

당뇨병이 체외순환 없는 관상동맥우회술 중 혈역학 및 혈관수축제 요구량에 미치는 영향

연세대학교 의과대학 *마취통증의학교실 및 † 마취통증의학연구소

김대희* · 오영준*[†] · 심재광* · 김창석* · 이형석* · 곽영란*[†]

The Effect of Diabetes Mellitus on Vasoconstrictor Requirement and Hemodynamic Parameters in Patients Undergoing Off Pump Coronary Artery Bypass Graft Surgery

Dae Hee Kim, M.D.*, Young Jun Oh, M.D.*[†], Jae Kwang Shim, M.D.*, Chang Seok Kim, M.D.*, Hyung Seok Lee, M.D.*, and Young Lan Kwak, M.D.*[†]

*Department of Anesthesiology and Pain Medicine, † Anesthesia and Pain Research Institute, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: Autonomic neuropathy is frequently developed in patients with diabetes mellitus (DM) and is associated with increased perioperative hemodynamic instability. This study investigated the effect of DM on vasoconstrictor requirement and hemodynamic parameters in patients undergoing off pump coronary artery bypass graft surgery (OPCAB).

Methods: Seventy four patients undergoing OPCAB were divided into two groups; patients without DM (control, n = 51) and patients with DM (n = 23). Hemodynamic parameters were recorded at 10 min after induction of anesthesia (T1), at 10 min after stabilizer application for anastomosis of the left anterior descending coronary artery (T2), the obtuse marginalis branch (T3) and the right coronary artery (T4) and at 10 min after sternum closure (T5). The amount of norepinephrine requirement during the period of induction of anesthesia and grafting was also recorded.

Results: Pulmonary capillary wedge pressure (PCWP) and mean pulmonary arterial pressure at T3, PCWP and central venous pressure at T4 were significantly higher in the DH group. Mixed venous oxygen saturation at T2 and T4 and cardiac output at T3 were also significantly lower in the DH group. Significantly greater amount of norepinephrine was infused during the induction of anesthesia in the DH group.

Conclusions: Patients with coronary artery occlusive disease and concomitant DM required significantly greater amount of vasocon-

strictor during the induction of anesthesia to maintain stable mean arterial pressure. In addition, more pronounced hemodynamic instability was observed during the period of grafting in these patients undergoing OPCAB. (Anesth Pain Med 2006; 1: 29~35)

Key Words: diabetes mellitus, hemodynamic instability, off pump coronary artery bypass graft surgery, vasoconstrictor.

서론

당뇨는 관상동맥질환 발병의 중요한 위험인자이며 관상동맥우회술을 시행 받는 환자의 약 28%에서 당뇨가 동반되어 있다.¹⁾ 당뇨는 심장수술을 시행 받는 환자의 수술 후 예후에 많은 영향을 미치는데, 뇌 혈류 자동조절능력(cerebral autoregulation)의 장애를^{2,3)} 가져와 뇌혈관 합병증의 발생 빈도를 증가시키며,^{4,5)} 수술 후의 급성 신부전,⁶⁻⁸⁾ 호흡부전,^{7,8)} 창상감염⁹⁾ 및 장기 사망률을⁹⁾ 증가시킨다. 자율신경기능장애는 당뇨에서 가장 흔히 동반되는 합병증 중 하나로 자율신경장애가 동반된 당뇨 환자에서 서맥, 저혈압 또는 심정지 등이 주술기에 일어날 수 있으며,¹⁰⁾ 마취와 수술과 같은 자극에 대한 보상작용이 결여 또는 둔화되어 마취 중 승압제의 사용빈도가 증가되고, 불안정한 혈역학을 나타낸다고 하였다.¹¹⁾

체외순환 없는 관상동맥우회술(off pump coronary artery bypass graft surgery, OPCAB)은 문합할 관상동맥부위를 노출시키기 위해 박동하고 있는 심장을 이동시키고 수술 부위 심장의 움직임을 제한해야 한다. 그 결과 심각한 혈역학적 변화가 발생할 수 있으며, 이로 인해 문합 중 심근허혈이 발생할 수 있다. 따라서 OPCAB 중 안정적인 혈역학 유지가 OPCAB 마취 관리에서 매우 중요한데, 이를 위해서는 일차적으로 적절한 전부하를 유지하고 필요 시 15도 정도의 두부하강위를 취하는 것이 요구되며, 혈압 유지를 위해 phenylephrine 또는 norepinephrine 등의 말초혈관수축제를 사용할 수 있다.^{12,13)}

당뇨 환자에서 수술 중 혈역학 불안정이 빈번하게 발생

논문접수일 : 2006년 5월 30일
책임저자 : 곽영란, 서울시 서대문구 신촌동 134
연세의료원 마취통증의학과, 우편번호: 120-752
Tel: 02-2228-8513, Fax: 02-364-2951
E-mail: ylkwak@yumc.yonsei.ac.kr

한다는 이전의 연구 결과들을 고려할 때,¹¹⁾ OPCAB을 시행 받는 환자 중 당뇨 환자에서는 원위부 문합과 같이 혈역학 변화가 심한 시기에 매우 심하거나 때로는 쉽게 치료되지 않는 혈역학 변화가 빈번하게 발생할 수 있다고 생각된다. 이에 본 연구에서는 OPCAB을 시행 받는 환자를 대상으로 당뇨가 수술 중의 혈역학 변화 및 안정적인 혈압 유지를 위해 투여되는 말초혈관수축제(norepinephrine)의 양에 미치는 영향을 대조군과 비교하여 보고자 하였다.

대상 및 방법

본 병원에서 2005년 10월 1일부터 12월 31일까지 OPCAB을 시행 받은 환자들 중, 본 연구에 참여할 것을 동의한 환자 74명을 대상으로 하여 전향적으로 연구를 진행하였다. 환자들은 과거력에 따라 당뇨로 진단 받거나 치료 받은 경력이 전혀 없는 환자군(대조군, n = 51)과 5년 이상 인슐린 비의존성 당뇨로 진단을 받고 관리를 받아온 환자군(당뇨군, n = 23)으로 나뉘었다. 수술 2개월 이내에 심근경색이 발생하였던 환자와 수술 전 좌심실박출분율이 30% 미만인 환자들은 연구 대상에서 제외하였다.

환자들은 마취전처치로 수술실 도착 1시간 전에 morphine 0.1 mg/kg을 근주받았으며 digitalis와 이노제를 제외한 모든 심장약을 평상 시대로 수술 당일 아침까지 투약 받았다. 수술실에 도착한 후 심전도의 II 및 V₅ 유도를 감시하였으며, 지속적 혈역학 감시와 동맥혈 채취를 위해 요골동맥을 천자하고 도관을 삽입하였다. 우측 내경정맥을 통해 심박출량, 혼합정맥혈산소포화도와 우심실박출분율 및 우심실이완기말 용적지수의 지속적 감시가 가능한 폐동맥카테터(Swan-Ganz CCOmbo[®] CCO/SvO₂, Edward Lifescience LLC, USA)를 거치하였다. 마취유도를 위해 midazolam 2-2.5 mg, sufentanil 1.0-2.0µg/kg, rocuronium bromide 50 mg을 정주한 후 기관내 삽관을 시행하였다. 마취유지는 sufentanil 0.5-1.5µg/kg/h 과 vecuronium 2-3µg/kg/min 지속정주 및 공기와 산소혼합가스 내 호기말 농도 0.5-1.0% isoflurane으로 유지하였고, 호기말 이산화탄소분압이 30-35 mmHg가 되도록 조절호흡을 시행하였다. 맥박산소포화도계측기로 관찰한 동맥혈산소포화도가 100%로 유지되도록 산소분압을 조절하였다. 마취유도 직후부터 모든 환자에서 0.5µg/kg/min의 isosorbid dinitrate를 지속 정주하였다.

관상동맥의 원위부 문합 전에 700-1,000 ml 가량의 6% hydroxyethylstarch 130/0.4 (Voluven, Fresenius Kabi, Bad Homburg, Germany)을 폐모세혈관쇄기압이 8-12 mmHg가 유지되도록 정주하여 전부하를 유지하였다. 관상동맥의 원위부 문합 중에 저혈압이 발생하면 15-20° 정도의 두부하강위를 취하고 norepinephrine (8µg/ml)을 용량 조절하면서 정주하여

평균동맥압이 60-65 mmHg으로 유지되도록 하였다. 변수 측정은 마취유도 10분 후(T1, 기준값), 좌전하행동맥(left anterior descending coronary artery), 둔각변연지(obtuse marginalis branch) 및 우관상동맥(right coronary artery)의 원위부 문합을 위해 심장고정기(Octopus Tissue Stabilization System[®], Medtronic., USA)를 부착한 후 각각 10분 경과 후(각각 T2, T3와 T4) 그리고 흉곽봉합 시행 후(T5)에 측정하였다. 측정 변수들은 심박수, 전심동맥압, 중심정맥압, 폐동맥압, 폐모세혈관쇄기압, 혼합정맥혈산소포화도, 심박출량, 우심실수축기 및 이완기말용적지수, 우심실박출분율 및 혈액연도였고, 시기별 norepinephrine의 투여량을 기록하였다. T1, T2 그리고 T5에 동맥혈산소분압과 혈색소농도, 혈중 포도당 농도를 측정하였고 regular insulin을 정주하여 혈중 포도당 농도가 200 mg/dl 이하로 유지되도록 하였다.

통계분석에는 SPSS 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였으며 모든 값은 평균 ± 표준편차 또는 환자수(백분율)로 표시하였다. 시기별 군 간 비교에는 independent t-test를 이용하였고, 군 내에서 기준치에 대한 시간대별 측정치의 사후비교는 반복측정분산법의 Dunnett's test를 이용하였다. 모든 통계결과는 P값이 0.05 미만일 때 의미 있는 것으로 간주하였다.

Table 1. Patients' Characteristics

	Control (n = 51)	DM (n = 23)
Age (yr)	63.8 ± 7.3	63.0 ± 5.9
Sex (M/F)	37/14	13/10
BSA (m ²)	1.7 ± 0.2	1.7 ± 0.1
Hypertension (%)	28 (55)	17 (74)
Preoperative medication		
Calcium channel blockers (%)	29 (57)	12 (52)
Beta-blockers (%)	30 (59)	17 (74)
ACEIs (%)	20 (40)	11 (48)
LVEF (%)	61 ± 13	64 ± 33
Number of grafts	3.1 ± 0.9	3.6 ± 1.0
Left anterior descending artery (%)	50 (98)	23 (100)
Obtuse marginalis branch (%)	44 (86)	20 (87)
Right coronary artery (%)	36 (71)	21 (91)
DM duration (year)		12.9 ± 9.4
Treatment of DM		
Diet		5 (22)
Oral medication		11 (48)
Insulin medication		7 (30)

Values are expressed as mean ± SD or number of the patients (%). DM: diabetes mellitus, BSA: body surface area, ACEIs: angiotensin converting enzyme inhibitors, LVEF: left ventricular ejection fraction.

결 과

두 군 간의 성별, 나이, 체표면적, 수술 전 고혈압의 과거력 및 약물 복용 유무, 좌심실박출분율, 우회술을 시행한 총 관상동맥의 수와 분지별 관상동맥 수는 통계학적으로

유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1). 당뇨 환자군 중 1명이 당뇨망막병증, 2명이 당뇨병콩팥병증이 있었다. 모든 환자에서 성공적으로 OPCAB을 시행하였으며, 수술 중 심근 수축촉진제는 모든 환자에서 사용하지 않았다.

두 군 간 혈액학 변수들을 각 측정시기별로 비교한 결과

Table 2. Hemodynamic Data-1

	Group	T1	T2	T3	T4	T5
HR (beats/min)	Control	62 ± 11	67 ± 12	71 ± 14 [†]	74 ± 12 [†]	71 ± 15 [†]
	DM	60 ± 9	63 ± 7	67 ± 10	72 ± 11 [†]	69 ± 9 [†]
MAP (mmHg)	Control	75 ± 10	78 ± 10	75 ± 8	74 ± 8	76 ± 9
	DM	76 ± 21	75 ± 9	76 ± 9	76 ± 10	77 ± 10
MPAP (mmHg)	Control	17 ± 4	20 ± 5 [†]	19 ± 5	21 ± 4 [†]	17 ± 4
	DM	17 ± 4	22 ± 6 [†]	23 ± 5 [†]	22 ± 5 [†]	18 ± 3
CVP (mmHg)	Control	8 ± 2	10 ± 3	13 ± 11 [†]	13 ± 3 [†]	10 ± 8
	DM	8 ± 3	10 ± 2	13 ± 4 [†]	15 ± 2 [†]	9 ± 3
PCWP (mmHg)	Control	13 ± 3	15 ± 4 [†]	14 ± 4	15 ± 3 [†]	12 ± 3
	DM	12 ± 4	15 ± 4	16 ± 5 [†]	17 ± 4 [†]	13 ± 3

Values are expressed as mean ± SD. HR: heart rate, MAP: mean arterial pressure, MPAP: mean pulmonary arterial pressure, CVP: central venous pressure, PCWP: pulmonary capillary wedge pressure, DM: diabetes mellitus, T1: 10 min after induction of anesthesia, T2, T3 and T4: 10 min after stabilizer application for anastomosis of the left anterior descending coronary artery (T2), obtuse marginalis branch (T3), and right coronary artery (T4), T5: 10 min after sternum closure. *: P < 0.05 compared to the control group, †: P < 0.05 compared to values at T1 in each group.

Table 3. Hemodynamic Data-2

	Group	T1	T2	T3	T4	T5
SvO ₂ (%)	Control	80 ± 7	76 ± 7	66 ± 9 [†]	70 ± 14 [†]	74 ± 13 [†]
	DM	80 ± 4	71 ± 7 ^{*†}	62 ± 12 [†]	62 ± 10 ^{*†}	71 ± 7 [†]
CO (L/min)	Control	5.2 ± 1.4	4.5 ± 1.0 [†]	3.7 ± 0.9 [†]	3.7 ± 1.0 [†]	4.4 ± 0.8 [†]
	DM	4.8 ± 1.2	4.3 ± 1.0	3.2 ± 0.4 ^{*†}	4.0 ± 1.2 [†]	4.3 ± 0.7
RVEF (%)	Control	37 ± 7	34 ± 7	30 ± 8 [†]	29 ± 7 [†]	33 ± 9 [†]
	DM	36 ± 9	33 ± 8	30 ± 7 [†]	31 ± 10	33 ± 8
SVR (dynes · sec · cm ⁻⁵)	Control	1,078 ± 336	1,252 ± 328	1,478 ± 383 [†]	1,389 ± 451 [†]	1,252 ± 333
	DM	1,203 ± 563	1,259 ± 274	1,610 ± 378 [†]	1,280 ± 344	1,304 ± 309
PVR (dynes · sec · cm ⁻⁵)	Control	75 ± 37	100 ± 34	127 ± 51 [†]	137 ± 67 [†]	97 ± 31
	DM	73 ± 28	128 ± 54 ^{*†}	168 ± 35 ^{*†}	112 ± 54 [†]	89 ± 24
RVEDVI (ml/m ²)	Control	143 ± 42	134 ± 39	119 ± 37 [†]	131 ± 47	131 ± 48
	DM	144 ± 43	133 ± 29	120 ± 37	132 ± 44	155 ± 54
Temperature (°C)	Control	36.3 ± 0.4	35.9 ± 0.6 [†]	36.0 ± 0.6 [†]	36.2 ± 0.6	36.0 ± 0.5
	DM	36.3 ± 0.5	35.8 ± 0.5 [†]	35.9 ± 0.5	36.1 ± 0.5	36.4 ± 0.5
Norepinephrine (µg)	Control	7 ± 33	31 ± 53	92 ± 186 [†]	160 ± 232 [†]	64 ± 180
	DM	40 ± 85 [*]	43 ± 60	168 ± 166 [†]	143 ± 136 [†]	66 ± 112

Values are expressed as mean ± SD. SvO₂: mixed venous oxygen saturation, CO: cardiac output, RVEF: right ventricular ejection fraction, SVR: systemic vascular resistance, PVR: pulmonary vascular resistance, RVEDVI: right ventricular end diastolic volume index, Temperature: temperature obtained from PA catheter, Norepinephrine: amount of norepinephrine infused, DM: diabetes mellitus, T1: 10 min after induction of anesthesia, T2, T3 and T4: 10 min after stabilizer application for anastomosis of the left anterior descending coronary artery (T2), obtuse marginalis branch (T3), and right coronary artery (T4), T5: 10 min after sternum closure. *: P < 0.05 compared to the control group, †: P < 0.05 compared to values at T1 in each group.

Table 4. Laboratory Data

	Group	After induction	During anastomosis	After St. closure
PaO ₂ /FiO ₂	Control	343 ± 138	372 ± 83	330 ± 95
	DM	368 ± 177	417 ± 135	380 ± 65
Hemoglobin (g/dl)	Control	11.5 ± 1.1	10.4 ± 1.3	9.4 ± 1.2
	DM	11.1 ± 1.6	10.0 ± 1.5	9.5 ± 1.3
Blood glucose (mg/dl)	Control	129 ± 37	140 ± 37	165 ± 46
	DM	175 ± 51*	173 ± 56*	191 ± 74

Values are expressed as mean ± SD. PaO₂: arterial partial oxygen pressure, DM: diabetes mellitus. *: P < 0.05 compared to the control group.

심박수, 평균동맥압은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, T3 시기에 평균폐동맥압과 폐모세혈관쇄기압이 T4 시기에 중심정맥압과 폐모세혈관쇄기압이 대조군에 비해 당뇨군에서 유의하게 높았다(Table 2).

혼합정맥혈산소포화도와 심박출량은 당뇨군에서 대조군에 비하여 수술기간 동안 낮았으며, 특히 혼합정맥혈산소포화도는 T2와 T4 시기에, 심박출량은 T3 시기에 당뇨군에서 의미 있게 낮았다. 폐혈관저항은 T2와 T3 시기에 당뇨군에서 대조군보다 의미 있게 높았다. 우심실박출분율, 전신혈관저항, 우심실이완기말용적지수 및 혈액온도는 두 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3).

두 군 내에서 기준값에 대한 문합 중 및 흉골봉합 후의 심박수, 전신 및 폐동맥압, 중심정맥압과 폐모세혈관쇄기압의 변화는 비슷한 양상을 보였다(Table 2, 3). 시기별 투여된 norepinephrine 양과 총 투여량은 T1 시기에 당뇨군에서 대조군보다 의미 있게 많았으며, 수술 중 투여된 총량은 대조군에서 293.5 ± 417.1µg과 당뇨군에서 398.5 ± 436.8µg로 당뇨군에서 많았으나 통계적 의미는 없었다(Table 3).

산소분압에 대한 동맥혈산소분압비와 혈색소농도는 두 군 간에 차이가 없었고, 혈중 포도당 농도는 당뇨군에서 T1과 T2 시기에 통계적으로 유의하게 높았다(Table 4).

고 찰

본 연구에서는 OPCAB을 시행 받는 환자들에서 당뇨가 수술 중 혈역학 및 말초혈관수축제의 요구량에 미치는 영향을 살펴보았으며, 그 결과 당뇨군에서 마취 직후 안정적인 혈압을 유지하기 위한 norepinephrine 사용량이 대조군에 비해 많으며, 원위부 관상동맥 문합 중의 심박출량과 혼합정맥혈산소포화도가 낮음을 알 수 있었다. 이는 당뇨 환자에서 OPCAB 중 심장의 이동과 압박 등에 의해 심장의 펌프

기능이 방해될 때 이를 생리적으로 보상하는 능력이 감소되어 있음을 의미하는 것이라고 생각된다.

지금까지 당뇨가 수술 중 혈역학이나 혈관작용 약물에 대한 반응에 미치는 영향에 관한 연구들은 있었으나,^{11,14-16} 관상동맥 문합 중의 심장의 인위적 조작 등으로 매우 불안정한 혈역학적 시기를 겪는 OPCAB에서 당뇨가 혈역학 변화에 미치는 영향에 대한 연구는 거의 없었다. Kita 등은¹⁷ OPCAB을 시행 받는 환자에서 당뇨가 clonidine 전처치의 혈역학 안정효과를 약화시켰으며, 이는 당뇨가 OPCAB 환자에서 자율신경계에 작용하는 약제의 효과에 영향을 미친다는 것을 의미하는 것이라고 보고하였다. 마취유도와 기관내 삽관에 대한 심혈관계 반응에 당뇨가 미치는 영향에 대해서는 여러 상반된 결과가 있지만, 대부분의 보고에서 당뇨 환자군에서 보상작용이 적절치 못해 혈역학적 불안정이 발생한다고 하였다.^{11,14,18} 또한 자율신경기능과 관련하여 당뇨병성 자율신경기능장애가 있는 환자에서 카테콜라민 수용체가 과민반응을 나타낸다는 보고와¹⁵ β-수용체의 수와 세포 내 신호전달의 문제로 β-수용체 자극 시에 반응이 약화된다는 상반된 보고가 있다.¹⁹ 이러한 연구 결과들은 심장질환의 유무, 수술 전 심장작용약물(cardiotonic drug)의 복용 유무 등에 따라 영향을 받을 수 있다. 본 연구 결과에 의하면 관상동맥질환을 갖고 있고, β-수용체 길항제나 칼슘통로 차단제 등의 약물을 복용하고 있던 환자들에서는 당뇨가 OPCAB 중에 발생하는 혈역학적 변화에 대한 적응과 보상을 저하시키는 것으로 생각된다. 심장질환이 동반되지 않은 당뇨 환자들을 대상으로 전신마취 중 발생하는 혈역학 변화를 살펴본 연구 결과들에 따르면 혈역학 불안정은 마취유도 후부터 피부절개 전의 시기에 가장 심하며,^{11,14,15} 마취유도제 정주 후 당뇨 환자에서 혈압하강이 더욱 심하게 나타났는데,^{11,15} 본 연구에서도 마취유도 직후의 시기에 norepinephrine의 사용량이 대조군에 비해 유의하게 많았다. 그러나 관상동맥 문합 중에는 혈압과 이를 유지하기 위한 norepinephrine 사용량이 당뇨군에서 많기는 하였지만 통계적으로 의미 있는 차이는 아니었다. 이는 당뇨 환자에서 압력반사(baroreflex)가 손상되어 있어 운동, 기립 또는 마취유도와 같이 급격한 혈관저항의 변화가 초래되는 시기에는 이를 보상하지 못하고 저혈압이 발생하나^{11,15,20} 기본적으로는 부교감신경계의 장애로 교감신경계가 우세하며,²¹ 신경절 이후 교감신경 말단(postganglionic sympathetic nerve terminal)에서의 norepinephrine의 재흡수가 감소되어 교감신경계가 활성화되어 있기 때문인 것으로 생각된다.²² 또한 당뇨 환자에서는 norepinephrine에 의한 α-수용체 자극에 대한 반응성이 증가되어 있기 때문에¹⁶ 문합 중 심박출량의 감소에 따라 혈압이 감소하여도 이를 유지하기 위해 투여된 norepinephrine의 양이 대조군에 비하여 많지 않았던 것으로 생

각된다. 또 하나는 문합 중 환자에 따른 norepinephrine의 사용량이 많고 편차가 커서 본 연구에 포함된 환자수가 문합 중 두 군 간의 norepinephrine 사용량의 차이를 살펴보기에는 부족했다는 점을 생각해 볼 수 있으며 이는 본 연구의 한계 중의 하나라고 생각한다.

당뇨 환자에서는 주로 부교감신경계의 장애가 심하며, 그 결과 많은 당뇨 환자에서 빈맥이 관찰된다고 하는데,^{16,23,24)} 본 연구에서는 수술 전의 β -수용체 차단제와 칼슘통로 차단제 복용으로 이러한 현상이 관찰되지 않았던 것으로 생각된다. Vohra 등은¹⁴⁾ 자율신경계기능 검사에서 연구에 포함된 모든 당뇨 환자들이 부교감신경장애를 갖고 있었음에도 불구하고, 마취유도 시 혈압이 하강할 때 대조군에서 심박수가 증가한 것과 달리 당뇨군에서는 심박수가 유의한 변화를 보이지 않았음을 보고한 바 있다. 또한 Burgos 등도¹¹⁾ thiopental sodium으로 마취유도 시 당뇨 환자에서는 혈압과 심박수가 함께 감소하였다고 하였다. 이러한 연구 결과들은 연구 기간 중 심박수 증가가 대조군에 비해 당뇨군에서 비교적 적었던 본 연구 결과와 일치하는 것이다.

동맥혈산소포화도, 동맥혈산소분압, 혈색소농도 및 체온이 두 군 간에 차이가 없음에도 불구하고 당뇨군에서 대조군에 비해 문합 중 혼합정맥혈산소포화도가 낮았던 것은 부분적으로는 심박출량의 감소와 관련이 있는 것으로 여겨지며, 문합 중 심박수가 낮았던 것과 당뇨에 동반된 심근의 유순도 감소가 당뇨군에서의 심박출량 감소와 관련이 있다고 생각된다. 심장의 거상과 압박이 비교적 심한 둔각변연지 문합 중에 폐모세혈관쇄기압이 당뇨군에서 대조군보다 높았는데, 이는 당뇨에 동반된 심근의 유순도 감소를 반영하는 것으로,^{25,26)} 이로 인해 전부하를 효과적으로 유지하기 어려워 심박출량이 감소할 수 있다고 생각된다. 하지만 두 군 간에 우심실용적의 차이는 없었으며 당뇨 환자에서 심장의 유순도 변화가 혈액학에 미치는 영향에 대해서는 좀 더 연구가 필요하다고 생각한다.^{25,26)} 또한 우관상동맥 문합 중에는 심박출량이 두 군 간에 차이가 없음에도 불구하고 혼합정맥혈산소포화도가 대조군에 비해 유의하게 낮았는데 이는 산소소모량의 증가와 관련이 있는 것으로 생각되나 당뇨가 마취 중의 전신산소소모량에 미치는 영향에 대해서는 알려진 바가 거의 없다. 이 시기 당뇨군에서 심박출량이 기준값 수준으로 회복된 것은 심박수 증가에 의한 것으로 보이며 일회박출량의 변화는 없었다. 본 연구에서는 혼합정맥혈산소포화도의 변화와 달리 심박출량의 변화가 문합 중 두 군 간에 일정한 차이를 보이지 않았던 것은 순차적인 관상동맥 문합에 따른 심근 기능의 회복과도 관련이 있다고 생각되나 본 연구의 결과만으로 정확한 원인을 도출하기는 어렵다고 본다. 다만 당뇨군에서 혈액학 변화가 가장 심하다고 알려진 둔각변연지 문합 중에 심박출량지수

가 2.0 L/min/m² 미만으로, 혼합정맥혈산소포화도가 65% 미만으로 감소하였는데, 이는 심근 및 주요기관의 허혈을 유발할 수 있는 임상적으로 매우 위험한 수치로 당뇨가 있는 환자에서는 수술 중 심박출량과 혼합정맥혈산소포화도의 감소를 예방하기 위한 주의 깊은 노력이 필요하다고 생각한다.

Seki 등은²⁷⁾ 체외순환을 이용한 관상동맥우회술 시에 당뇨병을 가진 환자가 가스교환과 관계된 폐기능이 수술 후 뿐 만 아니라 수술 전에도 감소되어있다고 하였으나, 본 연구 결과에서는 가스교환의 지수로 사용되는 산소분압에 대한 동맥혈산소분압의 비는 두 군 간에 통계적 유의한 차이가 없었다.

본 연구에서 관찰된 혈액학 소견들은 당뇨와 연관된 자율신경계기능장애와 관련이 깊을 것으로 생각되나^{11,15,17,28)} 본 연구에서는 수술 전 자율신경계기능의 장애 여부를 확인하지는 못하였다. 그러나 당뇨 발병 2년 내에 자율신경계기능 이상이 시작되며,²⁹⁾ 이의 빈도가 매우 높고,¹⁴⁾ 심혈관계 조절기능의 장애는 임상적으로 유의한 자율신경계기능 이상이 없는 환자에서도 발생한다는 연구 결과들²¹⁾ 고려할 때 자율신경계기능 이상과 관계 없이 모든 당뇨 환자에서 안정적인 혈액학 유지를 위한 주의가 필요하다고 생각한다. 모든 환자에서 자율성신경계 기능검사를 수술 전에 시행하기는 어려우나, 기립성저혈압이 있는 당뇨 환자에서 교감신경병증(sympathetic neuropathy)이 흔하고,³⁰⁾ 당뇨와 관련된 돌연사로 의심이 되는 환자들에서 모두 심한 기립성저혈압이 있었음을 고려할 때¹⁰⁾ 수술 전에 기립성저혈압의 유무를 파악하는 것이 마취관리에 도움이 될 것 같다. 특히 기립시 이완기혈압의 감소정도와 교감신경병증의 정도는 밀접한 상관관계를 갖고 있다 한다. 본 연구에서는 이러한 수술 중의 혈액학 차이가 실제로 수술 후 환자의 합병증, 유병률 및 사망률에 영향을 미치는가를 살펴볼지 못하였으나 이는 본 연구의 한계라고 생각한다. 당뇨가 수술 후 유병률 및 사망률에 미치는 연구와 관련하여, Furnary 등은³¹⁾ 당뇨 자체는 관상동맥우회술 후의 사망률과는 직접적인 관련이 없고, 심근의 당대사 상태가 수술 후 사망률과 직접적인 관련을 가지므로, 당뇨 환자에서 insulin의 사용을 표준화할 것을 제안하였다. 본 연구에서도 200 mg/dl 이하로 혈중 포도당 농도를 유지하기 위해 노력하였으나 당뇨군에서 더 높은 혈중 포도당 농도를 보였음을 고려할 때 OPCAB을 시행 받는 당뇨 환자에서는 수술 중 목표 혈중 포도당 농도를 더욱 낮추고, insulin을 이용하여 혈중 포도당 농도를 철저히 조절하는 것이 필요하다.

결론적으로 본 연구에서는 당뇨가 OPCAB을 시행 받는 환자의 수술 중 혈액학에 미치는 영향을 살펴본 결과 당뇨군에서 대조군에 비하여 마취유도 직후의 말초혈관수축제

의 요구량이 크고, 원위부 관상동맥 문합 중 심박출량과 혼합정맥혈산소포화도가 낮으며, 심장의 충만압이 높아진다는 것을 알 수 있었으며, 이러한 환자들에서는 수술 중 세밀한 혈액학 감시와 혈액학 불안정을 적절하게 예방하고 치료할 수 있는 준비가 필요하다고 생각한다.

참 고 문 헌

1. Edwards FH, Grover FL, Shroyer AL, Schwartz M, Bero J: The society of thoracic surgeons national cardiac surgery database: current risk assessment. *Ann Thorac Surg* 1997; 63: 903-8.
2. Paulson OB, Strandgaard S, Edvinsson L: Cerebral autoregulation. *Cerebrovasc Brain Metab Rev* 1990; 2: 161-92.
3. Pallas F, Larson DF: Cerebral blood flow in diabetic patient. *Perfusion* 1996; 11: 363-70.
4. Baker RA, Hallsworth LJ, Knight JL: Stroke after coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 2005; 80: 1746-50.
5. Boeken U, Litmathe J, Feindt P, Gans E: Neurological complication after cardiac surgery: risk factors and correlation to the surgical procedure. *Thorac Cardiovasc Surg* 2005; 53: 33-6.
6. Bahar I, Akgul A, Ozatik MA, Vural KM, Demirbag AE, Boran M, et al: Acute renal failure following open heart surgery. *Perfusion* 2005; 20: 317-22.
7. Bucerius J, Gummert JF, Walther T, Doll N, Barten MJ, Falk V, et al: Diabetes in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Z Kardiol* 2005; 94: 575-82.
8. Bucerius J, Gummert JF, Walther T, Doll N, Falk V, Onnasch JF, et al: Impact of diabetes mellitus on cardiac surgery outcome. *Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 51: 11-6.
9. Thourni VH, Weintraub WS, Stein B, Gebhart SSP, Craver JM, Jones EL, et al: Influence of diabetes mellitus on early and late outcome after coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 1997; 67: 1045-52.
10. Triantafyllou AN, Tsueda K, Berg J, Wieman J: Refractory bradycardia after reversal of muscle relaxant in a diabetic with vagal neuropathy. *Anesth Analg* 1986; 65: 1237-41.
11. Burgos LG, Ebert TJ, Asiddao C, Turner LA, Pattison CZ, Wang-cheng R, et al: Increased intraoperative cardiovascular morbidity in diabetics with autonomic neuropathy. *Anesthesiology* 1989; 70: 591-7.
12. Kwak YL: Anesthetic management for off-pump coronary artery bypass graft surgery. *Korean J Anesthesiol* 2003; 44: 1-11.
13. Hart JC: Maintaining hemodynamic stability and myocardial performance during off-pump coronary bypass surgery. *Ann Thorac Surg* 2003; 75: 740-4.
14. Vohra A, Kumar S, Charlton AJ, Olukoga AO, Boulton AJM, Mcleod D: Effect of diabetes mellitus on the cardiovascular response to induction of anesthesia and tracheal intubation. *Br J Anaesth* 1993; 71: 258-61.
15. Kirvela M, Scheinin M, Lindgren L: Hemodynamic and catecholamine response to the induction of anesthesia and tracheal intubation in diabetic and non-diabetic uraemic patients. *Br J Anaesth* 1995; 74: 60-5.
16. Dejgaard A, Andersen P, Hvidberg A, Hilsted J: Cardiovascular, metabolic, and hormonal responses to noradrenaline in diabetic patients with autonomic neuropathy. *Diabet Med* 1996; 13: 983-9.
17. Kita T, Mammoto T, Taniguchi H, Yamasaki K, Kishi Y: Diabetes attenuates the hemodynamic stabilizing effects of oral clonidine during off-pump coronary artery bypass surgery. *J Clin Anesth* 2003; 15: 520-4.
18. Keyl C, Lemberger P, Palitzsch KD, Hochmuth K, Liebold A, Hobbhahn J: Cardiovascular autonomic dysfunction and hemodynamic response to anesthetic induction in patients with coronary disease and diabetes mellitus. *Anesth Analg* 1999; 88: 985-91.
19. Yu Z, McNeil JH: Altered inotropic response in diabetic cardiomyopathy and hypertensive-diabetic cardiomyopathy. *J Pharmacol Exp Ther* 1991; 257: 64-71.
20. Ewing DJ, Boland O, Neilson JMM, Cho CG, Clarke BF: Autonomic neuropathy, QT interval lengthening, and unexpected deaths in male diabetic patients. *Diabetologia* 1991; 34: 182-5.
21. Weston PJ, James MA, Panerai RB, McNally PG, Potter JF, Thurston H: Evidence of defective cardiovascular regulation in insulin-dependent diabetic patients without clinical autonomic dysfunction. *Diabet Res Clin Pract* 1998; 42: 141-8.
22. Dejgaard A, Hilsted J, Christensen NJ: Noradrenaline and isoproterenol kinetics in diabetic patients with and without autonomic neuropathy. *Diabetologia* 1986; 29: 773-7.
23. Lloyd-Mostyn RH, Watkins PJ: Defective innervation of heart in diabetic autonomic neuropathy. *Br Med J* 1975; 3: 15-7.
24. Murray A, Ewing DJ, Campbell IW, Neilson JMM, Clarke BF: RR interval variations in young male diabetics. *Br Heart J* 1975; 37: 882-5.
25. Higuchi M, Ikema S, Sakanashi M: Correlation of contractile dysfunction and abnormal tissue energy metabolism during hypoperfusion with norepinephrine in isolated rat heart: difference normal and diabetic heart. *J Mol Cell Cardiol* 1992; 24: 1125-41.
26. Abe T, Ohga Y, Tabayashi N, Kobayashi S, Sakata S, Misawa H, et al: Left ventricular diastolic dysfunction in type 2 diabetes mellitus model rats. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2002; 282: 138-48.
27. Seki S, Yoshida H, Ooba O, Teramoto S, Komoto Y: Pulmonary oxygen transfer deficits of diabetic origin in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Jpn J Surg* 1993; 23: 592-7.
28. Latson TW, Ashmore TH, Reinhart DJ, Klein KW, Giesecke AH: Autonomic reflex dysfunction in patients presenting for elective surgery is associated hypotension after anesthesia induction. *Anesthesiology* 1994; 80: 326-37.
29. Ziegler D, Ciemir I, Mayer P, Wiefels K, Gries FA: The natural course of peripheral and autonomic neural function during the first two years after diagnosis of type 1 diabetes. *Klin Wochenschr* 1988; 66: 1085-92.

30. Tsueda K, Huang KC, Dumont SW, Wieman TJ, Thomas MH, Heine MF: Cardiac sympathetic tone in anesthetized diabetics. *Can J Anaesth* 1991; 38: 20-3.
31. Furnary AP, Gao G, Grunkemeier GL, Wu YX, Zerr KJ, Bookin

SO, et al: Continuous insulin infusion reduces mortality in patients with diabetes undergoing coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 125: 7-21.
