CABG, regional cerebral oxygen saturation monitoring, brain dysfunction, intraaortic balloon pumping (IABP)

はじめに

心拍動下冠動脈バイパス(off-pump coronary artery bypass grafting: OPCAB)は, 人工心肺の使用による血栓塞栓症の危険が少なく, high risk症例に対して積極的に選択される術式である。しかし, 心臓側面の回旋枝領域へのバイパス手技のために心臓を脱転する際には, 心拍出量の低下による脳循環への悪影響が危惧される。そこで, OPCAB施行時に局所脳内酸素飽和度モニターを用いて術中脳血流の評価を行い, 手術手技による脳循環への影響および術後脳合併症を回避する対策について検討した。

対象と患者背景

1998年1月より2004年12月の間に当院にてOPCABを施行した120例(minimally invasive direct coronary artery bypass grafting: MIDCAB, 7例を含む)のうち, 局所脳内酸素飽和度モニターの記録を行った70例を対象とした。男性62例, 女性8例, 平均年齢は 67 ± 8 (47 ~ 84)歳であった。術前併存症は, 高血圧症が5例, 高脂血症が21例, 糖尿病が24例, 末梢血管病変および腹部大動脈瘤が16例, 高度頸動脈病変($> 70\%$ 狭窄)が6例,

術前脳梗塞が5例, 腎機能障害が6例であった。冠動脈主幹部病変が10例, 低左心機能($EF < 40\%$)が9例, 不安定狭心症が4例であった(Table 1)。頸動脈狭窄の併存率は中等度狭窄(50 ~ 70%)の7例を含めて18.6%であった。大動脈内バルーンパンピング(intraaortic balloon pumping: IABP)併用症例は12例であった。また, 大量出血例および, 術前自己血貯血量を大きく超えて術中輸血を行った症例は除外した。

方 法

局所酸素飽和度(regional oxygen saturation: rSO_2)測定にはTOSTEC社製TOS-96モニターを使用し¹⁾, 麻酔導入後に患者前額部に rSO_2 センサーを装着, 連続的に測定した。バイパス吻合前(心臓脱転前)のグラフト採取時で循環動態の安定した時期の rSO_2 測定値を基準値(base line)とし, 吻合手技(心臓脱転)とIABP併用の有無による rSO_2 の測定値, 低下率やこれらに影響した因子について検討を行った。また, rSO_2 測定値はその枝に対してoff-pump CABGを行っていた時のものとした。バイパス吻合部位別に前壁群(LAD群): left anterior descending artery(LAD), diagonal branch(D1, D2)へのバイパス, 後側壁群(LCX群): obtuse marginal

Table 1 Patient characteristics (1)

No. of patients	70
Male/Female patients	62/8
Study period	1998.1–2004.12
Age (y.o)	67 ± 8 (47–84)
Hypertention	5
Hyperlipidemia	21
Diabetes	24
PAD/AAA	16
LMT	10
Unstable angina pectoris	4
Low LV function (EF < 40%)	9
Carotid artery disease (> 70% stenosis)	6
Preoperative stroke	5
Preoperative renal dysfunction	6

PAD: peripheral arterial disease, AAA: abdominal aortic aneurysm, LMT: left main trunk, LV: left ventricle, EF: ejection fraction

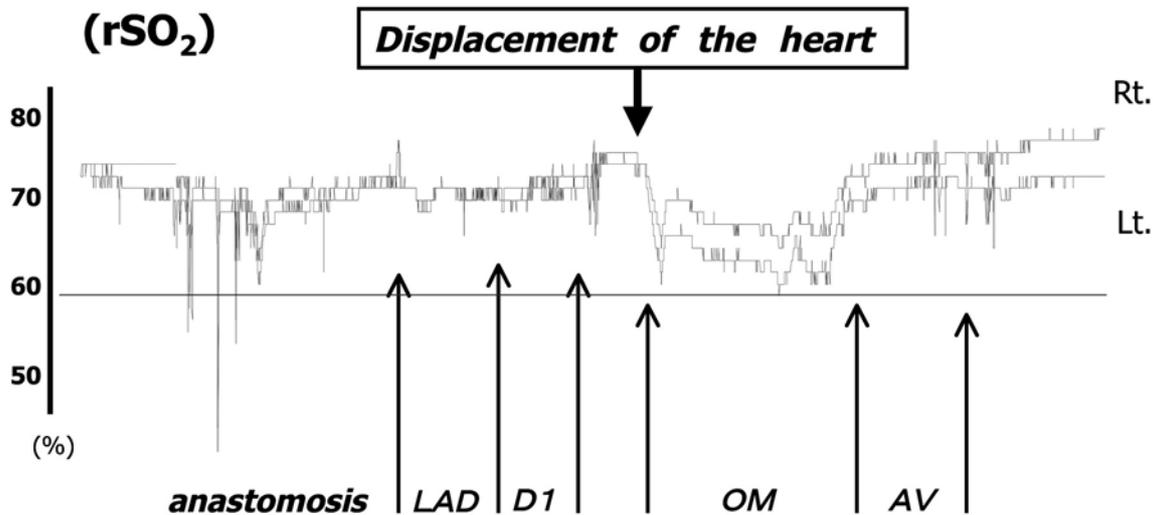


Figure 1 Changes in regional cerebral oxygen saturation (rSO₂) during operation. rSO₂ value decreased by displacement of the heart.

branch(OM), posterolateral branch(PL), highlateral branch(HL)へのバイパス, 下壁群(RCA群): right coronary artery(RCA), posterior descending artery(PD), atrio-ventricular branch(AV)へのバイパスの3群に分け, 心臓脱転前と脱転中のrSO₂値の最低値を比較検討した。また, 術後譫妄を生じた症例をTrzepaczら²⁾の臨床症状による譫妄の臨床評価尺度(delirium rating scale: DRS)を用い, DRS 12点以上を術後譫妄とした。譫妄症状の

重症度判定により3群に分類して, DRS 12~17点を mild delirium(軽度譫妄), 18~28点を moderate delirium(中等度譫妄), 28点以上を severe delirium(重度譫妄)とし, rSO₂減少量と比較検討した。

統計解析

数値は平均 ± 標準偏差(SD)により表し, 吻合部位別比較は分散分析法を用い, 群内での比較はANOVA

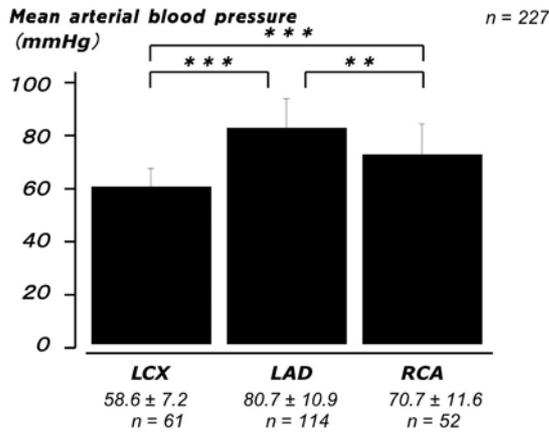


Figure 2 The mean arterial blood pressure during anastomoses of the left circumflex coronary artery (LCX), left anterior descending coronary artery (LAD), and right coronary artery (RCA) were 58.6 ± 7.2 , 80.7 ± 10.9 , 70.7 ± 11.6 mmHg, respectively. The mean arterial blood pressure during anastomosis of the LCX were significantly lower than those during anastomosis of the LAD and RCA ($p < 0.001$).
 : $p < 0.01$, *: $p < 0.001$

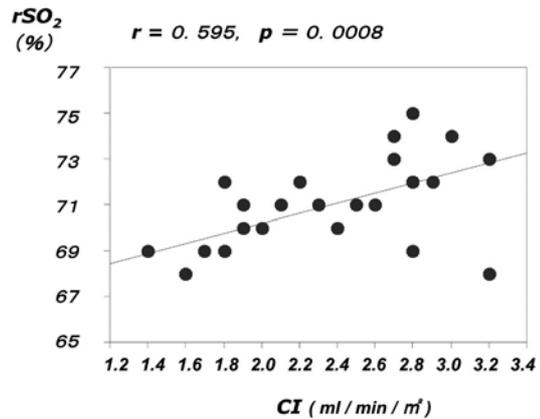
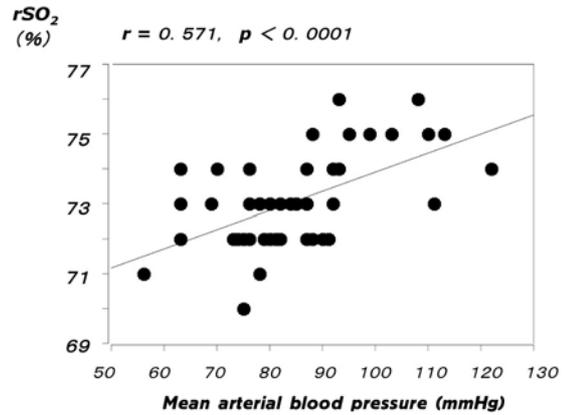


Figure 3 Correlation between value of regional oxygen saturation (rSO_2) and mean arterial blood pressure ($r = 0.571$, $p < 0.0001$) and cardiac index (CI, $r = 0.595$, $p = 0.0008$) during anastomoses.

(Scheffe's test)を、2群間の比較にはPaired-*t*-testを、影響した因子の検討にはlogistic regression analysisを用いて行い、 $p < 0.05$ を統計学的有意差ありとした。

結 果

MIDCABを除くすべての症例は胸骨正中切開にて手術を施行した。平均バイパスグラフト本数は 3.2 ± 0.9 (2~5)本で、使用グラフトは左内胸動脈(LITA: left internal thoracic artery) 8本、右内胸動脈(RITA: right internal thoracic artery) 20本、橈骨動脈(RA: radial artery) 43本、胃大網動脈(GEA: gastroepiploic artery) 34本、大伏在静脈(SVG: saphenous vein graft) 36本であった。バイパスは合計227カ所に対し施行した。その内訳は、吻合部位別にLAD群が114カ所、RCA群が52カ所、LCX群が61カ所であった。

心臓展開(脱転)とともに術中の rSO_2 測定値は下降し、脱転解除とともに上昇していた(Fig. 1)。

術中血圧の平均値は、 72.4 ± 13.7 mmHg(LAD群 80.7 ± 10.9 mmHg, LCX群 58.6 ± 7.2 mmHg, RCA群 70.7 ± 11.6 mmHg)であった。 rSO_2 と平均血圧、心係数は相関関係にあった(Fig. 2, 3)。

rSO_2 測定値の最大は $70.5 \pm 6.7\%$ 、最小は $62.9 \pm 7.2\%$ 、base line rSO_2 は $67.1 \pm 6.8\%$ であった。base lineから

の減少量は3%以下が38例、4~5%が21例、6~7%が7例、8~9%が2例、10%以上が2例であった(Table 2)。

吻合部位別 rSO_2 値を比較すると、平均値、心臓脱転前後での減少値、減少量はおおの、LAD群 $1.7 \pm 2.1\%$ 、 $64.7 \pm 8.6\%$ 、 $2.2 \pm 3.5\%$ 、LCX群 $4.4 \pm 1.8\%$ 、 $60.9 \pm 9.7\%$ 、 $6.5 \pm 2.7\%$ 、RCA群 $2.9 \pm 2.3\%$ 、 $63.2 \pm 9.3\%$ 、 $4.2 \pm 3.9\%$ であり、LCX群の減少値、減少量がともに大きく変化し、3群間で有意差($p < 0.05$)を認めた(Fig. 4)。

IABP(intra aortic balloon pumping)併用の有無による rSO_2 値(併用/非使用)は、LCX群 $64.3 \pm 6.8/58.9 \pm 4.5$ 、LAD群 $67.9 \pm 6.0/65.7 \pm 4.3$ 、RCA群 $66.7 \pm 6.5/61.5 \pm 5.4$ とLCX群においてIABP併用の有無により rSO_2 値の有意な変化($p < 0.05$)を認めた(Table 3)。

吻合部位別比較では、LCX病変に対する吻合手技

Table 2 Patient characteristics (2)

OPCAB	70 patients
Average of grafts	3.2 ± 0.9 grafts
Grafts (number of patients)	
LITA	68
RITA	20
RA	43
GEA	34
SVG	36
Scheduled IABP	12 patients
Target coronary arteries (number of patients)	
LAD, D	114
RCA, PD, AV	52
OM, PL	61
Baseline rSO ₂	67.1 ± 6.8%
Minimum rSO ₂	62.9 ± 7.2%
Maximum rSO ₂	70.5 ± 6.7%
Decrease from baseline (number of patients)	
-3%	38
4-5%	21
6-7%	7
8-9%	2
10%-	2

OPCAB: off-pump coronary artery bypass, LITA: left internal thoracic artery, RITA: right internal thoracic artery, RA: radial artery, GEA: gastroepiploic artery, SVG: saphenous vein graft, IABP: intra aortic balloon pumping, LAD: left anterior descending coronary artery, RCA: right coronary artery, PD: posterior descending artery, AV: atrioventricular branch of the RCA, OM: obtuse marginal branch of the LCX, PL: postero-lateral branch of the LCX, LAD Group: LAD or diagonal branch of the LAD, LCX (left circumflex coronary artery) Group: OM or PL, RCA Group: RCA or PD or AV, rSO₂: regional oxygen saturation, Mean ± SD

は、他のLAD領域、RCA領域への吻合手技に比し、よりrSO₂値の低下を来し、その影響はIABP併用の有無により有意に変化した。LCX領域吻合時の心脱転とその他部位の吻合時のbase lineからの減少量はLCX群7.0 ± 5.0%、その他4.3 ± 2.8%(p < 0.05)であった。

IABPの併用の有無による脱転前後の減少量は有6.1 ± 5.2%、無9.9 ± 5.8%(p < 0.05)であった。

術前合併症の有無からみたrSO₂値の減少量は、頸動脈病変併存例が有10.1 ± 4.4%、無6.0 ± 4.1%(p < 0.05)、術前脳梗塞症例が有5.1 ± 2.4%、無6.5 ± 4.4%(ns)であった。

side clamp併用におけるrSO₂減少量は有6.1 ± 3.4%、無6.6 ± 4.7%(ns)、術後譫妄を認めた症例の減少量は

有8.1 ± 5.2%、無5.6 ± 3.6%(p < 0.05)、術前低左心機能症例(EF < 40%)では有9.9 ± 6.4%、無6.0 ± 3.2%(p < 0.05)であった。LCX病変に対する手技、IABP併用、術前頸動脈病変の存在、術後譫妄を生じた症例、EF < 40%の低左心機能症例においては、rSO₂減少量は脱転前後で有意差を認めた(p < 0.05)(Table 4)。

術後譫妄を認めた症例は、軽度のを含めると21例であったが、術後脳梗塞を認めた症例はなかった。譫妄患者の平均DRS scoreは19.7 ± 7.3点であった。重症度分類した3群のrSO₂減少量は、mild群が1.4 ± 2.1%、moderate群が2.5 ± 2.8%、severe群が5.0 ± 1.5%であった。rSO₂低下率が大きいものほどDRS scoreは高い傾向を示し、mild群とsevere群の間で有意差を認めた(p

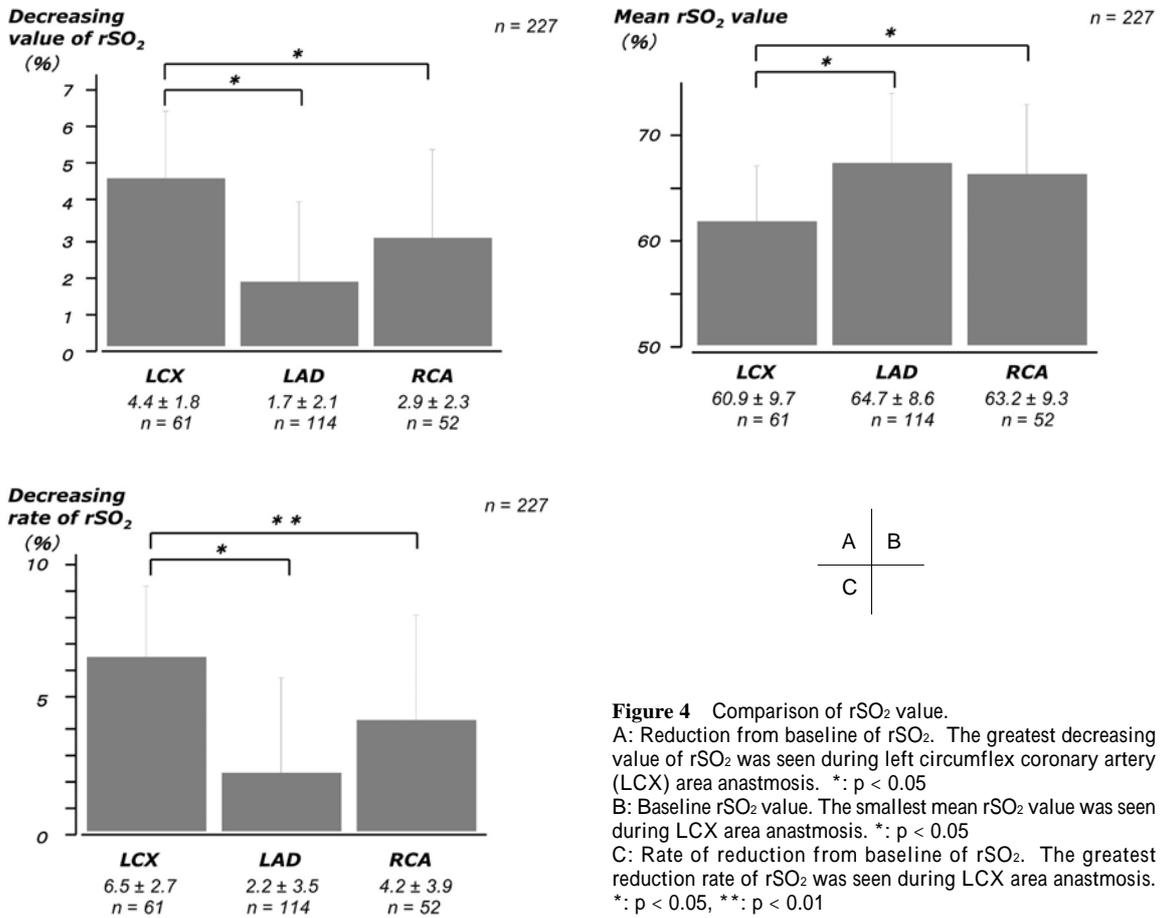


Figure 4 Comparison of rSO₂ value.
 A: Reduction from baseline of rSO₂. The greatest decreasing value of rSO₂ was seen during left circumflex coronary artery (LCX) area anastomosis. *: p < 0.05
 B: Baseline rSO₂ value. The smallest mean rSO₂ value was seen during LCX area anastomosis. *: p < 0.05
 C: Rate of reduction from baseline of rSO₂. The greatest reduction rate of rSO₂ was seen during LCX area anastomosis. *: p < 0.05, **: p < 0.01

< 0.05 (Fig. 5)。独語や失見当識障害などの軽度譫妄症例に比し、タッチガードなどの体幹部抑制の使用や薬物治療を要した重度譫妄群は、優位にrSO₂値が低下していた。rSO₂平均値においては、mild ~ moderate群が65.5 ± 4.6%、severe群が59.2 ± 6.0%と低く、有意差を認めた(p < 0.05 (Fig. 6))。

logistic regression analysis(独立因子: rSO₂ > 8%)にて、rSO₂値に有意に影響した因子を検討したところ、LCX領域への心臓脱転手技、IABP併用の有無、術前頸動脈病変併存例、低左心機能症例(EF < 40%)であった。年齢についてはrSO₂値に影響する傾向を認めた。

術後不整脈を5例に認め、すべて一過性の心房細動であった。うち1例は治療に抵抗性であり、warfarinの内服を要した。術後創部感染を1例に認めた。手術死亡および病院死亡を認めなかった。

考 察

OPCABにおける心臓脱転に伴う脳血流への影響を脳内酸素飽和度モニターにて検討したところ、IABP併用の有無、頸動脈病変併存の有無、術前低左心機能の有無、術後譫妄発生の有無によりrSO₂値の減少量に有意差(p < 0.05)を認め、心臓脱転による脳血流へ影響を与える因子と考えられた。本法はOPCAB術中の脳循環モニターとして有用であり、rSO₂値の安定により、術後脳合併症を回避できる可能性が示唆された。

近年、OPCABにおける手術手技の工夫、進歩はめざましく、硬膜外麻酔によるawake coronary artery bypass³⁾をはじめとして、より低侵襲化へ向かっている。またその手技の有効性、安全性はより高くなり、ほぼ確立された方法といえる^{4,5)}。しかし、手術に伴う合併症がなく

Table 3 Comparison of rSO₂ value using IABP

IABP	used	not used	p value
LCX	64.3 ± 6.8	58.9 ± 4.5	p < 0.05
LAD	67.9 ± 6.0	65.7 ± 4.3	ns
RCA	66.7 ± 6.5	61.5 ± 5.4	ns

IABP: intra aortic balloon pumping, LCX: LCX group; OM or PL, OM: obtuse marginal branch of the LCX, PL: posterolateral branch of the LCX, LCX: left circumflex coronary artery, LAD: LAD group; LAD or diagonal, LAD: left anterior descending coronary artery, RCA: RCA group; RCA or PD or AV, RCA: right coronary artery, PD: posterior descending artery, AV: atrioventricular branch of the RCA, Mean ± SD

Table 4 Comparison of the rate of reduction from baseline of rSO₂

	Yes (%)	No (%)	p value
LCX revascularization	7.0 ± 5.0	4.3 ± 2.8	p < 0.05
IABP	6.1 ± 5.2	9.9 ± 5.8	p < 0.05
Carotid artery disease	10.1 ± 4.4	6.0 ± 4.1	p < 0.05
Preoperative stroke	5.1 ± 2.4	6.5 ± 4.4	ns
Side clamp	6.1 ± 3.4	6.6 ± 4.7	ns
Postoperative delirium	8.1 ± 5.2	5.6 ± 3.6	p < 0.05
Reduced LVEF (EF < 40%)	9.9 ± 6.4	6.0 ± 3.2	p < 0.05

LCX: left circumflex coronary artery, IABP: intra aortic balloon pumping, LVEF: left ventricular ejection fraction, Yes: with or used, No: without or not used, Mean ± SD

なったわけではない。特に、術中に生じた脳梗塞は術後麻酔からの覚醒が得られなければわからず、対処が遅れがちであることから、何よりも術中に脳梗塞あるいは脳血流量の減少、脳虚血状態を引き起こさない工夫が必要である。今回、われわれは脳循環モニターとして、近赤外線を利用した局所脳内酸素飽和度モニターを使用し、有用性と脳虚血状態の回避の可能性につき検討した。

脳血流量を評価する脳循環代謝モニターとしては、塞栓源としてのリスク判断として利用されている経頭蓋超音波ドプラ (transcranial Doppler: TCD) や頸静脈酸素飽和度 (SjO₂) の測定、脳内酸素飽和度モニター (rSO₂) がある。SjO₂測定は、精度もよく手技として確立されたものであるが、脳血流量、脳酸素代謝量 (需要と供給) 単独の変化を知ることはできず⁶⁾、カテーテル挿入の必要から低侵襲とはいえない。これらの方法に比べて、rSO₂モニターは低侵襲であるとともに簡便かつリ

アルタイムに観察可能であることからOPCAB術中の脳血流の変化を把握する有効な方法と考えられる。

今回使用したrSO₂モニターは、近赤外線分光法 (near-infrared spectroscopy: NIRS) の一種であり、生体組織を透過してきた近赤外線の透過量を計測することによって脳内組織の酸素化状態をモニターし^{7,8)}、脳組織内の酸素飽和度をリアルタイム、無侵襲かつ連続的に測定することが可能である。rSO₂測定値はセンサー直下の前頭葉に存在する組織、毛細血管に存在する血液の酸素飽和度 (代謝) を示しており、その正常範囲はSaO₂ 95 ~ 100%、SvO₂ 45 ~ 67%のとき57 ~ 75%とされている。安全域は文献により異なり、脳障害との関連では35 ~ 60%と幅があり、確実なものとはいえないが、60%を下限とする施設が多かった。Levyら⁹⁾によると、脳内rSO₂値は主に脳実質における静脈血の飽和度を反映しており、不整脈出現に伴う低血圧時の脳虚血を示唆するrSO₂の閾値は47%であったと結論づけて

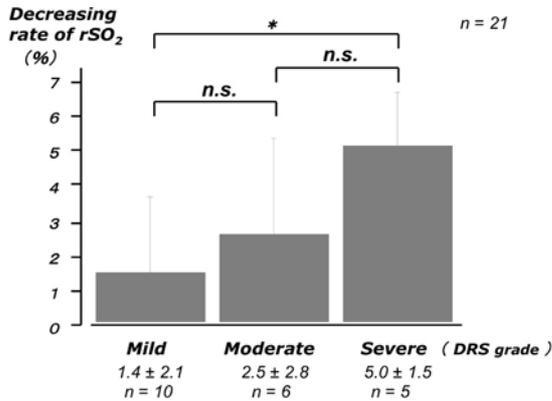


Figure 5 Decreasing rate of rSO₂ by the DRS grade. Patients with mild postoperative delirium after OPCAB had smaller reduction rate of rSO₂ than those with severe delirium (1.4 ± 2.1 vs 5.0 ± 1.5%, p < 0.05). No differences were found in those with moderate delirium (1.4 ± 2.1 vs 2.5 ± 2.8 %, ns). *: p < 0.05

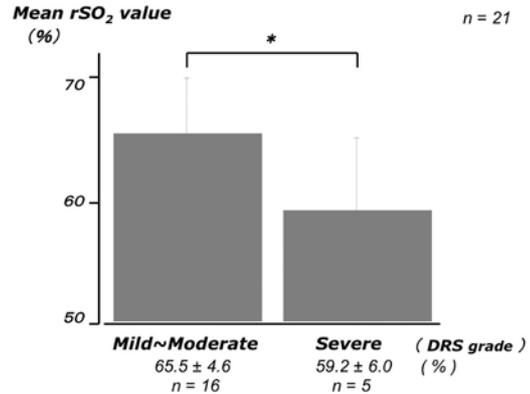


Figure 6 Mean rSO₂ value by the DRS grade. Mean rSO₂ value of patient with mild-to-moderate and severe postoperative delirium. Patients with severe postoperative delirium had smaller mean rSO₂ value than those with mild-to-moderate delirium (65.5 ± 4.6 vs 59.2 ± 6.0). *: p < 0.05

いる。しかしながら、術後譫妄群のrSO₂値はその値を下回る症例は認めなかったものの、術後管理に影響を及ぼすような術後譫妄を21例に引き起こした。

conventional CABGにおける術後脳梗塞等の中枢神経合併症の発生頻度は、0.9~5.2%と報告されている¹⁰⁾。頭頸部血管病変が存在する場合は、脳梗塞等の脳合併症を起こす危険度はさらに上がる¹¹⁻¹³⁾。Mickleboroughら¹⁴⁾は頸動脈エコーで70%以上の頸動脈狭窄例のうち3.2%、閉塞例のうち27.3%で術後脳血管障害を認めたと報告しているが、頸動脈病変併存例に対するCABGの頸動脈病変への治療方針は施設により異なるため、術後譫妄、脳梗塞の頻度も施設で異なると思われる。

一方、OPCABにおいては、微小塞栓などによる術後中枢神経障害は少ないと報告されているが、近年、高齢者、重症例者に対するOPCAB選択による症例増加により、手術死亡率の減少を認める反面、脳合併率が増加している^{15,16)}。一般的に、OPCAB術中の血圧変動は手術手技により影響を受けるが、主に吻合時の心臓展開、特にLCX領域の吻合操作時に伴い生じる。展開とともにrSO₂値は低下しており(Fig. 1)、右室拡張障害に起因した心拍出量の低下により、血圧、冠血流、心機能等は低下を認め、循環動態は不安定となる。それに伴い脳血流は低下し¹⁷⁾、術中、術後脳神経合併症、術後精神障害、譫妄状態を引き起こすと考える。われわれの結果は、LCX吻合のための心臓展開(脱転)が、脳

血流低下、脳虚血状態による譫妄を引き起こす要因に大きく影響していることを示唆している。

また、術中から術後における脳低灌流が術後脳障害発症に強く関与する可能性がある¹⁸⁾。Mizuharaら¹⁹⁾は、周術期の血圧変動、心拍出量低下も脳梗塞発症要因として影響を及ぼすと報告しており、術後の境界領域型脳梗塞発症リスクとして、術前脳梗塞の既往、大動脈の石灰化を挙げている。Calafioreら²⁰⁾によると、脳血管障害を引き起こす要因は、術中の大動脈部分遮断であると結論づけている。Shimokawaら²¹⁾は、155名のOPCAB患者に対し、術中経大動脈エコーにより上行大動脈性状を観察し、35%もの症例に動脈硬化性変化を認めたと報告している。これらのことは、OPCABにおけるaortic no-touch techniqueが脳梗塞のリスクを軽減するとされる由縁である。OPCABはconventional CABGに比して脳梗塞発生率は低く、術中に起こる脳血管障害は、ほとんどが上行、弓部大動脈からの遊離塞栓による微小塞栓症であると考えられる²²⁾。われわれの結果からも、side clampによるrSO₂の変化は有意差を認めなかったが、術後譫妄患者の術中rSO₂値は順調に回復した患者に比し、有意に低値を示した(Table 4)。DRS scoreによる術後譫妄の重症度分類によると、重症譫妄群(severe)は、軽度譫妄群(mild)に比し術中rSO₂値の減少量がより大きく、術後譫妄を来しやすいと考えられた(Fig. 5)。また、独語や失見当識障害などの軽度譫妄

症例に比し、タッチガードなどの体幹部抑制の使用や薬物治療を要した重度譫妄群は、優位に rSO_2 値が低く rSO_2 値の低下は脳虚血そのものを示唆した。

小西ら²³⁾によると開心術における rSO_2 は、脳血流、CK (cardiac index) 各々との相関関係を示していると報告し、Harper²⁴⁾らは、平均体血圧と脳血流との相関関係を示しているとしている。Williamsら²⁵⁾、原田ら²⁶⁾は SjO_2 とも比較的よい相関関係を示すとし、Yodaら²⁷⁾は、OPCAB術中の平均体血圧と SjO_2 とは相関関係にあると述べている。また、 rSO_2 と平均血圧、心係数は相関関係にあることから (Fig. 3)、 rSO_2 測定値は心機能も反映しているが、OPCAB術中の rSO_2 値は脳血流に最も影響を受け、脳血流の変化を反映していると考えられる。また、術中の平均血圧は症例により差はあるが、心臓脱転の必要のあるLCXが最も低い数値であり、最も脳血流への影響があったものと考えられる。(Fig. 2, 3)

rSO_2 値に影響を及ぼす因子としては動脈血酸素飽和度、ヘモグロビン量、脳内酸素代謝がある。OPCAB術中における全身酸素化は呼吸管理により十分であること、人工心肺中と異なり常温下での手術であり、体温低下もほとんどないことから、脳内の酸素代謝は大きく変化していないものと考えられる。

術中、術後脳梗塞はどの程度の脳虚血で起こりうるのかは定かではないが、少なくとも術中体血圧を高め維持することは重要であると予測される。術後脳合併症の成因には、血行力学的要因つまり全身血圧の低下あるいは主要動脈の狭窄、閉塞による血流低下などが関与する境界領域脳梗塞によるものが高率に存在しているといわれている²⁸⁾。OPCAB術中の血圧低下、冠血流低下に対しては、Trendelenburg体位変換¹⁷⁾、輸液量の増量およびカテコラミン等の昇圧剤の増量、肺換気量増加、呼吸回数の低減、 PCO_2 分圧の増加による効果)、脱転の一時的な解除によって循環動態を維持することで対処した。Kimら²⁹⁾はhigh risk例のOPCAB時に積極的にIABPを使用することで、後壁への安定した到達が容易となり、low risk症例と同等の成績が得られたと報告している。脳血流の一過性の低下は、症例においての個体差や条件に差があり、併存症の有無、特に低左心機能例や術前頸動脈病変の有無、また術中のIABP等の補助循環装置の併用の有無などにより脳血流への影響に差が生じたと考えられ、これら手技による血圧の維持により脳血流は安全に保たれると予想しうる。

ただし、手技に伴う大動脈解離や塞栓症などの問題もあり、これら装着時の合併症には十分注意しなければならない。そのため、術前脳、胸部CT、頸動脈超音波検査などの術前評価はもちろんのこと、術中における脳血流の評価が重要となってくる。術中、術後循環動態の変化に対応しうる本モニターは有効であり、その対処により術後管理、および、遷延する精神障害、譫妄を軽減あるいは回避する可能性が示唆された。

術後譫妄を来した症例では、base lineからの減少量 $8.1 \pm 5.2\%$ であったことから (Table 4)、安全とされる rSO_2 の値は、脱転前 rSO_2 値base lineより8%以下の減少量と考えられた。また、術前頸動脈病変併存例は特に注意を要すると考える。術中から術後における脳低灌流が術後脳合併症発症の成因に大きな比率を占めているとされ、吻合後や脱転解除後の十分な rSO_2 管理がさらに脳合併症を減らし、術後管理を容易にしうのではないかと考える。

結 語

OPCAB術中の心臓脱転時に、脳血流低下による rSO_2 低下を認め、特に後側壁(LCX領域)吻合時において変化が大きく、これが脳血流に影響を与える因子と考えられた。また、 rSO_2 低下率がより高いほど術後譫妄を起こやすく、心臓展開前の rSO_2 値より8%以上低下する場合は直ちに脳血流を維持する対処を行うべきである。頸動脈病変併存例はさらに注意を要する。本法はOPCAB術中の脳循環モニターとして有用であり、IABPなどの補助循環装置併用で血圧を維持することにより、 rSO_2 値は比較的安定し、術後脳合併症を回避する可能性が示唆された。

文 献

- 1) 中川恵美子, 南谷晴之, 落合亮一 他: 近赤外反射型オキシメータを用いた無侵襲酸素飽和度及びHb量の測定法. 医用電子と生体工学, 1996, 34: 56.
- 2) Trzepacz PT, Baker RW, Greenhouse J: A symptom rating scale for delirium. Psychiatry Res, 1988, 23: 89-97.
- 3) Aybek T, Kessler P, Dogan S et al: Awake coronary artery bypass grafting: utopia or reality? Ann Thorac Surg, 2003, 75: 1165-1170.
- 4) Calafiore AM, Di Mauro M, Contini M et al: Myocardial revascularization with and without cardiopulmonary bypass in multivessel disease: impact of the strategy on early out-

- come. *Ann Thorac Surg*, 2001, **72**: 456–463.
- 5) Amano A, Hirose H, Takahashi A et al: Off-pump coronary artery bypass. Mid-term results. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg*, 2001, **49**: 67–78.
- 6) 森岡隆人, 加藤元博: 脳蘇生における脳機能モニタリング. *ICUとCCU*, 1994, **18**: 359.
- 7) 亀山元信, 吉本道夫: 脳組織酸素化のモニタリング. *臨床麻酔*, 1994, **4**: 497–503.
- 8) McCormick PW, Stewart M, Goetting MG et al: Noninvasive cerebral optical spectroscopy for monitoring cerebral oxygen delivery and hemodynamics. *Crit Care Med*, 1991, **19**: 89–97.
- 9) Levy WJ, Levin S, Chance B: Near-infrared measurement of cerebral oxygenation. Correlation with electroencephalographic ischemia during ventricular fibrillation. *Anesthesiology*, 1995, **83**: 738–746.
- 10) John R, Choudhri AF, Weinberg AD et al: Multicenter review of preoperative risk factors for stroke after coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*, 2000, **69**: 30–36.
- 11) Salasidis GC, Latter DA, Steinmetz OK et al: Carotid artery duplex scanning in preoperative assessment for coronary artery revascularization: the association between peripheral vascular disease, carotid artery stenosis, and stroke. *J Vasc Surg*, 1995, **21**: 154–162.
- 12) Horst M, Geissler HJ, Mehlhorn U et al: Simultaneous carotid and coronary artery surgery: indications and perioperative outcome. *Thorac Cardiovasc Surg*, 1999, **47**: 328–332.
- 13) 小山忠明, 望月高明, 三井法真 他: 冠状動脈バイパス手術症例における術前Magnetic resonance angiographyによる頭頸部血管病変と術後脳合併症. *日胸外会誌*, 1998, **46**: 1247–1251.
- 14) Mickleborough LL, Walker PM, Takagi Y et al: Risk factors for stroke in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1996, **112**: 1250–1259.
- 15) Bhasker Rao B, VanHimbergen D, Edmonds HL Jr et al: Evidence for improved cerebral function after minimally invasive bypass surgery. *J Card Surg*, 1998, **13**: 27–31.
- 16) 山本 晋, 布施勝生, 成瀬好洋 他: 冠動脈再健術に伴い発生した脳梗塞に対する検討. *日心外会誌*, 1993, **22**: 472–475.
- 17) Grundeman PF, Borst C, van Herwaarden JA et al: Vertical displacement of the beating heart by the octopus tissue stabilizer: influence on coronary flow. *Ann Thorac Surg*, 1998, **65**: 1348–1352.
- 18) Kshetry VR, Flavin TH, Emery RW et al: Dose multivessel off pump coronary artery bypass (OPCAB) reduce postoperative mortality? Presented at the 36th Annual Meeting of the Society of Thoracic Surgeons, January 31–February 2, 2000.
- 19) Mizuhara A, Ino T, Adachi H et al: Cerebral infarction after the cardiovascular operation. *Nippon Kyobu Geka Gakkai Zasshi*, 1995, **43**: 1907–1912.
- 20) Calafiore AM, Di Mauro M, Teodori G et al: Impact of aortic manipulation on incidence of cerebrovascular accidents after surgical myocardial revascularization. *Ann Thorac Surg*, 2002, **73**: 1387–1393.
- 21) Shimokawa T, Minato N, Yamada N et al: Assessment of ascending aorta using epi-aortic ultrasonography during off-pump coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*, 2002, **74**: 2097–2100.
- 22) Blauth CI: Macroemboli and microemboli during cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg*, 1995, **59**: 1300–1303.
- 23) 小西晃生, 菊池恵子: 開心術における脳内酸素飽和度の意義. *臨床麻酔*, 1995, **19**: 1759–1763.
- 24) Harper AM: Autoregulation of cerebral blood flow: influence of the arterial blood pressure on the blood flow through the cerebral cortex. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 1966, **29**: 398–403.
- 25) Williams IM, Picton A, Farrell A et al: Light-reflective cerebral oximetry and juglar and bulb venous oxygen saturation during carotid endarterectomy. *Br J Surg*, 1994, **81**: 1291–1295.
- 26) 原田昌明, 亀井政孝, 大島 孝 他: 無侵襲脳内酸素飽和度監視装置(SOMANETICS社製INVOS1300)の臨床応用および有用性についての検討. *J Anesth*, 1995, **9**: 376.
- 27) Yoda M, Nonoyama M, Shimakura T: Cerebral perfusion during off-pump coronary artery bypass grafting. *Surg Today*, 2004, **34**: 501–505.
- 28) Gravlee GP, Hudspeth AS, Toole JF: Bilateral brachial paralysis from watershed infarction after coronary artery bypass. A report of two cases and review of the predisposing anatomic and physiological mechanisms. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1984, **88**: 742–747.
- 29) Kim KB, Lim C, Ahn H et al: Intra-aortic balloon pump therapy facilitates posterior vessel off-pump coronary artery bypass grafting in high-risk patients. *Ann Thorac Surg*, 2001, **71**: 1964–1968.

Cerebral Perfusion Monitoring during Off-pump Coronary Artery Bypass Grafting —Evaluation of Regional Cerebral Oxygen Saturation Monitoring during OPCAB—

Masaharu Misaka, Norio Uchimura, and Hiroshi Shigematsu

Department of Surgery II, Tokyo Medical University, Tokyo, Japan

Key words: off-pump CABG, regional cerebral oxygen saturation monitoring, brain dysfunction, intraaortic balloon pumping (IABP)

The aim of this study was to evaluate the changes of cerebral circulation and to assess the significance of regional cerebral oxygen saturation (rSO₂) monitoring during beating heart coronary arterial revascularization. rSO₂ was continuously measured to evaluate the brain blood flow during operation and the influence on the brain blood flow during displacement of the heart. rSO₂ monitoring was performed on 70 off-pump coronary artery bypass graftings (OPCABs) cases in 227 coronary artery bypass graftings (CABGs) including 7 cases of minimally invasive coronary artery bypass (MIDCAB) from January 1998 to December 2004. The reduction rate in rSO₂ value was significantly different ($p < 0.05$) among cases with intraaortic balloon pumping (IABP) performed, patients with postoperative delirium, ones with carotid artery disease, ones with reduced left ventricular ejection fraction (LVEF) (EF < 40%), and ones with displacement of the heart for left circumflex coronary artery (LCX) area anastomosis. The reduction rate of rSO₂ was especially higher in patients with severe carotid artery occlusive disease during OPCAB. Of the above mentioned four factors may affect brain blood flow. Continuous rSO₂ monitoring is non-invasive and very useful to detect real-time change in cerebral circulation during OPCAB. In conclusion, IABP appears to be effective in stabilize rSO₂ value because of less postoperative brain complications.

(J Jpn Coll Angiol, 2006, **46**: 611–620)